

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES SUBSTRATOS NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE LARANJA.**

**EMERSON FACHINI**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES SUBSTRATOS NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE LARANJA.**

**EMERSON FACHINI**

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F139m Fachini, Emerson, 1972-  
Manejo da irrigação em diferentes substratos na produção de mudas de laranja / Emerson Fachini. - Botucatu : [s.n.], 2006.  
xiii, 123 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006  
Orientador: João Carlos Cury Saad  
Inclui bibliografia

1. Laranja - Mudas. 2. Laranja - Irrigação. 3. Estufas. 4. Irrigação por gotejamento. I. Saad, João Carlos Cury. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

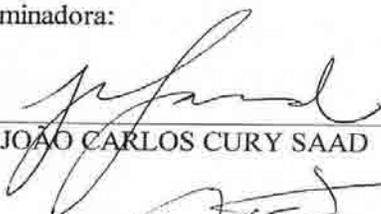
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

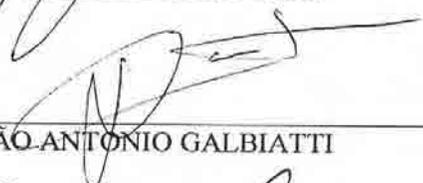
**TÍTULO: "MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES SUBSTRATOS  
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE LARANJA"**

ALUNO: EMERSON FACHINI

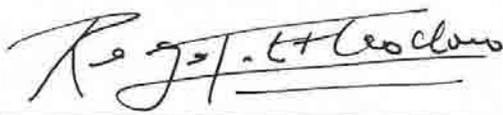
ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

Aprovado pela Comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO ANTONIO GALBIATTI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. HELIO GRASSI FILHO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. REGES EDUARDO FRANCO TEODORO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. SÉRGIO NASCIMENTO DUARTE

Data da Realização: 01 de fevereiro de 2006.

**DEDICO**

*Aos meus Pais Edson (in memória) e Clara Zuleica (in memória)*

Pelos Pais que são, pela educação, responsabilidade, honestidade, e outros ensinamentos, que levarei pela vida toda, e é por isso que considero que eles nunca deixarão de existir.

**AMO OS SENHORES**

*A minha Tia Nice (in memória)*

Pela Tia que é, que na verdade é a minha segunda Mãe, que muito me ajudou nesta caminhada, sendo entre muitos dos seus maiores atributos, o amor incondicional e a serenidade.

**AMO A SENHORA**

*"Uma vida que termina  
com a morte, é uma vida  
que não valeu a pena."*

*OBRIGADO*

*Ao meu filho Igor que está a caminho*

Que encherá o nosso lar de alegria e será recebido com o maior amor do mundo.

**AMO VOCÊ**

**OFEREÇO***A Minha Esposa Mara*

Pelo companheirismo e compreensão à minha dedicação para que este trabalho fosse concluído.

AMO VOCÊ

*Ao meu irmão Edson*

Que muito auxiliou no desenvolvimento deste trabalho e pela sua serenidade, calma e companheirismo para lidar com as situações.

AMO VOCÊ

*As minhas tias Doca e Laide*

Por sempre me apoiarem, e principalmente no final desta estrada, pois precisei de muito apoio e elas estiveram em cada momento.

AMO AS SENHORAS

*Aos meus avós maternos, Fausto (in memória) e Josefina (in memória) e aos meus avós paternos David (in memória) e Piedade*

Pela educação que deram aos meus pais.

AMO OS SENHORES

## AGRADEÇO

A Deus por nos dar força para enfrentar as batalhas da vida de forma correta.

Aos meus primos e primas Homero, Alaor, Giselda, Raquel, Larissa, Naide e Cássio, pelo apoio prestado. Obrigado.

A minha cunhada Rose, por sempre querer compartilhar as dificuldades da caminhada.

Ao meu Tio Val, pelo apoio prestado na parte de marcenaria, e por vibrar junto com a conquista.

A minha sogra, D. Maria por ter me dado força quando precisei.

Ao CNPQ, pela bolsa de estudo oferecida durante o Doutorado, que foi de suma importância para a conclusão do mesmo.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, pelo apoio prestado.

Ao Prof. Dr. João Antonio Galbiati, por ter me feito acreditar que continuar era a decisão mais sabia.

Ao Prof. Dr. Hélio Grassi pela ajuda prestada na área de fertilidade, e por ter se mostrado um amigo.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pela ajuda nas análises estatísticas.

A FCA – Unesp – Botucatu, por ter fornecido estrutura para a minha formação.

Ao meu amigo Rodrigo (Tuvira), pelo grande apoio prestado na conclusão deste trabalho e por estar sempre pronto nas horas difíceis para ajudar.

A Rosangela, do Departamento de Irrigação e Drenagem, pela ajuda nas horas complicadas.

Ao Gilberto, técnico do Laboratório, pela sua presteza com os equipamentos utilizados.

Ao Israel, técnico do Laboratório de Água, pelo auxílio prestado.

A Ana, funcionária da estufa onde o trabalho foi desenvolvido, pela ajuda na coleta de dados.

As empresas Eucatex, Vida Verde, Terra do Paraíso e Amafibra, pelo fornecimento dos substratos para o desenvolvimento do experimento.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram com este feito.

*'A vida de um indivíduo só faz sentido, se ajuda a tornar a vida  
das demais criaturas mais nobre e mais bela'*

**Albert Einstein**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMO .....	01
SUMARY .....	03
1 INTRODUÇÃO.....	04
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	07
2.1 Porta-enxertos utilizados na citricultura.....	07
2.2 Fisiologia dos citros.....	08
2.3 Característica dos substratos.....	10
2.4 Irrigação de substratos .....	15
2.5 Matéria orgânica .....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Local de desenvolvimento da pesquisa .....	20
3.2 Período de desenvolvimento da pesquisa .....	20
3.3 Estrutura física.....	20
3.4 Variedade utilizada.....	21
3.5 Delineamento experimental.....	21
3.6 Disposição do experimento .....	22
3.7 Insumos.....	24
3.7.1 Recipientes .....	24
3.7.2 Substratos .....	24
3.7.3 Fertilizantes .....	24
3.7.4 Qualidade da água .....	25
3.8 Plantio.....	25
3.9 Irrigação.....	26
3.9.1 Equipamento.....	26
3.9.2 Controle da irrigação .....	28
3.10 Caracterização qualitativa do substrato .....	31
3.11 Controle de pragas e doenças .....	32

**Página**

3.12 Enxertia dos porta-enxertos .....	32
3.13 Parâmetros avaliados .....	33
3.13.1 Altura das plantas .....	33
3.13.2 Diâmetro das plantas .....	33
3.13.3 Tempo para a enxertia .....	33
3.13.4 Matéria seca das plantas .....	34
3.13.5 Consumo de água pelas plantas em cada tratamento.....	34
3.13.6 Custo da energia elétrica utilizada na irrigação em cada tratamento .....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1 Primeira avaliação .....	36
4.2 Segunda avaliação .....	38
4.3 Terceira avaliação.....	39
4.4 Quarta avaliação .....	40
4.5 Quinta avaliação .....	41
4.6 Sexta avaliação .....	44
4.7 Análise de crescimento das plantas .....	46
4.7.1 Altura das plantas .....	46
4.7.2 Diâmetro do caule das plantas .....	48
4.8 Tempo médio para atingir o ponto de enxertia.....	50
4.9 Peso da matéria seca das raízes e parte aérea das plantas .....	51
4.10 Consumo de água pelas plantas em cada tratamento.....	59
4.10.1 Tensão de água nos substratos medida pelos tensiômetros .....	61
4.10.2 Quantidade de água baseada no Atmômetro .....	61
4.10.3 Custo da energia elétrica utilizada na irrigação em cada tratamento .....	62
4.11 Estado nutricional das plantas no final do experimento .....	63
5 CONCLUSÕES .....	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
7 ANEXOS .....	83

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1 Opção 1.....	12
2 Opção 2.....	12
3 Característica química e física de substrato de casca de coco.....	14
4 Composição química aproximada da matéria seca de alguns restos vegetais.....	18
5 Ordem decrescente de facilidade de decomposição de substâncias que constituem tecidos orgânicos.....	19
6 Análise da água utilizada no experimento.....	25
7 Parâmetros de cada substrato, utilizados na confecção da equação de Van Genuchten.....	30
8 Dados da análise química dos substratos, no início do experimento.....	31
9 Dados da análise física dos substratos, no início do experimento.....	32
10 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 40 dias após o transplante.....	36
11 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 40 dias após o transplante.....	37
12 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 57 dias após o transplante.....	38
13 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 57 dias após o transplante.....	39
14 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 73 dias após o transplante.....	39
15 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 73 dias após o transplante.....	40
16 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 91 dias após o transplante.....	41
17 Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 91 dias após o transplante.....	41

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
18 Teste de média dos diâmetros das plantas para a interação estatística entre níveis de irrigação e tipos de substratos aos 109 dias.....	42
19 Teste de média das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 109 dias após o transplante .....	43
20 Teste de média das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 109 dias após o transplante .....	43
21 Teste de média dos diâmetros das plantas para a interação estatística entre níveis de irrigação e tipos de substratos aos 125 dias.....	44
22 Teste de média das alturas das plantas para a interação estatística entre níveis de irrigação e tipos de substratos aos 125 dias.....	46
23 Teste de média do tempo para atingir o ponto de enxertia para a interação estatística entre níveis de irrigação e os tipos de substratos.....	50
24 Teste de média dos pesos da parte aérea e das raízes das plantas para os diferentes níveis de irrigação.....	52
25 Teste de média dos pesos da parte aérea e das raízes das plantas para os diferentes tipos de substratos .....	52
26 Consumo de água em litros durante o experimento para cada tratamento .....	60
27 Correção, em %, da leitura da necessidade de água feita pelo atmômetro para que a quantidade de água se iguale ao método da pesagem.....	62
28 Custo da energia elétrica utilizada na irrigação, em reais, em cada tratamento durante o experimento .....	63
29 Faixas de interpretação de teorias de macronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com frutos (Violante Netto et al., 1988).....	64
30 Faixas de interpretação de teorias de micronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com frutos (Violante Netto et al., 1988).....	64
31 Teores de macronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função dos tipos de substratos .....	65
32 Teores de macronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função dos níveis de irrigação.....	66

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
33 Teores de micronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função dos tipos de substratos .....	25
34 Teores de micronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função dos níveis de irrigação .....	25

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
1 Controle individual para cada tratamento através de registros.....	22
2 Esquema ilustrativo da disposição do experimento.....	23
3 Vista do emissor de 4 saídas.....	27
4 Gotejadores instalados no experimento.....	27
5 Balança utilizada no método da pesagem.....	28
6 Atmômetro.....	30
7 Altura das plantas nas avaliações, para os diferentes níveis de irrigação.....	47
8 Altura das plantas nas avaliações, para os diferentes tipos de substratos.....	48
9 Diâmetro do caule das plantas nas avaliações, para os diferentes tipos de substratos .....	49
10 Diâmetro do caule das plantas nas avaliações, para os diferentes níveis de irrigação .....	49
11 Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I1, 10 meses após o transplântio .....	53
12 Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I2, 10 meses após o transplântio .....	53
13 Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I3, 10 meses após o transplântio .....	54
14 Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I4, 10 meses após o transplântio .....	54
15 Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I1, 10 meses após o transplântio .....	55
16 Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I2, 10 meses após o transplântio .....	55
17 Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I3, 10 meses após o transplântio .....	56
18 Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I4, 10 meses após o transplântio .....	56

## RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de laranja em 4 níveis de irrigação e 5 tipos de substratos. O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Cruz, no Município de Monte Azul Paulista no período de novembro de 2003 a outubro de 2004. Foi utilizada uma casa de vegetação comercial, coberta com filme de plástico transparente de 200  $\mu\text{m}$ , cercada lateralmente com a tela de malha de  $2\text{mm}^2$ , de cor branca e com um pé direito de 3,5 m de altura. As bancadas eram de ferro, ficando a 60 cm de altura do solo. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, tendo 4 repetições, sendo que as parcelas correspondem aos 4 níveis de irrigação e as sub-parcelas aos 5 tipos de substratos, com 4 mudas de laranja cada. Os substratos utilizados foram os seguintes: S1 – Golden Mix mistofibra (Amafibra); S2 – Golden Mix (Amafibra); S3 – Rendmax (Eucatex); S4 – Tropstrato (Vida verde); S5 – Plantmax (Terra do paraíso). As lâminas de irrigação foram calculadas com base na tensão de água no substrato: I1 – 10 kPa de tensão de água no substrato; I2 – 20 kPa de tensão de água no substrato; I3 – 40 kPa de tensão de água no substrato; I4 – 80 kPa de tensão de água no substrato. As variáveis avaliadas foram: altura de plantas e diâmetro do caule, tempo gasto para a enxertia, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, consumo de água pelas plantas. Os resultados obtidos mostraram que o substrato S2, desde o início do experimento, proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas, enquanto as médias dos níveis de irrigação não apresentaram diferenças significativas. O substrato S2 foi o substrato em que as plantas atingiram primeiro o

ponto de enxertia, seguido do substrato S1 e depois o substrato S5. Os substratos S3 e S4 não proporcionaram desenvolvimento adequado às plantas para que estas pudessem ser enxertadas. O tratamento em que ocorreu o maior consumo de água, foi o tratamento I2S2 (I2 – 20 kpa de tensão de água no substrato e S2 – Golden Mix (Amafibra). Os tipos de substratos interferiram mais no desenvolvimento das plantas do que os níveis de irrigação.

---

Palavras chaves: mudas de laranja, irrigação, substratos

**IRRIGATION MANAGEMENT IN DIFERENTS SUBSTRATE AIMING ORANGE TREE PRODUCTION IN GREEN HOUSE.** Botucatu, 2005. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

**Author: Emerson Fachini**

**Adviser: João Carlos Cury Saad**

## **SUMMARY**

The object of the research was evaluating the development of the orange tree in four irrigation levels and five substrate types. The research was conducted in Santa Cruz Farm, in the Monte Azul Paulista city, during November 2003 to October 2004. It was utilized commercial greenhouse, covered on the top with plastic film of 200um and the lateral with the tela of 2 mm<sup>2</sup>. A randomized block experiment design split plots, with 4 repetitions, 4 levels of irrigation and 5 types of substrate. The substrate were: S1 – Golden Mix mistofibra; S2 – Golden Mix granulate; S3 – Rendmax; S4 – Tropstrato and S5 – Plantmax. The irrigation levels were based on the time of the irrigation: I1 – 10 kPa of water tension in the substrate; I2 – 20 kPa of water tension in the substrate; I3 – 40 kPa of water tension in the substrate; I4 – 80 kPa of water tension in the substrate. The parameters evaluated were plant height, diameter of plant street, time spend for get graft, dry matter area part and roots part and plant's water requirement. The results shows that since begin of the research, the substrate S2 was better, because the plants in that substrate have a better development. Didn't have difference in irrigation level. The substrate S2 get first the time to graft after was Substrate S1 and the last one was Substrate S5. The substrates S3 and S4 didn't get adequate development to get a graft. The treatment that spent more water was the I2S2. Types of substrate influenced more in the development of the orange tree than the irrigation levels.

---

Keywords: orange tree, Irrigation, substrate

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de plantas em ambiente protegido no Brasil está em expansão e atualmente algumas culturas são cultivadas o ciclo todo dentro de ambiente protegido e outras apenas são feitas as mudas para depois serem levadas para o campo, como por exemplo a cultura da laranja.

Em ambiente protegido é possível utilizar o próprio solo ou utilizar substratos, acondicionados ou não em recipientes, para a produção dos mais diversos tipos de culturas.

Em dezembro de 2005, segundo a Fundecitrus, no estado de São Paulo a produção era de 13.147.777 mudas de laranjeira (Fundecitrus, 2006). Estes números mostra a importância do aperfeiçoamento da técnica de produção de mudas de laranjeira.

Várias técnicas foram e estão sendo estudadas para produzir sem a utilização do solo. Um exemplo bastante clássico é a hidroponia, que é o cultivo sem solo. O principal substrato utilizado atualmente é o substrato de casca-de-pinus e novos substratos estão surgindo, como o substrato de fibra de coco, composto de lixo orgânico, entre outros. Estes substratos apresentam vantagens na produção de mudas em relação ao solo, sendo a mais importante, a ausência de patógenos.

Normalmente os substratos são resíduos de processos industriais que não tinham utilidades e as empresas encontraram uma maneira econômica e ecológica para lidarem com o problema.

A utilização dos substratos, em recipientes para a produção de mudas, está se deparando com um problema que parece fácil de se resolver, mas é preciso ter bastante cuidado, que é a irrigação. A irrigação é uma técnica em que é preciso o máximo de critério, porque ela pode ao invés de trazer benefícios, prejudicar a produção.

A única forma das plantas obterem água no cultivo em ambiente protegido é através da irrigação e cada tipo de substrato apresenta as suas características físico-químicas e que devem ser levadas em consideração para que a irrigação seja feita de forma correta potencializando ao máximo o crescimento das plantas.

A água é de fundamental importância para o processo de irrigação, sendo necessário que na agricultura a água seja utilizada de forma coerente na irrigação, para obter boas colheitas, sem o desperdício de água e dinheiro.

Segundo Oliver (2000), na divisão do consumo de água mundial, a agricultura é responsável atualmente por 65%, onde o motivo é a expansão da agricultura irrigada, a indústria por 25% e o uso doméstico por 10%.

A cada ano a água está se tornando um bem em escassez, e em muitos países, o problema já é bem mais sério, sendo proibido a utilização de água potável na irrigação.

Estudiosos acreditam que em 2025 dois terços da população mundial sofrerão com a escassez deste importante recurso natural (Oliver, 2000), sendo este dado muito sério para a sobrevivência dos seres humanos.

A cultura da laranja é muito importante para o agronegócio brasileiro. No ano de 1999 o Brasil produziu 19.399.000 t de laranja, correspondendo a 33% da produção mundial, sendo o maior produtor. O segundo maior produtor é os EUA, que detém 15% da produção mundial, equivalendo a menos da metade da produção brasileira.

Há uma grande demanda e competição no mercado de produtos gerados pela citricultura. O Brasil é o maior produtor mundial de citrus e de suco de laranja e o setor é responsável por mais de 400 mil empregos diretos, US\$ 1.5 bilhões em divisas anuais

e é fundamental para a economia de 204 municípios do estado de São Paulo. (Fundecitrus, 1997).

Os objetivos do presente trabalho foram os de verificar os efeitos de 4 níveis de irrigação e 5 tipos de substratos no desenvolvimento de mudas de laranjeira cultivadas em ambiente protegido.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Porta-enxertos utilizados na citricultura**

Comercialmente as laranjeiras são propagadas por enxertia, sendo que existem várias combinações de porta-enxertos e copas. Os porta-enxertos afetam inúmeras características como, tolerância a seca, a taxa de fotossíntese, susceptibilidade a doenças entre outras (Pompeu Jr., 1991). As diversas combinações porta-enxerto e copas podem induzir diferentes respostas em relação às condições ambientais características de cada época do ano.

A escolha do porta-enxerto é o primeiro passo para o planejamento de um pomar de citrus. Segundo Fundecitrus (1998), a qualidade do porta-enxerto é essencial. Os porta-enxertos devem ser isentos de nematóides, fungos do gênero *Phytophthora* e outros patógenos e pragas.

O porta-enxerto de citromeleiro ‘Swingle’, esta sendo bastante utilizado em substituição ao porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’. Segundo a Fundecitrus (2001) este porta-enxerto apresenta algumas restrições, pois o seu desenvolvimento é prejudicado em solo alcalinos ou muito argilosos, menor resistência a seca do que o limoeiro ‘Cravo’ e pouca afinidade com a copa de laranjeira ‘Pêra’, tangor ‘Murcott’ e os limoeiros ‘Siciliano’ e ‘Eureka’.

Com o aparecimento da Morte Súbita dos Citros (MSC), que ataca os porta enxertos limoeiro ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’, outros porta-enxertos estão sendo

utilizados para a subenxertia em pomares adultos. Segundo Fundecitrus (2004), as melhores alternativas para a substituição dos porta-enxertos em plantas adultas através da subenxertia são o Citromeleiro ‘Swingle’ e as Tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’.

Apesar do porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’, ser bastante produtivo e resistente a seca, ele apresenta deficiências com relação a doenças, sendo suscetível a várias delas. Segundo Fundecitrus (2003), a tendência de mudança na produção de porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ é grande. Em março de 2002 do total de porta-enxertos produzidos, 82,17% eram de Limoeiro Cravo e em fevereiro de 2003 caiu para 41,63%, mostra o aumento da produção de outros porta-enxertos.

## 2.2 Fisiologia dos Citros

Denomina-se de citros às plantas cultivadas do gênero citrus e afins da família Rutáceas, sub-família Aurantióideae, tribo citreae, sub-tribo Citrinae; e, em especial, os gêneros Poncirus e Fortunella, e os diversos híbridos intergenéricos existentes. São todas espécies arbóreas, variando o porte desde os Kunquats do gênero Fortunella, até as laranjeiras e pomoleiros, que atingem cerca de 18 metros de altura. As raízes, partindo de uma principal, ramificam-se até formarem as radículas, as quais absorvem água e nutrientes. O tronco tende a se ramificar a poucos centímetros do solo, obrigando realização de podas nas plantas em formação, que geralmente permite o surgimento de ramificações fortes, a uma altura entre 40 e 80 centímetros. As copas são geralmente em forma de meia esfera ou piramidal e formam-se espontaneamente, sem interferência de poda; os espinhos das plantas cítricas, surgem na axila das folhas e são ramos modificados, constituindo característica juvenil, sendo por isto mais abundantes em clones novos ou ramos ladrões. As folhas das plantas cítricas são persistentes, com um único folíolo, com exceção de Poncirus trifoliata e seus híbridos, cujas folhas são trifoliadas e caducas; são de textura coriácea e coloração verde, sendo mais claras quando novas (Dorneles, 1988).

Segundo Medina et al. (1998) a deficiência hídrica promove o fechamento dos estômatos o que faz com que a difusão do vapor d’água para a atmosfera e a difusão de CO<sub>2</sub> para o mesófilo diminua, acarretando em queda na taxa fotossintética, o que afeta o desenvolvimento da planta cítrica.

Reuther citado por Medina et al. (1998), observou que a faixa de temperatura ideal para a atividade fotossintética dos citrus está entre 25 e 31 °C e praticamente cessa entre 38 e 40 °C o que também prejudicará o desenvolvimento.

O porta-enxerto 'Trifoliata' após um período de stress recuperou-se mais rápido do que os porta-enxertos citrange 'Troyer', tangerineira 'Cleópatra' e limoeiro 'Cravo', quando submetidos a irrigação após um período de estresse, com relação à assimilação de CO<sub>2</sub>. Isto sugere que este porta-enxerto induziu às copas maior tolerância a seca. Quando o potencial de água do substrato variou entre -0,01 e -0,04 MPa, o potencial de água nas folhas dos porta-enxertos 'Trifoliata' e limoeiro 'Cravo' estava ao redor de -0,45 MPa (Medina et al., 1998).

Após o estresse em mudas de laranjeira 'Valência' enxertada sobre o porta-enxerto 'trifoliata' foi efetuada a irrigação e no 4<sup>o</sup> dia de recuperação a assimilação de CO<sub>2</sub> e os potenciais de água na folha estavam normais, mas a condutância estomática recuperou-se lentamente (Medina et al., 1998).

Quanto mais severa a deficiência hídrica, maior será o período necessário para a recuperação da condutância estomática (Feres et al., 1979).

O estresse hídrico das árvores de laranja mostrou-se igual nos dias de verão da Flórida e do Arizona (EUA), apesar da demanda evaporativa do deserto (Arizona) ser muito maior, sugerindo que o fechamento estomático, sob alta demanda evaporativa, pode capacitar os citrus a reduzir o uso da água e controlar o estresse. O crescimento das folhas é extremamente sensível ao estresse hídrico. Quando uma planta é jovem e sofre estresse ocorre diminuição no crescimento das folhas e no desenvolvimento da copa, o que acarreta redução na absorção da radiação e da fotossíntese, causando redução na acumulação de fitomassa e conseqüente atraso no desenvolvimento (Rodrigues, 1994).

Kadoya et al. citado por Castro (1994) mostraram que uma vez que o sistema radicular dos citrus desenvolve fraca força para retirada de água do solo, a translocação de fotossintetizados para outras partes da planta é fortemente afetado pelo estresse hídrico.

Davies e Albrigo citado por Zanini et al. (1998) relataram que comparado com outras plantas de mesmo grupo fisiológico (C<sub>3</sub>), a eficiência no uso da água

pelos citrus é baixa e estudos mostraram que o fruto perde água para as folhas durante períodos de deficiência hídrica.

Segundo Klar (1991), raízes absorvem a solução do solo desenvolvendo uma força de sucção capaz de vencer a retenção de água pelo solo. Caso essa solução esteja a um potencial que torne difícil sua absorção pelas raízes, haverá plasmólise das células, provocando morte dos tecidos.

### **2.3 Características dos substratos**

O termo substrato aplica-se a todo material sólido, natural, sintético ou residual, mineral ou orgânico distinto do solo, que colocado em um recipiente de forma pura ou em mistura permite o desenvolvimento do sistema radicular, desempenhando, portanto, um papel de suporte para a planta (Abad & Noguera, 1998).

Como características desejáveis, os substratos devem apresentar baixo custo, disponibilidade nas proximidades da região de consumo, suficiente teor de nutrientes, boa capacidade de troca de cátions, relativa esterilidade biológica, e permitir a aeração e a retenção de umidade (Konduru et al., 1999; Booman, 2000; Gonçalves et al., 2000), além de ser capaz de favorecer a atividade fisiológica das raízes (Gonçalves et al., 2000).

O armazenamento de água no solo, para fins de manejo de irrigação, está relacionado com uma faixa de água disponível entre duas tensões tomadas como limites (Veihmeyer & Hendrickson, 1949). O limite superior é descrito como a capacidade de campo (Cc), que pode ser associado a umidade retida à tensão de 0,01 MPa (Reichardt, 1993). O limite inferior desta faixa pode ser descrito como o ponto de murcha permanente (Pmp), equivalendo a tensão de 1,5 MPa.

Alguns substratos são produzidos com casca de árvores, são misturados a outros materiais, entre eles húmus e vermiculita. Segundo Gonçalves & Poggiani (1996), a composição física do húmus e da vermiculita apresenta uma peculiaridade, porque ambos apresentam alta porosidade, porém o húmus apresenta apenas microporosidade elevada e a vermiculita apresenta um balanço entre macro e microporosidade.

Menezes Junior & Fernandes (1998), estudaram os seguintes substratos para a produção de mudas de couve-flor, Plantmax, Planta Forte, mistura de solo podzólico vermelho amarelo+turfa “petrolini”+casca de arroz carbonizada (1:1:1). Os outros substratos estudados eram compostos das misturas dos substratos citados acima. Verificou-se que o aumento da percentagem de partículas menores que 0,106mm, aumentou a densidade do substrato, elevando as características físicas como água disponível, água facilmente disponível e água de reserva, e diminuiu o espaço de aeração. Esta relação refletiu direto do desenvolvimento das mudas, que sob tais condições, ou seja, em substratos com baixo espaço de aeração, apresentaram um menor número de folhas definitivas, diâmetro do colo, altura da muda ao ponto de crescimento, comprimento de internódios finais, e ainda menores pesos de matéria seca. Os melhores resultados foram os substratos que apresentaram um maior espaço de aeração, devido ao fato de disponibilizar mais oxigênio na zona radicular, facilitando as trocas gasosas entre o substrato e o meio externo e auxiliando na absorção de nutrientes pela raiz.

Segundo Lima (1993), na África do Sul as mudas são produzidas em recipientes onde o substrato utilizado é uma mistura de partes iguais de casca de pinus moída e areia lavada. Às vezes a casca de pinus é usada pura ou substituída por outro material como bagacilho ou torta de filtro de usinas de cana. A areia é grossa podendo ter pedregulho de até 1 cm. O substrato é fumigado com brometo de metila.

Bevington et al. (1985) concluiu que a emissão de raízes em plantas novas de citrus está relacionada à temperatura e ao teor de água no solo, sendo que temperatura do solo inferior a 22 °C e o potencial de água no solo abaixo de -0,05 MPa, são fatores limitantes para o crescimento e emissão de novas raízes. O crescimento de raízes em plantas jovens de citrus é cíclico quando a temperatura do solo e água não são fatores limitantes.

Considerando que, substratos formados por solos de base mineral, a faixa de pH onde há maior disponibilidade de nutrientes está entre 6 e 7, e que em substratos de base orgânica, este valor varia e a faixa ideal está entre 5,2 e 5,5 (Kampf, 2000).

Segundo Klar (1991) a composição do ar do solo se altera constantemente com a infiltração de água, com as mudanças da atmosfera em conexão com as flutuações diárias de temperatura e com a velocidade do vento. Quanto mais seco o solo, a

razão de difusão de gases aumenta com a temperatura, sendo maior em solos de textura fina do que em solos de textura grosseira, porém, quanto mais úmido, a situação se inverte, isto é, a razão de difusão de gases é maior nos solos arenosos. Caso as trocas de oxigênio e gás carbônico sejam interrompidas, os processos metabólicos das raízes das plantas serão prejudicados imediatamente. Trocas de gases que não atendem às necessidades das plantas fazem decrescer o rendimento destas, mesmo sendo por um só dia, e causam a morte das plantas, se prolongarem. Pesquisas concluem haver apreciável redução no crescimento das plantas se o volume de poros do solo for menor que 10 a 15% do volume total de solo, dependendo da cultura e de outros fatores. Em solos arenosos a infiltração de água é muito maior do que em solos argilosos, mas quanto a retenção ocorre o contrário. Com a adição ou existência de material orgânico no solo a infiltração é favorecida nos horizontes onde a matéria orgânica atua. A presença de raízes tende a aumentar a velocidade de infiltração.

Sempionato et al. (1997), sugerem duas opções de substratos para produção de mudas cítricas, conforme Tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Opção 1

<b>Componentes</b>	<b>Quantidade</b>
Terra areno-argilosa	160 L
Esterco bovino curtido	40 L
Orgânico humificado	3,0 kg
Torta de oleaginosas (mamona ou amendoim)	3,0 L
Superfosfato simples	0,8 kg
Calcário dolomítico	0,6 kg
Fórmula NPK (12-06-12)	0,6 kg
Sulfato de zinco	0,06 kg

Tabela 2 - Opção 2

<b>Componentes</b>	<b>Quantidade</b>
Casca de pinus queimada	180 L
Vermiculita expandida média	20 L
Orgânico humificado	3,0 kg
Torta de oleaginosas (mamona ou amendoim)	3,0 L
Termofosfato magnésiano	0,6 kg
Fórmula NPK (12-06-12)	0,5 kg

A mistura deve ser homogeneizada em betoneiras e esterilizada.

Para produção de mudas cítricas um substrato de alta qualidade é essencial. O substrato deve ter boa porosidade, ser isento de nematóides e de fungos do gênero *Phytophthora*, causador da gomose (Fundecitrus, s.d.).

Schmitz et al. (2002), estudaram vários tipos de substratos para produção em vasos, como por exemplo, solo, areia, turfa, casca de arroz carbonizado e casca de acácia decomposta e misturas entre eles. Os parâmetros químicos estudados foram CTC, pH, teor totais de sais solúveis e carbono orgânico. Os parâmetros físicos foram, densidade seca, porosidade total, espaço de aeração, água disponível, água remanescente e distribuição do tamanho das partículas. Cada tipo de substratos apresentou características próprias mostrando que alguns substratos são melhores para o desenvolvimento das plantas do que outros.

O total de poros do substrato pode ser preenchido por água e ar. Estes são importantes fatores para o crescimento das plantas e um bom substrato é caracterizado por apresentar uma quantidade suficiente de ar e água disponível. O total de poros é constituído de poros de vários tamanhos (Michiels et al., 1993).

Propriedades físicas dos substratos vêm sendo estudadas para melhorar a estratégia de utilização da irrigação e de fertilizantes. A proposta é produzir um substrato que consiga reter uma quantidade adequada de água para a planta e que proporcione uma boa drenagem para ter boa aeração para as raízes. Substratos formados por estruturas grossas necessitam de grande quantidade de água e fertilizantes porque uma grande parte é perdida por lixiviação no fundo do recipiente. A combinação atual de fertilizantes e pesticidas com a água, torna a perda de água cara. A melhor maneira é utilizar a estratégia de reduzir ao máximo as entradas de água e fertilizantes e reaproveitar os pequenos volumes que são perdidos (Fonteno, 1993).

Milks (1989) verificou que o comportamento hídrico dos substratos não é afetado somente por suas características físicas, mas sim por muitas variáveis, e entre elas estão: 1- Geometria do recipiente utilizado; 2- Composição do substrato; 3- Densidade da massa do substrato no recipiente; 4- O Método de aplicação de água e 5- densidade de raiz.

Segundo Bunt (1988), citado por Taveira (2001), uma alternativa promissora de substrato para o Brasil é a utilização da fibra de coco. Este material promove

uma melhoria em todos os aspectos para a produção de plantas em contêiner, e deve ser tratado como um material totalmente diferente dos materiais já existentes.

Estima-se que, para cada 250ml de água de coco consumido, é gerado 1 kg de lixo. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), foram consumidos no País 140 milhões de litros de água de coco em 1998 (Brasil, 2002), gerando um volume acima de 560.000 m<sup>3</sup> de resíduos, aumentando os custos do serviço de coleta de lixo e sobrecarregando os aterros sanitários (Projeto Coco Verde, 2002).

Na Tabela 3, estão apresentadas as características químicas e físicas de substrato de casca de coco (Carrijo et al., 2003).

Tabela 3 – Característica química e física de substrato de casca de coco.

Nutrientes	Teor	Granulometria		Outras Propriedades			
		AP <sup>1/</sup> (mm)	DP <sup>2/</sup> (%)	Química		Física	
N (g kg <sup>-1</sup> )	5,6	4,00	28,9	Matéria seca (%) <sup>3/</sup>	93,5	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	0,11
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,0	2,00	6,0	Cinzas (%) <sup>3/</sup>	3,8	Densidade de partículas (g cm <sup>-3</sup> )	1,22
K (g kg <sup>-1</sup> )	2,8	1,00	10,6	Lignina (%) <sup>3/</sup>	29,9	Porosidade total (%)	91
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	0,6	0,59	18,1	Celulose (%) <sup>3/</sup>	56,8	AFD (%) <sup>4/</sup>	14,9
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	0,6	0,25	28,6	Relação C/N	74/1	CapAer (%) <sup>5/</sup>	16,5
S (g kg <sup>-1</sup> )	0,3	0,15	6,2	pH	6,4		
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	8,4	<0,15	1,6	CE (mS cm <sup>-1</sup> )	2,4		
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	75,3						
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	0,8						
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	4,0						
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	2,2						
B (mg kg <sup>-1</sup> )	21,6						

<sup>1/</sup> AP = Abertura do furo da peneira em mm; <sup>2/</sup> DP = Distribuição de partículas em %, obtido com 50g de fibra, velocidade de vibração 5 e tempo de vibração de 5 min.

<sup>3/</sup> Fonte: Oliveira et al. (2003).

<sup>4/</sup> AFD = Água facilmente disponível (umidade em % de 1 a 5 kPa de tensão), e <sup>5/</sup> CapAer = Capacidade de aeração (porosidade livre de água em %, diferença entre a porosidade total e a porosidade após drenagem livre).

Na produção de mudas de tomates nos substratos Plantmax<sup>R</sup>, Pó de coco, Húmus de minhoca e a mistura entre os substratos, detectou-se uma boa germinação em todos os substratos que continham Pó de coco, provavelmente devido a alta capacidade de retenção de água deste substrato. Porém o Pó de coco por apresentar uma baixa condutividade elétrica, apresenta um baixo teor de nutrientes e sais (Pragana, (1998), citado por, Silveira et al., 2002)

## **2.4 Irrigação de substratos**

O bom crescimento das plantas cultivadas em substratos depende do ajustamento adequado entre a quantidade de água necessária às plantas em relação á aeração destes substratos. Esses mesmos autores concluíram que para as plantas com alta necessidade de água, os melhores resultados foram obtidos com substratos de alta disponibilidade de água (30% volume), aeração média (20% em volume com tensão de 10 mca ou 98,09 kPa) e com irrigação freqüente. De modo inverso, concluíram que, para plantas com menores necessidades de água, é preferível a utilização de substrato com disponibilidade de água média a alta (20-30% volume) e irrigação menos freqüente (Riviere et al., 1990).

O substrato irrigado, segundo resultados obtidos por Agostini et al. (1991), apresentaram maior incidência do fungo phytophthora em relação ao não irrigado, devido ao fato de que as condições de alta umidade e temperaturas elevadas favoreceram o desenvolvimento do fungo.

Na produção de mudas na África do Sul a irrigação é manual devido a desuniformidade da irrigação com aspersores, a dificuldade de molhar o substrato em sacos plásticos e as diferentes necessidades de água dos diversos estágios de formação das mudas (Lima, 1993).

A retenção de água pelo solo é apenas em parte explicada pela textura do solo. Principalmente nos potenciais próximo a capacidade de campo, a condição estrutural do solo, particularmente no que se refere à distribuição de tamanhos de poros, exerce importante efeito sobre a retenção de água (Gonçalves & Folegatti, 2002)

Segundo Feld et al. (1989), uma irrigação feita corretamente é essencial para redução dos efeitos maléficados causado pelo o excesso de água nas raízes de citrus.

Plantas que se desenvolvem em condições de maior estresse têm maior capacidade adaptativa que aquelas que cresceram em condições de disponibilidade hídrica satisfatória (Sousa, et al. 1999, citado por Farias, 2003).

O tratamento na produção de crisântemo, irrigado com a tensão de  $-30\text{kPa}$ , apresentou o menor peso de raiz, o que provavelmente ocorreu em função do estresse hídrico sofrido neste tratamento. Neste mesmo tratamento foi produzido o menor número de plantas de alta qualidade (A1), confirmando a importância de a planta não sofrer estresse hídrico. O ponto de máxima qualidade foi obtido com a tensão de  $-4\text{kPa}$  (Farias et al., 2004).

Em um experimento de produção de mudas, utilizando substrato, em casa de vegetação, realizado na Espanha, (Ballester-Olmos et al., 1989), foram utilizados 400 mL de água por muda cítrica, com turno de irrigação de 7 dias para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro e de 3 dias para o restante dos meses. Observou-se que a irrigação por microaspersão foi mais eficiente do que a irrigação por microtubos e a feita manualmente com mangueira.

As mudas de laranja produzidas em sacos plásticos apresentam uma quantidade maior de raízes comparadas com as produzidas no solo, induzindo maior resistência à seca, não sendo necessário uma grande quantidade de água, após o transplante no campo, desde que receba uma irrigação adequada no plantio. Mudanças de laranjas produzidas em sacolas e transplantadas para o campo, com irrigação de 40 litros de água no plantio e a cada 7 dias, mostraram-se eficiente (Stuchi et al., 1999).

As propriedades hídricas do substrato influenciam a entrada e a movimentação de água para as raízes, a saída e a evaporação de água do substrato. As propriedades hídricas podem ser divididas em: característica de retenção de água, que é a capacidade de armazenar água e condutividade hidráulica, que é a habilidade do solo em transmitir água (Fonteno, 1993).

A quantidade de ar e água no substrato se apresentam como concorrentes, ou seja, quando a quantidade de ar é maior, a quantidade de água é menor e o inverso é verdadeiro também. Para alguns pesquisadores, o substrato ideal é aquele que

apresenta um volume igual de água e ar. Isto ocorre apenas em um potencial matricial que é o ótimo. Abaixo do potencial matricial ótimo, a planta despende mais energia para retirar água do solo (Michiels, 1993).

O manejo da irrigação em recipientes pequenos, como por exemplo, tubetes, apresenta particularidades quando comparados ao cultivo em solos, devido a maior frequência de irrigação que se dá em função do baixo volume de substrato disponível para a planta. Isto faz com que se deva ter um maior controle da irrigação, prevenindo o estresse hídrico na fase de crescimento. A frequência e o volume de água devem ser determinados para cada tipo de substrato a ser utilizado (Wedling & Gatto, 2002). Em substratos com menor capacidade de retenção de água (casca de arroz carbonizada, areia, etc.) é preciso irrigar mais frequentemente do que nos de maior capacidade de retenção (turfas, compostos orgânicos, fibras de coco, etc.).

## **2.5 Matéria orgânica**

Os substratos geralmente são compostos orgânicos, formados de partes de plantas ou de seus frutos.

A matéria orgânica quando incorporada ao solo traz grandes benefícios, podendo até modificar alguns de seus atributos. Segundo Buckman & Brady (1968) as influências mais evidentes aparecem na capacidade de absorção de cátion pelo solo, na disponibilidade de nutrientes e nas propriedades físicas do solo.

Segundo Galbiatti (1992), a matéria orgânica se apresenta em dois tipos, a ativa e a inativa, sendo que a matéria orgânica ativa pode se decompor através do processo de fermentação e formar o húmus, enquanto a matéria orgânica inativa ou humificada não está mais sujeita à decomposição intensa. A fração húmica age principalmente nas propriedades físicas e físico-químicas do solo, e a fração não húmica, que está em decomposição, é a principal fonte de nutrientes.

A aplicação de  $180 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco de curral reduziu de 23 para 5 horas o tempo de infiltração de água no solo. A infiltração de água no solo se mostrou diretamente proporcional ao acréscimo de esterco. A cada 1% de matéria orgânica acrescentada ao solo é reduzido em 31% o tempo de infiltração da água. O efeito da matéria

orgânica não dura mais de 1 ano devendo-se, portanto, usar matéria orgânica, no mínimo, em anos alternados (Meek et al., 1982).

Evidentemente que plantas de mesma espécie, quando mais novas apresentam maiores teores de açúcares, amido, proteínas solúveis em água ou simples e, logicamente, menores de lignina e de outras substâncias resistentes a decomposição. Em conseqüência, resíduos de plantas novas se decompõem mais rapidamente do que de plantas velhas. Esse tipo de comentário pode ser estendido à diferença na composição determinada pelas espécies e, desta forma, pode-se esperar que uma leguminosa madura, mais rica em proteína, se decomponha mais rapidamente do que uma gramínea madura. A Tabela 4 mostra a composição química de alguns materiais (Kononova, citado por Fassbender, 1975).

Tabela 4. Composição química aproximada da matéria seca de alguns restos vegetais.

Resto vegetal	Resinas, ceras e graxas.	Proteínas	Celulose	Hemicelulos e carboidratos solúveis	Lignina
-----g kg <sup>-1</sup> -----					
Leguminosa perene					
Raízes	100-120	100-150	200-250	250-300	100-150
Folhas	--	120-200	150	100-120	50
Gramíneas perenes					
Raízes	50-120	50-100	250-300	250-300	150-200
Espécies caducifólias					
Folhas	30-50	40-100	150-200	100-200	100
Madeira	--	5-10	400-500	200-300	200-250
Espécies coníferas					
Folhas	200-250	50-70	200	150-200	150
Madeira	--	1-10	450-500	150-250	150-300

O composto orgânico com alta relação C/N causa imobilização do nitrogênio, levando a deficiência deste elemento no solo. Já o composto orgânico imaturo, com relação C/N baixa, pode causar toxicidade às culturas por excesso de amônia (Inbar et al., 1990, citado por He & Traina, 1992).

Os resíduos orgânicos não são decompostos como um todo, devido que algumas das substâncias que constituem esses resíduos são decompostos com facilidade, enquanto que outras oferecem grande resistência a decomposição. Desta forma a decomposição de cada resíduo depende da composição das substâncias, que apresentam

velocidade de decomposição diferente. A Tabela 5 apresenta a facilidade de decomposição das substâncias presentes nos resíduos orgânicos (Brady, 1989).

Tabela 5. Ordem decrescente de facilidade de decomposição de substâncias que constituem tecidos orgânicos.

Substâncias	Decomposição
Açúcares, amidos, proteínas solúveis em água.	Rápida
Proteínas brutas ou não solúveis em água	
Hemiceluloses	↓
Celuloses	
Ceras, gorduras, ligninas, etc.	Lenta

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de desenvolvimento da pesquisa**

A pesquisa foi realizada na Fazenda Santa Cruz, no município de Monte Azul Paulista, com latitude sul entre 48°35` a 48°44`, e 21°08` a 21°14` de longitude oeste e a 600 metros de altitude. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical com inverno seco (Cwa), com precipitação média anual de 1400 mm, temperatura média anual de 22 °C e umidade relativa média do ar de 70%.

#### **3.2 Período de desenvolvimento da pesquisa**

A pesquisa teve início no dia 10 de novembro de 2003, com o transplante dos porta-enxertos para as sacolas plásticas e foi encerrada no dia 20 de outubro de 2004, com a coleta das plantas para que estas fossem secas e efetuada a avaliação da massa do material seco.

#### **3.3 Estrutura física**

Foi utilizado um ambiente protegido comercial, coberta com filme de plástico transparente de 200 µm, cercada lateralmente com a tela de malha de 2 mm<sup>2</sup>, de cor

branca e com um pé direito de 3,5 m de altura. As bancadas eram de ferro, ficando a 60 cm de altura do solo, e tinham dimensão de 1 m de largura e 6 m de comprimento. O comprimento da estufa, as bancadas e as linhas de plantio foram localizados no sentido leste-oeste. O ambiente protegido apresentava uma dimensão de 60 m de comprimento e 7 m de largura, e o experimento ficou localizado na parte central.

### **3.4 Variedade utilizada**

Foram utilizados porta-enxertos de tangerina ‘Cleópatra’, que estão sendo bastante utilizados na citricultura atual, porque se apresenta resistente a morte súbita dos citros, uma que esta se disseminando nos pomares citrícolas. Estes porta-enxertos foram adquiridos de produtores certificados.

As borbulhas utilizadas na enxertia foi a de laranjeira ‘Valência’ (*Citrus sinensis*), que apresenta boa compatibilidade com o porta-enxerto e é bastante utilizada pelos citricultores. As borbulhas foram adquiridas de viveiro certificado.

### **3.5 Delineamento Experimental**

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com parcelas sub-divididas, com 4 repetições, com as parcelas correspondendo aos 4 níveis de irrigação e as sub-parcelas aos 5 tipos de substratos, com 4 mudas de laranja cada.

Os substratos utilizados foram os seguintes:

S1 – Golden Mix mistofibra coco.

S2 – Golden Mix granulado fibra coco granulada.

S3 – Rendmax eucatex - casca de pinus (95%) + Vermiculita (5%).

S4 – Tropstrato vida verde – (casca de pinus (60%) + vermiculita (20%) + turfa (10%) + carvão (10%).

S5 – Plantmax terra paraíso - (casca de pinus (70%) + (vermiculita + areia) (30%).

As lâminas de irrigação foram calculadas com base no momento de irrigação:

I1 – 10 kPa de tensão de água no substrato

I2 – 20 kPa de tensão de água no substrato

I3 – 40 kPa de tensão de água no substrato

I4 – 80 kPa de tensão de água no substrato

### 3.6 Disposição do experimento

Nas bancadas foram dispostos os sacos plásticos que receberam as mudas de laranja. A Figura 1 mostra como a irrigação foi disposta no experimento. As cores nos tubos de polietileno indicam cada nível de irrigação em questão e cada registro comanda um tratamento.



Figura 1 – Controle individual para cada tratamento através de registros.

Na Figura 2 está apresentado o esquema do experimento.

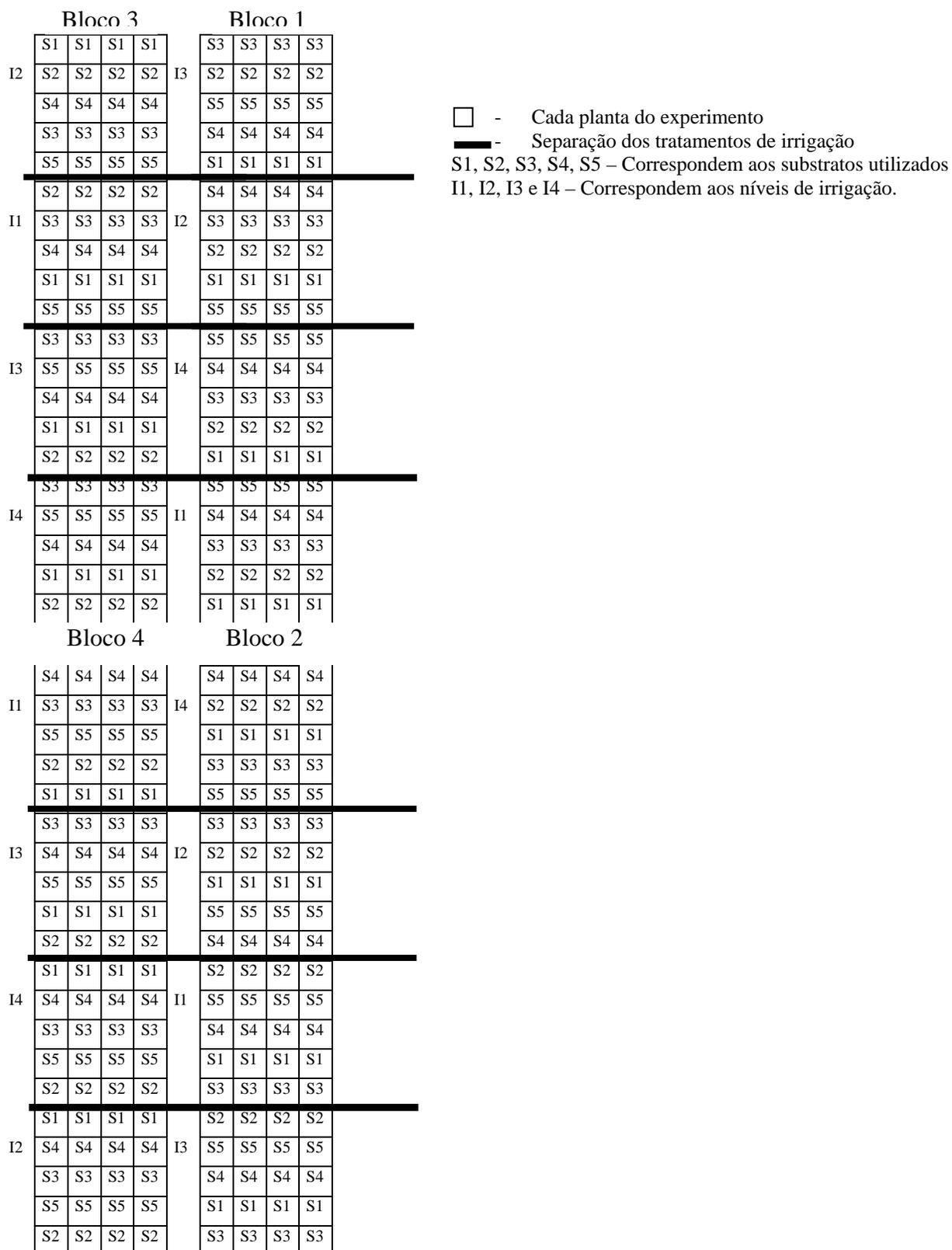


Figura 2 – Esquema ilustrativo da disposição do experimento

### **3.7 – Insumos**

#### **3.7.1 Recipientes**

Os recipientes utilizados no experimento foram sacos plásticos de polietileno preto, com medidas de 40 cm de altura e 18 cm de largura. Após o recipiente ser preenchido com substrato as medidas eram 36 cm de altura e 11 cm de diâmetro. O volume de substrato que foi acondicionado nos recipientes foi de 3,5 L.

#### **3.7.2 Substratos**

Foram utilizados substratos comerciais, adquiridos diretamente dos fabricantes. Foram utilizados dois substratos que tinham como base a fibra de coco, o Goldem Mix Mistofibra e o Goldem Mix Granulado (ambos os substratos produzidos pela Amafibra), e três substratos que tinham como base a casca de pinus, o Plantimax (produzido pela Terra do Paraíso), o Rendmax (produzido pela Eucatex) e o Tropstrato (produzido pela Vida Verde).

#### **3.7.3 Fertilizantes**

Na adubação de plantio foi utilizado 1g do adubo de liberação lenta de nutrientes (tempo de liberação de 12 meses, indicada pelo fabricante), o Osmocot, na formulação 18-08-14, por L de substrato. A adubação foi individual para cada recipiente sendo o volume de substrato de cada recipiente misturado com as 3,5 g do fertilizante. A adubação foi baseada em orientação técnica de produtores tradicionais de mudas cítricas, pois não existem atualmente dados de pesquisa sobre o assunto.

De três em três meses foi feita uma adubação com 1g/planta de fertilizante de formulação 17-06-18 sendo acrescentado 30 mL de água através de pulverizador costal para solubilizar o fertilizante.

### 3.7.4 Qualidade da Água

A água utilizada no experimento para a irrigação foi proveniente de poço artesiano, com 80 metros de profundidade e vazão de 30 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>. Na Tabela 6 está a análise da água utilizada, que foi feita no Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural na Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp – Campus Botucatu - SP.

Tabela 6 – Análise da água utilizada no experimento.

Parâmetros		Amostra	Unidades
pH		7,79	
CE		2,08	dS m <sup>-1</sup>
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	1,04	mg L <sup>-1</sup>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,2	mg L <sup>-1</sup>
Nitrito	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0,004	mg L <sup>-1</sup>
	NaNO <sub>2</sub>	0,018	mg L <sup>-1</sup>
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,012	mg L <sup>-1</sup>
Ferro		0,01	mg L <sup>-1</sup>
Cor		0	mg Pt-Co L <sup>-1</sup>
Turbidez		0	FAU
Alumínio	Al <sub>3</sub> <sup>+</sup>	0	mg L <sup>-1</sup>
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	mg L <sup>-1</sup>
Dureza	Mg-CaCO <sub>3</sub>	1,4	mg L <sup>-1</sup>
	Mg	0,34	mg L <sup>-1</sup>
	Ca-CaCO <sub>3</sub>	-----	mg L <sup>-1</sup>
	Ca	-----	mg L <sup>-1</sup>

Obs: ---- valores abaixo da faixa de leitura do aparelho.

### 3.8 Plantio

O plantio foi realizado utilizando-se porta-enxertos com 3 meses de idade, medindo aproximadamente 15cm de altura. O comprimento da raiz estava relacionado

ao tubete de polietileno em que o porta-enxerto se desenvolveu, tendo 12cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro. Os sacos plásticos foram acondicionados na bancada primeiro e o plantio foi realizado com os sacos plásticos no local definitivo.

Antes do plantio foi realizada uma irrigação com a barra de irrigação manual, para que os substratos fossem umedecidos totalmente e também para facilitar o plantio. A barra de irrigação era um cano de PVC de 1 polegada, perfurado a cada 1 cm. Para a realização do plantio, foi utilizado um bastão pontiagudo (chucho), com diâmetro de 3 cm, maior do que o da raiz do porta-enxerto, que era de 2,5 cm, e foi feito um orifício de 15 cm de profundidade no substrato suficiente para acondicionar as raízes do porta-enxerto sem que fosse preciso pressionar a mesma. Após o acondicionamento da raiz no orifício, foi feita uma pressão nas laterais para que o substrato ficasse em contato com as raízes.

### **3.9 Irrigação**

#### **3.9.1 Equipamento.**

A irrigação foi feita pelo sistema de gotejamento, utilizando gotejador com vazão de  $4 \text{ L h}^{-1}$ , na pressão de 1,5 atm, onde foi acoplado um distribuidor com 4 saídas, o que proporcionou irrigar 4 plantas com a vazão de  $1 \text{ L h}^{-1}$ . A água era conduzida até as plantas através de um microtubo que tinha um fixador na extremidade, o qual era inserido no substrato (Figuras 3 e 4).

Na saída da bomba foi instalado um filtro de disco para eliminar possíveis detritos que pudessem causar a obstrução dos gotejadores.

A distância da saída da bomba até o experimento era de 3 metros e a vazão utilizada no experimento era de  $320 \text{ L h}^{-1}$ .

A pressão de serviço utilizada foi de 1,5 atm, na entrada das linhas de gotejadores, e foi mantida durante todas as irrigações.



Figura 3 – Vista do emissor de 4 saídas



Figura 4 – Gotejadores instalados no experimento

### 3.9.2 Controle da irrigação

O cálculo da lâmina de água aplicada foi feito pelo método da pesagem (Figura 5). Os recipientes com substratos foram saturados com água ao entardecer e no dia seguinte, ao nascer do sol, quando a drenagem da água já havia cessado, foi realizado a pesagem para cada tipo de substrato adotando este peso como sendo a capacidade de campo dos substratos. Foi sorteado 1 recipiente de cada tratamento de cada bloco, e estes sempre foram pesados, e serviram como parâmetro para os demais.



Figura 5 - Balança utilizada no método da pesagem.

Para eliminar a interferência do crescimento da planta no método da pesagem, semanalmente foi escolhida uma planta de cada tratamento, e elevado o seu teor de água a capacidade de campo, saturando o substrato e esperando drenar o excesso, como foi feito na primeira vez. Comparando o peso que foi obtido com a pesagem do início do experimento, foi possível conhecer o peso da planta, que foi descontado no cálculo da lâmina

de água, eliminando possíveis problemas. Esta técnica não foi repetida nas mesmas plantas durante o experimento para não interferir nos resultados dos tratamentos.

As tensões de água dos tratamentos de irrigação foram convertidas em lâminas de água aplicadas nas plantas. Para fazer esta conversão foi utilizado a curva de retenção de água de cada substrato, Anexo 1, determinando desta forma a porcentagem de água disponível existente em cada substrato nas tensões indicadas. Foi utilizado o programa computacional Soil Water Retention Curve – SWRC (Dourado Neto et al., 1990) para ajustar matematicamente os dados ao modelo não linear proposto por Van Genuchten (1980), representado pela seguinte Equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1+(\alpha \cdot |\Psi_m|)^n]^m}$$

Em que:

$\theta$  = teor volumétrico de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_r$  = teor de água residual ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_s$  = teor de água para o solo saturado ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\alpha$ ,  $m$ ,  $n$  = parâmetros de ajuste do modelo;

$\Psi_m$  = potencial matricial de água no solo ( $\text{cmH}_2\text{O}$ )

A curva característica de retenção de água foi determinada para os cinco substratos. O valor do teor de água residual ( $\theta_r$ ) foi igual a zero. Os dados utilizados para cada substrato na equação para a construção das curvas estão na Tabela 7.

Quando o substrato atingia a tensão determinada de cada tratamento, era realizada a reposição da água até a sua capacidade de campo.

O Atmômetro modificado foi utilizado para que fosse feita uma correlação com o método da pesagem, Figura 6, facilitando desta forma o monitoramento da irrigação, pois, segundo Broner & Law (1991), o Atmômetro pode estimar a evapotranspiração de referência com boa precisão. A leitura do Atmômetro facilita o trabalho do produtor rural para controlar a irrigação.

Tabela 7 - Parâmetros de cada substrato, utilizados na confecção da equação de Van Genuchten.

Substratos	Parâmetros				
	$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$	M	N
	----- cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> -----				
S1	0	0,999	0,0045	1,5582	0,1577
S2	0	0,977	0,0041	1,6671	0,1400
S3	0	0,971	20,3537	0,5596	0,1930
S4	0	0,888	21,0301	0,5183	0,2285
S5	0	0,811	21,1985	0,3760	0,3426

Obs: Os parâmetros  $\alpha$ , m e n, não são expressos em unidades.



Figura 6 – Atmômetro

Para melhor caracterização do comportamento hídrico de cada substrato foram instalados tensiômetros nos recipientes com substrato, a uma distância de 3

cm do caule dos porta-enxertos e a uma profundidade de 20 cm, para avaliação do potencial de água.

As irrigações foram feitas no período entre 7:00 e 8:00 horas quando necessário. Para os substrato compostos de casca de pinus, foi necessário fracionar a quantidade de água necessária em três etapas durante o dia, entre 7:00 e 8:00 horas, entre 12:30 e 13:30 horas e entre 17:00 e 18:00 horas. Este procedimento foi para evitar perda de água por percolação, que nestes substratos era grande.

### 3.10 Caracterização qualitativa do substrato

Para a caracterização dos substratos foram realizadas análises químicas e físicas de cada substrato, e os resultados utilizados para elucidar diferenças no crescimento das plantas, cujos os dados estão apresentados nas Tabelas 8 e 9. As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA-UNESP em Botucatu - SP.

Tabela 8 - Dados da análise química dos substratos, no início do experimento.

Atributos	S1	S2	S3	S4	S5
pH	4,9	4,8	5,1	5,6	5,6
Relação C/N	<b>93/1</b>	<b>96/1</b>	<b>50/1</b>	<b>56/1</b>	<b>73/1</b>
	-----%				
Umidade	63	61	49	37	53
Matéria Orgânica	82	83	59	56	66
Nitrogênio	0,49	0,48	0,65	0,55	0,5
Fósforo	0,23	0,27	0,40	0,20	0,20
Potássio	1,16	0,81	0,21	0,20	0,24
Cálcio	1	1,2	1,8	1,19	1,3
Magnésio	0,36	0,39	1,95	1,08	1,23
Enxofre	0,38	0,36	0,58	0,18	0,24
Carbono	45,56	46,11	32,78	31,11	36,67
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
Ferro	4050	3350	14950	7150	7300
Cobre	182	200	22	16	74
Manganês	112	174	340	272	314
Sódio	560	420	280	180	360
Zinco	260	274	82	212	112

Obs: S1=Substrato 1; S2=Substrato 2; S3=Substrato 3; S4=Substrato 4; S5= Substrato 5.

Tabela 9 - Dados da análise física dos substratos, no início do experimento.

Atributos	S1	S2	S3	S4	S5
	-----dS m <sup>-1</sup> -----				
Condutividade elétrica	4,23	4,28	5,41	2,84	4,10
	-----g cm <sup>-3</sup> -----				
Densidade	9	12	35	29	32

Obs: S1=Substrato 1; S2=Substrato 2; S3=Substrato 3; S4=Substrato 4; S5= Substrato 5.

### 3.11 Controle de pragas e doenças

Para controlar a larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella*) foi utilizado o princípio ativo Abamectin, sendo utilizado 0,2 mL do produto comercial e 5 mL de óleo vegetal sendo esta mistura diluída em 2 L de água e pulverizada sobre as plantas.

Para controlar outros insetos, como pulgão (*Toxoptera citricidus*), borboleta branca (*Aleurotrixus floccosus*) e trips (*Tripes tabaci*), foi utilizado o princípio ativo Deltamethrin, 1 mL do produto comercial diluídos em 2 L d'água, e o princípio ativo Clorpirifós, 1 mL do produto comercial diluído em 2 L d'água e pulverizado sobre as plantas. Estes foram utilizados em rotação para evitar que as pragas adquirissem resistência.

Todos as pulverizações foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal.

### 3.12 Enxertia dos porta-enxertos

A enxertia foi realizada quando as plantas de cada tratamento atingiram o diâmetro de 0,7 cm, sendo a medida feita a 1 cm acima do colo da planta.

A enxertia era feita através da técnica do 'T' invertido. Com uma faca é feito um corte na casca dos porta-enxertos na forma de um 'T' invertido, a uma altura entre 10 e 15 cm do colo da planta, e então é colocada a borbulha que fica por debaixo da casca que se levanta quando a borbulha é introduzida. Após a colocação da borbulha o local é amarrado com uma fita plástica para melhor fixação da borbulha a planta e também para evitar a entrada de água. O porta-enxerto é dobrado depois da enxertia, pois esta técnica auxilia no pegamento

e desenvolvimento da borbulha. Após 15 dias o plástico é retirado e a borbulha começa e vegetar.

### **3.13 Parâmetros avaliados**

Após o pegamento dos porta-enxertos foi feito um acompanhamento avaliando-se, em intervalos de 15 a 20 dias, a altura e o diâmetro das plantas. As avaliações tiveram início 40 dias após o plantio.

#### **3.13.1 Altura das plantas**

A medição da altura das plantas foi realizada utilizando-se uma régua de madeira graduada. A medida era feita da base do substrato, ou seja, do colo da planta até a gema apical. A medida foi feita em todas as plantas do experimento.

#### **3.13.2 Diâmetro das plantas**

A medida do diâmetro era realizada 1cm acima do colo da planta, utilizando um Paquímetro com precisão de 0,1mm. As medidas foram feitas em todas as plantas do experimento.

Quando os caules das plantas, a 1 cm acima do colo, atingiam o diâmetro de 7 mm, foi efetuada a enxertia a uma altura entre 10 e 15 cm do colo da planta. Grassi Filho et al. (2001) e Lima (1993), utilizaram o diâmetro de 8 a 10 mm, 10 cm acima do colo da planta, para efetuar a enxertia em porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'.

#### **3.13.3 Tempo para a enxertia**

Cada tratamento propiciou um determinado crescimento para as plantas e conseqüentemente um tempo necessário para que cada tratamento atingisse o ponto de enxertia. Este tempo foi marcado em dias e aplicou-se a análise estatística para verificar o melhor tratamento.

#### **3.13.4 Matéria seca das plantas**

No final do experimento, 10 meses após o plantio dos porta-enxertos, em metade das plantas de cada tratamento, foi separada a parte aérea da parte radicular das plantas. Ambas as partes foram lavadas em água limpa.

As plantas que foram enxertadas e tinham um tamanho maior do que 45 cm, que é o tamanho que a muda é cortada para que seja levada para o campo onde é feita a formatura, foram cortadas e pesadas separadamente depois de seca, a fim de se obter os pesos da parte aérea (folhas e caule) e das raízes

Tanto as raízes quanto a parte aérea das plantas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C.

As folhas das plantas, depois de secas, foram trituradas em um moinho de faca, e foram utilizadas para a realização da análise química foliar para verificar o estado nutricional das plantas em cada tratamento. Foram utilizadas somente as plantas dos substratos S1, S2 e S5, pois as plantas dos substratos S3 e S4 não atingiram o ponto de enxertia, impossibilitando a comparação com as plantas dos outros substratos que atingiram o ponto de enxertia.

#### **3.13.5 Consumo de água pelas plantas em cada tratamento.**

Como a irrigação era feita para elevar o teor de água até a capacidade de campo, correspondendo a uma determinada tensão de água no substrato, toda irrigação feita era anotada e marcada a quantidade de água utilizada. No final do experimento foi possível determinar a quantidade de água que cada planta consumiu em cada substrato.

#### **3.13.6 Custo da energia elétrica utilizada na irrigação em cada tratamento.**

A quantidade de água consumida está diretamente relacionada com a quantidade de energia elétrica utilizada para fazer o bombeamento da água para que a irrigação fosse realizada.

A moto-bomba apresentava uma vazão de  $5.000 \text{ L h}^{-1}$ , e uma potência de 1,5 cv. Foi considerado que 1 cv corresponde a 0,735 kW.

O máximo de água consumida era de  $320 \text{ L h}^{-1}$ , que representava a quantidade de plantas do experimento. Em virtude deste fato foi necessário estipular através de cálculos o consumo de energia elétrica durante o experimento, levando em consideração o tempo de funcionamento da moto-bomba.

Esta avaliação foi importante para se determinar o custo da água utilizada na irrigação de forma ineficiente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Primeira Avaliação

Na primeira coleta de dados, que foi realizada 40 dias após o transplante dos porta-enxertos para os recipientes plásticos contendo 3,5 L de substratos, verificou-se que não ocorreu diferença significativa entre os quatro níveis de irrigação tanto para o diâmetro como para a altura das plantas Tabela 10, porém para os tipos de substratos a diferença foi significativa, como está ilustrado na Tabela 11.

Tabela 10 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 40 dias após o transplante.

Níveis de irrigação	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
I 1	2,7400 A	28,85 A
I 2	2,7350 A	29,50 A
I 3	2,7000 A	29,68 A
I 4	2,6800 A	28,91 A
D.M.S.	0,1137	3,0865
C.V.	4,24	10,68

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 11 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 40 dias após o transplante.

Tipos de Substratos	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
S 1	2,7625 B	26,7625 C
S 2	3,1000 A	37,6500 A
S 3	2,3813 C	24,5063 C
S 4	2,4813 C	25,8375 C
S 5	2,8438 B	31,4188 B
D.M.S.	0,1515	3,5079
C.V.	5,57	11,97

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O desenvolvimento das plantas teve influência dos tipos de substratos logo no início do experimento, evidenciando a diferença entre eles.

O substrato que promoveu o melhor desenvolvimento do diâmetro das plantas nos primeiros 40 dias de experimento foi o substrato S2, e os que apresentaram os menores desenvolvimentos das plantas foram os substratos S3 e S4.

Para o crescimento em altura das plantas, na primeira coleta de dados, na análise estatística foi verificado que não ocorreu diferença com relação aos níveis de irrigação (Tabela 10), e ocorreu diferença com relação aos tipos de substratos (Tabela 11)

O substrato que promoveu o melhor desenvolvimento em altura das plantas foi o substrato S2 e os que promoveram menor desenvolvimento foram os substratos S1, S4 e S3.

As diferenças estatísticas entre os substratos na primeira coleta de dados mostra que cada substrato oferece um determinado ambiente para o desenvolvimento das plantas.

A transpiração das plantas é influenciada, além de outros fatores, pela área foliar das plantas (Feddes & Lenselink, 1994). Segundo Fachini, 2002, os porta-enxertos de citromeleiro ‘Swingle’, apresentaram diferença significativa no desenvolvimento com relação aos níveis de irrigação após 79 dias do transplante dos porta-enxertos. Os níveis de

irrigação não apresentaram diferença provavelmente devido ao fato das áreas foliares das plantas não serem tão diferentes no início, fazendo com que as plantas apresentassem uma evapotranspiração semelhante.

#### 4.2 Segunda Avaliação

A segunda avaliação ocorreu aos 57 dias após o transplante dos porta-enxertos. Nos níveis de irrigação, o diâmetro das plantas em I2 diferiu pelo teste de Tukey do nível I4, promovendo um melhor desenvolvimento das plantas. Os outros níveis de irrigação não diferiram (Tabela 12).

As diferenças apresentadas dos diâmetros nos substratos seguiram o mesmo padrão da primeira avaliação, tendo como o melhor tratamento o substrato S2, seguido pelos substratos S5 e S1. Os substratos que proporcionaram os menores crescimentos até esta avaliação foram os substratos S4 e S3 (Tabela 13).

Tabela 12 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 57 dias após o transplante.

Níveis de irrigação	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
I 1	3,220 AB	38,950 A
I 2	3,320 A	40,090 A
I 3	3,220 AB	39,750 A
I 4	3,165 B	38,475 A
D.M.S	0,1521	3,0398
C.V.	4,76	7,82

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

A altura das plantas, nos quatro níveis de irrigação, manteve o mesmo padrão da primeira avaliação, não apresentando diferença estatística entre elas.

O substrato que promoveu o melhor crescimento em altura foi o substrato S2, seguido pelo substrato S5 e o terceiro substrato que promoveu o melhor crescimento foi o substrato S1. Os

substratos S4 e S3, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey e foram os substratos que promoveram o menor crescimento.

Tabela 13 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 57 dias após o transplante.

Tipos de Substratos	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
S 1	3,2625 B	38,5750 C
S 2	3,9375 A	52,2375 A
S 3	2,7125 C	29,5063 D
S 4	2,8250 C	32,6813 D
S 5	3,4188 B	43,5812 B
D.M.S	0,1952	4,1559
C.V.	6,03	10,54

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

### 4.3 Terceira Avaliação

Aos 73 dias que foi a data da terceira avaliação, os resultados obtidos para o diâmetro das plantas, seguiram o mesmo padrão das medidas anteriores tanto para os níveis de irrigação, como para os tipos de substrato da primeira amostragem (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 73 dias após o transplante.

Níveis de irrigação	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
I 1	3,630 A	49,1100 AB
I 2	3,715 A	51,0150 A
I 3	3,680 A	50,6400 AB
I 4	3,555 A	47,6050 A
D.M.S.	0,1904	3,0598
C.V.	5,29	6,24

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 15 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 73 dias após o transplante.

Tipos de Substratos	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
S 1	3,7000 B	50,9062 C
S 2	4,5875 A	66,8313 A
S 3	2,9375 C	33,7375 E
S 4	3,1313 C	40,4187 D
S 5	3,8688 B	56,0687 B
D.M.S.	0,2354	4,6828
C.V.	6,44	9,42

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O nível de irrigação I2 nesta amostragem começou a apresentar um melhor crescimento das plantas em altura do que o nível de irrigação I4. Os níveis de irrigação I1 e I3 não diferiram de nenhum tratamento.

Os tipos de substratos seguiram praticamente a mesma seqüência da segunda avaliação, diferindo apenas nos substratos que proporcionaram o menor crescimento, pois nesta avaliação o substrato S3 foi o que proporcionou o menor crescimento, enquanto que na segunda avaliação os substratos S3 e S4 foram os que proporcionaram os menores crescimentos.

#### 4.4 Quarta Avaliação

Na quarta avaliação, aos 91 dias após o transplante, o crescimento em diâmetro manteve a mesma tendência das amostragens anteriores.

Os níveis de irrigação não diferiram entre si pelo Teste de Tukey (Tabela 16).

O substrato que manteve o melhor crescimento foi o substrato S2 e nesta amostragem o substrato S3 foi o que proporcionou o menor crescimento (Tabela 17)

Tabela 16 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 91 dias após o transplante.

Níveis de irrigação	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
I 1	4,115 A	60,000 A
I 2	4,260 A	62,230 A
I 3	4,200 A	61,690 A
I 4	4,065 A	56,720 B
D.M.S.	0,2412	2,6776
C.V.	5,87	4,5

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 17 - Teste de média dos diâmetros e das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 91 dias após o transplante.

Tipos de Substratos	Diâmetro médio (mm)	Altura média (cm)
S 1	4,3813 B	63,4375 B
S 2	5,3438 A	82,8062 A
S 3	3,1813 D	39,3750 D
S 4	3,5000 C	47,6125 C
S 5	4,3938 B	67,5687 B
D.M.S.	0,2597	4,9078
C.V.	6,23	8,14

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

#### 4.5 Quinta Avaliação

Após 109 dias do início do experimento (quinta coleta de dados), ocorreu diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade tanto para os tratamentos de irrigação como para os tratamentos de substratos e a diferença estatística para a interação dos tratamentos foi de 5% de probabilidade (Tabela 18).

Tabela 18 - Teste de média dos diâmetros das plantas para a interação estatística entre níveis de irrigação e tipos de substratos aos 109 dias.

Níveis irrigação	I1	I2	I3	I4	D.M.S.
Substratos	Diâmetro médio (mm)				
S1	4,950 Bb	5,150 Bab	5,400 Ba	4,875 Bb	0,4224
S2	6,350 Aa	6,300 Aa	6,300 Aa	6,100 Aa	0,4224
S3	3,450 Da	3,600 Ca	3,275 Da	3,325 Da	0,4224
S4	4,025 Ca	4,075 Ca	3,925 Ca	3,850 Ca	0,4224
S5	5,300 Ba	4,750 Bbc	5,100 Bab	4,675 Bc	0,4224
D.M.S.	0,4836	0,4836	0,4836	0,4836	

C.V. irrigação – 3,05

C.V. substrato – 5,09

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras maiúsculas iguais na vertical e minúsculas iguais na horizontal não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Estes dados fornecem informações que a irrigação e o tipo de substrato atuam conjuntamente a partir de um determinado desenvolvimento das plantas. Até a presente data apenas os substratos estavam influenciando no crescimento das plantas, e com o desenvolvimento maior das plantas, os níveis de irrigação começaram a ter influência também. A influência no desenvolvimento das plantas não foi isolada de cada tratamento, mas teve interação entre eles, o que mostra que cada substrato juntamente com um nível de irrigação promove um determinado crescimento nas plantas.

Para todos os níveis de irrigação o substrato que promoveu o maior crescimento em diâmetro das plantas foi o S2 e o segundo maior crescimento quem proporcionou foram os tipos S1 e S5. O S3 foi o que apresentou o menor crescimento em todos os níveis de irrigação.

Para os tipos de substratos S2, S3 e S4 os diferentes níveis de irrigação não diferiram estatisticamente no desenvolvimento das plantas.

Para o S1 o nível de irrigação que proporcionou o maior crescimento em diâmetro foi o I3 e os que proporcionaram o menor crescimento foram os níveis I1 e I4.

Para o S5 o nível de irrigação que proporcionou o maior crescimento das plantas foi o nível I1 e o que proporcionou o menor crescimento foi o nível I4.

Com relação a altura das plantas, o crescimento seguiu a mesma tendência da quarta avaliação, não havendo interação entre os tratamentos.

Para os níveis de irrigação o I4 foi o nível que proporcionou o menor desenvolvimento das plantas em altura, e os níveis I1, I2, e I3 não apresentaram diferença estatística (Tabela 19).

Tabela 19 - Teste de média das alturas das plantas para os diferentes níveis de irrigação, aos 109 dias após o transplante.

Níveis de irrigação	Altura média (cm)
I 1	68,78 A
I 2	71,40 A
I 3	70,39 A
I 4	64,03 B
D.M.S.	3,03
C.V.	4,47

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 20 - Teste de média das alturas das plantas para os diferentes tipos de substratos, aos 109 dias após o transplante.

Tipos de Substratos	Altura média (cm)
S 1	74,48 B
S 2	93,08 A
S 3	45,69 D
S 4	54,67 C
S 5	75,32 B
D.M.S.	4,70
C.V.	6,83

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Para os tipos de substratos, ocorreu diferença significativa entre todos os tipos e o S2 foi o substrato que proporcionou o melhor desenvolvimento em altura das plantas e o substrato que proporcionou o menor desenvolvimento das plantas em altura foi o substratos S3 (Tabela 20).

#### 4.6 Sexta Avaliação

Aos 125 dias após o início do experimento, a interação entre os substratos foi ainda mais relevante, Tabela 21.

Tabela 21 - Teste de média dos diâmetros das plantas para a interação estatística entre níveis de irrigação e os tipos de substratos aos 125 dias.

Níveis irrigação	I1	I2	I3	I4	D.M.S.
Substratos	Diâmetro médio (mm)				
S1	5,775 Bb	5,925 Bab	6,400 Ba	5,675 Bb	0,5222
S2	7,650 Aa	7,225 Aab	7,175 Aab	7,025 Ab	0,5222
S3	3,925 Dab	4,200 Ca	3,925 Dab	3,600 Db	0,5222
S4	4,625 Ca	5,525 Ca	4,600 Ca	4,425 Ca	0,5222
S5	5,825 Ba	5,300 Aab	5,775 Ba	5,050 BCb	0,5222
D.M.S.	0,6301	0,6301	0,6301	0,6301	

C.V. irrigação – 3,63

C.V. substrato – 5,79

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras maiúsculas iguais na vertical e minúsculas iguais na horizontal não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Nos níveis de irrigação I1, I3 e I4, o substrato que promoveu o maior crescimento em diâmetro das plantas foi o S2, e o que promoveu o menor crescimento foi o S3.

No nível de irrigação 1 os substratos S2 e S5 foram os que se destacaram dos demais com relação ao crescimento em diâmetro, e os substratos em que as plantas apresentaram o menor crescimento foram os substratos S3 e S4.

No tipo S1, o nível de irrigação que promoveu o maior crescimento em diâmetro das plantas foi o nível I3 e o que promoveu o menor crescimento foi o nível I1.

No tipo S2, o nível de irrigação que promoveu o maior crescimento em diâmetro foi o I1 e o menor foi o I4.

No tipo S3, o nível de irrigação que promoveu o maior crescimento em diâmetro foi o I2 e o menor foi o I4.

No tipo S5, o nível de irrigação que promoveu o maior crescimento em diâmetro, foram o I1 e o I3 e o menor foi o I4.

Para o tipo S4 os níveis de irrigação não diferiram estatisticamente com relação ao crescimento em diâmetro das plantas.

A melhor interação dos tratamentos com relação ao crescimento em diâmetro das plantas foi a interação I1S2.

As plantas apresentaram o crescimento em altura semelhante, com relação aos tratamentos, ao crescimento em diâmetro.

Aos 125 dias de condução do experimento, os tratamentos de irrigação e substrato diferiram ao nível de 1% e as interações entre os tratamentos de níveis de irrigação e tipos de substratos diferiram ao nível de 5%, Tabela 22.

Para todos os níveis de irrigação estudados o S2 foi o substrato que promoveu o maior crescimento das plantas em altura. Este fato confere com o crescimento em diâmetro.

Para os níveis de irrigação I1 e I2 os substratos que promoveram o menor crescimento das plantas foram os tipos S3 e S4 e para os níveis de irrigação I3 e I4, o substrato que promoveu o menor crescimento foi o substrato S3.

No crescimento em altura das plantas os tipos S2 e S4 não diferiram estatisticamente com relação aos níveis de irrigação, apresentando um crescimento muito semelhante em todos.

No tipo S1 o nível de irrigação que promoveu o maior crescimento em altura foi o I3 e o que promoveu o menor crescimento foi o I4.

No tipo S3 o maior crescimento em altura foi obtido no nível de I3 e o menor crescimento no I4.

No tipo S5 o maior crescimento em altura foi obtido no nível de I2 e o menor crescimento no I4.

Tabela 22 - Teste de média das alturas das plantas para a interação estatística entre níveis de irrigação e os tipos de substratos aos 125dias.

Níveis irrigação	I1	I2	I3	I4	D.M.S.
Substratos	Altura média (cm)				
S1	84,900 Bbc	93,025 Bab	96,775 Ba	81,600 Bc	10,3153
S2	106,875 Aa	109,950 Aa	109,200 Aa	103,825 Aa	10,3153
S3	51,850 Cab	57,400 Da	47,900 Dab	42,350 Db	10,3153
S4	62,450 Ca	62,225 Da	63,150 Ca	57,400 Ca	10,3153
S5	90,350 Ba	79,650 Cbc	89,150 Bab	74,275 Bc	10,3153
D.M.S.	11,7989	11,7989	11,7989	11,7989	

C.V. irrigação – 4,56

C.V. substrato – 7,52

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras maiúsculas iguais na vertical e minúsculas iguais na horizontal não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Para o crescimento em altura das plantas a interação dos tratamentos que promoveu o maior crescimento foi o S2 em todos os níveis de irrigação e a interação que promoveu o menor crescimento foi a I4S3.

## 4.7 Análise de crescimento das plantas

### 4.7.1 Altura das plantas

Após 40 dias de condução do experimento os tratamentos de irrigação não diferiram estatisticamente, porém os tratamentos tipos de substratos diferiram estatisticamente ao nível de 1%. O substrato que apresentou o maior crescimento das plantas em altura foi o tipo S2 e o que apresentou o menor crescimento foram os tipos S1, S3 e S4.

Os tratamentos de irrigação começaram a diferir estatisticamente com relação ao crescimento em altura das plantas aos 73 dias de condução do experimento. O tratamento de irrigação que promoveu o maior crescimento foi o I2 e o que promoveu o menor crescimento foi o I4, porém nas amostragens seguintes, até os 125 dias de condução do experimento, os níveis I1, I2 e I3, foram iguais estatisticamente promovendo um maior desenvolvimento das plantas do que o nível I4 que se diferenciou estatisticamente dos demais, Figura 7.

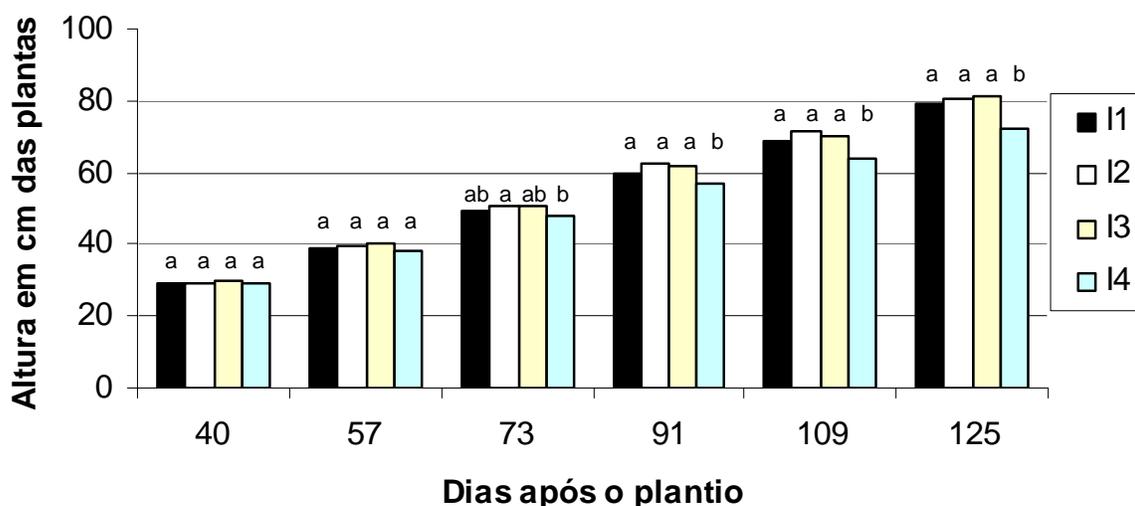


Figura 7 – Altura das plantas nas avaliações, para os diferentes níveis de irrigação.

Com relação aos substratos o tratamento que promoveu o maior crescimento em altura das plantas em todas as amostragens até o primeiro tratamento chegar ao ponto de enxertia, foi o S2 e o que promoveu o menor crescimento foi o S3, Figura 8.

O crescimento em altura das plantas seguiu uma coerência em todas as amostragens, e as diferenças entre os tratamentos foram ficando mais acentuadas. A única mudança com relação ao crescimento das plantas da primeira avaliação para a avaliação quando foi realizada a primeira enxertia foram as plantas do S1 que passaram as plantas do S5 em altura, apesar de não diferirem estatisticamente entre si. Este fato evidencia que o tipo de

substrato é muito importante para o crescimento das plantas devido as suas características físico-químicas.

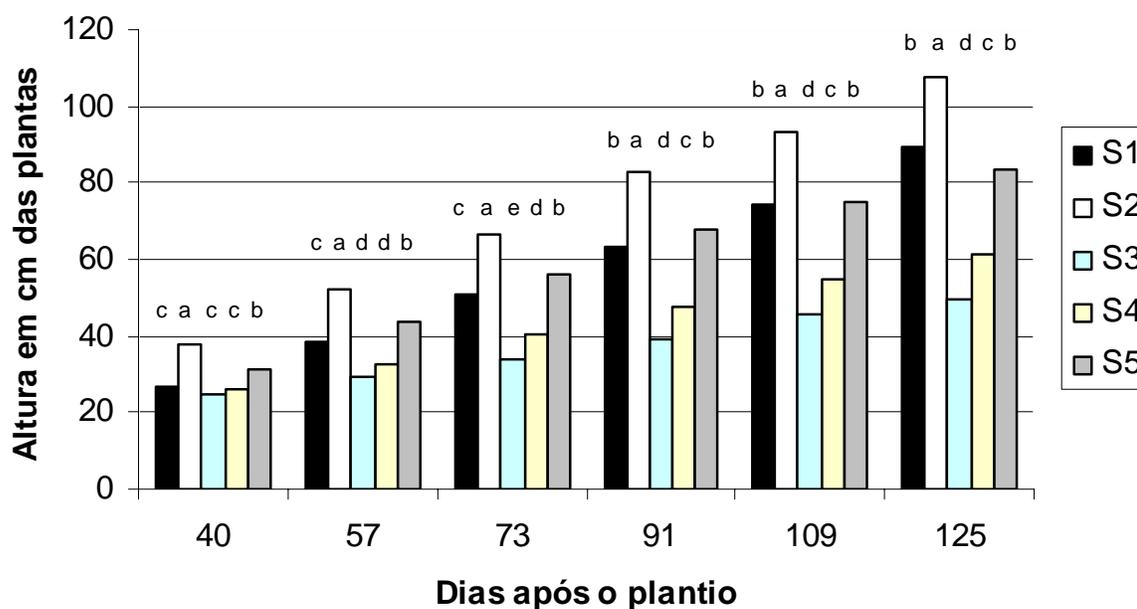


Figura 8 – Altura das plantas nas avaliações, para os diferentes tipos de substratos.

#### 4.7.2 Diâmetro do caule das plantas

A tendência de crescimento das plantas em diâmetro com relação aos tipos de substratos foi praticamente a mesma da primeira avaliação até a data da primeira enxertia, como mostra a Figura 9.

O tipo S2 foi o que proporcionou o melhor crescimento desde o início e o S3 foi o tipo de substrato que proporcionou o pior crescimento em diâmetro.

Para os diferentes níveis de irrigação, as diferenças somente começaram a aparecer a partir da quinta avaliação que ocorreu aos 109 dias após o transplante, como mostra a Figura 10.

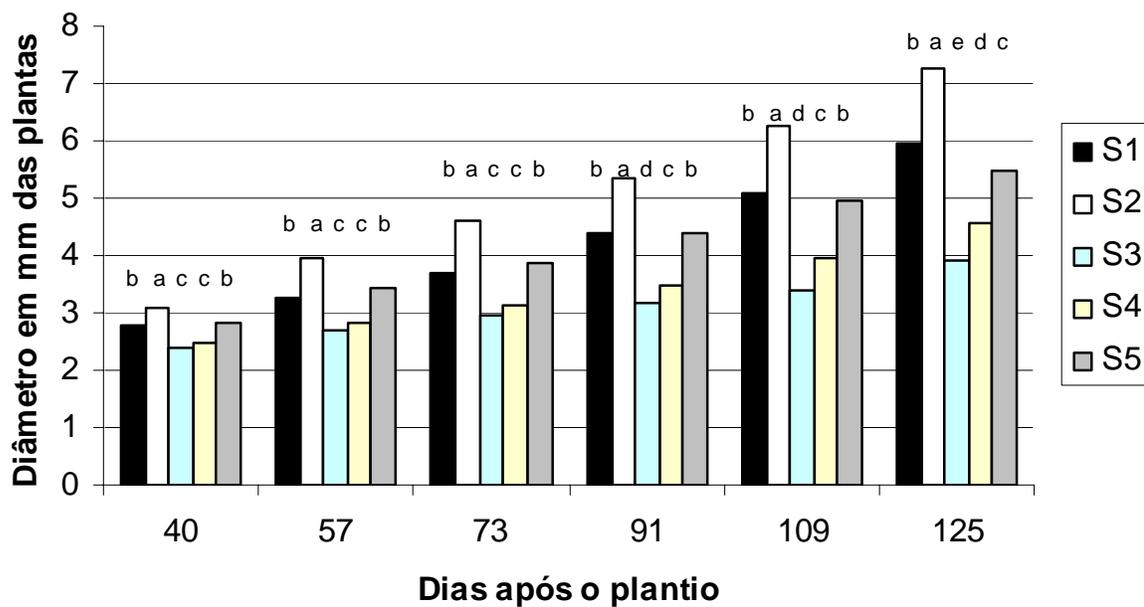


Figura 9 – Diâmetro do caule das plantas nas avaliações, para os diferentes tipos de substratos.

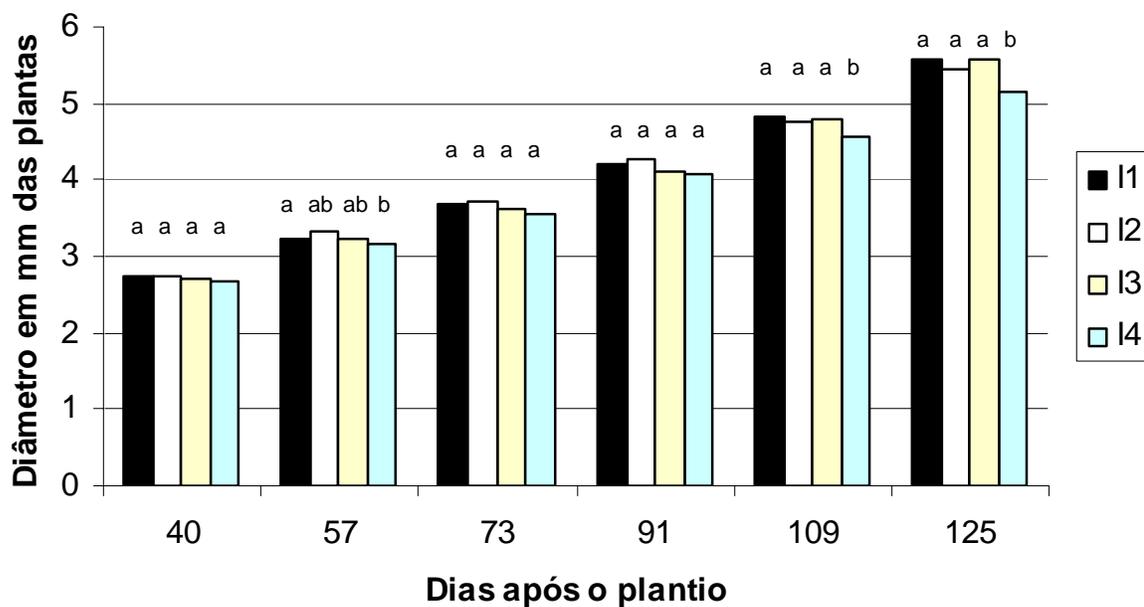


Figura 10 – Diâmetro do caule das plantas nas avaliações, para os diferentes níveis de irrigação.

O nível de irrigação que promoveu o menor crescimento após os 109 dias do transplante dos porta-enxertos foi o I4. Este fato está ligado ao crescimento das plantas, pois com o crescimento das mesmas a evapotranspiração era maior e a necessidade de água também aumentou, e a irrigação I4 não estava suprindo por completo a taxa evapotranspirativa.

A tendência tanto para a altura das plantas como para o diâmetro foi semelhante com relação aos níveis de irrigação e os tipos de substratos, evidenciando a correlação direta da altura com o diâmetro das plantas de tangerina Cleópatra.

#### 4.8 Tempo médio para atingir o ponto de enxertia

As plantas de cada tratamento atingiram o ponto de enxertia em diferentes datas e a diferença estatística foi significativa ao nível de 1% para os tratamentos níveis de irrigação, tipos de substratos e a interação de ambos, Tabela 23.

Tabela 23 - Teste de média do tempo para atingir o ponto de enxertia para a interação estatística entre níveis de irrigação e os tipos de substratos.

Níveis irrigação	I1	I2	I3	I4	D.M.S.
Substratos	Tempo médio em dias				
S1	160,50 Ca	144,00 Da	147,25 CDa	160,00 Da	24,8308
S2	125,00 Da	125,00 Da	125,00 Da	129,75 Ea	24,8308
S3	400,00 Aa	344,00 Ab	400,00 Aa	400,00 Aa	24,8308
S4	262,25 Bc	302,00 Bb	250,50 Bc	327,50 Ba	24,8308
S5	173,50 Ca	173,50 Ca	169,00 Ca	186,50 Ca	24,8308
D.M.S.	25,9245	25,9245	25,9245	25,9245	

C.V. irrigação – 6,40

C.V. substrato – 5,74

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras maiúsculas iguais na vertical e minúsculas iguais na horizontal não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Nos tratamentos de irrigação I1, I3 e I4, o substrato que proporcionou os porta enxertos atingirem o estádio para que a enxertia fosse feita com o menor tempo de experimento foi o S2 e no tratamento I2 os substratos que proporcionaram este evento foram os tipos S1 e S2. Embora no tratamento de irrigação I2 os substratos S1 e S2 não apresentarem diferença estatística, o substrato S2 atingiu o ponto de enxertia 19 dias antes do que o S1.

Para os substratos S1, S2 e S5 os níveis de irrigação não diferiram estatisticamente, pois promoveram um tempo gasto de crescimento para atingir o ponto de enxertia semelhantes dentro de cada tratamento em questão.

No substrato S3, o nível de irrigação que promoveu o crescimento mais rápido para que o ponto de enxertia fosse atingido foi o I2 e nos outros níveis não ocorreu diferença estatística. Apesar de ser o tratamento que promoveu o menor crescimento da plantas, está coerente com as análises estatísticas realizadas tanto para altura das plantas como para o diâmetro do caule até que o primeiro tratamento atingisse o ponto de enxertia, em que no substrato S3 o tratamento de irrigação I2 já estava se destacando no crescimento das plantas.

Para o substrato S4 as melhores interações com o nível de irrigação para o tempo de atingir o ponto de enxertia foram com os níveis I1 e I3 e a interação que apresentou o maior tempo para que fosse atingido o ponto de enxertia foi com o nível I4. Estes resultados não estão coerentes com os resultados obtidos aos 125 dias de experimento pois, nesta data os efeitos dos diferentes tipos de irrigação não eram estatisticamente diferentes nem para altura das plantas e nem para o diâmetro do caule.

#### **4.9 Peso matéria seca das raízes e parte aérea das plantas**

Após 10 meses de experimento, as plantas foram coletadas e foram feitas as comparações de matéria seca entre as plantas que já tinham como copa a laranjeira, as plantas que não atingiram o ponto de enxertia, não foram comparadas.

Foi aplicado a análise estatística ao peso da matéria seca da parte aérea e o resultado foi significativo ao nível de 1% de probabilidade somente para o tratamento substrato, Tabela 24 e Tabela 25.

Tabela 24 - Teste de média dos pesos da parte aérea e das raízes das plantas para os diferentes níveis de irrigação.

Níveis de irrigação	Peso médio da parte aérea (g)	Peso médio das raízes (g)
I1	14,4633 A	23,5042 A
I2	14,3475 A	22,6742 A
I3	13,5708 A	21,1625 A
I4	12,7000 A	20,5450 A
D.M.S.	2,6978	3,3281
C.V.	15,35	11,87

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 25 - Teste de média dos pesos da parte aérea e das raízes das plantas para os diferentes tipos de substratos

Tipos de Substratos	Peso médio da parte aérea (g)	Peso médio das raízes (g)
S1	13,3863 B	23,2925 A
S2	16,3169 A	24,1925 A
S5	11,6081 C	18,4294 B
D.M.S.	1,4957	2,9168
C.V.	12,31	15,04

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

As figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 ilustram os tratamentos aos 10 meses após o transplante.

O tratamento que utilizou o substrato S2, promoveu plantas mais vigorosas em todos os níveis de irrigação. Os substratos S3 e S4 não atingiram o ponto de enxertia, e para estes tratamentos as fotos ilustram os porta-enxertos.

A diferença de desenvolvimento do sistema radicular fica bastante evidente nas fotos, mostrando a superioridade das raízes que se desenvolveram no substrato S2.



Figura 11 – Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I1, 10 meses após o transplântio.



Figura 12 – Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I2, 10 meses após o transplântio.



Figura 13 – Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I3, 10 meses após o transplante.



Figura 14 – Parte aérea das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I4, 10 meses após o transplante.

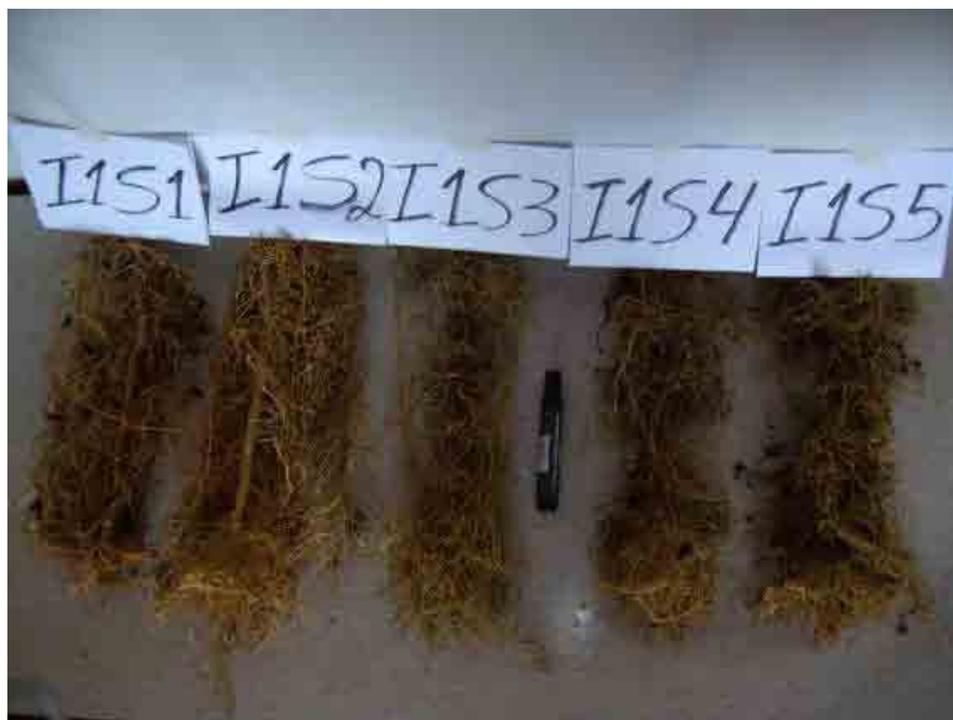


Figura 15 – Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I1, 10 meses após o transplântio.



Figura 16 – Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I2, 10 meses após o transplântio.



Figura 17 – Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I3, 10 meses após o transplântio.



Figura 18 – Sistema radicular das plantas nos diferentes substratos no nível de irrigação I4, 10 meses após o transplântio.

Estatisticamente os pesos da parte aérea não diferiram com relação aos níveis de irrigação, apesar de que em números absolutos o nível de irrigação que fornecia água mais freqüente foi o mais pesado, seguindo uma seqüência até o mais leve que foi o que fornecia água com menor freqüência. O tratamento de irrigação I1 foi 14% mais pesado do que o tratamento I4.

Com relação aos substratos ocorreu diferença estatística para os três substratos que chegaram ao ponto de enxertia. A parte aérea com maior peso ocorreu no tratamento S2 seguido do tratamento S1 e o tratamento que proporcionou plantas mais leves foi o S5. Os tratamentos S3 e S4 não atingiram o ponto de enxertia.

Esta diferença no desenvolvimento, apresenta forte influência do tipo de substrato. Os substratos que não permitiram que os porta enxertos atingissem o ponto de enxertia, apresentavam a menor relação C/N, como mostra a Tabela 8. Este fato pôde ser comprovado visualmente no final do experimento, pois nos tratamentos S3 e S4, os recipientes continham menos substratos do que os demais, em decorrência da decomposição. Estes dados estão coerentes com Fachini et al., 2004, que utilizou como um dos substratos para a produção de mudas de laranjeira, composto de lixo orgânico, que apresentava baixa relação C/N, 15/1, fazendo com que as plantas não se desenvolvessem quando este substrato era utilizado puro. A importância do substrato possuir uma relação C/N alta é devido a sua estabilidade, fazendo com que este não se decomponha rapidamente, e com isso interferindo o mínimo possível no desenvolvimento das plantas. Em substratos com alta relação C/N, ocorre a imobilização do N – mineral, que será utilizado por bactérias e fungos para a decomposição do material, não ficando este disponível para as plantas, acarretando deficiência nas mesmas (Haider, 1992). Em virtude deste fato, é necessário que seja feito um suplemento de N via fertilizante, para que este nutriente fique disponível para as plantas no início do seu desenvolvimento. Este fato está de acordo com a indicação do fabricante do substrato de fibra de coco, que apresenta alta relação C/N, indicando o fornecimento de fertilizantes logo após o plantio da cultura.

As diferenças encontradas no crescimento das plantas, principalmente para os tipos de substratos evidenciam a diferença físico-química de cada um. Cada substrato, devido as suas características físicas, fornece uma relação água e ar, gerando diferentes ambientes para as mudas.

O manejo da irrigação na produção de plantas em vasos em ambientes protegidos é um fator muito importante e como pôde ser verificado no experimento, para cada substrato o manejo deve ser específico. O substrato S1 promoveu o maior crescimento das plantas na irrigação I3 aos 125 dias, enquanto que o substrato S2 promoveu o maior crescimento das plantas na irrigação I1, mostrando desta forma que cada substrato apresenta a sua peculiaridade.

Segundo Jabur & Martins, 2002, o substrato deve ser isento de patógenos, possuir bom equilíbrio entre macro e microporos, para um bom desenvolvimento radicular e ter boa capacidade de retenção de água.

O substrato que apresentou as características mais adequadas, neste experimento, foi o S2, pois a relação de ar e água e a liberação de nutrientes para o porta-enxerto de tangerineira cleópatra foram mais adequadas, o que gerou um microambiente favorável para o desenvolvimento de raízes, e este fato pode ser comprovado com o desenvolvimento das plantas.

O peso seco das raízes foi coerente com o peso seco da parte aérea com relação ao tratamento de irrigação, pois na análise estatística não houve diferença estatística entre os tratamentos, porém o peso da raiz do tratamento que foi fornecido o maior volume de água as plantas foi 14% maior do que o tratamento que forneceu a menor volume de água.

No tratamento tipos de substratos, o substrato S1 e S2 não diferiram estatisticamente com relação ao peso seco de raiz e o tratamento que proporcionou o menor desenvolvimento de raiz foi o S5.

A diferença estatística entre as plantas do substrato S1 e S2 com relação a parte aérea e a não diferença estatística com relação ao peso seco da raiz, é devido ao fato do recipiente ser limitado, o que limita o volume de raiz e a planta mantém o processo de desenvolvimento da parte aérea, porém as raízes não tem mais espaço para crescer, e com o tempo a quantidade de raízes das plantas vai se tornando semelhante.

Quando a irrigação era realizada, nos substratos que eram compostos basicamente de casca de pinus (S3, S4 e S5), após aproximadamente 16 minutos de irrigação, a água começava a drenar pelo fundo do recipiente. Devido ao fato da drenagem ter início muito cedo, pois nos tratamentos as irrigações ficavam ligadas durante um período de 30 a 45

minutos, foi necessário dividir a lâmina a ser aplicada nestes substratos em 3 irrigações no dia. Este fato não aconteceu nos substratos de casca de coco, pois toda a água aplicada ao substrato era retida.

A taxa de infiltração é um ponto muito importante para o manejo da irrigação. Cada tipo de solo apresenta uma capacidade de retenção de água própria, e este fato está ligado a textura e a estrutura do mesmo. Após cessar a drenagem da água gravitacional, a água que fica retida é a água que será utilizada pelas plantas, até que a energia com que o solo retém a água seja maior do que a energia com que a planta absorve a mesma (Warrick, 1990).

Segundo Fernandes et al., 2003, para que a água atingisse a profundidade de 40 cm de profundidade em uma cultura de melão, em um Cambissolo háplico com textura argilosa, com o emissor  $2Lh^{-1}$  seriam necessárias 6h, e proporcionaria um diâmetro máximo de 59,4cm.

Na mesma região porém um Argissolo Vermelho Amarelo com textura argilo arenosa, para que a umidade atingisse a profundidade de 40cm, com o emissor de  $2Lh^{-1}$ , seriam necessárias 4,19 horas de funcionamento da irrigação proporcionando um diâmetro máximo de 50,7cm (Silva et al., 2003).

Esta diferença que ocorre nos solos devido as diferentes textura e estruturas existentes também ocorre nos substratos, pois existem substratos dos mais variados tipos e este fato tem que ser levado em consideração quando for feito o manejo da irrigação.

A perda de água por drenagem que aconteceu no experimento nos substratos de casca de pinus, evidencia a diferença em relação aos substratos de casca de coco, provando que o manejo da irrigação tem que ser diferente.

#### **4.10 Consumo de água pelas plantas em cada tratamento.**

A quantidade de água utilizada durante o experimento nas 320 plantas foi de 5.030 litros. O nível de irrigação que mais contribuiu com este valor foi o nível I2, com 28,9% do total, o nível I3 foi o segundo que mais contribuiu, com 26,3% do total. O terceiro que mais contribuiu foi o nível I1, com 24% do total e o que menos contribuiu foi o nível I4, com 20,8% do total. O substrato que mais consumiu água no experimento foi o S2 e o que menos consumiu foi o S1.

A Tabela 26 mostra o consumo de água em cada tratamento e os percentuais com relação ao total.

Tabela 26 – Consumo de água em litros durante o experimento para cada tratamento

	I1		I2		I3		I4		Total	
	Litros	%								
S1	165,10	3,28	208,99	4,16	216,05	4,30	174,59	3,47	<b>764,74</b>	<b>15,2</b>
S2	319,49	6,35	341,09	6,78	289,44	5,76	294,94	5,86	<b>1244,96</b>	<b>24,8</b>
S3	142,46	2,83	319,90	6,36	203,26	4,04	119,09	2,37	<b>784,72</b>	<b>15,6</b>
S4	286,80	5,70	303,20	6,03	300,29	5,97	221,95	4,41	<b>1112,24</b>	<b>22,1</b>
S5	294,80	5,86	277,84	5,52	313,20	6,23	236,74	4,71	<b>1122,58</b>	<b>22,3</b>
<b>Total</b>	<b>1208,66</b>	<b>24,0</b>	<b>1451,02</b>	<b>28,9</b>	<b>1322,24</b>	<b>26,3</b>	<b>1047,31</b>	<b>20,8</b>	<b>5029,23</b>	<b>100</b>

Obs: o consumo de água está relacionado as 16 plantas que compunham cada tratamento.

Apesar do nível I1 de irrigação trabalhar com uma tensão menos negativa, ou seja a reposição de água seria feita com o mínimo de perda de água, as plantas do nível I2 de irrigação apresentaram um desenvolvimento maior e com isso um maior consumo de água devido a maior área foliar, que promoveu uma maior transpiração levando ao maior consumo de água.

O tratamento que mais consumiu água foi o tratamento I2S2, representando 6,78% do total de água consumida no experimento, e o tratamento que menos consumiu água foi o tratamento I4S3, representando 2,37% do total de água consumida no experimento (Tabela 26).

O tipo de substrato S1 proporcionou às plantas o segundo melhor desenvolvimento juntamente com o S5, porém o consumo de água no S1 foi 61,4% do volume consumido pelo S2, que foi o que apresentou o maior consumo e também o melhor desenvolvimento das plantas, e 68,1% do volume consumido pelo S5 que proporcionou também o segundo melhor desenvolvimento das plantas.

Observando os dados deste experimento, o S1, consumiu praticamente a mesma quantidade de água do S3, que foi o substrato que promoveu o menor desenvolvimento das plantas. Apesar do S1 não ter proporcionado o melhor desenvolvimento

das plantas, este pode ser utilizado em situações em que a água é um fator limitante, devido a seu menor consumo de água e proporcionar um bom desenvolvimento das plantas.

A quantidade de água utilizada na estufa é um valor muito significativo. Foram utilizados 5029 litros de água durante 9 meses de experimento em 320 mudas. Extrapolando este valor para uma produção de 100.000 mudas no mesmo período, serão necessários 1.571.000 litros de água, o que equivale a 174.000 litros de água por mês.

Estes dados mostram o quanto é importante utilizar somente a água necessária e o substrato adequado.

#### **4.10.1 Tensão de água nos substratos medida pelos tensiômetros.**

Os substratos que promoveram o maior desenvolvimento das plantas, S2 e S1, nas leituras dos tensiômetros, os valores se mantiveram baixos durante todo o experimento nos níveis de irrigação I1 e I2, expressando valores ao redor de 10 a 20 kPa, não ocorrendo grandes amplitudes de valores.

O substrato que apresentou as maiores amplitudes de valores foi o substrato S5, apresentando picos altos de até 70 kPa e picos baixos de até 10 kPa.

O comportamento dos substratos S3 e S4, foi intermediário.

O substrato S5 foi muito melhor para o desenvolvimento das plantas do que o S3 e S4, tendo todos eles como base de sua formação, casca de árvore. Levando em consideração este fato, a amplitude de umidade para tais substrato pode ser importante.

Nos Anexos 2, 3, 4 e 5 estão ilustradas as leituras dos tensiômetros.

#### **4.10.2 Quantidade de água baseada no atmômetro**

A evapotranspiração de referencia registrada pelo atmômetro foi menor do que as necessidades de água registradas pelo método da pesagem em praticamente todos os tratamentos. Este fato evidencia que as evapotranspirações de referencia registradas pelo atmômetro devem ser corrigidas com coeficientes, e pelo que o experimento mostrou, estes coeficientes devem ter ligações com o tipo de substrato.

A Tabela 27 apresenta quanto em percentil de água são necessários para igualar o atmômetro ao método da pesagem.

Tabela 27 – Correção, em %, da leitura da necessidade de água feita pelo atmômetro para que a quantidade de água se iguale ao método da pesagem.

	I1	I2	I3	I4
S1	8,1	36,8	41,4	14,3
S2	109,1	123,2	89,4	93
S3	-6,8	109,4	33	-22
S4	87,7	98,4	96,5	45,3
S5	92,9	81,8	105	54,9

Obs: o consume de água está relacionado as 16 plantas que compunham cada tratamento.

Os únicos tratamentos em que a evapotranspiração do atmômetro foi maior do que o método da pesagem foi os tratamentos I1S3 e o tratamento I4S3.

A correlação do atmômetro com o método da pesagem é possível porém é necessário que sejam feitos mais pesquisas para que a correlação seja mais precisa.

#### **4.10.3 Custo da energia elétrica utilizada na irrigação em cada tratamento.**

A água é um bem natural que ainda não está sendo cobrada, porém a utilização da água na irrigação necessita de energia para que ocorra o processo e neste momento existe o custo da energia.

No experimento foi gasto 1 kwh em 320 plantas. Foi utilizado o preço do Kwh de R\$ 0,25.

Na Tabela 28, está ilustrado o custo da energia utilizada na irrigação em cada tratamento.

No tratamento I2S2 as plantas consumiram a maior quantidade de água e obtiveram o melhor desenvolvimento, e conseqüentemente foi o tratamento que apresentou o maior custo da energia, R\$ 0,0169, e o tratamento que apresentou o menor custo da energia foi o tratamento I4S3, R\$ 0,0059.

Tabela 28 - Custo da energia elétrica utilizada na irrigação, em reais, em cada tratamento durante o experimento.

	I1	I2	I3	I4
S1	0,0082	0,0104	0,0108	0,0087
S2	0,0159	0,0169	0,0144	0,0146
S3	0,0071	0,0159	0,0101	0,0059
S4	0,0142	0,0151	0,0149	0,0110
S5	0,0146	0,0138	0,0156	0,0118

Obs: o custo da energia está relacionado as 16 plantas que compunham cada tratamento.

O custo total com a energia no experimento foi de R\$ 0,25.

Utilizando a mesma analogia que foi utilizada para a quantidade de água, na produção de 100.000 mudas, utilizando o tratamento I2S2, o gasto com energia seria de R\$ 105,62. Utilizando o tratamento que proporcionou o menor desenvolvimento das plantas e também consumiu a menor quantidade de água, o custo seria de R\$ 36,87.

O tratamento I2S1 foi o tratamento que proporcionou o segundo melhor desenvolvimento e consumiu 61,4% da água do tratamento que proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas. O custo da energia neste tratamento para 100.000 plantas seria de R\$ 65,00.

Foi utilizado para os cálculos o mesmo tempo de produção, o que inviabiliza economicamente o tratamento I2S2, porém as plantas deste tratamento atingiram o ponto de serem transplantadas para o campo 1,5 meses antes do final do experimento, sendo que o gasto com energia seria nesta data, tornando o tratamento viável economicamente e as mudas indo para o campo em menor tempo, diminuindo também o custo com mão de obra.

#### **4.11. Estado nutricional das plantas no final do experimento.**

Para verificar a interferência no desenvolvimento das mudas de laranjeira com relação a nutrição, e a diferença entre tratamentos, os resultados das análises foliares de nutrientes foi submetido ao teste estatístico.

Para fazer a comparação dos teores de nutrientes encontrados nas folhas das mudas de laranjeira foram utilizadas as faixas de interpretação propostas por Violante Neto et al. (1988), devendo-se salientar que estes referem-se a uma planta de laranjeira em produção e as folhas utilizadas possuem 6 meses de idade e foram coletadas entre os meses de fevereiro a abril de ramos com frutos (Tabelas 29 e 30).

Tabela 29 - Faixas de interpretação de teorias de macronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com frutos (Violante Netto et al., 1988).

Nutrientes	Classificação				
	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Excessivo
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
N	<20	20,0 – 22,0	23,0 – 27,0	28,0 – 30,0	>30,0
P	<0,9	0,9 – 1,1	1,2 – 1,6	1,7 – 2,9	>2,9
K	<7,0	7,0 – 11,0	12,0 – 17,0	18,0 – 23,0	>23
Ca	<15,0	15,0 – 29,0	30,0 – 45,0	46,0 – 69,0	>69,0
Mg	<2,0	2,0 – 2,9	3,0 – 4,9	5,0 – 7,0	>7,0
S	<1,4	1,4 – 1,9	2,0 – 3,9	4,0 – 6,0	>6,0

Tabela 30 - Faixas de interpretação de teorias de micronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com frutos (Violante Netto et al., 1988).

Nutrientes	Classificação				
	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Excessivo
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
B	<20	20 – 35	36 – 100	101 – 200	>200
Cu	<3,6	3,6 – 4,9	5,0 – 12	13 – 20	>20
Fé	<35	35 – 49	50 – 120	121 – 200	>200
Mn	<18	18 – 24	25 – 49	50 – 500	>500
Mo	<0,05	0,05 – 0,09	0,10 – 1,0	1,1 – 5,0	>5,0
Zn	<18	18 – 24	25 - 49	50 – 200	>200

Nas Tabelas 31 e 32, estão representados os teores foliares de macronutrientes nas mudas de laranjeira, nos diferentes substratos e nos diferentes níveis de irrigação.

Tabela 31 – Teores de macronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função do tipo de substrato.

Tipos de substratos	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
S1	28,38 A	2,26 A	31,88 A	24,19 C	3,23 B	3,09 A
S2	25,81 B	2,02 B	30,75 A	34,25 B	3,68 A	2,68 B
S5	28,44 A	1,84 C	25,12 B	52,81 A	3,48 AB	3,12 A
D.M.S.	1,81	0,13	1,88	1,97	0,32	0,25
C.V.	7,44	7,34	7,27	9,80	10,48	9,42

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

O comportamento dos macronutrientes para os diferentes substratos, foi distinto, com exceção do nitrogênio e do enxofre, que apresentaram o mesmo comportamento para os três substratos.

As plantas do substrato 5 apresentaram os menores teores de P e K, com relação aos outros substratos, porém os maiores teores de Ca e Mg. Este fato evidencia a diferença dos substratos, sendo necessário um tratamento nutricional específico para cada um.

Os diferentes substratos apresentaram diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade, Tabela 31.

Nos diferentes níveis de irrigação os teores foliares de Nitrogênio, não diferiram estatisticamente, Tabela 32.

Com relação aos níveis de irrigação, os Níveis I1, I2 e I3, que eram os que proporcionavam uma umidade menos oscilante nos substratos, as plantas apresentaram teores altos de nitrogênio. Para o nível de irrigação I4, onde o substrato perdia mais água antes de ser feita a reposição, o nível de nitrogênio nas plantas estava adequado.

Tabela 32 – Teores de macronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função dos níveis de irrigação.

Níveis de irrigação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
I 1	28,50 A	2,19 A	29,42 A	22,50 A	3,42 A	2,95 A
I 2	28,92 A	2,20 A	29,33 A	23,25 A	3,45 A	3,22 A
I 3	26,75 A	1,86 B	29,33 A	22,67 A	3,61 A	2,91 A
I 4	26,00 A	1,92 B	28,92 A	22,92 A	3,38 A	2,78 A
D.M.S.	3,18	0,21	3,94	2,68	0,58	0,53
C.V.	9,04	8,00	10,55	9,19	13,06	13,93

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Os substrato que apresentou o menor teor foliar de nitrogênio foi o substrato S2, porém o nível apresentado neste substrato estava adequado.

Os substratos S5 e S1 apresentaram níveis altos e não diferiram entre si.

Ruschel et al., 2004, verificou que o maior desenvolvimento das mudas ocorreu quando o teor foliar de N foi de 40,2 g kg<sup>-1</sup> e este teor foliar foi conseguido quando foi administrado 3,5g de N por planta.

Apesar da quantidade administrada de N via fertilizante, no experimento ter sido menor, 1,14 g de N por planta, do que a utilizada por Ruschel et al. 2004, não foi observado deficiências visuais nas mudas de laranjeiras e os teores foliares se comparados aos teores de Violante Neto et al. 1988, estão em níveis altos.

Esta diferença pode ter ocorrido, devido ao fato de no experimento a percolação de água ter sido pequena e com isso o nutriente ter ficado no substrato e também pode ter ocorrido que o substrato liberou nutriente na solução, devido a decomposição do mesmo, ficando disponível para a planta.

Os teores de fósforo foliar diferiram estatisticamente ao nível de 1%, tanto com relação aos níveis de irrigação como nos tipos de substratos, como mostra as Tabelas 31 e 32.

Os níveis de irrigação I2 e I1, foram os que apresentaram os maiores teores de fósforo não diferindo entre si e os níveis I4 e I3 foram os que apresentaram os menores teores de fósforo nas folhas, e não diferiram entre si.

O substrato que apresentou o maior nível de fósforo nas folhas, foi o substrato S1, seguido do substrato S2 e o que apresentou o menor teor de fósforo foi o S5.

Os teores foliares de P encontrados por Ruschel et al., 2004, nas mudas que apresentaram o melhor desenvolvimento foram de  $4,4 \text{ g kg}^{-1}$ , equivalendo ao dobro do encontrado no experimento. A administração do nutriente também foi maior, 2,7 g por planta contra 0,46g por planta.

Comparando os teores foliares encontrados no experimento com Violante Neto et al. 1988, os teores se apresentavam altos.

Os teores de Potássio foliar não diferiram com relação aos níveis de irrigação, porém apresentaram diferença significativa ao nível de 1% com relação aos tipos de substratos, como mostra as Tabelas 31 e 32.

Os substratos S1 e S2 foram os que apresentaram os maiores teores de potássio nas folhas, não diferindo estatisticamente entre si, e o substrato S5 foi o que apresentou o menor teor de potássio nas folhas.

As mudas que melhor se desenvolveram, segundo Ruschel et al., 2004, apresentaram um teor foliar de K de  $24,5 \text{ g kg}^{-1}$ , menor do que os encontrados neste experimento que foi em torno de  $29 \text{ g kg}^{-1}$ . Porém para Violante Neto et al., 2004, ambos os teores são considerados excessivos.

Para os níveis de irrigação, o teor de Cálcio nas plantas não diferiram estatisticamente, a diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade ocorreu para os tipos de substratos, como mostram as Tabelas 31 e 32.

Para Ruschel et al. 2004, o teor que proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas foi  $27 \text{ g kg}^{-1}$ , que é maior do que os teores encontrados em todos os níveis de irrigação e no substrato S1, e menor do que os teores encontrados nos substratos

S2 e S5. Para Violante Neto et al. 1988, o teor foliar do substrato S2 é adequado e do substrato S5 é considerado alto, os demais teores são considerados baixos.

Para os níveis de irrigação, o teor de Magnésio nas folhas das plantas, não proporcionaram diferença significativa entre os tratamentos, ocorrendo diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade apenas para os tipos de substratos, como mostra as Tabelas 31 e 32.

Os teores de magnésio encontrados em todos os tratamentos foi adequado.

Comparando os dados obtidos com os dados obtidos por Ruschel et al. 2004, que segundo Violante Neto et al., 1988, o teor foliar está baixo, os teores foliares do experimento estão em níveis mais elevados, em todos os tratamentos.

Nos níveis de irrigação, não ocorreu diferença estatística com relação ao teor de enxofre nas folhas. Com relação aos tipos de substrato ocorreu diferença estatística significativa ao nível de 1% de probabilidade, como está expresso nas Tabelas 31 e 32.

Em todos os tratamentos o teor de enxofre nas folhas foi alto. Os substratos que apresentaram os maiores teores de enxofre nas folhas foram os substratos S5 e S1, não diferindo estatisticamente entre si.

As mudas que melhor se desenvolveram, segundo Ruschel et al., 2004, apresentavam teor foliar de  $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ , maior dos que os encontrados no experimento. Para Violante Neto et al., 1988, o teor encontrado por Ruschel et al., 2004, é considerado excessivo e os demais valores encontrados no experimento são adequados.

A quantidade de fertilizante administrada no experimento foi menor do que a administrada por Ruschel et al., 2004, para obter as mudas mais desenvolvidas, porém a percolação da água de irrigação pode ter sido diferente de um experimento para o outro, fornecendo os teores foliares que não são diretamente proporcionais a quantidade de fertilizante administrada.

Interações positivas e negativas de nutrientes podem ter ocorrido, para proporcionar tais valores foliares no experimento. Segundo Bernardi et al., 2000, os teores foliares de S aumentaram, com o aumento da administração de N via fertilizante, o mesmo acontecendo com os teores de Ca.

Nas Tabelas 33 e 34, estão representados os teores foliares de micronutrientes nas mudas de laranjeira, nos diferentes substratos e nos diferentes níveis de irrigação.

Tabela 33 – Teores de micronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função dos tipos de substratos.

Tipos de substratos	B	Cu	Fé	Mn	Zn
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
S1	121,50 A	5,44 A	223,44 A	42,06 A	34,25 B
S2	71,75 C	5,81 A	210,00 A	32,75 B	52,81 A
S5	109,69 B	3,88 B	193,38 A	34,81 B	24,19 C
D.M.S.	11,08	1,02	62,36	4,73	7,94
C.V.	12,43	22,84	33,82	14,67	24,27

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Tabela 34 – Teores de micronutrientes foliares das mudas de laranjeira, em função do nível de irrigação.

Níveis de irrigação	B	Cu	Fé	Mn	Zn
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
I 1	102,33 A	5,50 A	338,42 A	41,92 A	47,75 A
I 2	98,75 A	4,42 A	172,92 B	34,75 AB	48,25 A
I 3	101,92 A	4,83 A	170,92 B	36,83 AB	40,00 A
I 4	100,92 A	5,42 A	153,50 B	32,67 B	44,95 A
D.M.S.	28,26	2,23	118,49	8,32	13,60
C.V.	21,93	34,62	44,45	17,85	28,75

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey

C.V. – Coeficiente de variação

- médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Os teores de boro foliar não diferiram com relação aos níveis de irrigação, porém apresentaram diferença significativa ao nível de 1% com relação aos tipos de substratos, como mostra as Tabelas 33 e 34.

Os teores foliares de Boro para os tratamentos estudados, estavam todos altos, porém o tipo de substrato S2, foi o tratamento que ficou mais próximo do limiar de teor adequado na planta. Este tratamento foi o que proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas.

Os teores de Cobre foliar não diferiram com relação aos níveis de irrigação, porém apresentaram diferença significativa ao nível de 1% com relação aos tipos de substratos, como mostra as Tabelas 33 e 34.

Com relação aos níveis de irrigação, em todos os tratamentos, os níveis de Cobre foliar estava baixo.

Com relação aos tipos de substratos, os substratos S2 e S1 foram os que apresentaram o maior teor de Cobre nas folhas das plantas, apesar de estarem em níveis baixo. No substrato S5, o teor de cobre estava em nível deficiente.

Os teores foliares de Ferro nos níveis de irrigação diferiram estatisticamente entre si ao nível de 1%. Nos tipos de substratos, não ocorreu diferença significativa, como mostra as Tabelas 33 e 34.

O nível de irrigação I1 foi o tratamento que diferiu dos demais, apresentando teores de Ferro nas folhas excessivo. Este teor excessivo de Ferro, no nível de irrigação I1, pode estar ligado a manutenção dos substratos com alta umidade, disponibilizando o elemento ferro para as plantas.

Os outros tratamentos apresentaram o teor alto de Ferro nas folhas das plantas.

Os teores de Manganês diferiram estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade, tanto para os níveis de irrigação como para os tipos de substratos, como estão apresentados nas Tabelas 33 e 34.

O teor de manganês nas folhas em todos os tratamentos, estava adequado.

Nos níveis de irrigação, o nível I1, foi o que apresentou o maior teor de manganês e o nível I4, foi o que apresentou o menor teor de manganês. Os outros níveis de irrigação não diferiram entre si.

O substrato S1 foi o que apresentou o maior teor de manganês e os substratos S5 e S2 foram os que apresentaram os menores teores de manganês, não diferindo entre si.

Os níveis de irrigação não proporcionaram diferença com relação a concentração de zinco nas plantas (Tabela 33), a diferença de concentração ocorreu somente para os tipos de substratos (Tabela 34).

O tipo S2 foi o substrato que apresentou o maior teor de zinco nas plantas. Este substrato foi o que apresentou o melhor desenvolvimento das plantas.

O teor de zinco no substrato que proporcionou o segundo maior desenvolvimento das plantas, que foi o S1, foi 65% do S2 que foi o que proporcionou o maior desenvolvimento das plantas.

Os tipos de substratos interferiram mais nos teores dos nutrientes do que os níveis de irrigação, evidenciando a importância da escolha do substrato e acompanhamento nutricional das mesmas. Os níveis de irrigação interferiram apenas em alguns nutrientes, não tirando a importância da administração correta de água as plantas.

## 5 CONCLUSÕES

- O substrato que proporcionou o desenvolvimento mais rápido das plantas foi o S2, em todos os níveis de irrigação.
- No substrato S2, nas mesmas condições do experimento em questão, poderá ser utilizado o nível de irrigação I4, pois o consumo de água foi menor e não diferiu dos outros níveis.
- Dentre os substratos constituídos basicamente de casca de árvore, o S5 foi o único que resultou em plantas no ponto de enxertia, nas condições específicas do experimento.
- Em situações onde a água é um fator limitante, poderá ser utilizado o Substrato S1, no nível de irrigação I2, que diferiu em 20 dias apenas do melhor tratamento, e consumiu 62% da água consumida no melhor tratamento.
- O desenvolvimento das plantas foi muito mais influenciado pelo substrato utilizado do que pelo nível de irrigação.
- Para cada tipo de substrato é necessário que sejam feitas nutrições e irrigações específicas, visando potencializar cada um deles e com isso obter o melhor desenvolvimento das plantas.
- Intervalos maiores entre irrigações, faz com que o substrato fique com menor quantidade de água disponível para as plantas, prejudicando o seu desenvolvimento.

## SUGESTÕES

- Desenvolver trabalhos de nutrição e irrigação, individual para cada substrato, buscando viabilizar a utilização dos mais diversos tipos de substratos, para que se possa utilizar os substratos desde que o manejo seja coerente.
- Para trabalhos com substratos, utilizar tensões para determinar a curva de retenção no intervalo de 0 a 10 kPa, pois as diferenças devem estar nesses pontos e não foram feitos neste trabalho, fazendo com que as curvas de retenção ficassem muito parecidas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M.; NOGUERA, P. Substrato para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHIA, C. (Ed.) **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Mundi-Prensa, 1998. p.287-342.

AGOSTINI, J. P. et al. Effect of citrus rootstocks on soil populations of *Phytophthora parasitica*. **Plant Dis.**, v.75, n.3, p.296-300, 1991.

BALLESTER-OLMOS, J. F.; FERNANDEZ, J. A.; MOLINS, M. I. Nota sobre influencia del riego localizado em el crecimiento de plantones de citricos en invernadero. **Investigacion Agraria**, v.4, n.1, p.119-24, 1989.

BERNARDI, A. C. C.; CARMELO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Macronutrientes em mudas de citrus cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.57, n.4, p. 761-7. 2000.

BEVINGTON, K. B.; CASTLE, W. S. Annual root growth pattern of young citrus trees in relation to shoot growth, soil temperature, and soil water content. **Journal American. Society Horticulture Science**, v.110, n.6, p.840-5, 1985.

BOAVENTURA, P. R. R. et al. Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v26,n.2, p.300-05, 2004.

BOOMAN, J. L. E. Evolução dos substratos usados em horticultura ornamental na Califórnia. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.43-65.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Coco verde**. Disponível em: <[http://www.integracao.gov.br/pdf/frutiserries/frutiserries\\_sp\\_03.pdf](http://www.integracao.gov.br/pdf/frutiserries/frutiserries_sp_03.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2002.

BRONER, I.; LAW, R. A. P. Evaluation of modified atmometer for estimating reference ET. **Irrigation Science**, v.12, p.21-6,1991.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e Propriedade do solo**. 2.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1968. 593p.

CARRIJO, O. A. et al. **Uso da fibra do coco verde para o prepare de substrato agrícola**. Brasília. Embrapa: CNPH, 2003. 4 p. (Comunicado técnico, 19).

CASTRO, P. R. C. Comportamento dos citros sob déficit hídrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v.15, n.2, p. 123-38, 1994.

COCO VERDE RJ. **Projeto coco verde**. Disponível em: <<http://cocoverderj.com.br/3.projcv.htm>>. Acesso em: 13 mar. 2002.

DORNELES, C. M. M. Introdução à citricultura. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1988. 96p.

DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J. V.; BOTREL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção de curvas característica de retenção de água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, v.1, n.2, p.94-101, 1990.

FACHINI, E. **Diferentes níveis de irrigação e a utilização do composto de lixo orgânico na formação de mudas cítricas**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

FACHINI, E.; GALBIATTI, J. A.; PAVANI, L. C. Níveis de irrigação e composto de lixo orgânico na formação de mudas cítricas em casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.578-88, 2004.

FARIAS, M. F. **Manejo da irrigação na cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) cultivado em vaso, em ambiente protegido**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

FARIAS, M. F. F.; SAAD, J. C. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Manejo da irrigação na cultura do crisântemo em vaso, cultivar Rage, cultivado em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.51-6, 2004.

FASSBENDER, H. W. **Química del suelos**: com énfasis en suelos de America Latina. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1975. 307p.

FEDDES, R. A.; LENSELINK, K. J. Evapotranspiration. In RITZEMA, H. P. **Drainage principles and application**. 2.ed. Wageningen. ILRI. 1994. p.145-74.

FELD, S. J.; MENGE, J. A. Influence of drip furrow irrigation on phytophthoraroot rot of citrus under field and greenhouse condiditions. **Plant Dises.**, v.74, n.1, p. 21-7, 1990.

FERERES, E.; CRUZ-ROMERO, G.; HOFFMAN, G. J.; RAWLINS, S. L. Recovery of orange trees following severe water stress. **Journal Applied Ecology**, v.16, p.833-42, 1979.

FERNANDES, A. M. et al. Dimensões de bulbo úmido em solos utilizados na irrigação por gotejamento superficial: Cambissolo. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2003, Goiânia. **Resumo...** Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD.

FONTENO, W. C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulture**, Naaldwijk, v.342, p.197-204,1993.

FRANCESCATO, R. D. C. **Influência de frequência de irrigação, substrato e adubo de liberação lenta na produção do porta-enxerto cítrico limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck)**. 1995. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FUNDECITRUS. **Viveiros e Mudas.** Disponível em: [www.fundecitrus.com.br/dviveiros\\_br.html#insp\\_mensal](http://www.fundecitrus.com.br/dviveiros_br.html#insp_mensal) Acesso em: 24 mar. 2006.

FUNDECITRUS. As mudanças do programa de matrizes e normas de certificação. **Revista Fundecitrus**. v.13, n.86, p.4-7, 1998.

FUNDECITRUS. Cuidados no uso do citrumelo Swingle. **Revista Fundecitrus**. v.14, n.106, p.12-13, 2001.

FUNDECITRUS. Fundecitrus é parceiro do maior projeto de pesquisa já feito no Brasil. **Revista Fundecitrus**. v.13, n.84, p.6-7, 1997.

FUNDECITRUS. MSC provoca mudanças nos viveiros. **Revista Fundecitrus**. v.19, n.114, p.12-13, 2003.

FUNDECITRUS. Pesquisa estuda porta-enxertos. **Revista Fundecitrus**. v.20, n.122, p.12-13, 1997.

FUNDECITRUS. **Viveiros**. [s.l.: s.n., 19--]

GALBIATTI, J. A. **Efeito do uso contínuo de efluente de biodigestor sobre algumas características físicas do solo e o comportamento do milho (*Zea mays* L.)**. 1992. 212f. Tese (Livre Docente)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

GARCIA, A. Tecnologia e competitividade. **Revista Fundecitrus**, v.14, n.94, p.2, 1999.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. Correlação espacial entre retenção de água e textura do solo para fins de manejo de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.3, p.296-303, 2002.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-50.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para a produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Águas de Lindóia. **Resumo**, Águas de Lindóia, 1996.

GRASSI FILHO, H. et al. Efeito de diferentes substratos no crescimento de mudas de limoeiro 'cravo' até o ponto de enxertia. **Laranja**, Cordeirópolis, v.22, n.1, p.157-66, 2001.

HAIDER, K. Problems related to the humification processes in soils of temperate climates. In STOTZKY, G.; BOLLAG, J. M. **Soil biochemistry**. New York, 1992. v.7, p.55-94.

HE, X.; TRAINA, S. J. Chemical properties of municipal solid waste composts. **Journal Environmental Quality**, v.21, p318-29, 1992.

JABUR, M. A.; MARTINS, A. B. G. Influência de substratos na formação de porta-enxertos: limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e tangerina-cleópatra (*Citrus reshni* Hort. Ex Tanaka) em ambiente protegido. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v24,n.2, p.514-18, 2002.

KAMPF, A. N. Seleção de materiais para uso de substrato. In: Kampf, A. N., Fermino N. H. (Eds) **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.

KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p..

KONDURU, S.; EVANS, M. R.; STAMPS, R. H. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. **HortScience**, Alexandria, v.34, p.88-90, 1999.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. Efeito da irrigação no crescimento de plantas de seringueira em viveiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20,n.6, p.683-92, 1985.

LIMA, J. E. O. Produção de mudas na África do Sul. **Laranja**, Cordeirópolis, v.14, n.1, p.127-36, 1993.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; PINTO, J. M. Fotossíntese de laranjeira 'valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.1, p.1-14, 1998.

MEEK, B.; GRAHAM, L.; DONOVAN, T. Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter, and water infiltration rate. **Soil Science Society American Journal**, v.46, p.1014-9, 1982.

MICHIELS, P.; HARTMANN, R.; COUSSENS, C. Physical properties of peat substrate in an ebb/food irrigation system. **Acta Horticulturae**, Naaldwijk, v.342, p.205-19, 1993.

MILKS, R. R.; FONTENO, W. C.; LARSON, R. A. Hydrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. **Journal American Society Horticulturae Science**. v.144, n.1, p.57-61, 1989.

MILNER, L.; Water and Fertilizers Management in Substrates. In: International Congress of Citrus Nurserymen, 6., 2001, Ribeirão Preto. **Proceedings...** p.93-5.

MENEZES JUNIOR, F. O. G.; FERNANDES H. S. Substratos formulados com vermicomposto e comerciais na produção de mudas de couve-flor. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.4, n.3, p.191-196, 1998.

OLIVEIRA, V. R. et al. Caracterização química de substratos para a produção de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.288, 2003. Suplemento 1. Resumo.

OLIVER, E. N. A água nossa de cada dia preservai hoje!. **Coopercitrus**, Jaboticabal, v.14, n.162, p.14. 2000.

POMPEU JR., J Porta-enxertos. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A. A. (Ed.) **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargil, 1991. v.1, p.265-280.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1993. 505p.

RIVIERE, L. M.; FOUCARD, J. C.; LEMAIRE, F. Irrigation of container crops according to the substrate. **Science Horticulturae**, v.43, n.2-3, p.339-49, 1990.

RODRIGUEZ, O. Ecofisiologia dos citros. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.149-64.

RUSCHEL, J. et al. Leaf nutrient contents of rang pour lime rootstock as affected by N, P, K, Ca and S fertilization. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.61, n.5, p. 501-6. 2004

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.32, n.6, p. 55-67. 2002.

SEMPIONATO, O. R.; GIROTTO, L. F.; STUCHI, E. S. Produção de mudas sadias. In DONADIO, L. C.; MOREIRA, C. S. **Clorose variegada dos citrus**. Bebedouro: Fundecitrus, 1997. v.1, p.75-92.

SGANZERLA, E.; **Nova Agricultura**: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. 4.ed. Porto Alegre, 1991. p.49-83

SILVA, C. A. et al. O. Dimensões de bulbo húmido em solos utilizados na irrigação por gotejamento superficial: Argissolo. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2003, Goiânia. **Resumo...** Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD.

SILVEIRA, E. B. et al. Pó de coco como substrato para a produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.20, n.2, p.211-216, 2002.

STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R.; DONADIO, L. C. Mudas produzidas em sacolas plásticas apresentam vantagens. **Coopercitrus: Informativo Agropecuario**, Bebedouro, v.13, n.153, p.14-5, 1999.

TAVEIRA, J. A. M. Growing media utilization in containerized citrus tree production. In: International Congress of Citrus Nurserymen, 6., 2001, Ribeirão Preto. **Proceedings...** p.93-5.

WARRICK, A. W. Nature and dynamics of soil water. In STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. **Irrigation of agricultural crops**. Wisconsin: Agronomy, 1990. n.30, p.69-92.

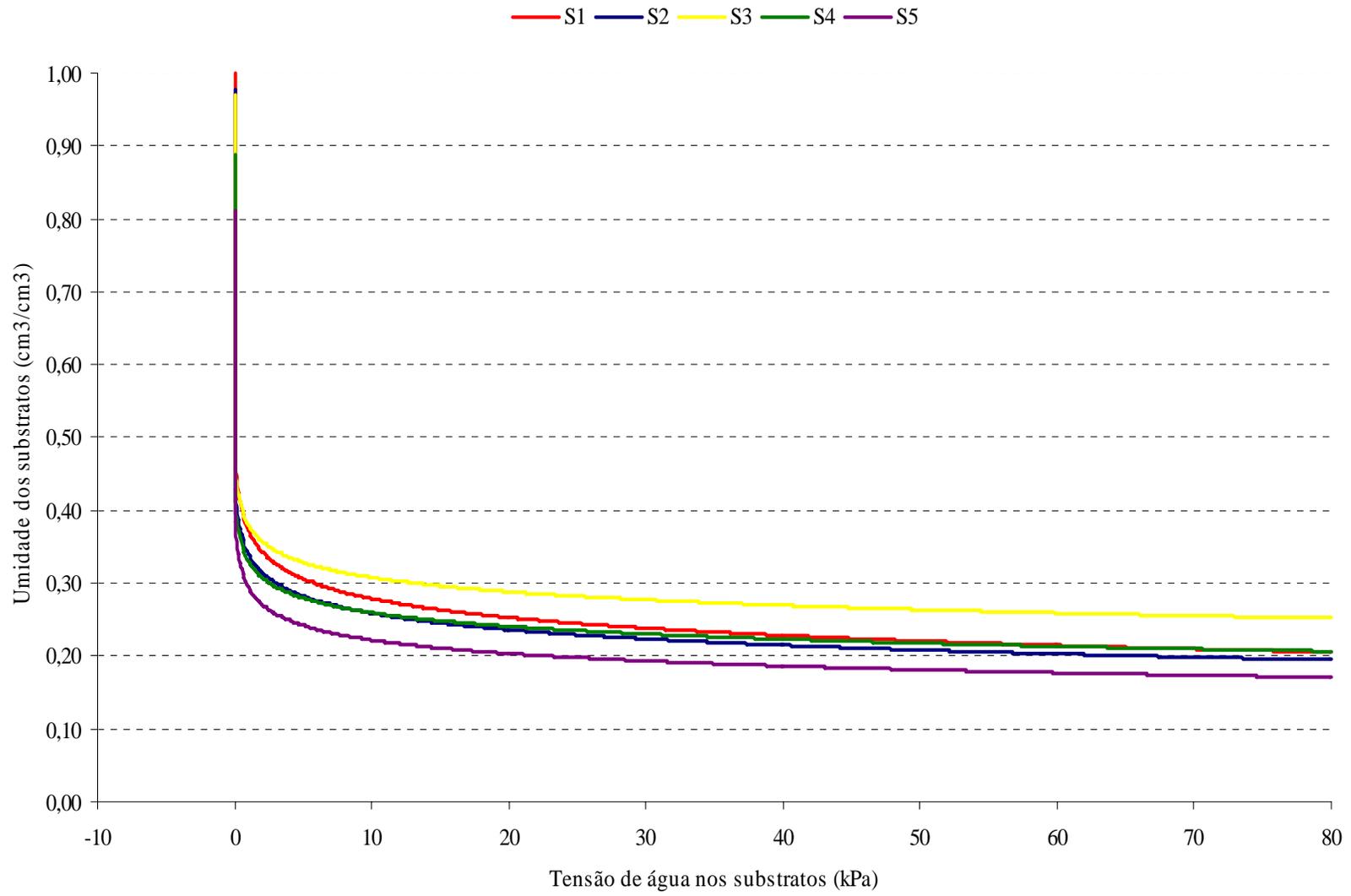
WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. **Aprenda Fácil Editora**. Viçosa, 2002. 166p.

VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A. H. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. **Soil Science**, Madison, v.68, p.75-94, 1949.

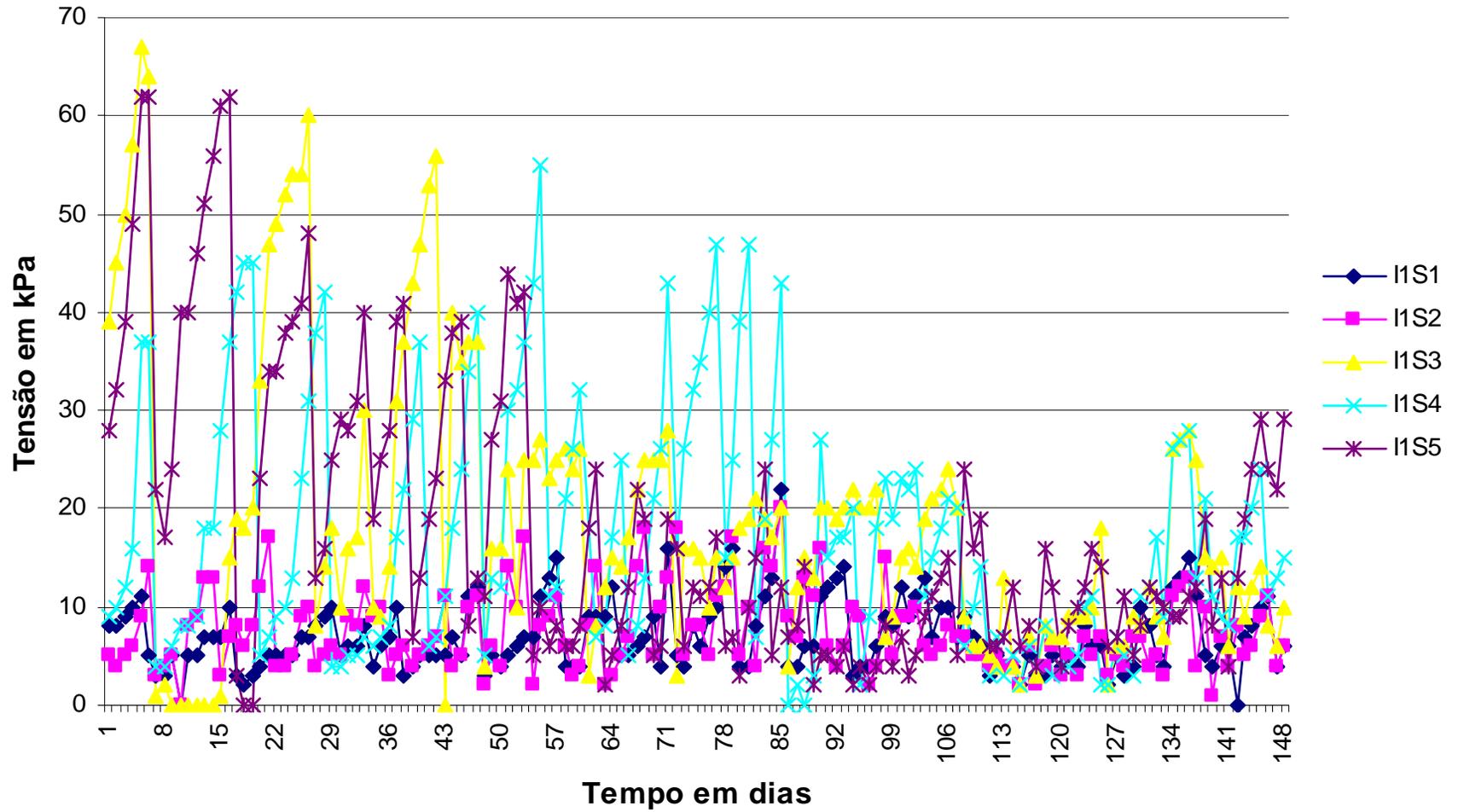
VIOLANTE NETTO, A. et al. Recomendação de adubação e calagem para citros no estado de São Paulo. **Laranja**. Cordeirópolis, v.3, n.9, p.1-15, 1988.

ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; SILVA, J. A. A. **Irrigação em citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 37 p. (Boletim Citrícula, 7).

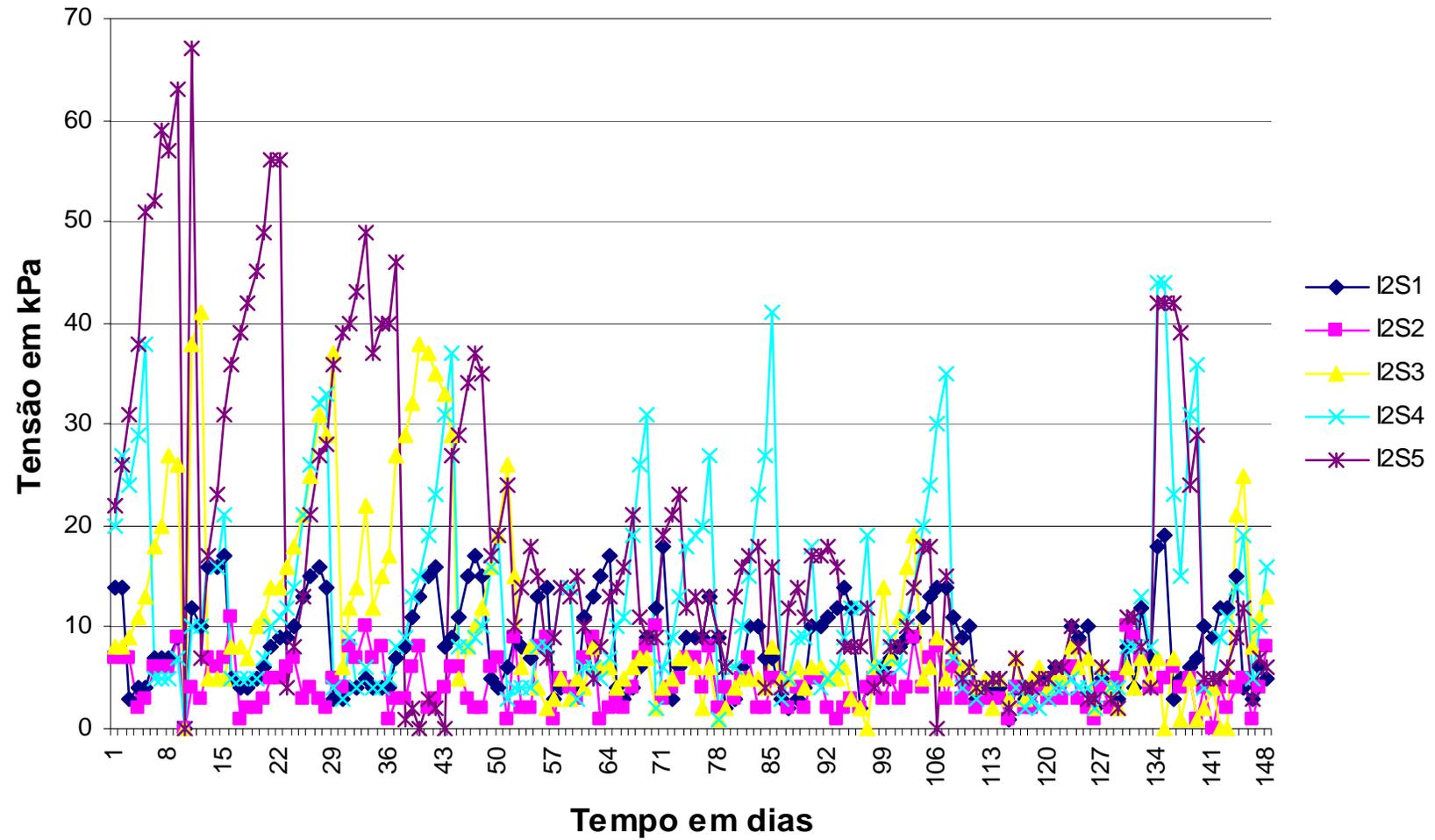
**7 ANEXOS**



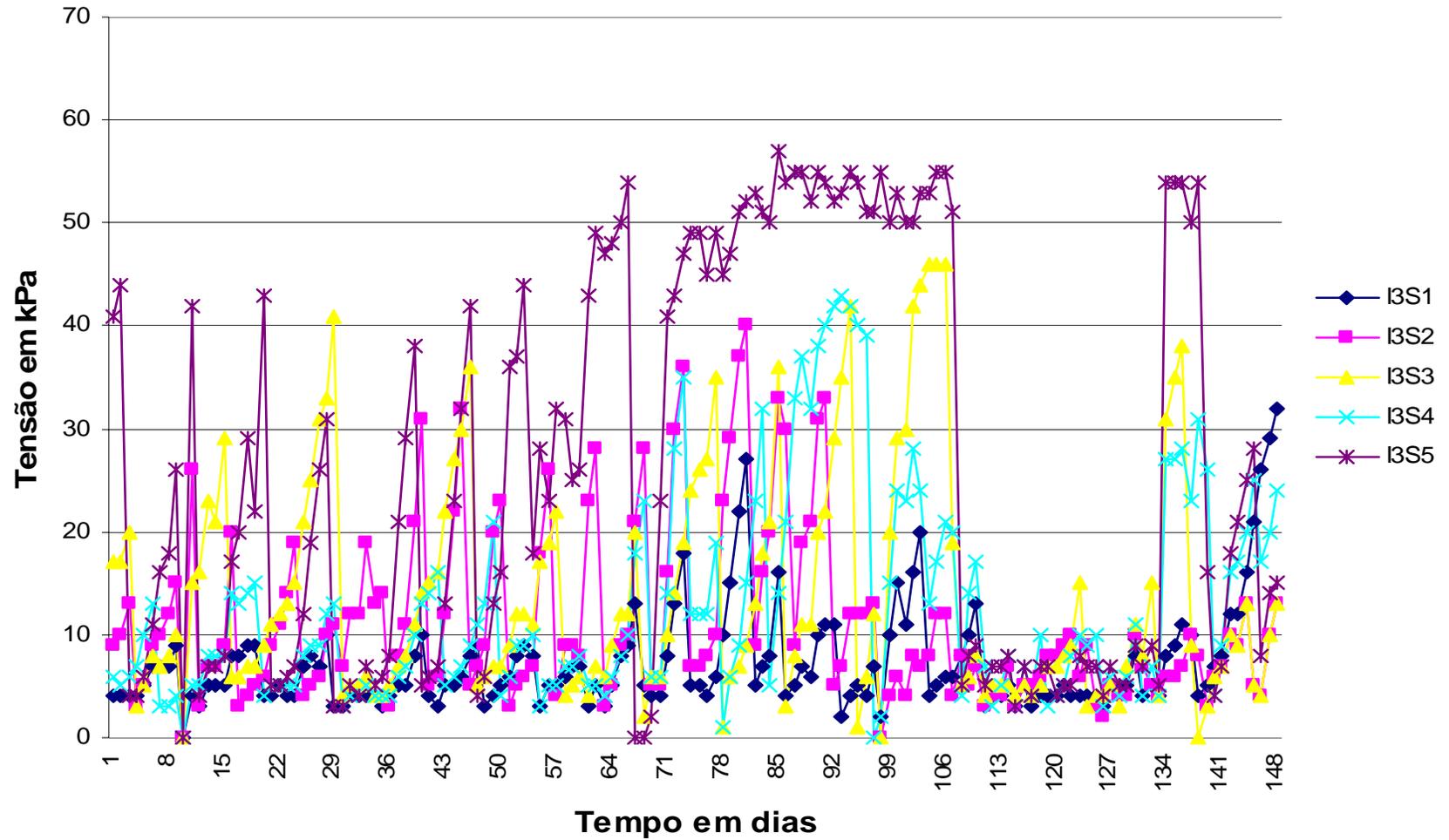
Anexo 1 – Curva de retenção de água nos cinco substratos estudados



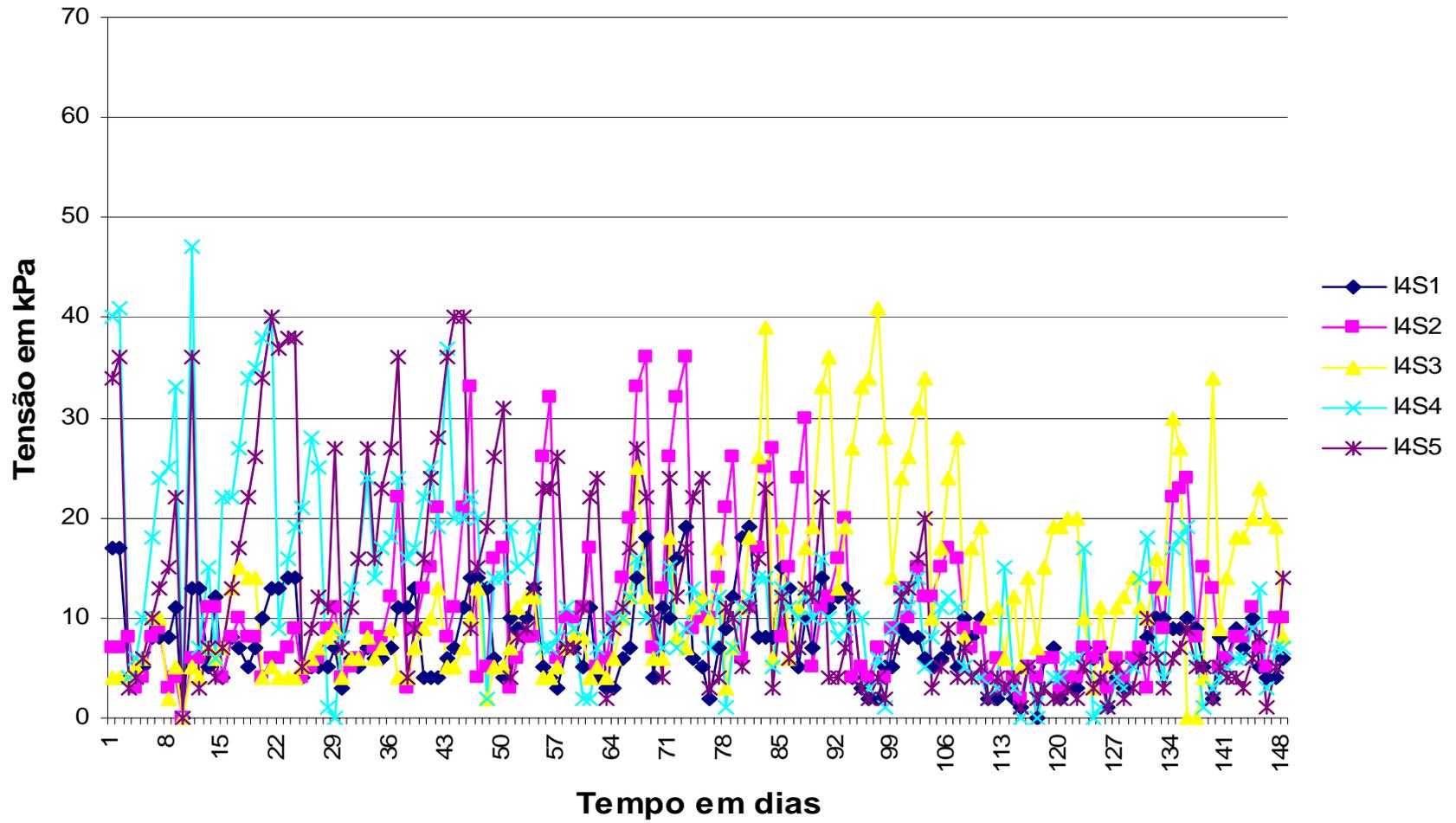
Anexo 2 – Valores do potencial mátrico obtidos com os tensiômetros durante o experimento nos diferentes substratos no nível de irrigação II.



Anexo 3 – Valores do potencial mátrico obtidos com os tensiômetros durante o experimento nos diferentes substratos no nível de irrigação 2.



Anexo 4 - Valores do potencial mátrico obtidos com os tensiômetros durante o experimento nos diferentes substratos no nível de irrigação I3.



Anexo 5 – Valores do potencial mátrico obtidos com os tensiômetros durante o experimento nos diferentes substratos no nível de irrigação I4.