

**ADIÇÕES DE CALCÁRIO E BORO INFLUENCIANDO
CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS E COMPOSIÇÃO
FOLIAR DO LIMOEIRO SICILIANO ENXERTADO SOBRE
DOIS PORTA-ENXERTOS**

HÉLIO GRASSI FILHO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção de título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo
Março - 1995

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Grassi Filho, Hélio

6769a Adições de calcário e boro influenciando caracteris-
ticas fenológicas e composição foliar do limoeiro sici-
liano enxertado sobre dois porta-enxertos. Piracicaba,
1995.
77p. ilus.

Tese - ESALQ

Bibliografia.

1. Boro em limão siciliano 2. Calcário em limão
siciliano 3. Laranja azeda como porta-enxerto 4. Limão
siciliano - Nutrição 5. Limão cravo como porta-enxerto
6. Porta-enxerto de fruta cítrica I. Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 634.334

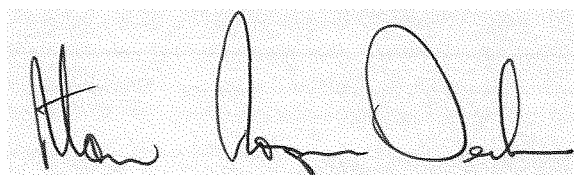
**ADIÇÕES DE CALCÁRIO E BORO INFLUENCIANDO
CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS E COMPOSIÇÃO
FOLIAR DO LIMOEIRO SICILIANO ENXERTADO SOBRE
DOIS PORTA-ENXERTOS**

HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado em 03. 04. 1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen	ESALQ/USP
Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello	ESALQ/USP
Prof. Dr. Júlio Nakagawa	FCA/UNESP
Prof. Dr. Edmir Soares	FCA/UNESP
Prof. Dr. Euclides Caxambu Alexandrino de Souza	FCAV/UNESP



Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Orientador

**“OS ERROS CAUSADOS POR DADOS INADEQUADOS
SÃO MUITO MENORES DO QUE OS QUE SE DEVEM À
TOTAL AUSÊNCIA DE DADOS”.**

**CHARLES BABBAGE
(1792-1871)
MATEMÁTICO BRITÂNICO**

**A MEUS PAIS, COM
RECONHECIMENTO E
GRATIDÃO**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen pela amizade e dedicação na orientação do trabalho;

Ao Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP-Botucatu, pelo apoio e facilidades oferecidas;

Ao Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, Piracicaba, pela oportunidade, em especial ao Prof. Dr. Geraldo Victorino de França;

Ao Sr. José Carlos de Pieri pelo auxílio na condução do ensaio;

Ao Srs. Dair Vieira e Jair Vieira pelo auxílio na coleta de raízes;

Ao Sr. Noel Batista pelo auxílio na irrigação do ensaio;

Aos acadêmicos do Curso de Agronomia Cláudio Gomes de Oliveira, Alexandre Frateschi, Walter Gravena Júnior e Paula Wagner Ballarin pelo auxílio na condução do ensaio;

Ao Sr. Benedito Heliodoro pelo auxílio nas análises químicas do tecido vegetal;

À Sra. Kátia Maria de Andrade Ferraz, bibliotecária da ESALQ-USP, pela revisão das referências bibliográficas;

Ao Prof. Dr. Angelo Catâneo e à Srta. Osana Maria Herrera, pela realização das análises estatísticas;

Ao Engenheiro Agrônomo Ernesto Luiz Pires de Almeida e à Fazenda Morrinhos pela cessão das mudas utilizada neste ensaio;

Ao convênio CAPES/PICD-UNESP, na pessoa do Prof. Dr. Widsney Alves Ferreira pela concessão da bolsa de estudo;

À FUNDUNESP pelo apoio financeiro para a realização deste ensaio;

Aos colegas do Departamento de Ciência do Solo;

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho;

SUMÁRIO

	páginas
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Estudo de Porta-enxertos.....	3
2.2. Estudo do Sistema Radicular.....	5
2.2.1. Métodos de estudo do sistema radicular.....	6
2.2.2. Determinações de parâmetros radiculares.....	8
2.3. Estudo do Sistema Radicular de Plantas Cítricas.....	10
2.4. Calagem e Adubação.....	20
2.4.1. Tolerância dos citros à acidez e respostas à calagem.....	20
2.4.2. Respostas à adubação dos citros	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. Localização e Caracterização Química do Solo.....	32
3.2. Mudas.....	33
3.2.1. Variedade copa.....	33
3.2.2. Variedades porta-enxertos.....	34

3.2.2.1. Laranjeira Azeda (<i>Citrus aurantium</i> , L.).....	34
3.2.2.2. Limoeiro Cravo (<i>Citrus limonia</i> , L. Osbeck).....	35
3.3. Delineamento Experimental.....	35
3.4. Preparo dos Vasos.....	36
3.5. Parâmetros Avaliados.....	37
3.5.1. Amostragem de folhas.....	37
3.5.2. Análise química das folhas.....	37
3.5.3. Parâmetros biométricos.....	38
3.5.4. Amostragem e acondicionamento de raízes.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1. Análise Química de Folhas.....	41
4.2. Diâmetro de Caule e Altura de Plantas.....	46
4.3. Pesos de Folhas, Área Foliar e Teor de Clorofila.....	50
4.4. Avaliação do Sistema Radicular	50
4.4.1. Peso de material fresco e seco de raízes.....	51
4.4.2. Comprimento, densidade, raio médio e superfície radicular.....	52
5. CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

ADIÇÕES DE CALCÁRIO E BORO INFLUENCIANDO CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS E COMPOSIÇÃO FOLIAR DO LIMOEIRO SICILIANO ENXERTADO SOBRE DOIS PORTA- ENXERTOS

Autor: HÉLIO GRASSI FILHO

Orientador: Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

RESUMO

A citricultura brasileira tem se destacado no cenário mundial, como um dos maiores produtores mundiais. Entre os nutrientes das plantas, o cálcio destaca-se como o mais exigido pela cultura dos citros, e está diretamente relacionado com o desenvolvimento do sistema radicular.

O presente ensaio foi instalado nas dependências do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, utilizando um Latossolo Vermelho Escuro textura média distrófico, onde foram plantadas mudas de limoeiro Siciliano (*Citrus limon*, Burman), enxertados sobre laranjeira Azeda (*Citrus aurantium*, L.) e limoeiro Cravo (*Citrus limonia*, L.), e vasos com capacidade para 250 litros, constando de três níveis de saturação por bases (50, 70 e 90%) e três doses de boro na cova de plantio (0,5; 1,5 e 4,5mg.dm⁻³ de B), em um delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em esquema fatorial 3x3x2, com 4 repetições.

Foram avaliados os teores de nutrientes nas folhas, em três épocas, março (instalação) e setembro de 1992 e em março de 1993, tendo

sido determinados os nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Foram tomadas medidas mensais de diâmetro de caule e altura de plantas. Aos 12 meses os sistemas radiculares foram amostrados, sendo determinados os parâmetros: peso de material fresco e seco das raízes (g), comprimento das raízes (cm), superfície radicular (cm^2), raio médio (mm) e densidade de comprimento de raízes (cm.cm^{-3}); e foram tomadas medidas de diâmetro e de circunferência do caule, 10cm acima da enxertia, altura de plantas, raio médio, área de projeção e volume da copa.

Os níveis de saturação por bases propiciaram aumentos no peso de material fresco (0,92; 1,09 e 1,15g) e seco (0,33; 0,40 e 0,49g) das raízes dos porta-enxertos do limoeiro Siciliano, e aumentos no comprimento (575,3; 808,3 e 1100,3cm), na densidade (1,92; 2,12 e 2,48 cm.cm^{-3}) e na superfície radicular (4,66; 5,34 e 6,36 cm^2), e diminuição no raio médio (0,40; 0,41 e 0,37mm) das raízes; afetaram o teor de potássio (13,0; 14,5 e 13,7 g.kg^{-1}) nas folhas na primeira amostragem, magnésio (3,3; 3,1 e 3,7 g.kg^{-1}) na segunda e cálcio (15,1; 16,3 e 19,1 g.kg^{-1}) e magnésio (3,5; 3,5 e 3,8 g.kg^{-1}) na terceira amostragem; não afetaram o diâmetro e a circunferência de tronco, a altura de plantas, o raio médio, o volume e a área de projeção da copa.

As doses de boro propiciaram diminuições no peso de material fresco (1,14; 1,15 e 0,87g) e seco (0,45; 0,45 e 0,31g) das raízes dos porta-enxertos do limoeiro Siciliano, e diminuições no comprimento (993,6; 993,0 e 654,2cm), na densidade (2,60; 2,60 e 1,71 cm.cm^{-3}) e na superfície radicular (6,03; 6,06 e 4,26 cm^2), e aumentos no raio médio (0,38; 0,39 e 0,41mm) das raízes; propiciaram elevações dos teores de fósforo (1,6; 1,6 e 1,8 g.kg^{-1}) e potássio (17,2; 19,3 e 24,6 g.kg^{-1}) e diminuição de cálcio (26,9; 26,4 e 21,3 g.kg^{-1}), magnésio (3,5; 3,6 e 3,0 g.kg^{-1}) e manganês (88,0; 94,9 e 64,9 mg.kg^{-1}) nas folhas na segunda e elevação dos teores de potássio (16,0; 15,8 e

17,2g.kg⁻¹) e zinco (30,7; 33,8 e 38,4mg.kg⁻¹) na terceira amostragem; a dose de 4,5mg/dm³ de boro mostrou-se prejudicial ao desenvolvimento do limoeiro Siciliano, ocasionando a queima das folhas, dos brotos terminais e da ponta dos ramos, 30 dias após a instalação do trabalho, quando os teores de boro nas folhas variaram entre 600 e 850mg.kg⁻¹.

Houve um comportamento diferenciado entre os porta-enxertos quanto à composição mineral das folhas de limoeiro Siciliano, bem como no desenvolvimento do sistema radicular, sendo que a laranjeira Azeda mostrou-se superior ao limoeiro Cravo.

Não houve efeito de nenhum tratamento para os teores de enxofre, cobre e ferro nas folhas, bem como para a interação entre a saturação por bases e as doses de boro.

FENOLOGICS CHARACTERISTICS AND LEAVES COMPOSITION OF THE “SICILIANO” LEMON TREE ON TWO ROOTSTOCKS INFLUENCED BY LIMING AND BORON ADDITION.

Author: HÉLIO GRASSI FILHO

Adviser: Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

SUMMARY

The brasilian citriculture has been distinguished in the world scenary how main world-wide producer. Into plants nutrients calcium is the most required in the citrus culture, and what has a directly relationship with root system development. The present study was developed in the Soil Science Department, Colloge of Agronomy, Campus of Botucatu-UNESP, State of São Paulo-Brazil, with disturbed samples of an Oxisol, where “Siciliano” lemon trees seedlings (*Citrus limon*, Burman) grafted on sour orange tree (*Citrus aurantium*, L.) and rangpur lemon tree (*Citrus limonia*, L.) was planted in pots of 250 liters. The experiment consisted of three basis saturation level (50, 70 e 90%) and three boron doses (0.5; 1.5 and 4.5mg.dm⁻³) in the planting with 3x3x2 factorial experimental design, with 4 replications.

The levels of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, copper, iron, manganese and zinc in the leaves were evaluated in three periods: march (planting) and september/92, and march/93. The stem diameter and plants height were obtained monthly. Root system was sampled when plants were 12 month age, and the following parameters have been determined: fresch and dry weight matter of roots (g),

roots length (cm), radicular surface (cm²), medium ray (mm) and roots length density (cm.cm⁻³); diameter (mm) and circumference (cm) on stem at 10cm up graft; plants height (m); medium ray (m), projection area (m²) and crown volume (m³).

The basis saturation level increased fresh (0,92; 1,09 and 1,15g) and dry (0,33; 0,40 and 0,49g) weight roots matter, length (575,3; 808,3 and 1100,3cm), radicular density (1,92; 2,12 and 2,88cm.cm⁻³) and surface (4,66; 5,34 and 6,36cm²), and decreased the roots medium ray (0,40; 0,41 and 0,37mm) of the rootstock "Siciliano" lemon tree; affected the potassium (13,0; 14,5 and 13,7g.kg⁻¹) level in the first sample, magnesium (3,3; 3,1 and 3,7g.kg⁻¹) in the second, calcium (15,1; 16,3 and 19,1g.kg⁻¹) and magnesium (3,5; 3,5 and 3,8g.kg⁻¹) in the third sample; the stem diameter and circumference, plants height, medium ray, crown volume and projection area were not affected.

The boron doses decreased fresh (1,14; 1,15 and 0,87g) and dry (0,45; 0,45 and 0,31g) weight roots matter and decreased length (993,6; 993,0 and 654,2cm), radicular density (2,60; 2,60 and 1,71cm.cm⁻³) and surface (6,03; 6,06 and 4,26cm²), and increased the roots medium ray (0,38; 0,39 and 0,41mm) of the rootstock "Siciliano" lemon tree; propitiated highness phosphorus (1,6; 1,6 and 1,8g.kg⁻¹) and potassium (17,2; 19,3 and 24,6g.kg⁻¹) levels, decreased calcium (26,9; 26,4 and 21,3g.kg⁻¹), magnesium (3,5; 3,5 and 3,0g.kg⁻¹) and manganese (88,0; 94,9 and 64,9mg.kg⁻¹) levels in the second sample; highness potassium (16,0; 15,8 and 17,2g.kg⁻¹) and zinc (30,7; 33,8 and 38,4mg.kg⁻¹) levels in the third sample; boron doses appeared to be prejudicial to "Siciliano" lemon tree development, occasioning burn leaves, sprout and point branch, 30 days after planting, when boron levels in the leaves were from 600 to 850mg.kg⁻¹.

There was different behavior between rootstocks than mineral composition of the "Siciliano" lemon leaves, as well as, root system development, with sour orange tree higher the rangpur lemon tree.

There wasn't any effect of the sulfur, copper and iron levels in the leaves, as well as, in the interaction basis saturation level x boron doses for any of those evaluated parameters.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a citricultura no Estado de São Paulo, tem se deslocado de regiões de solos com boa fertilidade, como os da região de Limeira, para outras regiões com solos menos férteis, como a Araraquarense e a Alta Mogiana, observando-se com freqüência, pomares implantados em solos originalmente cobertos por vegetação de cerrados. Como consequência tem-se observado através de levantamentos realizados em resultados de análises de solo de amostras enviadas por citricultores, para o Laboratório do Instituto Agrônomo, que a grande maioria dos pomares paulistas encontram-se atualmente em solos com excesso de acidez (RAIJ, 1985).

As plantas cítricas são sensíveis à acidez e muito exigentes em cálcio (SMITH, 1966; RODRIGUES, 1980), sendo uma das poucas espécies, nas quais observa-se teores foliares de cálcio superiores aos de nitrogênio, como mostram os trabalhos de GALLO et al. (1960) e HIROCE (1982).

Na instalação do pomar e no seu desenvolvimento é conhecida a importância que as propriedades físicas do solo, como solos porosos, arejados e bem drenados, assumem para a citricultura. Considerando-se essas exigências, bem como o conhecimento de melhores desenvolvimentos para os pomares instalados em solos com essas características, normalmente é recomendada a abertura de covas com grandes dimensões, a fim de proporcionar boas condições para o

desenvolvimento inicial das plantas, possibilitando melhor acomodação do seu sistema radicular, não esquecendo que o estudo da adubação nas covas de plantio de citros é de grande interesse para o conhecimento das possibilidades de maior ajuda no desenvolvimento inicial das plantas.

HIROCE et al. (1986) estudaram a influência de dezesseis diferentes porta-enxerto na composição mineral das folhas de limoeiro Siciliano, e as variações mais amplas ocorreram no teor de boro, onde o limoeiro 'Milam' apresentou concentração duas vezes mais elevadas do que a laranjeira Azeda, e de um modo geral, as variações anuais dos teores de nutrientes das folhas foram mais acentuadas do que entre porta-enxertos, não havendo correlações significativas entre os teores de nutrientes das folhas e a produção de limões.

Dentre as influencias que a copa exerce sobre o porta-enxerto, as mais evidentes são quanto ao desenvolvimento do sistema radicular, resistência ao frio, seca e moléstias. (SALIBE, 1978; POMPEU JÚNIOR, 1980; GALLO et al. 1960 e LIMA et al 1980).

Essas variações podem em parte ser explicadas, pelas diferenças apresentadas pelo sistema radicular das variedades utilizadas como porta-enxerto, ou seja, variedades que apresentam melhor desenvolvimento do sistema radicular que outras, e podem absorver maiores quantidades de nutrientes e também apresentar exigências diferentes de um ou mais nutrientes.

O presente experimento teve como objetivos, estudar o efeito das saturações por bases (V%) alcançadas através da calagem e de doses de boro e da interação V% x B no desenvolvimento do sistema radicular e a composição mineral do limoeiro Siciliano (*Citrus limon*, Burman), enxertado sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia*, L.) e laranjeira Azeda (*Citrus aurantium*, L.), cultivados em vasos de 250 litros de solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estudo de Porta-enxertos

COOPER et al. (1952) verificaram no Texas (EUA), a influência da variedade porta-enxerto e da concentração de sais e de boro no substrato, sobre a composição de folhas de laranjeira Valência e de pomeleiro "Shary Red". Os autores constataram que as plantas sobre tangerineira Cleópatra apresentaram as maiores concentrações de cálcio, magnésio e boro; e menores de potássio e cloro, quando comparadas com as plantas sobre laranjeira Azeda. COOPER et al. (1958) estudaram o comportamento do pomeleiro "Webb Red Blush", enxertado em laranjeira Azeda e tangerineira Cleópatra, em casa de vegetação, e verificaram que o porta-enxerto exerce uma grande influência sobre o acúmulo de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloro, enxofre e boro nas folhas da copa.

Através da análise foliar, GALLO et al. (1960) estudaram os efeitos da combinação copa/porta-enxerto sobre a composição mineral das folhas de duas variedades copas enxertadas em cinco diferentes porta-enxertos (laranjeiras Caipira e Pera; limoeiros Cravo e Rugoso nacional e tangerineira Cleópatra). Os autores amostraram folhas do ciclo da primavera, de ramos frutíferos, as quais foram analisadas para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio; e observaram que o porta-enxerto exerceu influência sobre a composição mineral das folhas, variável segundo

a espécie e obtiveram diferenças significativas nos teores de potássio, cálcio e magnésio nas folhas das duas variedades copa.

WALLIHAN & GARDNER (1968) relataram os resultados de experimentos desenvolvidos na Califórnia (EUA), envolvendo plantas jovens de laranjeiras Doce e Azeda, de pé franco e enxertadas entre si, sobre substratos contendo diferentes concentrações de carbonato de cálcio, e onde analisou-se a absorção diferencial de ferro pelas plantas. Pela análise foliar das plantas, os autores constataram que, o teor de ferro nas plantas dependeu de três fatores: 1) Quantidade de ferro absorvida, que variou de acordo com o tamanho do sistema radicular; 2) Eficiência do sistema radicular, expressa em μg de Fe nas folhas/g de raízes, que é sensivelmente diminuída pela presença de CaCO_3 , particularmente em plantas enxertadas sobre laranjeira Doce; 3) Relação sistema radicular/copa, a qual aumenta com a sucção de água e é reduzida em presença de CaCO_3 , essa relação mostrou-se maior nas plantas sobre laranjeira Doce, que nas sobre laranjeira Azeda.

LIMA et al. (1980) estudaram a influência da combinação copa/porta-enxerto, sobre os teores de enxofre e boro em folhas de ramos frutíferos de cinco variedades copa, enxertadas em cinco porta-enxertos. Foram encontradas diferenças significativas nos teores desses elementos, atribuídas tanto à influência do porta-enxerto como da variedade copa, salientando que o Trifoliata e o limoeiro Rugoso da Flórida induziram às maiores concentrações de boro e o limoeiro Cravo as menores. A laranjeira Caipira induziu as maiores concentrações de enxofre.

WUTCHER (1982) estudou a influência de três porta-enxertos (limoeiro Rugoso, citrangeira Carrizo e laranjeira Azeda), sobre os níveis de nutrientes em folhas de laranjeira Valência, em casa de vegetação, e em vários substratos. O autor verificou, que tanto o substrato como o porta-

enxerto afetaram os teores de nutrientes nas folhas da copa. Houve diferenças significativas nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, manganês, zinco, cloro, boro e molibdênio, atribuídas aos porta-enxertos.

HIROCE et al. (1986) estudaram a influência de dezesseis diferentes porta-enxerto na composição mineral das folhas de limoeiro Siciliano, em um Latossolo Roxo da região de Ribeirão Preto/SP e, entre os porta-enxertos. As variações mais amplas ocorreram no teor de boro, onde o limoeiro "Milam" apresentou concentração duas vezes mais elevadas do que a laranjeira Azeda, e de um modo geral, as variações anuais dos teores de nutrientes das folhas foram mais acentuadas, do que entre os porta-enxertos, não havendo correlações significativas entre os teores de nutrientes das folhas e a produção de limões.

2.2. Estudo do Sistema Radicular

BOHM (1979) afirmou que a pesquisa com raízes, nas condições naturais de campo, está ainda na fase inicial, e acrescenta que a razão disso é basicamente devido à metodologia. KOLESNIKOV (1971) afirma que, até então, não havia em nenhuma língua, um trabalho sequer em horticultura, dedicado às várias técnicas de estudo de raízes de plantas frutíferas.

BOHM (1979) comentou que os dois principais campos de estudos de raízes são: a ecologia e a fisiologia das raízes, diferenciando suas finalidades. O estudo da ecologia das raízes tem por objetivo, a investigação da influência de fatores ambientais sobre o desenvolvimento do sistema radicular da planta. Já o estudo da fisiologia das raízes, cuida dos processos fisiológicos da raiz, e menciona que uma separação definida entre

os dois campos não deve ser feita, pois o crescimento das raízes é governado por fatores internos e externos.

2.2.1. Métodos de estudo do sistema radicular

O estudo das raízes das plantas pode dirigir-se em duas direções: a) estudar o desenvolvimento radicular fora do solo, por exemplo, solução hidropônica, neblina nutritiva ou “in vitro”; b) estudar raízes no solo. Neste último caso, pode-se fazer estudos por amostragem (métodos não destrutivos) ou por escavações totais ou parciais (métodos destrutivos). No solo, os estudos podem ainda ser feitos no campo, em vasos ou em recipientes especiais. (ZANETTE & COMEM, 1992)

Os diversos métodos para o estudo de raízes têm seguido o agrupamento proposto por KOLESNIKOV (1971) e modificado por BOHM (1979): 1) Método de escavação; 2) Método monolítico; 3) Método da perfuração com trados; 4) Método da trincheira; 5) Método da parede de vidro; 6) Método da avaliação indireta; 7) Método de plantas em vasos.

HUGHES & GANDAR (1993) observaram que o métodos da escavação de trincheiras, quer os de escavação total ou parcial do sistema radicular mostram uma morfologia grosseira para um estudo de crescimento no tempo, portanto de pouco uso no estudo de desenvolvimento temporal, isso porque há destruição do sistema radicular. Rhizotrons e minirhizotrons podem ser usados para o estudo do desenvolvimento temporal, mas não para o estudo de desenvolvimento de modelos espaciais. Através do método dos monólitos, pode-se realizar estudos de modelos de desenvolvimento radicular, tanto espacial como temporal, mas envolve um trabalho usualmente de alcance restrito às amostragens em ambos, tempo e espaço.

Este é um dos problemas quanto ao alto valor dos coeficientes de variação associados às medidas de densidade de comprimento de raízes (ATKINSON, 1980), contagem do número de raízes (BROWN & UPCHURCH, 1987) e de variações grosseiras nas determinações da morfologia de sistema radiculares (McMINN, 1963). Segundo HUGHES & GANDAR (1993), tanta variabilidade complica a análise e a interpretação dos resultados obtidos, transformando-se em um impedimento para o desenvolvimento e o entendimento, do caminhamento e do comportamento do sistema radicular no solo.

Em condições de campo, KOLESNIKOV (1971) afirmou que cada método apresenta maior ou menor facilidade de emprego e que, o método do trado foi utilizado pela primeira vez por E.S.West¹, em 1934, na Flórida(EUA), no estudo do sistema radicular de plantas cítricas. Fazendo sua apreciação sobre o método, ele afirma que o método do trado é simples e barato, podendo ser utilizado para resolver problemas de desenvolvimento de raízes em frutíferas.

ATKINSON (1980) observou que, o método de amostragem com trado têm sido empregado freqüentemente nos estudos de raízes de árvores frutíferas e outras árvores, e pode permitir comparações com relativa rapidez, da posição das raízes, sem as distorções causadas pelo método da escavação total.

Para ZANETTE & COMEM (1992), o método do trado associa a retirada de solo e raiz em diferentes distâncias e profundidades da base da planta, e em alguns casos em uma seqüência de tempo pré-determinada. O volume de solo retirado com um trado manual ou com um sistema hidráulico, é menor do que o volume retirado pelos monólitos.

¹ WEST, E.S. Roots zone studies. Effect of cultivation root concentration. *The Citrus News*, 1:15-19. 1934.

BOHM (1979) sugeriu que sejam coletadas pelo menos cinco amostras em cada parcela para se obter resultados estatisticamente significativos. NOORDWIJK et al. (1985), por outro lado, postulam que o número de amostras que devem ser coletadas dependem da precisão requerida na determinação da densidade radicular média e da variação entre as amostras. Os coeficientes de variação, em amostras coletadas pelo método do trado, para a massa de material seco de raízes de cereais são em média 45% para 0-30cm e 51% para 30-60cm de profundidade, respectivamente. Para coeficientes de variação de 40%, considerados normais são necessárias 25 amostras por tratamento para se distinguir 22% de diferenças entre duas médias, ou 10 amostras para 35% de diferença.

2.2.2. Determinação de parâmetros radiculares

ZANETTE & COMEM (1992) afirmaram que o número de raízes sozinho, pode dar uma boa estimativa da relativa extensão do enraizamento. Esse parâmetro pode ser usado, em estudos empregando todas as técnicas de observação: escavação, trado, parede de perfil e rhizotron. É um parâmetro de fácil determinação, entretanto, pode não ser relacionado diretamente com qualquer outro parâmetro radicular, exceto com comprimento.

BOHM (1979) afirmou que o peso das raízes é o parâmetro mais comum para o estudo do crescimento das raízes, em resposta aos efeitos do meio ambiente. Geralmente, as raízes lavadas são secas e seu peso é determinado. Informa o autor que, o peso do material seco deve ser preferido, pois muitas informações concernentes ao crescimento e funções das raízes estão baseados nele, por ser o mais preciso e amplamente aceito e por isso, pode ser validamente comparado.

Schurman & Goedwargen² (1971), citados por BOHM (1979), afirmaram que para a determinação do peso do material seco, as raízes podem ser secas à temperatura entre 60 e 75°C. Trabalhando nessa faixa de temperatura, há necessidade de um tempo mais longo do que quando se utiliza 105°C. Porém nas temperatura mais baixa, evita-se que as raízes sejam muito fragmentadas.

Segundo ZANETTE & COMEM (1992), a densidade de massa de material seco de raízes (g/cm^3), onde os resíduos orgânicos e o solo são separados das raízes e estas são secas e pesadas, é uma determinação simples e de suficiente exatidão para alguns propósitos. Nesse caso, pode-se cultivar as plantas em volumes de solo conhecidos, inclusive em vasos.

GANDAR & HUGHES (1988) e HUGHES & GANDAR (1989) descreveram métodos para analisar densidade de comprimento de raízes (DCR; comprimento de raízes por unidade de volume de solo) e densidade em peso de raízes (DPR; peso de raízes por unidade de volume de solo), resultados estes que mostram um caminho para vencer o problema da grande variabilidade dos resultados obtidos com raízes.

Fisiologicamente, o comprimento e a superfície de área de raízes parecem ser os parâmetros de maior importância que afetam as funções de absorção das raízes, ao invés da massa de raízes sozinha, salvo para as gramíneas, onde os parâmetros citados tem uma estreita correlação, pela maior homogeneidade das raízes. A determinação do comprimento e da superfície das raízes tem se mostrado muito importante devido à sua inclusão na simulação de modelos onde as taxas de absorção de materiais é limitada

² SCHURMAN, J.J.; GOEDWARGEN, M.A.J. **Methods for the examination of roots systems and roots**. Wageningen, Pudoc Zend, 1971. 86p.

pelas taxas de difusão de elementos no solo e a distribuição de raízes finas (ZANETTE & COMEM, 1992).

A grande maioria dos modelos de absorção de água e íons requer determinações da densidade de comprimento de raízes (cm/cm^3). Para esse tipo de determinação, após a lavagem das raízes, normalmente utiliza-se o método da interseção (NEWMAN, 1966 e TENNANT, 1975). ROWSE & PHILIPS (1974); GOUBRAN & RICHARDS (1979) e RICHARDS et al. (1979) descreveram instrumentos para a contagem automática das interseções das raízes.

Atualmente, com os avanços na área de informática e na análise de imagens, o tempo necessário para se determinar o comprimento e o diâmetro de raízes pode ser diminuído significativamente, permitindo a rápida determinação da área de superfície total e do volume de raízes. Tais métodos encontram-se descritos em VOORHESS et al. (1980), WILHELM et al. (1983), OTTMAN & TIMM (1984), BARNETT et al. (1987), HARRIS & CAMPBELL (1989) e PAN & BOLTON (1991).

2.3. Estudo do Sistema Radicular de Plantas Cítricas

JONES et al. (1957) realizaram um experimento na Califórnia, tendo como objetivo principal, verificar a influência de substratos com diferentes relações sódio-potássio e de sete diferentes porta-enxertos, sobre o desenvolvimento e o teor de nutrientes nas folhas, ramos e raízes de plantas jovens de limoeiro "Allen Eureka". No que diz respeito ao último aspecto, os autores constataram que as variedades porta-enxerto exerceram grande influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio em todas as partes das plantas.

MONTENEGRO (1960), utilizando o método do trado, estudou a distribuição do sistema radicular de laranjeiras Hamlin, Baianinha e Pera, enxertadas sobre diversos porta-enxertos nas condições do Estado de São Paulo. O autor verificou, marcante influência da variedade copa sobre o sistema radicular. Quando as plantas não eram enxertadas, o sistema radicular (radicelas) de plantas de pés-franco de limoeiro Cravo e laranjeira Azeda, mostraram-se com maior concentração junto ao tronco do que o de outros pés-franco. Quanto à distribuição horizontal das raízes, constatou que num raio médio de 2 metros a partir do tronco, são encontrados de 75 a 94% das radicelas. Quanto à profundidade, constatou que em árvores com 10 anos, 90% das raízes estava na camada de solo que vai da superfície à profundidade de 60 cm e que, para árvores com 23 anos, 90% das raízes encontrava-se até a profundidade de 90 cm. O autor constatou também, que o solo mostrou influência sobre o peso das radicelas e a distribuição do sistema radicular.

ASO (1974) estudou o comportamento de 5 porta-enxertos em vasos contendo solo, com adição de CaCO_3 (1,0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 t/ha) observando, 6 meses mais tarde que a deficiência de ferro apresentou-se diferentemente entre os porta-enxertos, de tal modo que a laranjeira Azeda mostrou-se mais tolerante à deficiência, seguida pelos limoeiros Rugoso e Cravo, tangerineira Cleópatra e Trifoliata.

FOY (1976) estudando o diferencial de tolerância de algumas espécies e variedades de plantas ao Al e ao Mn em solos ácidos afirmou que a presença de Al na solução do solo promoveu nas plantas reduções, no sistema radicular e na parte aérea e reduções nas quantidades absorvidas de P, Ca, Mg e outros elementos essenciais, e que o Mn, quando em excesso na planta, promoveu primeiramente redução na área foliar e como conseqüência, ocorreu também redução do sistema radicular.

FOY et al.(1978) estudando a fisiologia da toxicidade de metais pesados em plantas, afirmaram as que reduções de crescimentos de raízes e de plantas ocorridos pela presença do Al, ocorrem porque esse elemento interfere nas trocas gasosas e na divisão celular das raízes. Assim os processos de absorção, transporte e utilização de vários nutrientes e também da água ficam prejudicados, e que o Mn, quando em excesso na solução do solo, promove reduções nas quantidades absorvidas de Ca, Fe e Mg pelas plantas.

MIKAHIL & EL-ZEFTAWI (1978 e 1979) estudaram na Austrália, o efeito de diferentes tipos de solo e de porta-enxertos, na composição mineral das folhas de laranjeira Valência. Os autores constataram que, a maioria das raízes se encontravam nos primeiros 60 cm de profundidade, independente do porta-enxerto.

RODRIGUES et al. (1978) estudaram no Estado de São Paulo, o sistema radicular de três porta-enxertos de citros, desde a idade de 3 meses até a idade de 36 meses. Inicialmente encontraram mais raízes no limoeiro Cravo, seguido da laranjeira Caipira e Trifoliata. Houve alterações durante o período estudado, ficando ao final com a laranjeira Caipira com o maior peso de raízes, seguida pelo limoeiro Cravo e Trifoliata. O trabalho mostrou também, maior quantidade de raízes na camada superficial do solo, existindo entre 0-10 cm, 41%, 33% e 28% das raízes, respectivamente para o Trifoliata, Cravo e Caipira; até 50 cm de profundidade, estavam 91% das raízes do Trifoliata, 81% da Caipira e 79% do Cravo.

PACE (1979) estudou o sistema radicular da laranjeira Natal com 5 anos de idade, sobre três porta-enxertos de citros, em solo Podzólico Vermelho, no Estado do Rio de Janeiro. O autor encontrou maior porcentual de radículas nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, na área correspondente ao raio de projeção da copa. Constatou também

acentuada diminuição das radículas abaixo de 20 cm, sendo muito pequena abaixo de 80 cm e, o autor afirmou que o limoeiro Volkameriano mostrou tendência a apresentar maior abundância de radículas nas camadas mais superficiais do solo do que o limoeiro Cravo e o Trifoliata.

MEDINA URRATIA et al. (1980) estudaram a distribuição do sistema radicular de 8 porta-enxertos com limeira da Pérsia e, com relação à densidade de raízes, com diâmetro menor que 2mm, Citromelo 4475, *C. tawanica* e *C. macrophylla* apresentaram 471, 420 e 408 mg/dm² respectivamente, e raízes com diâmetro entre 2 e 5mm, 1,69; 68 e 95 mg/dm², respectivamente. Citromelo 4475 e limoeiro Cravo apresentaram o sistema radicular mais profundo, com mais de 39% das raízes menores que 2 mm de diâmetro abaixo de 30cm de solo, já "Citrange Troyer" e laranjeira Azeda possuem mais de 85% de suas raízes menores que 2mm nos primeiros 30cm de solo. Os autores afirmaram haver uma correlação entre o crescimento das raízes e o crescimento da limeira da Pérsia.

AVILÁN et al. (1982) determinaram para a laranjeira Valência e Grapfruit Marsh com 12 anos, enxertados sobre laranjeira Azeda os seguintes parâmetros morfológicos: diâmetro de tronco de 15 a 23cm; altura de plantas de 4 a 4,5m; raio da copa de 2 a 3m e superfícies laterais de 50,26 e 84,82m² respectivamente. Pelos resultados obtidos, eles concluíram que entre 39 e 42% das raízes localizavam-se nos primeiros 10 cm e que cerca de 80% das raízes situava-se até os 30cm de profundidade. Quanto à distribuição lateral, os dados indicavam uma maior concentração a uma distância média dos raios das copas de plantas, em relação ao tronco (2 e 3m), diminuindo paulatinamente a partir dessa distância.

AVILÁN et al. (1983), estudando o sistema radicular de laranjeira Valência enxertada sobre tangerineira Cleópatra, concluíram também que 80% das raízes localizavam-se entre 0-30cm de profundidade e

que no sentido horizontal, a maior concentração situava-se entre o limite da projeção da copa e a distância média do raio da copa e o tronco da planta.

MEDINA URRATIA & SEPULVIDA TORRES (1986) estudaram o desenvolvimento do sistema radicular de 6 porta-enxertos, para o limoeiro Mexicano com 2,5 anos de idade, num espaçamento de 9x9m. *C. macrophylla* e limoeiro Rugoso apresentaram maior número de raízes e sistema radicular mais profundo, já "Citrange Carrizo" e *C. depressa* apresentam menor número de raízes e sistema radicular mais superficiais e *C. taiwanica* e "Citromelo" apresentaram-se entre os grupos citados anteriormente. A densidade de raízes em todos os casos foi maior dentro do raio da copa do que fora dele.

BEHBOUDIAN et al. (1986) estudaram o efeito da salinidade devido a Cl^- , Na^+ e K^+ sobre o seu conteúdo nas folhas, caules e raízes de laranja Valência, limoeiro Taylor e Tangor Ellendale sobre tangerineira Cleópatra, laranja Valência sobre limoeiro Rugoso e pé-franco de limoeiro Rugoso. Houve diferença no acúmulo de Cl^- nas raízes em função do porta-enxerto, sendo menor para a tangerineira Cleópatra e seguido pelos limoeiro Rugoso e pelo pé-franco de limoeiro Rugoso, com extensão desses resultados para caule e folhas. Nas condições de salinidade houve decréscimo de K^+ em todas as raízes.

PACE & ARAÚJO (1986) com o objetivo de estabelecer alguma relação entre o volume da copa, práticas culturais a serem aplicadas e o desenvolvimento do sistema radicular de três porta-enxertos: limoeiros Cravo (*Citrus limonia*, Osbeck) e Volkameriano (*Citrus volkameriano* Pasquale) e *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., todos enxertados com copa de laranja Natal (*Citrus sinensis*, Osbeck). Apesar de nos três casos a maior concentração de radículas encontrar-se nos primeiros 20 cm do solo, os sistemas radiculares apresentaram-se profundos, e com sensível redução de

radicelas na zona de transição dos horizontes A e B. Dentre os porta-enxertos investigados, houve um volume de ocupação do solo diferencial, segundo os porta-enxertos, sendo o limoeiro Volkameriano o que induziu ao maior sistema radicular e o *Poncirus trifoliata*, aos menores. Quanto à relação com a formação de copas, foi constatado que plantas com um maior volume de copa apresentaram um maior volume de ocupação de solo pelas raízes, sugerindo a utilização de diferentes densidades de plantio, não só devido à concorrência entre copas como também entre sistemas radiculares.

VASCONCELOS et al.(1989) conduziram em condições de casa de vegetação, dois experimentos simultâneos, um para o estudo do efeito do Al e outro para o Mn, no desenvolvimento de três porta-enxertos, laranjeira Caipira (*Citrus sinensis*, L. Osbeck), tangerineira Cleópatra (*Citrus reshni*, Engl.) e limoeiro Cravo (*Citrus limonia*, L. Osbeck). Foram utilizados 3 solos, Areia Quartzosa (AQ), Latossolo Vermelho Amarelo (LVa) e Latossolo Roxo (LR), em vasos com capacidade para 3kg de solo. Foram utilizados três níveis de Al, original do solo, 25 e 50% de Al na CTC de cada solo, e 3 níveis de Mn, original do solo, 36 e 72 mg/dm³ para a AQ, 50 e 100mg/dm³ para o LVa e 150 e 300mg/dm³ para o LR. Os seedlings, após 8 meses do início do tratamento, foram avaliados e mostraram, no experimento com o Al, que com a presença desse elemento nos solos, ocorreram reduções significativas na produção de material seco de raízes, caule e ramos, folhas e material seco total e citam que Worku et al. (1982)³ relataram, com relação ao desenvolvimento total, que para os porta-enxertos de tangerineira Cleópatra, *Poncirus trifoliata* e *Citrange Troyer* também ocorreram reduções, quando o teor de Al e Mn no solo aumentava, e que a tangerineira Cleópatra seria a

³ WORKU, Z., WARNER, R.M., FOX, R.L. Comparative tolerance of three citrus rootstock to soil aluminium and manganese. Research Series 017/Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii, 1-15, 1982.

mais tolerante às variações de Al e Mn nos solos. Quanto ao experimento com Mn, na presença desse elemento no solo, também ocorreram reduções significativas na produção de material seco das diferentes partes e do total dos porta-enxertos estudados

ALVA & SYVERTSEN (1991) estudaram o efeito da salinidade da água de irrigação na distribuição de nutrientes no solo, dos nutrientes nas folhas de citros e na densidade de raízes. A água de irrigação foi salinizada para atingir as condutividades elétricas de 0,3, 1,6 e 2,5dS/m utilizando-se uma relação de 3:1 de NaCl:CaCl₂ e foi aplicada semanalmente através de gotejamento, juntamente com o fertilizante líquido. Foram estudados o comportamento de plantas de laranjeira Valência com oito anos de idade enxertadas sobre citrangeira Carrizo e laranjeira Azeda cultivadas em tanques de lisímetro contendo areia fina. O incremento dos níveis de salinidade no solo não aumentou a condutividade elétrica, Na, Ca e Cl, porém elevou a concentração de P e decresceu a de Mg. A densidade de raízes de ambos os porta-enxertos foram incrementados pela aumento da salinidade. A densidade de raízes e a porcentagem de matéria orgânica aumentaram mais nas amostras de solo abaixo do gotejador do que em qualquer outra amostra de solo abaixo deste. Os teores de nutrientes nas folhas mostraram respostas à salinidade, dependendo do porta-enxerto, onde as plantas com porta-enxerto laranjeira Azeda apresentaram valores maiores de K e Ca e menores de Mg e Cl do que as com a citrangeira Carrizo. Embora não houvesse o aparecimento de deficiência de nutrientes, os níveis baixos de K nas plantas sobre citrangeira Carrizo e de Mg nas plantas sobre laranjeira Azeda foram reduzidos pelo aumento da salinidade. O incremento de Ca nas folhas, devido à irrigação com água salinizada, foi provavelmente minimizado devido ao efeito de "stress" salino.

BANULS et al.(1991), estudando a interação salinidade-cálcio no crescimento e na concentração iônica em plantas de laranja Navel com dois anos e meio de idade, enxertadas sobre tangerineira Cleópatra ou citrangeira Troyer. A tangerineira Cleópatra foi considerada mais tolerante à salinidade do que a citrangeira Troyer, e esta capacidade foi atribuída à maior capacidade em eliminar íons cloreto. As plantas foram conduzidas em vasos contendo areia lavada sob condições de casa de vegetação sendo fornecida solução nutritiva contendo 0 e 45mM NaCl. A concentração de cálcio foi aumentada de 3 para 30mM. As concentrações de sódio, potássio, cálcio e cloreto foram analisadas 90 dias após a instalação dos tratamentos. A suplementação com cálcio estava fundamentada na atenuação de efeitos adversos da salinidade no crescimento das plantas, tais como desfolhamento ou injúrias às folhas. As análises químicas indicaram que em plantas sobre porta-exerto citrangeira Troyer houve restrições à absorção de Ca e a subsequente translocação de Na para as folhas e o incremento na concentração de K em raízes e folhas.

Entretanto, nas plantas sobre porta-enxerto tangerineira Cleópatra houve incremento nos níveis de Ca mostrando redução do transporte de Na das raízes para as folhas, e o acúmulo de Na nas raízes estava associado à redução de K nesses porta-enxertos. A análise de cloreto orgânico mostrou que a concentração de Cl nas folhas de laranja Navel enxertadas em ambos os porta-enxertos foi reduzida quando a concentração externa de cálcio foi aumentada, visto que a concentração de Cl nas raízes permaneceu constante ou apresentou aumentos. A distribuição de Cl nas plantas mostrou que a alta concentração externa de Ca aumentou o acúmulo de Cl na base do caule e nas raízes, reduzindo o transporte de Cl das raízes para as folhas.

GRASSI FILHO (1991) estudando o efeito de cálcio e de boro no desenvolvimento do sistema radicular e na composição mineral de limoeiro Cravo, em condições de controladas, concluiu que a dose de 200 mg/dm³ de cálcio na solução nutritiva promoveu o maior peso de material seco de raízes, caules e folhas, aumentos do comprimento de raízes, diâmetro do caule, área foliar e número de folhas, bem como aumento no acúmulo de todos os nutrientes nas raízes, caules e folhas; e o boro na dose de 0,5mg/dm³ na solução nutritiva promoveu o maior comprimento de raízes, não havendo efeitos significativos para a interação cálcio x boro.

LIN & MYHRE (1991) estudaram seedlings de cinco porta-enxertos (citrangeira Carrizo, tangerineira Cleópatra, limoeiro Rugoso, laranjeira Azeda e citrumeleiro Swingle) com seis meses de idade, colocados para crescer por 60 dias em soluções nutritivas contendo sete níveis de Al variando de 4 a 1655 µM e P na concentração de 28 µM, e outros nutrientes. A concentração de Al nas raízes e parte aérea cresceram com o aumento da concentração de Al na solução de nutrientes. A concentração de Al nas raízes dos porta-enxertos tolerantes ao Al foram muito maiores do que nos porta-enxertos sensíveis ao Al. Quando o nível de Al foi aumentado de 4 para 178 µM, as concentrações de K, Mg e P nas raízes e K e P na parte aérea aumentaram, enquanto que Ca, Zn, Cu, Mn e Fe nas raízes e Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea diminuíram. As concentrações de Ca, K, P, Mg, Zn e Mn nas raízes e parte aérea não exibiram relação evidente com a tolerância ao Al para o crescimento das raízes e da parte aérea dos porta-enxertos. As concentrações de Ca, Zn, Mn e Fe nas raízes e Mg e K na parte aérea de todos os 5 seedlings de porta-enxertos apresentaram correlação negativa com o Al.

ZEKRI (1991) estudou os efeitos da aplicação de polietileno glicol(PEG) 4000 em seedlings de laranjeira Azeda e tangerineira

Cleópatra crescendo em vasos contendo areia fina sob condições de casa de vegetação. Os tratamentos com PEG foram iniciados pela adição de PEG para a metade da concentração da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950)⁴ para obter o potencial osmótico de -0,10, -0,20 e -0,35Mpa. O tratamento controle, sem a adição de PEG apresentou o potencial osmótico de -0,05 Mpa. Os seedlings foram avaliados seis meses após o início dos tratamentos, não apresentando diferenças significativas no crescimento, condutividade hidráulica das raízes, razão de fluxo de água, condutância estomatal e evapotranspiração entre os dois porta-enxertos. Entretanto todas essas variáveis mostraram diferenças significativas para a redução do PEG, de tal modo que o nível relativamente mais baixo de PEG (-0,10MPa) mostrou reduções maiores que 60% em relação ao tratamento sem adição de PEG (-0,05Mpa) para os parâmetros peso de matéria seca de raízes e parte aérea, área de seção de caule, área total de folhas e aumento do comprimento de raízes.

Os dois porta-enxertos mostraram-se sensíveis ao "stress de água" causado pela adição de PEG, mas apresentaram diferenças significativas entre os porta-enxertos, quando se estudou a composição mineral das folhas, conteúdo de clorofila, succulência das folhas e peso específico de folhas. O PEG reduziu os teores de N, K e Mg e incrementou P, Ca, Zn, Mn e Fe no conteúdo de nutrientes das folhas, e não afetou o nível de Cu. Seedlings tratadas com PEG produziram maior número de folhas por unidade de área foliar e maior número de raízes por unidade de comprimento de raízes comparadas com seedlings não tratados com PEG.

⁴ HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, USA, The College of Agriculture University of California, California Agriculture Experiment Station, 1950. 32p. (Circular 347).

2.4. Calagem e Adubação

2.4.1. Tolerância dos citros à acidez e respostas à calagem

SMITH (1966) reuniu vários trabalhos feitos em solução nutritiva ou com sub-solos ácidos, para estudar os efeitos diretos do pH no desenvolvimento de citros, tendo tirado dessa revisão as seguintes conclusões:

a) existe efeito do excesso de íons- H^+ sobre o crescimento de plantas jovens de citros, notadamente nas raízes;

b) abaixo de pH 5,0, há redução no crescimento de raízes, com crescimento normal da parte aérea, pH < 4,0 provoca redução acentuada em todas as partes da planta, quando comparado com plantas cultivadas em solução com pH 6,0;

c) as raízes de plantas cultivadas em pH 4,0, caracterizam-se por serem curtas, grossas, descoloridas e excessivamente ramificadas, lembrando aquelas afetadas por excessos de metais como íons- Al^{3+} , íons- Fe^{3+} e íons- Mn^{2+} .

CHAPMAN (1968) também em uma revisão sobre os efeitos do pH no crescimento dos citros, apresentou informações contrárias às de SMITH (1966), informando que as plantas cítricas crescem "sadias" na faixa de pH entre 3,8 até 9,7, não existindo, portanto nenhum efeito direto do excesso de íons- H^+ . As opiniões contrárias entre estes autores parecem, estar relacionadas principalmente com as composições das soluções nutritivas, espécies testadas e principalmente com o tempo de duração dos experimentos.

SMITH (1971) realizou outro estudo para verificar os efeitos do excesso de íons- H^+ sobre o crescimento de plântulas de limoeiro

Rugoso, em soluções nutritivas preparadas para obter-se valores de pH 4,0, 5,0 e 6,0, utilizando-se três ácidos diferentes: H_2SO_4 , HNO_3 e H_3PO_4 . Nos três valores de pH, as plantas apresentaram aspecto "sadio", porém houve redução de crescimento de raízes abaixo de pH 5,0, as quais tornaram-se curtas e mais grossas. Não houve diferenças entre os ácidos testados, o que o autor interpretou como importante o efeito dos ânions que acompanham os íons, no caso: SO_4^{2-} , H_2PO_4^- e NO_3^- .

SPENCER (1960) estudou a resposta de Grapefruit sobre limoeiro Rugoso da Flórida à doses elevadas de calcário calcítico e fósforo, num solo arenoso da Estação Experimental de Lake Alfred, Flórida - EUA, em uma área não cultivada anteriormente com citros. As doses de calcário elevaram o pH do solo até 100cm de profundidade, contudo, não proporcionaram aumentos no crescimento das plantas e da produção. O autor ressaltou que os tratamentos com calcário e fósforo foram em todos os anos os mais prejudicados por geadas, porque apresentavam maior número de brotações durante a estação fria. Os teores foliares de Ca e P foram aumentados pela calagem, enquanto que os teores de N, K, Mg, Mn, Cu e Zn foram reduzidos. Aos 5 anos de idade, as plantas que nunca receberam Ca, quer através do calcário ou do superfosfato triplo, apresentaram sintomas de deficiência de cálcio em citros, que foram pela primeira vez descritos em condições de campo.

SPENCER & KOO (1962) aproveitando a mesma área desse ensaio, interplantaram mudas de laranjeira, da variedade "Pineapple", e observaram grande resposta à calagem e descreveram melhor os sintomas de deficiência de cálcio no campo, como segue: plantas pequenas com poucas folhas e miúdas, as quais apresentavam clorose nas margens e entre as nervuras; a nervura principal é mais curta alterando o formato das folhas; plantas com "die-back" e excessiva brotação de gemas laterais. As folhas

cloróticas apresentavam teores de Ca ao redor de 2,0g/kg, enquanto que folhas verdes, mas pequenas, de plantas afetadas apresentavam 9,0g/kg de Ca e as folhas normais, do tratamento com calcário, apresentavam mais de 25,0g/kg de Ca. Os sintomas eram sempre mais intensos na laranjeira do que no Grapefruit, demonstrando a menor exigência em Ca do último.

A importância do fornecimento de cálcio para os citros pôde ser observado no trabalho realizado por GALLO et al.(1966) em laranjeira Baianinha pela correlação linear entre o teor de cálcio na folha, fornecido através da aplicação na forma de superfosfato triplo, com a produção de frutos. Efeito semelhante foi observado por KIELY et al.(1972), onde o efeito do cálcio promoveu a elevação do peso médio dos frutos e a diminuição da espessura da casca.

MARTIN & PAGE (1969) observaram num ensaio em vasos com quatro solos do Estado da Califórnia - EUA, que plantas jovens de laranjeiras cultivadas durante 14 meses, apresentaram redução no crescimento, quando os solos possuíam baixo conteúdo de bases (Ca + Mg + K) e o pH era inferior a 5,0. Os autores interpretaram a redução no crescimento como devido à toxicidade provocada por excesso de íons-Al e pequeno fornecimento de cálcio, conforme foi observado pela análise foliar.

ANDERSON & MARTIN (1969) estudaram a resposta da laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Rugoso da Flórida à calagem, com 4 valores de pH em H₂O (4,0; 5,0; 6,0 e 7,0) e 4 níveis de cálcio (0, 100, 200 e 600 kg/ha.ano) obtidos mediante aplicações anuais de enxofre elementar, calcário calcítico e gesso, em plantas a partir de 2 anos de idade. Após 5 anos de aplicação dos tratamentos, os autores verificaram que o maior crescimento das plantas, avaliado através de medidas da circunferência do tronco, ocorreu em pH 7,0 e com as maiores doses de Ca.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos a pH 7,0 obtidos apenas com calcário ou calcário mais gesso.

ANDERSON (1971b) completou posteriormente esse trabalho, através de avaliações de produção, qualidade de frutos e composição química das folhas. A partir do início da produção, na terceira colheita, foi verificado que nas parcelas com pH 4,0 e Ca 2,0 mmol/dm³, a produção de frutos foi de 4,0kg/planta, enquanto nas parcelas com o melhor tratamento, pH 7,0 e Ca 2,7mmol/dm³ a produção de frutos alcançou 104kg/planta. Os ganhos de produtividade estiveram estritamente relacionados com o crescimento das copas. O pH e o Ca influenciaram ainda a qualidade dos frutos, com acréscimos na porcentagem de suco, sólidos solúveis e "ratio" (°Brix/acidez) e decréscimos na acidez do suco.

ANDERSON (1971a) concluiu que o uso do calcário dolomítico propiciou teores foliares mais elevados de Mg foliar, mesmo depois de 5 anos da aplicação, sendo que este teor variou entre 3,0 e 4,5 g/kg, considerado como ótimo (citado por MOREIRA et al., 1983).

KOO (1971) relatou os resultados de dois experimentos de campo de longa duração, nos quais foram estudados os efeitos das fontes MgSO₄, MgO e MgCO₃ e das doses 60, 150 e 240 kg/ha de MgO, em Grapefruit e laranjeira Valência. Quanto às fontes, MgO foi sempre superior às demais, seguidos pelo MgSO₄ e MgCO₃, para manter níveis mais elevados de Mg nas folhas. Após 24 meses, as diferenças entre as fontes foram pequenas, não havendo diferença estatística para o efeito de fontes, na média de 5 anos de produção de laranjeira Valência. Houve efeito significativo para doses, sendo que a dose 150kg/ha de MgO aumentou em 12,6% e 14,7% respectivamente a produção de frutos e o teor de sólidos solúveis em relação à dose 60kg/ha de MgO. A acidez no suco foi ligeiramente aumentada com a aplicação de Mg. Os melhores resultados de

produção e qualidade de frutos, ocorreram quando os teores de Mg nas folhas estiveram na faixa de 3,0 a 4,0g/kg e o teor no solo entre 4,0 e 6,0 mmol_e/dm³, quando extraído com solução neutra de acetato de amônio, que corresponde ao teor trocável.

Em áreas intensamente adubadas com sulfato de amônio CARY (1972) estudou a aplicação de cálcio, onde cita que o uso de 50t/ha, na forma de CaCO₃, promoveu aumentos significativos na produção de frutos e de suco, diminuição da espessura da casca e acidez do suco em laranja Washington Navel e Late Valencia. A resposta à aplicação de calcário não foram diretamente relacionadas com a aplicação de cálcio, mais sim aos seus efeitos na neutralização da acidez do solo induzida pela aplicação acumulativa de sulfato de amônio, fazendo com que uma baixa produção de 25t de frutos/ha/ano no período de 1962-65 se elevasse para 48t/ha/ano durante o período de 1967-68.

ERNER et al. (1984) estudando fontes e modos de aplicação de Mg em laranjais com idades entre 18 e 24 anos, enxertados sobre vários tipos de porta-enxertos, observaram que quando era aplicado no sulco, o cloreto de magnésio superou o sulfato e o óxido; a fertirrigação foi menos eficiente que a aplicação localizada no sulco e não superou a foliar, feita com nitrato de magnésio na elevação dos teores foliares em Mg. Citam também, que a mobilidade do Mg aplicado via foliar é baixa, pouco se translocando das folhas velhas para as novas, necessitando portanto de um programa anual de pulverizações foliares.

CIPOLLI (1986) em um Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa), com pH CaCl₂ = 4,2 e V% = 12, em Bebedouro(SP), estudou os efeitos da aplicação de calcário calcinado, gesso e calcário mais gesso, na cultura da laranjeira Pera, na cova de plantio e apresentou resultados após 1 ano de

plantio, resultando em aumentos no diâmetro da copa, diâmetro do caule e altura de plantas.

ANDERSON (1987) estudou a resposta à calagem da laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Rugoso, onde os tratamentos consistiram na elevação do pH do solo ao valor 7,0, mantido por 15 anos, através de aplicações anuais de calcário dolomítico e outro com calcário calcítico mais gesso, fornecendo-se neste caso, o Mg como fonte solúvel. Esses dois tratamentos foram comparados com a testemunha, cujo valor inicial do pH do solo era 5,2. Esses tratamentos foram iniciados no talhão quando as plantas possuíam 2 anos de idade, e mantidos até a idade de 17 anos. Aos 7 anos de idade a calagem proporcionou aumentos de 50% na produtividade, os quais foram conseguidos com o crescimento das plantas, de tal modo que, no último ano, o incremento devido à calagem atingiu 200% e a produtividade com a calagem ao redor de 8,1 caixas por planta. Durante todo o período de observação não houve diferença entre os tratamentos com calcários calcítico e dolomítico, o que demonstra a eficiência do fornecimento do Mg por fontes solúveis. Do mesmo modo que no experimento anterior (ANDERSON, 1971a), a produtividade aumentou acompanhando o crescimento da planta, pois o autor encontrou correlações estritas entre produtividade, altura e volume de copa.

MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989) utilizando os resultados de composição foliar derivado do trabalho de ANDERSON (1987), apresentaram relações entre os cátions K, Ca e Mg, e concluíram que as baixas produções da testemunha foram provocadas principalmente pelo desequilíbrio K/Ca, afirmando também que o excesso de K no meio deprimiu a absorção radicular de Ca.

WUTSCHER (1986), WUTSCHER & LEE (1988) e WUTSCHER (1989) procuraram estabelecer relações entre condições de

solo e a incidência da anomalia conhecida no Brasil como “Declínio dos Citros” e na Flórida como “Citrus Blight”. Nesses estudos, tem observado que o solo na projeção da copa de plantas afetadas apresentam valores de pH e de Ca ligeiramente superiores em relação às plantas sadias do mesmo talhão.

GRASSI FILHO et al.(1991) em um Latossolo Vermelho Amarelo localizado na região de São Manuel (SP), estudaram o efeito da aplicação de 5 doses de calcário dolomítico (0, 1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 t/ha), na composição mineral das folhas de limoeiro Tahiti (clone IAC-5), com 4 anos de idade, enxertado sobre limoeiro Cravo. Foram coletadas folhas dos ramos não frutíferos aos 4 e 12 meses após a calagem. Aos 4 meses, observou-se que as doses crescentes do calcário aplicados, não alteraram os valores dos teores de macronutrientes das folhas do limoeiro Tahiti, ou seja, não apresentavam diferenças significativas do tratamento sem adição de calcário. Aos 12 meses, observaram que os teores de Ca e Mg sofreram aumentos progressivos até a dose de 4,5 t de calcário/ha, ocorrendo uma queda nos teores quando se considera a dose de 6,0t/ha; o teor de K na folha sofreu redução progressiva até a dose de 4,5t/ha, elevando seu teor na folha com a dose de 6,0t/ha; não houve diferenças entre os tratamentos para os teores de N, P e S nas folha.

BOARETTO et al.(1991) estudando os efeitos da aplicação de gesso e do calcário nas características químicas do solo, teores foliares e produtividade de limoeiro Siciliano, enxertado sobre limoeiro Cravo, na região de Botucatu, obtiveram resultados que evidenciaram o efeito das doses de gesso sobre a saturação de Al e os teores de Ca trocável no solo, o que não foi observado para as doses de calcário. As doses de gesso aumentaram os teores foliares de Ca e S e tiveram um efeito negativo sobre os de Mg. Quanto à produção, não houve efeito das doses de calcário e de

gesso sobre o peso total de frutos por planta na primeira safra de limão Siciliano.

QUAGGIO (1991) estudando as respostas da laranjeira Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo, à calagem e ao equilíbrio de bases num Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, observou que a produtividade e a lucratividade foram maximizadas em valores de saturação por bases ao redor de 60% na camada arável; os efeitos da calagem sobre o crescimento das plantas foram modestos, sendo que os ganhos de produtividade encontrados ocorreram devido ao maior número de frutos por planta; a calagem aumentou os teores de sólidos solúveis e a acidez do suco, sendo esses efeitos decorrentes do maior fornecimento de Mg às plantas; o calcário dolomítico é uma fonte eficiente de Mg para a laranjeira; os teores foliares de Ca, Mg e K dependeram não somente dos teores desses nutrientes no solo, mas também das relações de equilíbrio entre eles; existe forte antagonismo entre Ca e K na nutrição da laranjeira e por essa razão a relação Ca/K no solo é importante para se assegurar um bom suprimento de Ca e alta produtividade.

DONADIO (1992) relatando os trabalhos instalados na EECB-Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro, citou os resultados obtidos da utilização de calcário e gesso e suas misturas no desenvolvimento, formação, estado nutricional e produção de plantas, como também os efeitos na fertilidade do Latossolo Vermelho Escuro textura média álico de cerrado. As doses de calcário, gesso e mistura de calcário mais gesso foram calculadas com base nas amostras de solo. A análise da média das 5 safras dos resultados, mostrou que a testemunha foi a que produziu menos, seguida pelos tratamentos com aplicação de gesso sem calcário, enquanto os tratamentos com apenas calcário e calcário mais gesso deram produções mais elevadas que os demais tratamentos, porém próximas entre si.

QUAGGIO (1992) estudando o efeito do magnésio na produção e na qualidade de frutos de laranjeira Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo concluiu que o calcário dolomítico foi muito bom fornecedor de Mg, apresentando uma produção máxima quando o teor do nutriente no complexo de troca do solo foi maior que $9,0\text{mmol/dm}^3$ e o teor nas folhas maior que $3,5\text{g/kg}$. A adição de calcário dolomítico aumentou linearmente o conteúdo de sólidos solúveis e acidez total nos frutos.

Quanto às recomendações de calagem pode-se observar que MALAVOLTA (1984), QUAGGIO (1985), RAIJ et al. (1992), MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989), VITTI (1989) e GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994) adotaram o método da saturação por bases, realizando-se a calagem sempre que a saturação por bases do solo apresentar-se menor que 60%, elevando-a à saturação de 70%, sendo que MALAVOLTA (1984) acrescenta que a correção deve ser realizada até a profundidade de 40-50 cm.

2.4.2. Respostas à adubação de citros

Estudando o efeito de práticas de cultivo do solo na nutrição mineral dos citros, GALLO & RODRIGUES (1960) observaram que o teor de fósforo nas folhas aumentou com o uso de cobertura morta do solo com capim e com o plantio intercalar de leguminosas e, que o emprego da calagem combinado com cobertura morta propicia maior assimilação de cálcio e magnésio pelas plantas.

CRUZ et al. (1971) estudando a reação de laranjeiras Natal à aplicação de adubos minerais e orgânicos nas covas de plantio, concluíram que o nitrogênio e o fósforo melhoraram o crescimento inicial dos citros, já o potássio promoveu efeito depressivo; não houve diferenças entre

os adubos orgânicos utilizados e seu desempenho foi inferior aos tratamentos com utilização de adubação mineral.

Em um Podzólico Vermelho Amarelo, RODRIGUES et al. (1971) mostraram que o efeito da adubação mineral foi superior à orgânica nas covas de plantio, sobre as primeiras produções de laranjeira Natal e que, doses maiores que 300 g de salitre do Chile e 75 g de superfosfato simples não mostraram aumentos significativos nesta primeira produção.

Segundo ARRUDA NETO et al (1971) não houve efeito significativo do tamanho das covas no desenvolvimento das plantas cítricas durante o primeiro ano de plantio, do mesmo modo que as plantas que receberam 200g de P_2O_5 e 60g de K_2O , nas covas de plantio ou em cobertura, não apresentaram diferenças significativas.

SOUZA & SOUZA (1973) em estudo de adubação fosfatada associada à potássica e a orgânica no crescimento e produção de laranjeira, observaram que aos 7 meses, o melhor tratamento foi o formado por 1330g de fosfato de Araxá, 400g de superfosfato simples e 20 l de esterco de curral por cova; aos 12 meses esse tratamento não diferiu do tratamento formado por 320g de farinha de ossos, 400g superfosfato simples e 20 l de esterco de curral por cova e, todos os tratamentos que continham calcário na cova foram superiores à testemunha. Observaram também, que aos 7 meses não foi constatada diferenças entre os tratamentos, com relação ao diâmetro e a altura das mudas.

DORNELLES (1975) estudando o tamanho de covas e métodos de aplicação de adubação em plantio de laranjeiras, afirmou que aos 20 meses, as mudas plantadas em covas maiores mostraram tendência a um maior desenvolvimento e que não houve diferenças entre adubação básica com termosfosfato (1 kg) colocado dentro da cova ou em cobertura.

KOLLER & BARRADAS (1980a) em ensaio instalado em 1962 e concluído em 1977, afirmam que os diferentes modos de adubação não afetaram a produção e o desenvolvimento vegetativo das plantas; a prática da adubação em profundidade de até 30 cm não foi justificada e as adubações superficiais (em anel) sob a projeção da copa e em duas faixas, uma de cada lado da planta foram as mais recomendáveis.

KOLLER & BARRADAS (1980b) afirmam que os métodos de adubação não afetaram o crescimento vegetativo das plantas e o peso médio das frutas e que decorridos 7 anos do plantio, a adubação em profundidade não mostrou vantagens sobre os demais sistemas.

Quanto à utilização de micronutrientes no plantio de citros, poucos são os trabalhos publicados, havendo entretanto muitos trabalhos sobre a aplicação via foliar de Zn, Mn e B.

GIBRAN (1987) estudou o efeito da aplicação de micronutrientes na forma de "fritas" (24% de Zn, 8% de Mn e 2% de B), em covas de plantio, e em cobertura, para pomares em formação e em produção, de laranjeira Pera. Os resultados mostraram que a utilização de micronutrientes na cova de plantio proporcionaram aumentos significativos no diâmetro de caule e na altura da planta, não havendo diferenças para o diâmetro da copa. Para o pomar em formação, a aplicação de 80g/planta do adubo promoveu aumentos significativos de 0,4 caixas de 40,8kg/pé quando comparado somente à cobertura com NPK e para o pomar em produção, promoveu acréscimos de 0,8 caixas, não apresentando entretanto diferenças significativas com a aplicação dos micronutrientes via foliar.

DONADIO (1992) em trabalho realizado na EECB com o objetivo de estudar a utilização de micronutrientes Zn, Mn e B na cultura dos citros, aplicados via solo em 3 níveis (0, 80 e 160g/planta), na forma de "fritas" (24% de Zn, 8% de Mn e 2% de B), e via foliar em dois níveis (0 e 10l/planta),

na forma de micronutrientes quelatizados, como também a combinação de ambas. Os resultados obtidos, nas condições descritas no trabalho, permitiram as seguintes conclusões:

a) a aplicação de B via foliar não foi eficiente, sendo que seus teores nas folhas permaneceram inalterados em relação à testemunha;

b) a aplicação de B via solo na dose de 80g/planta, elevou o teor foliar a níveis considerados ótimos;

c) as combinações de micro via solo + foliar foram mais eficientes no aumento do teor foliar do Zn, apesar de todos os tratamentos estarem numa faixa de teores considerada baixa para os citros;

d) para o Mn, sua elevação na folha foi conseguida através de aplicações via solo, foliar ou de ambas;

e) os tratamentos não elevaram os valores de produção, nem afetaram as características tecnológicas e físicas dos frutos;

Quanto às recomendações oficiais, VIOLANTE NETTO et al. (1988) sugere doses de micronutrientes para aplicação via solo em função do teor no solo, idade da planta e produção de frutos, o GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994) recomenda a aplicação de 2g de Zn por metro linear de sulco sempre que o teor no solo for menor que $0,2\text{mg/dm}^3$, e 1,0g de B por metro linear de sulco, sempre que o teor no solo for inferior a $0,2\text{mg/dm}^3$.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização Química do Solo

A presente pesquisa foi instalada nas dependências do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP, Campus de Botucatu/SP, sendo utilizado um Latossolo Vermelho Escuro distrófico (LE_d), série "Patrulha" segundo classificação feita por CARVALHO et al. (1983), coletado na Fazenda Experimental Lageado e cuja análise química executada segundo RAIJ & QUAGGIO (1983), e análises químicas para determinação de boro, cobre, manganês e zinco⁵, mostrou os resultados presentes na tabela 1, expressos nas unidades do Sistema Internacional (SI), segundo CANTARELLA & ANDRADE (1992).

Tabela 1: Análise química do Latossolo Vermelho Escuro distrófico, série "Patrulha".

pH	M.O.	P	H ⁺ +Al ⁺³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	milimol/dm ³						%
4,1	29,0	3	64	0,6	2,0	1,0	3,6	67,8	5,3
B	Cu	Mn	Zn						
mg/dm ³									
0,14	0,4	1,9	0,1						

⁵ Boro determinado em extrato de água quente, enquanto o cobre, o manganês e o zinco são em extrato de DTPA a pH 7,3.

3.2. Mudas

Foram utilizadas, mudas de torrão com idade de 12 meses, de limoeiro Siciliano (*Citrus limon*, Burman), enxertados sobre dois porta-enxertos, a laranjeira Azeda (*Citrus aurantium*, L.) e o limoeiro Cravo (*Citrus limonia*, L.), provenientes da Companhia Agrícola de Botucatu/Fazenda Morrinhos, de propriedade do Grupo Boa Vista.

3.2.1. Variedade copa

A variedade copa ou enxerto utilizada no presente experimento foi o limoeiro Siciliano (*Citrus limon*, Burman), que segundo FIGUEIREDO (1980) é caracterizada como uma árvore grande, com galhos esparramados e abertos, com folhas grandes, de forma oblonga lanceolada e pontiagudas. A produtividade é muito boa, podendo alcançar em média 250 kg por planta (6,12 caixas de 40,8kg por planta).

Os frutos têm forma oblonga elipsóide, e possuem cerca de 10 sementes e peso médio de 95g; a casca é de cor amarelada, de espessura média e vesículas de óleo grandes. A polpa é de cor amarelo claro e com textura firme.

O limoeiro Siciliano produz frutos com época de maturação de meia-estação, de meados de abril a meados de agosto, para a florada normal, embora possam ocorrer outras frutificações no decorrer do ano.

Como principais porta-enxertos para a variedade são indicados os limoeiros Cravo e Volkameriano, as laranjeiras Azeda e Caipira. Tem sido observado que as tangerineiras Sunki e Cleópatra não têm se mostrado promissoras como porta-enxertos para esse cultivar.

3.2.2. Variedades porta-enxertos

Foram utilizados dois porta-enxertos neste trabalho, os quais estão descritos e caracterizados a seguir.

3.2.2.1. Laranjeira Azeda (*Citrus aurantium*, L.)

Segundo PALÁCIOS (1978), trata-se de uma excelente variedade porta-enxerto, conferindo às copas nela enxertadas, bom vigor, produção precoce, apresenta-se resistente à gomose e tolerante à seca e ao frio e possui um excelente comportamento no viveiro.

POMPEU JÚNIOR (1980) relata que as plantas enxertadas nessa variedade porta-enxerto apresentam boa produção e qualidade dos frutos, sendo indicada tanto para solos arenosos como argilosos. SALIBE (1974) relata ser esta variedade porta-enxerto, tolerante aos viróides da exocorte e xiloporose, apresentando boa tolerância ao "Blight" dos citros segundo FISHER (1988) e suscetível ao fungo da doença "Mal Seco" segundo WUTSCHER (1989).

Devido à sua alta sensibilidade ao vírus da "tristeza", CRESTE (1990) afirma que esta variedade porta-enxerto tem sido recomendada em combinações com limoeiros, ou nas áreas onde o vírus da "tristeza" não se constitui um problema grave.

Quanto ao sistema radicular, MONTENEGRO (1960) afirma que a laranjeira Azeda possui a tendência em desenvolver raízes abundantes e profundas, não sendo portanto facilmente afetada pela variação de umidade no solo.

3.2.2.2. Limoeiro Cravo [*Citrus limonia*,(L.) Osbeck]

Devido às suas excepcionais qualidades, o limoeiro Cravo tornou-se quase que o único porta-enxerto utilizado na citricultura brasileira (FIGUEIREDO et al. 1982).

O limoeiro Cravo é conhecido no Brasil por diversos nomes, tais como limoeiro "rosa" , "francês", "bugre", "bravo" e "rangpur" (SALIBE, 1978).

SALIBE & MOREIRA (1987) afirmam que além do Brasil, o limoeiro Cravo é largamente utilizado na Índia e Indonésia e, em menor extensão na Argentina, Uruguai, Suriname, Flórida e Texas (EUA) e em alguns países do sudeste da Ásia e África.

De acordo com POMPEU JÚNIOR (1972), esse porta-enxerto induz a formação de árvores de porte médio e com precocidade de produção e maturação dos frutos sobre ela enxertados e, apresenta-se bastante resistente à seca.

O sistema radicular dessa variedade possui 70% de suas radículas situadas nos primeiros 30 cm de solo (MONTENEGRO, 1960), e comporta-se como tolerante ao vírus da tristeza, suscetível aos viróides do exocorte e xiloporose e boa resistência à gomose, porém muito suscetível ao fungo da verrugose (SALIBE & MOREIRA, 1987); pouco tolerante ao "Blight" dos citros (FISHER, 1988) e altamente sensível ao "Declínio" dos citros (TEOFILO SOBRINHO et al., 1986).

3.3. Delineamento Experimental

O ensaio foi instalado em vasos com capacidade para 250 litros, e constou de três níveis de saturação por bases (50, 70 e 90%), e três

níveis de boro na cova de plantio (0,5; 1,5 e 4,5mg/dm³ de B) e dois porta-enxertos, em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em esquema fatorial 3x3x2 com 4 repetições (GOMES, 1981).

3.4. Preparo dos Vasos

Após o solo ter sido peneirado, foi realizada a calagem nos primeiros 20 cm de solo do vaso, utilizando-se um calcário dolomítico (PRNT=85) com 26,9%CaO e 19,8%MgO, simulando as condições de campo, 45 dias antes do plantio. Cada vaso recebeu água para que o calcário pudesse reagir, sendo a operação repetida a cada 15 dias, até o momento do plantio.

Antes de proceder o plantio das mudas, foram coletadas amostra dos vasos para realização de novas análises químicas (RAIJ & QUAGGIO, 1983) com o intuito de verificar se a saturação por bases havia sido atingida, sendo que os resultados destas análises encontram-se na tabela 2.

Tabela 2: Análise química do Latossolo Vermelho Escuro distrófico após 45 dias da realização da calagem.

Níveis V%	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P mg/dm ³	mmol _e /dm ³				SB	CTC	V %
				H ⁺ +Al ⁺³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²			
50	5,4	29,0	6	37,3	1,2	26,8	15,7	43,7	81,0	54
70	6,0	31,0	6	28,8	1,4	45,9	26,9	74,2	103,0	72
90	6,3	33,0	7	16,5	1,6	67,5	41,4	110,5	127,0	87

Em cada vaso foram abertas covas de 30x30x30cm (27 litros de solo), onde foram adicionados primeiramente o ácido bórico⁶ (17% de

⁶ Densidade aparente do solo = 1,4

B), nas quantidades de 95, 285 e 855 mg de H_3BO_3 respectivamente para as doses de 0,5; 1,5 e 4,5mg/dm³ de boro. O restante da adubação da cova foi composta por: 5 litros de esterco de curral curtido; 80g de P_2O_5 (superfosfato simples-18% P_2O_5); 20g de K_2O (cloreto de potássio-60% K_2O); e 2g de zinco (sulfato de zinco-20%Zn), 30 dias antes do plantio.

Como adubação em cobertura, utilizou-se de 80g de N (uréia-45%de N) e 20g de K_2O (cloreto de potássio-60% K_2O), divididos em 4 aplicações, segundo MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989).

Durante o experimento foram realizadas irrigações semanais, com o volume de água variando conforme o regime de chuvas e o crescimento das plantas durante o decorrer do ensaio.

3.5. Parâmetros Avaliados

3.5.1. Amostragens de folhas

As folhas de limoeiro Siciliano foram amostradas em três épocas, a primeira no momento da instalação (março de 1992), a segunda no início da primavera (setembro de 1992) e a terceira em março de 1993, quando o ensaio completou 12 meses. As amostragens de folhas, independentes da época em que foi realizada, resumiu-se em coletar de cada planta 40 folhas, fisiologicamente maduras, seguindo a recomendação de MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989).

3.5.2. Análise química de folhas

Após a amostragem, as folhas foram lavadas e colocadas a secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C até

peso constante, sendo a seguir moídas em moinho tipo Willey, e analisadas segundo metodologia descrita em MALAVOLTA et al. (1989).

3.5.3. Parâmetros biométricos

Mensalmente foram avaliados o diâmetro de caule, com paquímetro, 10cm acima da enxertia, acompanhado de medida de altura das plantas, com régua previamente marcada. Em março de 1993 foram coletados as medidas de diâmetro e circunferência de caule, altura das plantas e a medida do diâmetro médio das copas (média entre as medidas no sentido Norte-Sul e Leste-Oeste). Com os resultados de altura de plantas e do diâmetro médio foram determinados, o volume de copa e a área de projeção da copa, que dão uma indicação do vigor das plantas em função dos tratamentos. As fórmulas para as determinações foram:

VOLUME DE COPA: $V = 2/3\pi HR^2$, onde,
 V - volume da copa (m^3);
 H - altura de planta (m);
 R - raio da copa (m);

PROJEÇÃO DA COPA: $P = \pi R^2$, onde,
 P = área de projeção da copa (m^2)
 R - raio da copa (m);

Essas fórmulas já foram adotadas por outros pesquisadores como MENDEL (1968, 1969) e MOURÃO FILHO (1989), os quais consideraram que a copa das laranjeiras se assemelham à forma

geométrica de uma elipsóide prolata, e SALIBE (1993)⁷ afirma que a projeção da copa nos fornece um bom indicativo da velocidade de ocupação da área de plantio.

Foram tomadas medidas de área foliar, aproveitando-se de 20 folhas colhidas para análise química, e utilizando-se do aparelho Automatic Area Metter modelo AAM-8. O aparelho é composto por uma unidade fotoelétrica, interligada a um receptor de luminosidade, que integra a área da sombra e uma esteira de plástico dupla, de maneira que a folha a ser determinada a área permaneça estendida e fixa, e uma unidade de controle do aparelho, com leitura digital das amostras (cm²). O princípio de funcionamento do aparelho baseia-se na diferença entre a luz emitida sem a amostra e com a amostra, sendo esta diferença a área foliar da mesma. As mesmas folhas usadas na determinação de área foliar foram utilizadas na determinação do teor de clorofila, feito através do aparelho denominado "Clorofilômetro", modelo MINOLTA SPAD-502. Este aparelho apresenta um feixe de luz que atravessa o limbo foliar e através de leituras em absorvância (faixa de leitura entre 10 e 90 A) é possível estimar o teor de clorofila da folha através de uma curva de regressão própria para várias culturas. A equação da curva de regressão é:

$$Y = 0,09661.L - 0,152,$$

onde

Y = teor de clorofila ($\mu\text{g}/100\text{cm}^2$);

L = leitura do aparelho em absorvância;

⁷ SALIBE, A.A. Informação pessoal. 1993.

3.5.4. Amostragem e acondicionamento de raízes

As raízes foram amostradas em março de 1993, quando tomaram-se três amostras por vaso (ROSOLEM, 1993)⁸, na profundidade de 10cm e a uma distância de 25cm do tronco, que foram colocadas em sacos plásticos devidamente identificados. As raízes dos porta-enxertos foram amostradas através de um trado especial, composto por duas peças, uma responsável pela coleta do volume de solo com as raízes e a outra, uma lâmina, que colocada rente à primeira, corta o solo e as raízes que se encontram em seu interior.

As amostras foram acondicionadas em uma incubadora a 2°C, até que fossem passadas por peneiras com malha 1mm onde separou-se o solo da raiz. As raízes foram então colocadas em frascos contendo solução para a conservação das mesmas. A solução era composta por: 1 litro de álcool etílico 96°GL; 50ml de ácido acético glacial p.a.; completando a 2 litros com água deionizada, descritos por ANTUNES & CARDOSO (1991), retornando para a incubadora até a leitura do comprimento. Foram determinados o peso de material fresco e seco de raízes; comprimento de raízes (TENNANT, 1975); raio médio e superfície radicular (SCHENK & BARBER, 1979) e densidade de comprimento de raízes (ZANETTE & COMEM, 1992).

⁸ROSOLEM, C.A. Informação pessoal. 1993

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Química de Folhas

Na primeira amostragem (Tabela 3), que teve por objetivo obter parâmetros do estado nutricional do limoeiro Siciliano, quinze dias após a instalação dos tratamentos, observou-se, de uma maneira geral, que as plantas apresentavam baixos teores de N, Ca, Zn e Mn, estando os demais nutrientes em níveis considerados adequados segundo o GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994). O suprimento de Zn e Mn foi feito através de aplicações foliares utilizando-se do sulfato de zinco ($ZnSO_4$) a 0,5%, sulfato de manganês ($MnSO_4$) a 0,3% e de uréia a 0,5%. Pela tabela 3 observa-se também, que houveram diferenças estatísticas entre os porta-enxertos, sendo que o porta-enxerto laranjeira Azeda propiciou valores superiores para os nutrientes N, Mg e Zn às folhas do limoeiro Siciliano, e que para o porta-enxerto limoeiro Cravo, somente o Mn, não havendo diferenças significativas entre os porta-enxertos para os demais nutrientes nas folhas.

Observou-se que, embora o tempo de instalação dos tratamentos tenha sido curto (15 dias), os níveis de saturação por bases propiciaram diferenças significativas para os teores de K nas folhas, sendo que o nível 70% de saturação por bases apresentou os maiores teores, seguido dos níveis 90 e 50%. Observa-se também que as doses de B no solo possibilitaram a elevação dos teores do elemento nas folhas, de tal modo que a dose $4,5mg/dm^3$ proporcionou teores nas folhas tidos como alto segundo o

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994). A doses 1,5mg/dm³ de B proporcionou teores considerados adequados nas folhas segundo esse Grupo, entretanto a dose 0,5mg/dm³ não elevou os teores de B, permanecendo os mesmos baixos segundo VIOLANTE NETTO et al. (1988). Pelos resultados pode-se afirmar que embora o tempo de 15 dias possa ser considerado curto, foi suficiente para alterar significativamente os

Tabela 3: Teores médios de nutrientes em folhas do limoeiro Siciliano, 15 dias após a instalação do experimento.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES (g/kg)					MICRONUTRIENTES (mg/kg)		
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Zn
SATURAÇÃO POR BASES (V%)[#]								
50	15,8	1,2	13,0 b	20,7	3,5	84,1	23,8	20,5
70	17,5	1,2	14,5 a	19,7	3,6	88,5	22,1	20,2
90	17,0	1,2	13,7 ab	21,9	3,6	77,3	28,3	22,0
teste F	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
BORO (mg/dm³)								
0,5	17,5	1,2	13,6	20,0	3,6	34,9 c	25,5	21,3
1,5	16,8	1,2	13,5	21,2	3,5	64,7 b	24,9	21,4
4,5	16,2	1,2	14,2	21,0	3,5	150,2 a	23,8	19,9
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
PORTA-ENXERTO (PE)								
LIM. CRAVO	16,1 b	1,2	13,7	20,4	3,0 b	80,6	32,4 a	19,9 b
LAR. AZEDA	17,5 a	1,2	13,8	21,1	4,2 a	86,0	17,1 b	21,8 a
teste F	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*
MÉDIA	16,8	1,2	13,8	20,8	3,6	83,3	24,8	20,9
CV%	14,9	12,6	14,4	18,5	17,4	18,7	16,4	16,6

#Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

teores de B nas folhas, onde a dose de B aplicada ao solo refletiu diretamente no teor apresentado pela folha e seguindo a ordem de valores: 4,5 > 1,5 > 0,5mg/dm³. Decorridos 15 dias da primeira amostragem, o tratamento 4,5mg/dm³ provocou a queima de folhas e brotos terminais dos ramos, devido

aos teores elevados 600 - 850mg/kg de B nas folhas, teores estes tidos como excessivos por MOREIRA et al (1983) e VIOLANTE NETTO et al. (1988).

Seis meses após o início dos tratamentos (setembro) fez-se a segunda amostragem de folhas, onde se observa pelos resultados presentes na tabela 4, que houve uma elevação nos teores de N e K, decorrentes principalmente das adubações em cobertura que foram feitas ao longo dos seis meses da implantação da pesquisa, tendo atingido teores nas folhas considerados excessivos pelo GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994), sendo que para o Ca os teores foram baixos, embora ainda fosse uma planta jovem, e as tabela de teores tem como base plantas em fase produtiva. Quanto aos níveis de saturação por bases, observa-se que houve diferenças significativas somente para o Mg, tendo a saturação por bases de 90% proporcionado o maior teor, seguido pelas saturações por bases de 50 e 70%, confirmando que a calagem com calcário dolomítico é suficiente para elevar o teor de Mg nas folhas, concordando com ANDERSON (1971a), KOO (1971), QUAGGIO (1991).e QUAGGIO (1992).

Para as doses de B, houve resposta significativa para os nutrientes P, K, Ca, Mg e Mn e para o próprio B. Para os nutrientes P, K e B, a dose 4,5mg/dm³ de B proporcionou os maiores teores nas folhas, seguidas pelas doses 1,5 e 0,5 mg/dm³ de B. Para os nutrientes Ca, Mg e Mn, houve efeito inverso, ou seja, as doses 1,5 e 0,5 mg/dm³ proporcionaram os maiores teores, enquanto que na dose 4,5mg/dm³ ocorreram os menores teores. Quanto aos teores de B nas folhas, as doses 4,5 e 1,5mg/dm³ propiciaram valores tidos como excessivos pelo GRUPO PAULISTA DE DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994), e a dose 0,5mg/dm³ proporcionou teores adequados, havendo diferenças significativas entre os tratamentos de dose de B.

Entre os porta-enxertos, houve diferenças significativas para os nutrientes N, Mg, Mn e Zn, sendo que o limoeiro Cravo apresentou teores mais elevados para N, Mg e Zn e para a laranjeira Azeda, o Mn foi superior. Para os outros elementos, não houve diferenças significativas entre os porta-enxertos.

Tabela 4: Teores médios de nutrientes em folhas do limoeiro Siciliano, 6 meses após a instalação do experimento.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES (g/kg)					MICRONUTRIENTES (mg/kg)		
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Zn
SATURAÇÃO POR BASES (V%)[#]								
50	47,0	1,8	20,1	24,5	3,3 ab	228,7	77,8	63,1
70	46,4	1,7	19,4	24,5	3,1 b	228,1	86,8	59,6
90	48,0	1,7	21,5	25,5	3,7 a	289,5	83,2	60,1
teste F	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
BORO (mg/dm³)								
0,5	46,0	1,6 b	17,2 b	26,9 a	3,5 a	80,7 c	88,0 a	66,3
1,5	48,4	1,6 b	19,3ab	26,4 a	3,6 a	276,4 b	94,9 a	62,9
4,5	4,69	1,8 a	24,6 a	21,3 b	3,0 b	389,1 a	64,9 b	53,6
teste F	ns	*	*	*	*	*	*	ns
PORTA-ENXERTO (PE)								
LIM. CRAVO	49,6 a	1,6	21,5	24,5	3,7 a	260,9	72,8 b	62,1a
LAR. AZEDA	45,6 b	1,8	21,0	25,1	3,0 b	236,6	92,5 a	60,0b
teste F	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*
MÉDIA	47,6	1,7	21,3	24,8	3,4	248,7	82,6	61,1
CV%	6,8	10,6	11,7	9,7	10,4	22,8	19,6	21,0

[#]Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ao completar 12 meses do início do ensaio, nova coleta de folha foi realizada e os resultados das análises encontram-se na tabela 5, onde se observa que houve reduções nos teores médios de todos os nutrientes analisados, sendo que os teores de Ca encontram-se em níveis considerados baixos e os demais nutrientes em níveis adequados, segundo o

GRUPO PAULISTA DE DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS (1994). Os teores encontrados foram menores do que os obtidos na segunda amostragem (Tabela 4), devido à distribuição fisiológica proporcionada pelo crescimento ocorrido nas plantas entre os períodos envolvidos.

Tabela 5: Teores médios de nutrientes em folhas do limoeiro Siciliano, 12 meses após a instalação do experimento.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES (g/kg)					MICRONUTRIENTES (mg/kg)		
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Zn
SATURAÇÃO POR BASES (V%)*								
50	31,7	1,3	17,1	15,1 b	3,5 b	52,5	39,3	34,0
70	30,6	1,3	16,0	16,3 b	3,5 b	56,2	44,0	35,3
90	31,0	1,4	15,9	19,1 a	3,8 a	57,8	44,6	33,7
.teste F	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
BORO (mg/dm³)								
0,5	31,0	1,3	16,0 ab	16,1	3,6	35,0 c	40,1	30,7 b
1,5	31,5	1,4	15,8 b	17,0	3,7	50,3 b	44,3	33,8 b
4,5	30,8	1,4	17,2 a	17,3	3,6	81,2a	43,5	38,4 a
teste F	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
PORTA-ENXERTO (PE)								
LIM. CRAVO	32,3 a	1,4 a	15,8 b	17,9 a	4,0 a	56,1	41,8	32,4 b
LAR. AZEDA	29,9 b	1,3 b	16,9 a	15,8 b	3,3 b	55,5	43,5	36,2 a
teste F	*	*	*	*	*	ns	ns	*
MÉDIA	31,1	1,4	16,4	16,8	3,6	55,8	42,6	34,3
CV%	4,8	5,8	5,8	7,6	5,5	13,8	10,0	9,4

#Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quanto ao níveis de saturação por bases estudados, observa-se que aos 12 meses, Ca e Mg apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que para esses dois nutrientes, a saturação 90% proporcionou os maiores teores, seguidos pelas saturações por bases 70 e 50%, concordando com os resultados obtidos por SPENCER (1960), ANDERSON & MARTIN (1969), ANDERSON (1971a, b), KOO (1971),

ANDERSON (1987), GRASSI FILHO (1991), BOARETTO et al. (1991), QUAGGIO (1991) e QUAGGIO (1992).

Observa-se que, os nutrientes K e Zn apresentaram diferenças significativas entre os teores nas folhas, propiciados pelas doses de B ao solo, sendo que os maiores teores são função do tratamento $4,5\text{mg/dm}^3$, seguidos pelos tratamentos 1,5 e $0,5\text{mg/dm}^3$. Tais resultados devem-se ao menor desenvolvimento das plantas devido ao efeito tóxico às plantas da dose $4,5\text{mg/dm}^3$ às plantas, sendo mais expressivos para os teores de Zn nas folhas.

Com relação aos porta-enxertos, observa-se que houve diferenças significativas entre eles para os nutrientes estudados, exceto para B e Mn. O limoeiro Cravo apresentou teores maiores dos nutrientes N, P, Ca e Mg, enquanto que para a laranjeira Azeda os teores maiores foram os de K e Zn.

4.2. Diâmetro de Caule e Altura de Plantas

Pelas tabelas 6 e 7 observa-se que, não houve resposta para os níveis de saturação por bases, tanto para diâmetro de caule, tomado 10cm acima da enxertia, como para altura de plantas, entretanto houve diferenças significativas para as doses de B em ambos os parâmetros. Tais resultados discordam dos resultados obtidos por ANDERSON (1971b), CIPOLLI (1986) e GRASSI FILHO (1991), onde a elevação dos teores de cálcio, seja no solo através de calagem ou em solução nutritiva, levaram a aumentos no diâmetro do caule e na altura da planta.

Observa-se que, as doses 0,5 e $1,5\text{mg/dm}^3$ de B propiciaram os maiores valores para diâmetro de caule e altura de plantas, enquanto que a dose $4,5\text{mg/dm}^3$ de B fez decrescer esses valores, provocando

fitotoxidez nas plantas, cujos sintomas visuais foram observados através da queima das folhas novas, brotos e ponteiros de ramos, retardando o desenvolvimento das plantas de limoeiro Siciliano. Os sintomas de excesso de B estão descritos em MARSCHNER (1986), MENGEL & KIRKBY (1987), MALAVOLTA et al. (1989) e MALAVOLTA E VIOLANTE NETTO (1989).

Tabela 6: Diâmetro médio de caule(mm) do limoeiro Siciliano nas diversas épocas medidas.

TRATAMENTOS	DIAS APÓS O PLANTIO							
	15	45	75	105	135	165	195	225
SATURAÇÃO POR BASES (V%)[#]								
50	11,7	12,6	12,5	13,1	13,9	15,5	16,6	18,5
70	11,2	12,0	12,1	12,8	13,9	15,7	17,0	18,6
90	11,5	12,3	12,4	13,1	14,0	15,5	26,7	18,7
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BORO (mg/dm³)								
0,5	11,5	12,6	12,9 a	13,7 a	14,9 a	16,9 a	18,2 a	20,1 a
1,5	11,5	11,9	12,3 ab	12,9 a	14,0 a	15,8 b	17,1a	19,1 a
4,5	11,4	12,5	11,9 b	12,4 b	13,0 b	14,1 c	15,0 b	16,6 b
teste F	ns	ns	*	*	*	*	*	*
PORTA-ENXERTO (PE)								
LIM. CRAVO	10,8 b	11,7 b	11,5 b	12,0 b	12,9 b	14,4 b	15,5 b	17,2 b
LAR. AZEDA	12,2 a	12,9 a	13,2 a	13,9 a	15,0 a	16,8 a	18,0 a	20,0 a
teste F	*	*	*	*	*	*	*	*
MÉDIA	11,5	11,7	12,4	13,0	13,9	15,6	16,8	18,6
CV%	10,3	10,2	9,4	9,0	9,8	9,9	10,1	11,4

#Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quanto aos porta-enxertos, observa-se que para o diâmetro de caule a laranjeira Azeda apresentou um melhor desenvolvimento do que o limoeiro Cravo para todas as amostragens. Para a altura de plantas, até a amostragem 165 dias do plantio, a laranjeira Azeda apresentou melhor desenvolvimento do que o limoeiro Cravo, e após esta amostragem, os porta-

enxertos passaram a ter um comportamento semelhante, não havendo portanto diferenças significativas entre si.

Tabela 7: Altura(m) média de plantas de limoeiro Siciliano nas diversas épocas de medida.

TRATAMENTOS	DIAS APÓS O PLANTIO					
	45	105	135	165	195	225
SATURAÇÃO POR BASES (V%)*						
50	0,85	0,96	1,02	1,11	1,20	1,30
70	0,87	1,02	1,10	1,17	1,26	1,35
90	0,87	1,04	1,10	1,20	1,29	1,39
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BORO (mg/dm³)						
0,5	0,93 a	1,11 a	1,16 a	1,25 a	1,36 a	1,44 a
1,5	0,87 b	1,04 a	1,12 a	1,21 a	1,33 a	1,41 a
4,5	0,79 c	0,88 b	0,94 b	1,01 b	1,07 b	1,18 b
teste F	*	*	*	*	*	*
PORTA-ENXERTO (PE)						
LIM. CRAVO	0,85	0,97 b	1,05 b	1,12 b	1,22	1,31
LAR. AZEDA	0,87	1,04 a	1,09 a	1,19 a	1,29	1,38
teste F	ns	*	*	*	ns	ns
MÉDIA	0,86	1,01	1,07	1,16	1,25	1,34
CV%	7,9	12,1	12,4	12,9	13,1	11,6

#Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aos 12 meses, novas medidas de diâmetro de caule e altura de plantas foram tomadas, bem como da circunferência do caule, 10cm acima da enxertia e o raio médio da copa. Foram calculados o volume da copa e a área de projeção da copa. Os resultados das medidas e dos índices calculados encontram-se na tabela 8, onde se observa que para os parâmetros avaliados, somente a área de projeção da copa foi significativa, diminuindo à medida que se elevou a saturação por bases. Tais resultados concordam com os obtidos por SPENCER (1960) e MARTIN & PAGE (1969), que interpretaram

os resultados obtidos pelo fornecimento de Ca às plantas, mas não concordam com aqueles obtidos por ANDERSON & MARTIN (1969), ANDERSON (1971a,b), PACE (1979), CIPOLLI (1986), PACE & ARAÚJO (1986), ANDERSON (1987), QUAGGIO (1991) e QUAGGIO (1992).

Tabela 8: Altura média das plantas(m), diâmetro(mm) e circunferência(cm) de caule, raio médio da copa(m), volume da copa(m³) e área de projeção da copa(m²) de limoeiro Siciliano após 12 meses da instalação do experimento.

TRATAMENTOS	TRONCO		ALTURA DE PLANTA	COPA		
	DIÂME TRO	CIRCUN FERÊNCIA		RAIO MÉDIO	VOLUME	ÁREA PROJEÇÃO
SATURAÇÃO POR BASES (V%) [#]						
50	23,6	9,6	1,68	0,59	1,30	1,30 a
70	24,1	9,6	1,65	0,61	1,38	1,22 ab
90	24,6	9,9	1,74	0,61	1,41	1,19 b
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	*
BORO (mg/dm ³)						
0,5	25,6 a	10,1 a	1,76 a	0,63	1,57 a	1,30 a
1,5	25,3 a	10,1 a	1,78 a	0,61	1,44 a	1,21 ab
4,5	21,4 b	8,8 b	1,53 b	0,57	1,08 b	1,02 b
teste F	*	*	*	ns	*	*
PORTA-ENXERTO (PE)						
LIM. CRAVO	22,6 b	9,3 b	1,69	0,58	1,27 b	1,09 b
LAR. AZEDA	25,6 a	10,1 a	1,70	0,63	1,46 a	1,27 a
teste F	*	*	ns	ns	*	*
MÉDIA	24,1	9,7	1,69	0,60	1,36	1,18
CV%	13,0	11,2	10,6	17,8	6,5	13,6

[#]Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se que na dose 4,5mg/dm³ de B nas covas de plantio, ocorreu uma diminuição significativa nos valores dos parâmetros avaliados, sendo isso reflexo de dose excessiva do B no solo. Quanto aos porta-enxertos, houve diferenças significativas para diâmetro e circunferência

de caule, volume e área de projeção da copa, sendo que os valores encontrados para a laranjeira Azeda foram maiores que os encontrados para o limoeiro Cravo.

4.3. Peso de Folhas, Área Foliar e Teor de Clorofila

Aos 12 meses foram coletadas 40 folhas de cada parcela para a realização de análise química. Avaliou-se também o peso de material fresco e seco de 40 folhas, área foliar total, área foliar média das 40 folhas e teor de clorofila

Os resultados encontram-se na tabela 9, onde observa-se que, os níveis de saturação por bases não afetaram significativamente os parâmetros avaliados, não havendo diferenças para o teor de clorofila nas folhas, embora a saturação por bases tenha elevado os teores de Mg nas folhas. As doses de B no solo afetaram apenas o teor de clorofila nas folhas, provavelmente devido ao menor desenvolvimento das plantas frente à dose $4,5\text{mg/dm}^3$

Para os porta-enxertos houve diferença significativa para o teor de clorofila, tendo o limoeiro Cravo apresentado teores superiores aos da laranjeira Azeda, não havendo diferenças entre os porta-enxertos para os demais parâmetros.

4.4. Avaliação do Sistema Radicular.

Os resultados dos tratamentos estudados mostraram que, houve respostas para os três níveis de saturação por bases e para as três doses de boro no solo. Para os porta-enxertos, pode-se observar que não houve diferenças significativas para o peso de material fresco e seco de raiz e

para a superfície radicular, tendo mostrado significância para comprimento, densidade e raio médio de raízes.

Tabela 9: Peso médio de material fresco e seco de folhas (g), área foliar, área foliar média (cm²) e teor de clorofila (µg/100cm²) nas folhas de limoeiro Siciliano, 12 meses após a instalação do experimento.

TRATAMENTOS	PESO DE MATERIAL DE 40 FOLHAS(g)			ÁREA FOLIAR (cm ²)		CLOROFILA (µg/100cm ²)
	FRESCO	SECO	MÉDIA	TOTAL	MÉDIA	TEOR
SATURAÇÃO POR BASES (V%)*						
50	34,0	12,9	0,32	674,6	33,7	6,48
70	31,4	12,2	0,32	646,4	32,5	6,57
90	32,7	12,9	0,32	689,4	35,2	6,61
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BORO (mg/dm ³)						
0,5	34,1	13,2	0,33	709,3	35,5	6,29 c
1,5	32,6	12,6	0,32	661,0	33,4	6,56 b
4,5	31,4	12,2	0,31	649,1	32,6	6,82 a
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	*
PORTA-ENXERTO (PE)						
LIM. CRAVO	32,2	12,4	0,31	663,7	33,3	6,64 a
LAR. AZEDA	33,2	13,0	0,33	682,6	34,3	6,48 b
teste F	ns	ns	ns	ns	ns	*
MÉDIA	32,7	12,7	0,32	673,2	33,8	6,56
CV%	17,6	18,2	17,6	16,9	17,6	5,4

#Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4.1. Peso de material fresco e seco de raízes.

Segundo BOHM (1979) a massa do sistema radicular é o parâmetro mais comum para o estudo de raízes e que o peso da matéria seca deve ser o parâmetro preferido.

Pela tabela 10 pode-se observar que para os resultados de peso de material fresco e seco de raízes, houve aumentos significativos

com o aumento dos níveis de saturação por bases, em função do aumento do teor de cálcio no solo conforme citaram ASO (1974) e GRASSI FILHO (1991), MARSCHNER (1986), MENGEL & KIRKBY (1987) e MALAVOLTA et al. (1989). Para os níveis de B no solo, observa-se que, com a elevação da dose de B houve menor produção de material fresco e seco de raízes, não havendo diferenças entre as doses 0,5 e 1,5mg/dm³ de B e sendo estes superiores aos valores obtidos com 4,5mg/dm³. Quanto aos porta-enxertos, não houve diferenças significativas para a massa do sistema radicular, havendo somente interações entre o porta-enxerto e os níveis de saturação por bases, conforme pode-se observar na tabela 11. Não houve diferenças entre os valores de saturação por bases para o porta-enxerto laranjeira Azeda e para o limoeiro Cravo a dose 70% de saturação propiciou o maior valor para o peso de material fresco.

4.4.2. Comprimento, densidade, raio médio e superfície radicular.

Os resultados de comprimento de raízes (Tabela 10) mostram que houve efeito dos níveis de saturação por bases, doses de boro e diferenças entre os porta-enxertos.

Para os níveis de saturação por bases, os valores obtidos com 90% de saturação por bases foram diferentes estatisticamente dos obtidos com os níveis 70 e 50%, ou seja, com a elevação dos níveis de Ca no solo e a diminuição dos níveis de Al, houve um maior crescimento do sistema radicular, concordando com ASO (1974), ALVA & SYVERTSEN (1991), GRASSI FILHO (1991) e LIN & MYHRE (1991).

Para as doses de boro, não houve diferenças entre as doses 0,5 e 1,5mg/dm³ de solo, mas mostraram-se superiores aos

concordando com ZANETTE & COMEM (1992) quanto à importância desse parâmetro para estudos de fisiologia e para modelos de absorção de água e nutrientes.

Tabela 11: Peso de material fresco de raízes de dois porta-enxertos em função dos níveis de saturação por bases, 12 meses após a instalação do experimento..

TRATAMENTOS	SATURAÇÃO POR BASES (V%)		
	50 %	70 %	90 %
LIM. CRAVO	0,89 aB	1,23 aA	1,04 aAB
LAR. AZEDA	0,95 aA	0,96 bA	1,25 aA

* Letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, iguais entre si, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para os valores de boro a dose 4,5mg/dm³ propiciou os menores valores de densidade de raízes devido ao seu efeito tóxico ao desenvolvimento do sistema radicular, não havendo diferenças significativas entre as doses 0,5 e 1,5mg/dm³.

Para os porta-enxertos, observa-se que a laranjeira Azeda apresentou maior densidade de raízes do que o limoeiro Cravo, podendo-se dizer que esta maior densidade de comprimento de raízes poderá garantir, no campo, um maior potencial de absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo, pelo processo de difusão (MARSCHNER, 1986).

Os resultados de raio médio são inversos aos obtidos para comprimento, densidade e superfície radicular, isto porque, ao se elevar o nível de Ca no solo, houve um aumento do comprimento total do sistema radicular, crescimento esse que promoveu a diminuição do raio médio em função do aumento do nível de saturação por bases. O inverso ocorreu com o B, pois ao elevar-se a dose de B no solo houve elevação do raio médio do sistema radicular, sendo esse resultado devido ao excesso de B

proporcionado ao solo pela dose $4,5\text{mg/dm}^3$. Quanto ao comportamento dos porta-enxertos, o limoeiro Cravo apresentou-se com um maior raio médio que a laranjeira Azeda, estando tal fato ligado diretamente ao menor comprimento e à menor densidade de comprimento apresentado pelo primeiro porta-enxerto.

Para a superfície radicular, houve um acompanhamento das tendências dos resultados já apresentados, ou seja, o nível 90% de saturação por bases propiciou o melhor resultado de superfície radicular, seguido pelos níveis 70 e 50% respectivamente. Para as doses de B, não houve diferenças significativas entre as doses $0,5$ e $1,5\text{mg/dm}^3$, sendo entretanto superiores à superfície radicular devida à dose $4,5\text{mg/dm}^3$ de B. Quanto aos porta-enxertos não há diferenças significativas para o parâmetro superfície radicular.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho, permitiram chegar-se às seguintes conclusões:

Os níveis 90% de saturação por bases seguidos por 70 e 50% respectivamente, propiciaram aumentos no peso de material fresco e seco, comprimento, densidade e superfície radicular das raízes dos porta-enxertos do limoeiro Siciliano, e diminuição do raio médio das raízes;

As doses 4,5mg/dm³ de boro seguidas por 1,5 e 0,5mg/dm³ propiciaram diminuições no peso de material fresco e seco, comprimento, densidade e superfície radicular das raízes dos porta-enxertos do limoeiro Siciliano, e aumento do raio médio das raízes;

Os níveis de saturação por bases afetaram o teor nas folhas de potássio na primeira amostragem, magnésio na segunda e cálcio e magnésio na terceira amostragem;

As doses de boro propiciaram elevações dos teores nas folhas de fósforo e potássio, diminuição de cálcio, magnésio e manganês na segunda e elevação dos teores de potássio

e zinco na terceira amostragem, devido ao menor desenvolvimento propiciado pela dose $4,5\text{mg}/\text{dm}^3$ de boro no solo;

A dose $4,5\text{mg}/\text{dm}^3$ de boro mostrou-se prejudicial ao desenvolvimento do limoeiro Siciliano, ocasionando queima de folhas, brotos terminais e ponta de ramos, 30 dias após a instalação do ensaio, quando os teores de boro nas folhas variaram entre 600 e $850\text{mg}/\text{kg}$;

Os níveis de saturação por bases não afetaram o diâmetro e a circunferência de tronco, altura de plantas, raio médio, volume e área de projeção da copa;

A saturação por bases 70% mostrou-se mais adequada para o desenvolvimento das plantas de limoeiro Siciliano do que os níveis de 50 e 90%;

A dose $4,5\text{mg}/\text{dm}^3$ de B promoveu diminuições no diâmetro e na circunferência de tronco, altura de plantas, volume e área de projeção da copa, não havendo diferenças entre as doses 1,5 e $0,5\text{mg}/\text{dm}^3$;

A dose $0,5\text{mg}/\text{kg}$ de boro propiciou teores adequados às folhas do limoeiro Siciliano, enquanto que as doses 1,5 e $4,5\text{mg}/\text{dm}^3$, teores altos e excessivos respectivamente;

Houve um comportamento diferenciado entre os porta-enxertos quanto à composição mineral das folhas de limoeiro Siciliano, bem como do desenvolvimento do sistema radicular, sendo que a laranjeira Azeda mostrou-se superior ao limoeiro Cravo;

Não houve efeito de nenhum tratamento para os teores de enxofre, cobre e ferro nas folhas, bem como para a interação entre a saturação por bases e as doses de boro;

Para a realização da calagem, adubação de plantio, adubação de formação e adubação de produção para pomares citrícolas, faz-se necessário a análise química de solo, com ênfase especial aos micronutrientes, principalmente no plantio;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVA, A.K. & SYVERSTSEN, J.P. Irrigation water salinity effects on soil distribution, root density, and leaf nutrient levels of citrus under drip fertigation. **Journal of Plant Nutrition**, New York, **14(7)**:715-27, 1991.
- ANDERSON, C.A. Dolomitic limestone as a source for citrus. **The Citrus Industry**, Berkeley, **52(2)**:10-21, 1971a.
- ANDERSON, C.A. Effects of soil pH and calcium on yields and fruit quality of young Valencia orange. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, **84**:4-10, 1971b.
- ANDERSON, C.A. Fruits yields, tree size and mineral nutrition relationships in Valencia orange trees as affected by liming. **Journal of Plant Nutrition**, New York, **10**:1907-16, 1987.
- ANDERSON, C.A. & MARTIN, F.G. Effects of soil pH and calcium on the growth and mineral uptake of young citrus trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, **82**:7-12, 1969.

ANTUNES, V. & CARDOSO, E.J.B.N. Growth and nutrient status of citrus plants as influenced by mycorrhiza and phosphorus application. **Plant and Soil**, The Hague, **131**:11-9, 1991.

ARRUDA NETO, J.S.; NAKAGAWA, J., CRUZ, V.F. Dados preliminares sobre a influência da dimensão da cova e forma de aplicação da adubação fundamental no desenvolvimento de plantas cítricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1., Campinas, 1971. **Anais**. Campinas, SBF, p.349-55.

ASO, P.J. Tolerância de plantines de portainjertos citricos a varios niveles de carbonato de calcio en el suelo. **Revista Industrial Agricola de Tucuman**, Tucuman, **51**(1):35-6, 1974.

ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of root of tree crops. **Horticultural Reviews**, New York, **2**:424-90, 1980.

AVILÁN, L.R.; LEAL, F.; MENESES, L. Distribuison del sistema radicular en las combinaciones de naranjo Dulce (*Citrus sinensis*) y. Grapefruit (*Citrus paradisi*) sobre patron Carejo (*Citrus aurantium*) en suelos calcareos de la Hoya del Lago de Valencia. **Agronomia Tropical**, Maracay, **32**(1/6): 155-70, 1982.

AVILÁN, L.R.; MENESES, L.; SUCRE, R. Comportamiento del sistema radicular de patron Cleopatra injertado con naranja "Valencia" en suelos de textura fina. **Agronomia Tropical**, Maracay, **33**(1/6):155-70, 1983.

- BANULS, J.; LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E. Salinity-calcium interaction on growth and ionic concentration of citrus plants. **Plant and Soil**, The Hague, **133**(1):39-46, 1991.
- BARNETT, C.E.; WHITE, R.A.; PETROVIC, A.M.; GOOD, G.L. An automated apparatus for measuring root length. **HortScience**, St. Joseph, **22**(1): 140-4. 1987.
- BEHBOUDIAN, M.H.; TOROKFALVY, E.; WALKER, R.R. Effect of salinity on ionic content, water relations and gas exchange parameters in some citrus scion-rootstock combinations. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, **28**(1/2):105-16, 1986.
- BOARETTO, A.E.; PROCHNOW, L.I.; MURAOKA, T.; ALMEIDA, L.E.P.; BÜLL, L.T. Efeito do gesso e do calcário nas características químicas do solo, teores foliares e produtividade de limão siciliano (*Citrus limon*, Burm.) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. **Resumos**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.321.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin, Springer-Verlag, 1979. 188p. (Ecological Studies, 33).
- BROWN, D.A. & UPCHURCH, D.R. A summary of methods and instruments in current use. In: TAYLOR, H.M., ed. **Minirhizotron observation tubes: Methods and application for measuring rhizosphere dynamics**. Madison, 1987. p.15-30. (ASA Special Publication Number, 50).

CANTARELLA, H. & ANDRADE, J.C. O sistema internacional de unidades e a ciência do solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **17(3)**: 91-102, set./dez. 1992.

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACOLLA, A.A. **Levantamento de Solos da Fazenda Lageado-Estação Experimental "Presidente Médici"**. Botucatu, UNESP/F.C.A, 1983. 95p.

CARY, P.R. The residual effects of nitrogen, calcium and soil management treatments on yield, fruit size and comparison of citrus. **Journal of Horticultural Science**, St. Joseph, **47**:479-491, 1972.

CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J., ed. **The citrus industry**, Berkeley, University of California Press, 1968. v.2, cap.3, p.127-289.

CIPOLLI, J.R. Efeitos da aplicação de calcário calcinado, gesso e misturas calcário-gesso na cultura de citros. I. Resultados preliminares. Jaboticabal, 1986. 49p. (Graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP).

COOPER, W.C.; GORTON, B.S.; OLSON, E.D. Ionic accumulation in citrus as influenced by rootstock and scion and concentration of salt and boron in the substrate. **Plant Physiology**, Bethesda, **27(1)**:191-203, 1952.

COOPER, W.C.; PEYNADO, A.; OLSON, E.O. Response of grapefruit on two rootstocks to calcium addition high-sodium, boron-contaminated and saline irrigation water. **Soil Science**, Baltimore, **86(4)**:180-9, 1958.

- CRESTE, J.E. Influência de dez diferentes porta-enxertos e do método de amostragem nos teores foliares de macro e micronutrientes na tangerina Satsuma, *Citrus unshiu*, Marcovitch. Botucatu, 1990. 106p. (Mestrado - Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP).
- CRUZ, L.S.P.; RODRIGUES, O.; IGUE, T. Reação de laranjeiras Natal à aplicação de adubos minerais e orgânicos nas covas de plantio. *Bragantia*, Campinas, **30**: 135-43, 1971.
- DONADIO, L.C. EECB completa 10 anos com mais de 40 projetos de pesquisa. *Informativo Coopercitrus*, Bebedouro, **69**:14-20, 1992.
- DORNELLES, C.M.M. Experimento comparativo de tamanho de covas e métodos de aplicação de adubação de plantio em laranjeira (*Citrus sinensis*, Osbeck). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., Rio de Janeiro, 1975. Anais. *Laranja*, Campinas, **1**(1):83-4, 1975.
- ERNER, Y.; SCHWARTZ, S.; BAR-AKIVA, A.; KAPLAN, Y. Soil and foliar application of magnesium compounds for the control of magnesium deficiency in "Shamouti" orange trees. *HortScience*, St. Joseph, **19**(5):651-3, 1984.
- FIGUEIREDO, J.O. Variedades copa de valor comercial. In: RODRIGUES, O. & VIEGAS, F.P., coord. *Citricultura brasileira*, Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.1, cap. 11, p.281-96.
- FIGUEIREDO, J.O.; POMPEU JÚNIOR, J.; HIROCE, E.; SAEZ, S.A.; SANTOS, R.R. Efeitos de dez porta-enxertos na composição mineral das

- folhas e na produção da mexeriqueira-do-Rio. In: TROPICAL REGION-AMERICAN SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCE, Campinas, 1982. **Proceedings**. Campinas, Instituto Agronômico, 1982. p.137-40.
- FISHER, J. Treating blighted citrus trees. **Citrus industry**, Berkeley, **69**:29, 32, 39. 1988.
- FOY, C.D. Diferencial aluminium and manganese tolerance of plant species and varieties in acid soils. **Ciência e Cultura**, São Paulo, **28**(2):150-5, 1976.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review Plant Physiology**, Lancaster, **29**:511-6. 1978.
- GALLO, J.R. & RODRIGUES, O. Efeitos de algumas práticas de cultivo do solo, na nutrição mineral dos citros. **Bragantia**, Campinas, **19**:345-60, 1960.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; RODRIGUES, O. Correlação entre comparação das folhas, produção e tamanho dos frutos em laranjeira Baianinha. **Bragantia**, Campinas, **25**(7):77-85, 1966.
- GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUES, O.; FRAGA JUNIOR, C.G. Influência da variedade e do porta-enxerto na composição mineral das folhas de citros. **Bragantia**, Campinas, **19**:307- 18, 1960.
- GANDAR, P.W. & HUGHES, K.A. Kiwifruit root systems. 1.Root-length densities. **New Zealand Journal Exp. Agric.**Wellington, **16**:35-46, 1988.

- GIBRAN, C. Influência da aplicação de B, Mn e Zn na laranjeira "Pera". Jaboticabal, 1987. 67p. (Graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP).
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. ed. 9. Piracicaba, ESALQ, 1981. 430p.
- GOUBRAN, F.H., RICHARDS, D. The estimation of root length in samples and sub-samples. **Plant and Soil**, The Hague, **52**: 77-83, 1979.
- GRASSI FILHO, H. Níveis de cálcio e boro e suas interações, afetando o desenvolvimento do sistema radicular, a composição mineral e o vigor do limoeiro cravo [*Citrus limonia*, (L.), Osbeck], em condições controladas. Piracicaba, 1991. 92p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- GRASSI FILHO, H., PIERI, J.C., CRESTE, E.J., CRUZ, M.F.S., SLEIMAN, E.M. Efeito da calagem nos teores foliares de macronutrientes em limoeiro Tahiti (*Citrus latifolia*, Tanaka). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 3. **Resumos**. Jaboticabal, Fundunesp, 1991. p.81.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. **Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. 3.ed. Cordeirópolis, 1994. 27p.
- HARRIS, G.A. & CAMPBELL, G.S. Automated quantification of roots using a simple image analyzer. **Agronomy Journal**, Madison, **81**:935-8. 1989.

- HIROCE, R. Fatores que afetam a composição mineral de citros. In: TEÓFILO SOBRINHO, J. ed. **Planta cítrica**, Campinas, 1982. v.1, p.29-42.
- HIROCE, R.; FIGUEIREDO, J.O. de; POMPEU JÚNIOR, J.; MARTINS, A.L.M. Influência de 16 porta-enxertos na composição mineral das folhas de limoeiro 'Siciliano', *Citrus limon*, (L.) Burm. F. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., Brasília, 1986. **Anais**. Brasília, EMBRAPA/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1986. v.1, p.161-5.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley, USA, The College of Agriculture University of California, California Agricultura Experiment Station, 1950. 32p. (Circular 347).
- HUGHES, K.A. & GANDAR, P.W. Kiwifruity root systems. 2. Root weights. **New Zeland Journal Crop Horticulture Science**, Wellington 17:137-44, 1989.
- HUGHES, K.A. & GANDAR, P.W. Length densities occupancies and weights of apples roots systems. **Plant and Soil**, The Hague, 148:211-21, 1993.
- JONES, W.W.; MARTIN, J.P.; BITTERS, W.P. Influence of exchangeable sodium and potassium in the soil on the growth and composition of young lemon trees on different rootstocks. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, 69:189-96, 1957.

KIELY, T.B.; COX, J.E.; CRADOCK, F.W.; BARKUS, B. Nutrition studies of Valencia oranges. **The Agric. Gaz. of New South Wales**, 83(1): 20-2, 1972.

KOLESNIKOV, V. **The root system of fruit plants**. Moscow, Mir Publishers, 1971. 269p.

KOLLER, O.C. & BARRADAS, C.I.N. Efeito de quatro sistemas de adubação sobre a produção e o desenvolvimento vegetativo da laranja Valência-*Citrus sinensis*, L. Osbeck. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., Salvador, 1977. **Laranja**, Cordeirópolis, 1(1):96-7, 1980.a.

KOLLER, O.C. & BARRADAS, C.I.N. Efeito de quatro métodos de adubação sobre o crescimento, produção e teores foliares de P e K da laranja Valência-*Citrus sinensis*, L. Osbeck. Clone Velho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. **Laranja**, Cordeirópolis, 1(1):114-6, 1980.b.

KOO, R.C. A comparison of magnesium sources for citrus. **Soil and Crop Science Society of Florida. Proceedings**, Gainesville, 31:137-40, 1971.

LIMA, L.A.; MISCHAN, M.M.; SALIBE, A.A. Concentração de boro e enxofre em folhas de laranjeiras doces, determinadas por diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Campinas, 2(2):54-61, 1980.

- LIN, Z. & MYHRE, D.L. Differential response of citrus rootstocks to aluminium levels in nutrient solutions: II. Plant mineral concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, **14**(11), 1239-54, 1991.
- MALAVOLTA, E. Adubação e calagem em citros. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, Potafos, **27**:1-2, set., 1984.
- MALAVOLTA, E. & VIOLANTE NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros.**, Piracicaba, Potafos, 1989. 153p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas. princípios e aplicações**, Piracicaba, Potafos 1989. 208p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York, Academic Press, 1986. 674p.
- MARTIN, J.P. & PAGE, A.L. Influence of exchangeable Ca and Mg and percentage base saturation on growth of citrus plants. **Soil Science**, Baltimore, **107**:39-46, 1969
- McMINN, R.G. Characteristics of douglas-fir root systems. **Canadian Journal of Botanic**, Montreal, **41**:105-22, 1963.
- MEDINA URRATIA, V.M. & SEPULVIDA TORRES, J.L. Root distribution of six mexican lime rootstocks. *Proceedings of the Tropical Region*. **American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, **23**:81-4, 1986.

- MEDINA URRATIA, V.M.; ALCALDE BLANCO, S.; SADOWSKI, A. Analysis of the root distribution of eight rootstocks grafted with persian lime (*Citrus latifolia*, L.). **Agricultura Técnica en Mexico**, México, 6(1):67-76, 1980.
- MENDEL, K. Interrelation between tree performance and some virus disease. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGIST, 4., Florida, 1968. **Proceedings**. Gainesville, University of Florida, 1968. p.310-3.
- MENDEL, K. New concepts in stionic relations os citrus. In: INTERNATIONAL CITRUS SIMPOSIUM, Riverside, 1969. **Proceedings**. Riverside, University of California, 1969. p.387-90.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern, *International Potash Institute*, 1987. 655p.
- MIKHAIL, E.H. & EL-ZEFTAWI, B.W. Effect of soil types and rootstocks on root distribution and leaf composition of citrus trees. **Proceedings of International Society of Citriculture**, Sydnei, p.214-6, 1978.
- MIKHAIL, E.H. & EL-ZEFTAWI, B.W. Effect of soil types and rootstocks on root distribution, chemical composition of leaves and yield of Valencia orange. **Australian Journal of Soil Scientific Reserch**, Melbourne, 17(2):335-42, 1979.
- MONTENEGRO, M.W.S. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, 1960. 143p. (Catedra-Escoia Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).

MOREIRA, C.S.; MALAVOLTA, E.; RODRIGUES, O.; SANCHES, A.C.; KOO, R.C.J. **Nutrição e adubação dos citros**. 4.ed. Piracicaba, Instituto da Potatassa & do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1983. 122p. (Boletim Técnico, 5).

MOURÃO FILHO, F.A.A. Efeito de diferentes porta-enxertos no vigor e produtividade das plantas e nas concentrações de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira pera (*Citrus sinensis*, L., Osbeck). Botucatu, 1989. 189p.(Mestrado - Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP).

NEWMAN, E.I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal Application of Ecology**, Oxford, **3**:139-45, 1966.

NOORDWIJK, M. van; FLORIS, J.; JAGER, A. Sampling schemes for estimating root density distribution in cropped fields. **Netherlands Journal Agricultura Science**, Amsterdam, **33**:241-62, 1985.

OTTMAN, M.J.; TIMM, H. Measurement of viable plant roots with the image analyzing computer. **Agronomy Journal**, Madison, **76**:1021-4, 1984.

PACE, C.A.M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados. Rio de Janeiro, 1979. 81p. (Mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).

PACE, C.A.M. & ARAÚJO. C.M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados e sua relação com a formação de copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

FRUTICULTURA, 8., Brasília, 1986. **Anais**. Brasília, EMBRAPA/ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1986. v.1, p.199-205.

PALACIOS, J. **Citricultura moderna**. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1978. 409p.

PAN, W.L. & BOLTON, R.P. Root quantification by edge discrimination using a desktop scanner. **Agronomy Journal**, Madison, **83**:1047-52, 1991.

POMPEU JUNIOR, J. Estudo do comportamento de clones nucelares e velhos de laranja Hamlin (*Citrus sinensis*, L. Osbeck) em dois porta-enxertos. Piracicaba, 1972. 77p. (Doutorado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos para citros. In: RODRIGUES, O.& VIEGAS, F.P. coord. **Citricultura brasileira**, Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.1, cap. 11, p.281-96.

QUAGGIO, J.A. Calagem para citros. **Laranja**, Cordeirópolis, **6**:167-78, out. 1985

QUAGGIO, J.A. Respostas da laranja Valência (*Citrus sinensis*, L. Osbeck) sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia*, L. Osbeck) à calagem e ao equilíbrio de bases num Latossolo Vermelho escuro de textura argilosa. Piracicaba, 1991. 107p. (Doutorado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

QUAGGIO, J.A.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; DECHEN, A.R. Magnesium influences on fruits yield and quality of "Valencia" sweet orange on rangpur lime. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Acireale, 2:633-7, 1992.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e necessidade de calcário e fertilizantes para o Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, 37:13-31, 1985.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, A.J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (IAC - Boletim técnico, 81).

RAIJ, B.; SILVA, N.M. de; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JR.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1992. 107p. (IAC - Boletim Técnico, 100).

RICHARDS, D.; GOUBRAN, F.H.; GARWOLI, W.N. A machine for determining root length. **Plant and Soil**, The Hague, 52: 69-76, 1979.

RODRIGUES, O. Nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUES, O. & VIEGAS, F. **Citricultura Brasileira**, Campinas, Fundação Cargill, 1980. v. 2, p.287-341.

RODRIGUES, O.; IGUE, T.E.; ABRAMIDES, E. Influência de adubações orgânicas ou minerais nas covas de plantio, sobre as primeiras produções de laranjeira Natal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- FRUTICULTURA, 1., Campinas, 1971. **Anais**. Campinas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1971. p.313-22
- RODRIGUES, O.; INFORZATO, R.; TEÓFILO SOBRINHO, J. Estudo do sistema radicular de três porta-enxertos para citros em viveiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, 1(1):23-30, 1978.
- ROWSE, H.R. & PHILLIPS, D.A. An instrument for estimating the total length of root in a sample. **Journal Application of Ecology**, Oxford, 11:,309-14, 1974.
- SALIBE, A.A. **Cultura dos citros**. 3.ed. Recife, SUDENE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1974. 188p.
- SALIBE, A.A. Importância do porta-enxerto na citricultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE CITRICULTURA, 5., Rio de Janeiro, 1978. **Separata**. Rio de Janeiro, 1978. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO - Rio, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1978, 14p.
- SALIBE, A.A. & MOREIRA, C.S. Performance of lime as rootstocks for citrus in Brazil. In: INTERNATINAL CITRUS CONGRESS, 6., São Paulo, 1984. **Proceedings**. São Paulo, Inst. Society Citriculture, 1987. v.1, p.29-33.
- SCHENK, M.K. & BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**. Madison, 71(12):921-4, 1979.

- SMITH, P.F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N.F. ed., **Temperate to tropical fruit nutrition**. Somerset, Somerset Press, 1966. cap.7, p.174-207.
- SMITH, P.F. Hydrogen-ion toxicity on citrus. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, **96**:462-3, 1971.
- SPENCER, W.F. Effects of heavy application of phosphate and lime on nutrient uptake, growth, freezy injury, and root distribution of grapefruit trees. **Soil Science**, Baltimore, **89**:311-8, 1960.
- SPENCER, W.F. & KOO, R.E.J. Calcium deficiency in field grown citrus trees. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, **81**:102-208, 1962.
- SOUZA, M. & SOUZA, J.J. de. Adubação em *Citrus*. I. Influência da adubação fosfatada da cova associada à potássica, cálcica e orgânica no crescimento e produção da laranjeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA., 2., Viçosa, 1973. **Anais.**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Fruticultura, **2**:559-64, 1973.
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root lenth. **Journal Ecological**, London, **63**:995-1001. 1975.
- TEÓFILO SOBRINHO, J.; POMPEU JÚNIOR, J.; FIGUEIREDO, J.O. de; JACON, J.R.; BARBIN, D.; DEMÉTRIO, C.G.B. Porta-enxerto para laranja Pera, *Citrus sinensis* L. Osbeck. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., Brasília, 1986. **Anais**. Brasília, EMBRAPA/

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1986.
v.1, p.117-21.

VASCONCELLOS, L.A.B.C.; SIMÃO, S.; MALAVOLTA, E.; CARMELLO, Q.A.C.; PREZOTTO, M.E.M. Comportamento de porta-enxertos de citros (*Citrus SSP.*) em três tipos de solos com diferentes níveis de alumínio e manganês. **Laranja**, Cordeirópolis, **10(2):281-95**, 1989.

VITTI, G.C. Calagem e adubação de citros. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, POTAFOS, **48:1-3**, dez. 1989.

VIOLANTE NETTO, A.; RAIJ, B. van; BLASCO, E.E.A.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; QUAGGIO, J.A.; NEGRI, J.D. de; RODRIGUES, O.; BATAGLIA, O.C.; MALAVOLTA, E. **Recomendações de adubação e calagem para os citros no Estado de São Paulo**. Cordeirópolis, Estação Experimental de Limeira, 1988. 32p.

VOORHEES, W.B.; CARLSON, V.A.; HALLAUER, E.A. Root length measurement with a computer-controlled digital scanning microdensitometer. **Agronomy Journal**, Madison, **72:847-51**, 1980.

WALLIHAN, E.F. & GARDNER, M.J. Iron uptake by two citrus rootstocks species in relation to soil moisture and CaCO₃. **Agronomy Journal**, Madison, **60:50-2**, 1968.

WILHELM, W.W.; NORMAN, J.M.; NEWELL, R.L. Semiautomated x-y-plotter-based method for measuring root lengths. **Agronomy Journal**, Madison, **75**:149-152, jan-feb, 1983.

WUTSCHER, H.K. The influence of medium heterogeneity and three rootstocks on growth and nutrient level of greenhouse-grown "Valencia" orange trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Saint Joseph, **101**(2):235-9, 1982.

WUTSCHER, H.K. Comparison of soil, leaf and feeder root nutrient levels in the citrus Blight free and citrus Blight-affected areas of Hamlin orange grove. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, **99**:74-7, 1986.

WUTSCHER, H.K. Soil pH and extractable elements under Blight-affected and Healthy citrus trees on six Florida Soils. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, **114**:611-4. 1989.

WUTSCHER, H.K. & LEE, O. Soil pH and extractable mineral elements in and around isolate citrus Blight site. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, **101**:70-2, 1988.

ZANETTE, F. & COMEM, J.C. Estudo do sistema radicular das plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais**, Campinas, Fundação Cargill, p.395-403. 1992.

ZEKRI, M. Effects of PEG-induced water stress on two citrus cultivars.
Journal of Plant Nutrition, New York, **14**(1):59-74, 1991.