

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU**

**ALTERNATIVAS PARA A DIMINUIÇÃO DA ACIDIFICAÇÃO DO  
BULBO MOLHADO NA CULTURA DO CITROS**

**LETICIA CECILIA FORATTO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP

Novembro – 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU**

**ALTERNATIVAS PARA A DIMINUIÇÃO DA ACIDIFICAÇÃO DO  
BULBO MOLHADO NA CULTURA DO CITROS**

**LETICIA CECILIA FORATTO**

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Co-Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Thais Regina de Souza

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP

Novembro – 2012

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

Foratto, Leticia Cecilia, 1980-  
F692a Alternativas para a diminuição da acidificação do bulbo molhado na cultura do citros / Leticia Cecilia Foratto. - Botucatu : [s.n.], 2012  
xv, 89 f. : il. color., gráfs., tabs., fots.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012  
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas  
Co-orientador: Thais Regina de Souza  
Inclui bibliografia

1. Calcário. 2. Citrícos. 3. Fertilizantes ácidos.  
4. Fertirrigação. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Souza, Thais Regina de. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

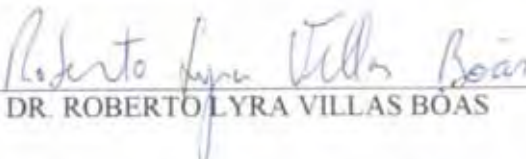
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ALTERNATIVAS PARA A DIMINUIÇÃO DA ACIDIFICAÇÃO DO  
BULBO MOLHADO NA CULTURA DO CITROS"

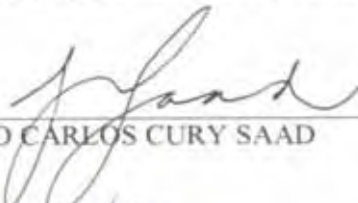
ALUNA: LETICIA CECILIA FORATTO

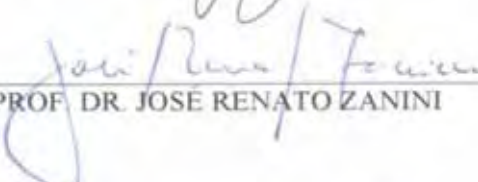
ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÓAS  
CO-ORIENTADORA: Dra THAIS REGINA DE SOUZA

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÓAS

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

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

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOSÉ RENATO ZANINI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOSÉ EDUARDO CRESTE

Data da Realização: 13 de novembro de 2012.

Ando devagar  
Porque já tive pressa  
E levo esse sorriso  
Porque já chorei demais

Hoje me sinto mais forte,  
Mais feliz, quem sabe,  
Só levo a certeza  
De que muito pouco sei,  
Ou nada sei

Conhecer as manhas  
E as manhãs  
O sabor das massas  
E das maçãs

É preciso amor  
Para poder pulsar  
É preciso paz pra poder sorrir  
É preciso a chuva para florir

Penso que cumprir a vida  
Seja simplesmente  
Compreender a marchar,  
E ir tocando em frente

Como um velho boiadeiro  
Levando a boiada  
Eu vou tocando os dias  
Pela longa estrada, eu vou  
Estrada eu sou

Conhecer as manhas  
E as manhãs  
O sabor das massas  
E das maçãs

É preciso amor  
Para poder pulsar  
É preciso paz pra poder sorrir  
É preciso a chuva para florir

Todo mundo ama um dia,  
Todo mundo chora  
Um dia a gente chega  
E no outro vai embora

Cada um de nós compõe a sua história  
Cada ser em si  
Carrega o dom de ser capaz  
E ser feliz

Conhecer as manhas  
E as manhãs  
O sabor das massas  
E das maçãs

É preciso amor  
Para poder pulsar  
É preciso paz pra poder sorrir  
É preciso a chuva para florir

Ando devagar  
Porque já tive pressa  
E levo esse sorriso  
Porque já chorei demais

Cada um de nós compõe a sua história  
Cada ser em si  
Carrega o dom de ser capaz  
E ser feliz...

Almir Sater e Renato Teixeira

*Aos meus pais, Ismael e Cecília, aos meus irmãos Ismael e  
Roseli, à minha cunhada Ediana e ao meu sobrinho,  
Bernardo, pelo carinho, amor, dedicação e apoio durante  
a realização deste trabalho.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e a minha família que incondicionalmente esteve ao meu lado durante todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pela orientação, apoio e dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa.

A pesquisadora Dr<sup>a</sup>. Thais Regina de Souza, pela orientação, amizade, apoio e dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores, Dr. José Renato Zanini, Dr. José Eduardo Creste, Dr. João Carlos Cury Saad, Dr. Dirceu Maximino Fernandes pelas contribuições a este trabalho.

A Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), ao Departamento de Recursos Naturais (Ciência do Solo e ao Departamento de Engenharia Rural, pela estrutura, disponibilidade de funcionários para o desenvolvimento das pesquisas, em especial: Emerson, José Carlos, Sr. Di Pieri e Gilberto.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado concedida.

A Empresa Citrovita Votorantim/Agroindústria, por ceder a área, materiais e funcionários para a realização do experimento, em especial aos amigos da Fazenda Emu: Marcos, Raphael, Reginaldo, Ismaile, Amarildo, Laura e Edvanda, pela amizade, apoio, convívio e atenção durante a realização do projeto.

A Empresa Petroisa Irrigação, em nome do Eng. Agr. Dr. Luiz Andrade que doou os injetores venturi utilizados neste experimento.

Aos incansáveis amigos, Diogenes e Thomas, pelo apoio, companheirismo, e dedicação na realização deste projeto.

A todos os colegas de pós-graduação em especial: Livia Sancinetti, Camila Abrahão, Camila Pescatori, Regina Marques (Perê), Ana Cristina (Daninha), Rosângela, Lilian, Luciana (Lanterninha), Débora (Malagueta), Aline Sandim, Géssica, Thalita (Sorriso), Angélica, Rigléia e Livia Losi, pela amizade, pelos conselhos, pelos bons momentos vividos nestes últimos anos.

As amigas, Ana Paula Menegasso, D. Ivani, Anelise Salinas e Tatiana Antevere, pelo carinho, conselhos, amizade.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xiv
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 REAÇÕES QUÍMICAS DOS SOLOS BRASILEIROS.....	3
2.1.1 Origem da acidez em solos tropicais.....	3
2.1.2 Acidez.....	4
2.1.3 Disponibilidade dos nutrientes e o pH do solo.....	5
2.2 FERTIRRIGAÇÃO – A influência no pH da solução do solo.....	6
2.2.1 Fertirrigação nitrogenada.....	7
2.2.2 Fertirrigação fosfatada.....	8
2.2.3 Salinidade.....	9
2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO.....	10
2.3.1 A calagem.....	10
2.3.2 Distribuidores de fertilizantes e corretivos – adubadora/calciadora.....	12
2.4 MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO DO SOLO.....	13
2.5 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO.....	15
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	17
3.2 DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	18
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
3.4 ADUBAÇÃO E PARCELAMENTO NUTRICIONAL.....	19
3.4.1 Macronutrientes (N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O).....	19
3.4.2 Corretivos da acidez do solo e NCa+MAP para a adubação.....	20
3.4.3 Micronutrientes.....	21
3.5 MANUTENÇÃO DO EXPERIMENTO.....	21
3.6 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA.....	21
3.7 MANEJO E SISTEMA DE IRRIGAÇÃO/FERTIRRIGAÇÃO.....	22
3.8 O SISTEMA DE IRRIGAÇÃO/FERTIRRIGAÇÃO.....	23
3.9 AVALIAÇÕES REALIZADAS DURANTE O EXPERIMENTO	25
3.9.1 Análise da solução do solo (pH, condutividade elétrica, concentração de cálcio e magnésio).....	25
3.9.2 Uniformidade do sistema de irrigação.....	26
3.9.3 Análise do solo e análise foliar.....	26
3.9.4 Avaliação das aplicações realizadas pela calciadora e pela barra de herbicida..	27
3.9.5 Avaliação da produtividade.....	28
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 DISTRIBUIÇÃO DE APLICAÇÃO DOS CORRETIVOS.....	29
4.1.1 Aplicação do corretivo na forma sólida (calcário).....	29
4.1.2 Parte insolúvel da cal hidratada aplicada via barra de herbicida – 4 e sistema de fertirrigação – 5.....	35



4.2 SOLUÇÃO DO SOLO.....	40
4.2.1 pH.....	40
Safra 2010/2011.....	40
Safra 2011/2012.....	42
4.2.2 Condutividade elétrica (CE).....	46
Safra 2010/2011.....	46
Safra 2011/2012.....	48
4.2.3 Teores de cálcio e magnésio.....	51
Cálcio .....	51
Safra 2010/2011.....	51
Safra 2011/2012.....	53
Magnésio.....	55
Safra 2010/2011.....	55
Safra 2011/2012.....	57
4.3 UNIFORMIDADE DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO (CUC e CUD).....	60
4.4 ANÁLISE DO SOLO.....	63
Safra 2010/2011.....	63
Safra 2011/2012.....	67
4.5 ANÁLISE FOLIAR.....	71
Safra 2010/2011.....	71
Safra 2011/2012.....	73
4.6 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE.....	75
Safra 2009/2010.....	76
Safra 2010/2011.....	76
Safra 2011/2012.....	77
V. CONCLUSÃO.....	79
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Precipitação ocorrida no período de realização do experimento, safra 2010/2011 e 2011/2012.....	22
FIGURA 2.	Temperaturas máximas, média e mínima observadas durante o período das safras 2010/2011 e 2011/2012.....	22
FIGURA 3.	Conjunto motobomba instalado para atendimento da necessidade de irrigação do projeto (A). Vista geral do cabeçal de controle com os injetores Venturi ¾” (B).....	24
FIGURA 4.	Esboço do sistema de irrigação e da disposição das laranjeiras no campo..	
FIGURA 5.	Conjunto caixa d’água + agitador (A). Agitação da cal que fica em suspensão (B).....	24
FIGURA 6.	Peagâmetro (A) e condutivímetro (B) portáteis.....	25
FIGURA 7.	Esboço da metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975). Adaptado por Silva & Silva (2005).....	27
FIGURA 8.	Esboço das aplicações realizadas pelo conjunto mecanizado nos tratamentos 2, 3 e 4.....	27
FIGURA 9.	Distribuição das caixas plásticas de modo perpendicular à linha de irrigação.....	28
FIGURA 10.	Distribuição de calcário no tratamento 2 (faixa de 1,4 m). SAFRA 2010/2011.....	30
FIGURA 11.	Faixa de aplicação do tratamento 2, copa abaixo da linha de plantio (A) e detalhe da altura do camalhão (B).....	31
FIGURA 12.	Distribuição de calcário no tratamento 2 (faixa de 1,4 m). SAFRA 2011/2012.....	32
FIGURA 13.	Distribuição de calcário no tratamento 3 (faixa de 2,8 m). SAFRA 2010/2011.....	33
FIGURA 14.	Distribuição de calcário no tratamento 3 (faixa de 2,8 m). SAFRA 2011/2012.....	34
FIGURA 15.	Conjunto trator + barra de herbicida (A). Detalhe do tubo PVC ¾” que foi acoplado a barra para aplicação da calda de cal (B).....	36
FIGURA 16.	Distribuição de cal hidratada via barra de herbicida (4). SAFRA 2010/2011.....	37
FIGURA 17.	Deposição de cal hidratada no filtro do reservatório da barra de herbicida (A). Decantação de cal hidratada após a aplicação do tratamento (4) dentro do tanque de herbicida (B).....	37
FIGURA 18.	Distribuição de cal hidratada via barra de herbicida (4). SAFRA 2011/2012.....	38
FIGURA 19.	Decantação de cal na mangueira de sucção (A). Deposição de cal hidratada no injetor tipo Venturi (B).....	39
FIGURA 20.	Registro demontado para a limpeza, decantação de cal.....	39

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Tratamentos empregados no experimento.....	18
TABELA 2.	Parcelamento dos fertilizantes no decorrer da safra 2010/2011 e 2011/2012 de acordo com a demanda das plantas cítricas.....	19
TABELA 3.	Quantidade de material requerido por tratamento.....	20
TABELA 4.	Caracterização dos materiais corretivos utilizados no experimento.....	20
TABELA 5.	Resultado de análise de textura do solo.....	23
TABELA 6.	Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 1,4 m (2). SAFRA 2010/2011.....	30
TABELA 7.	Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 1,4 m (2). SAFRA 2011/2012.....	31
TABELA 8.	Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 2,8 m (3). SAFRA 2010/2012.....	33
TABELA 9.	Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 2,8 m (3). SAFRA 2011/2012.....	34
TABELA 10.	Peso seco médio das 12 aplicações de cal hidratada via barra de herbicida. SAFRA 2010/2011.....	36
TABELA 11.	Peso seco médio das 8 aplicações de cal hidratada via barra de herbicida. SAFRA 2011/2012.....	38
TABELA 12.	Valores de pH a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.....	41
TABELA 13.	Valores de pH a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de setembro de 2011 a maio de 2012. SAFRA 2011/2012.....	43
TABELA 14.	Valores de condutividade elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.....	47
TABELA 15.	Valores de condutividade elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de setembro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2011/2012.....	50
TABELA 16.	Valores de cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.....	52
TABELA 17.	Valores de cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de setembro de 2011 a maio de 2012. SAFRA 2011/2012.....	54
TABELA 18.	Valores de magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.....	56
TABELA 19.	Valores de magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de setembro de 2011 a maio de 2012. SAFRA 2011/2012.....	59
TABELA 20.	Valores (%) dos coeficientes de uniformidade (Christiansen – CUC e Distribuição – CUD). SAFRA 2010/2011.....	61

TABELA 21.	Valores (%) dos coeficientes de uniformidade (Christiansen – CUC e Distribuição – CUD). SAFRA 2011/2012.....	62
TABELA 22.	Resultado da análise de solo nas profundidades 0-20; 20-40; 40-60 cm em abril de 2010. SAFRA 2009/2010.....	64
TABELA 23.	Resultado da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60 cm em dezembro de 2010. SAFRA 2010/2011.....	65
TABELA 24.	Resultado da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60 cm em abril de 2011. SAFRA 2010/2011.....	66
TABELA 25.	Resultado de análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60 cm em dezembro de 2011. SAFRA 2011/2012.....	69
TABELA 26.	Resultado de análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60 cm em abril de 2012. SAFRA 2011/2012.....	70
TABELA 27.	Resultado da análise foliar para os meses de abril/2010 (safra 2009/2010) e dezembro/2010 e abril/2011 (safra 2010/2011).....	72
TABELA 28.	Resultado da análise foliar para os meses de dezembro/2011 e abril/2012 (safra 2011/2012).....	74
TABELA 29.	Valores de produção obtidos nas safras 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.....	75

**TÍTULO: ALTERNATIVAS PARA A DIMINUIÇÃO DA ACIDIFICAÇÃO DO BULBO MOLHADO NA CULTURA DO CITROS.** Botucatu, 2012. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrômicas. Universidade Estadual Paulista.

**Autora:** Leticia Cecilia Foratto

**Orientador:** Roberto Lyra Villas Bôas

**Co-orientadora:** Thais Regina de Souza

### **RESUMO**

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, sendo o estado de São Paulo, responsável por aproximadamente 85% da produção. Nos últimos anos, a citricultura nacional vem adotando o sistema de irrigação localizada que tem contribuído para o aumento de produtividade, bem como, a utilização crescente da fertirrigação. Entretanto, a característica ácida conferida aos fertilizantes solúveis comumente utilizados na fertirrigação, associados à forma de aplicação (irrigação localizada) e a característica dos solos brasileiros que, naturalmente são ácidos, promovem rápida acidificação da solução do solo, atingindo valores de pH prejudiciais ao desenvolvimento da cultura. Portanto, neste experimento foi proposto o estudo de alternativas para diminuir a acidez do solo causada pela adoção da técnica de fertirrigação na citricultura, monitorando a reação da solução do solo com o auxílio de extratores de solução. O experimento foi conduzido em Reginópolis/SP/Brasil, durante duas safras e em laranjeiras Hamlin sobre porta enxerto citrumelo Swingle. Os tratamentos consistiram de dois materiais corretivos e fontes de fertilizantes de caráter básico: 1 – controle (sem material corretivo); 2 – calcário aplicado em faixa de 1,40 m; 3 – calcário aplicado em faixa de 2,80 m; 4 – cal hidratada aplicada em faixa de 1,50 m com barra de herbicida; 5 – cal hidratada via sistema de fertirrigação e 6 – fontes de fertilizantes com caráter básico via sistema de fertirrigação (nitrato de cálcio+MAP). Para monitorar a reação do solo foi avaliada mensalmente a solução do solo e as análises de solo e folhas foram feitas duas vezes ao ano, para determinar, respectivamente, a fertilidade do solo e o estado nutricional da cultura. A uniformidade de aplicação de água e fertilizantes foi verificada mensalmente devido à aplicação de cal hidratada via sistema de fertirrigação (5). No período final de cada safra foi

quantificada a produção. Os resultados observados em ambas as safras mostram diferenciação entre os tratamentos, ocorrendo a redução da acidez do solo causado pelo uso de adubos ácidos concentrados na região do bulbo molhado (sistema radicular das laranjeiras); o tratamento 6 e o 5 constituíram-se nas melhores opções para a diminuição da acidificação via fertirrigação. Já a distribuição de corretivos na forma sólida (calcário) pode ter a interferência de elementos acessórios do próprio conjunto mecanizado, das condições de plantio (camalhão) e da idade das plantas cítricas (copa) durante a aplicação. Os meses de maior precipitação podem ocorrer maior potencial de lixiviação de nutrientes. Não foi detectado entupimento do sistema de irrigação para a dose de cal hidratada utilizada ( $7 \text{ g L}^{-1}$  – solução estoque), sendo o sistema de irrigação classificado como excelente para os coeficientes de uniformidade observados (CUC – Christiansen e CUD – Distribuição). Detectou-se a elevação do pH, V% e das bases (K, Ca e Mg), a redução dos teores de Al, H+Al e os maiores valores de produtividade em ambas as safras tanto para o nitrato de cálcio + MAP (6) quanto para a cal hidratada (5).

**PALAVRAS-CHAVE:** calcário, citros, fertirrigação, fertilizantes ácidos.

**ALTERNATIVES TO DECREASE ACIDIFICATION IN THE WET BULB IN CITRUS.** Botucatu, 2012. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrômicas. Universidade Estadual Paulista.

Author: Leticia Cecilia Foratto

Adviser: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-adviser: Thais Regina de Souza

### **SUMMARY**

The Brazil is the largest producer of orange, and the state of São Paulo, which accounts for 85% of production. In recent years, the national citriculture is adopting the irrigation system that has contributed to increased productivity, as well as the increasing use of fertigation. However, given the characteristic acid soluble fertilizers commonly used in fertigation, associated with the form of application (drip irrigation) and the characteristic of the Brazilian soils that are naturally acidic, promote rapid acidification of soil solution, reaching values of pH affects the development of culture. Therefore, this experiment was proposed to study alternatives to reduce soil acidity caused by the adoption of fertigation technique in citrus, monitoring the reaction of the soil solution with the aid of solution extractors. The experiment was conducted in Reginópolis / SP / Brazil, during two growing seasons and an orange orchard variety Hamlin on the rootstock Swingle citrumelo. The treatments consisted of two corrective materials and fertilizer sources of basic character: 1 – control (without correction material); 2 – lime applied in the range fo 1.40 m; 3 – lime applied in the range of 2.80 m; 4 – hydrated lime applied in the range of 1.50 m with herbicide bar; 5 – hydrated lime via fertigation system and 6 – alternative sources of fertilizers through fertigation system. To monitor the soil reaction was evaluated monthly soil solution and analysis of soil and leaves were made twice a year to determine the nutritional status of the culture. The uniformity of water application and fertilizer was checked monthly due to the application of hydrated lime via fertigation system (5). In the final period of each crop production was quantified. The results observed in both seasons show differentiation between treatments occurring reducing soil acidity caused by the of fertilizers in the region acids concentrated in the wet bulb; treatment constituted 6 and 5 on the best options for reducing

acidification fertigation. The distribution of lime in solid form (limestone) may have interference from ancillary elements own set of mechanized planting conditions (ridge) and the age of citrus trees (canopy) during application. The months with the highest rainfall may occur greatest potential for leaching of nutrients. Not detected clogging of the irrigation system for the dose of hydrated lime used ( $7 \text{ g L}^{-1}$  – stock solution), and the irrigation system rated as excellent for the observed uniformity coefficient (CUC – Christiansen and CUD – Distribution). It turned out the pH increased, V% and bases (K, Ca and Mg), the reduction of the levels of Al, H+Al and greatest yields in both seasons for both calcium nitrate+MAP (6) as for hydrated lime (5).

**Keywords:** limestone, citrus, fertigation, fertilizers acids.



## **I. INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor de laranja, respondendo por aproximadamente 85% do mercado mundial e por mais de 60% da produção de suco de laranja. O estado de São Paulo contribui com 53% da produção mundial de suco. A cadeia produtiva da laranja gera, aproximadamente, 190 milhões de reais em impostos, 670 milhões de reais em massa salarial e 230 mil postos de trabalho diretos e indiretos (NEVES et al., 2010).

O cenário nacional da cadeia citrícola tem sofrido muitas mudanças, dentre elas, o crescente aumento das áreas de produção irrigadas devido ao incremento na produtividade e também à necessidade de adoção de porta-enxertos resistentes ao ataque de patógenos, porém pouco resistentes à seca.

O sistema de irrigação localizada tem sido adotado em larga escala pela citricultura paulista (SILVA et al., 2006), permitindo aos citricultores melhor aproveitamento do investimento na utilização da técnica da fertirrigação (adubos fornecidos via sistema de irrigação), atualmente considerada importante ferramenta para a agricultura irrigada.

De acordo com Coelho (1994), a fertirrigação têm três países de surgimento (Itália, EUA e Israel); nestes países há predominância de solos com características alcalinas, denominados solos calcários, entretanto, os adubos utilizados normalmente são solúveis em água e com alto poder de acidificação das soluções. Nestas regiões não há relatos de grandes problemas com a acidificação, pois a grande maioria das plantas necessita de valores de pH entre 5,5 a 6,5 (faixa de máxima disponibilidade de nutrientes); é nessa faixa que se observa o pleno desenvolvimento vegetal indicando que em solos alcalinos a acidificação pode ser benéfica aos sistemas de cultivos.

A adoção da técnica no Brasil, em especial, pela citricultura brasileira, passou a gerar grandes problemas devido às características ácidas dos nossos solos. A fertirrigação em pomares cítricos é feita principalmente por meio de irrigação localizada, fato que potencializa a acidificação do solo (ácido por natureza) devido à aplicação de fertilizantes de caráter ácido em uma área restrita.

A fertirrigação em pomares cítricos tem promovido a redução do pH abaixo dos valores de máxima disponibilidade dos nutrientes.

Além da redução da disponibilidade dos nutrientes, os valores de pH reduzidos promovem a diminuição do crescimento radicular das plantas cítricas. Em condições de pH abaixo de 3,5 podem ser observados sintomas decorrentes de alterações enzimáticas e respiratórias, podendo ou não ser letais (JONES & EMBLETON, 1973).

Os fertilizantes utilizados na fertirrigação concentram-se no bulbo molhado (local onde é observada a acidificação), sendo que a correção (calagem) é dificultada pela copa da planta, que forma uma barreira aos grânulos de calcário lançados pela calcariadora. Unindo-se o problema de acidificação causado pelos adubos e a desuniformidade de aplicação dos materiais corretivos sólidos, ao longo das últimas safras, foi observado incremento na acidez e, conseqüentemente, redução na produtividade de pomares comerciais que culminou na restrição ao uso da técnica pelos citricultores.

Diante da necessidade de soluções para a correção da acidez do solo em pomares cítricos fertirrigados, neste trabalho objetivou-se estudar alternativas para a correção da acidez do solo nestas condições.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 REAÇÕES QUÍMICAS DOS SOLOS BRASILEIROS

#### 2.1.1 Origem da acidez em solos tropicais

O Brasil é um país continental e possui extensas áreas cultiváveis. Essas áreas apresentam desde a sua formação características ácidas, favorecidas por processos pedogenéticos de formação dos solos, como a remoção de bases trocáveis K, Ca, Mg (LOPES, 1996), teores tóxicos de Al, baixa capacidade de troca de cátions e baixos níveis de matéria orgânica (GOEDERT, 1987), ou devido ao intenso uso de adubos ácidos e sua elevada concentração na rizosfera (SOUZA et al., 2009); ou, de acordo como Lopes (1996), outro fator que pode contribuir para a remoção das bases (Ca, Mg, K) é quando o material de origem é pobre em bases.

A remoção das bases adsorvidas no complexo coloidal para a solução do solo ocorre devido à presença de  $H^+$ . As quantidades de  $H^+$  indicada por valores pH abaixo de 7,0 podem ocorrer devido a dois mecanismos principais (SPOSITO 1989): o primeiro é suprimento contínuo de íons  $H^+$ , originados principalmente da dissociação de ácidos carbônicos que são formados pela dissolução do  $CO_2$  do ar e do solo (equação 1):



O segundo mecanismo é a entrada de ácido carbônico pelas águas das chuvas, porém para solos com pH abaixo de 5,2 estas reações tornam-se inexpressivas (SILVA et al., 2006; LOPES, 1996). Entretanto, a ocorrência do empobrecimento progressivo de cátions do solo devido ao deslocamento para a solução, poderá expor esses cátions à água de percolação através do perfil do solo e, conseqüentemente, não havendo a reposição dessas bases, espera-se que ocorra a acumulação progressiva de  $H^+$  (HELYAR, 2003).

### 2.1.2 Acidez

Considerando-se o equilíbrio estabelecido entre as fases líquida e sólida dos solos, as definições para ácidos e bases de Arrhenius, em 1884 e de Brønsted-Lowry, em 1923 são adequadas à química dos solos, ou seja, ácidos são substâncias que em solução aquosa liberam íons  $H^+$  na solução (equação 2) enquanto que bases são substâncias cuja dissociação liberam íons  $OH^-$ , equação 3:



Alguns ácidos são chamados de fortes e, em solução aquosa, dissociam-se totalmente. Já os ácidos fracos dissociam-se muito pouco em comparação com os ácidos fortes, ocorrendo concentrações muito baixas dos íons  $H^+$  nas soluções dificultando sua representação em decimais. Portanto, para expressar o valor de  $H^+$  nas soluções utiliza-se o pH (potencial hidrogeniônico) da solução do solo, equação 4 (LOPES et. al., 1991):

$$pH = -\log [H^+]^{-1} = -\log (1/[H^+]) \quad (4)$$

Souza et al. 2007, citam exemplos de ácidos fracos que são provenientes da matéria orgânica do solo e que compreendem substâncias como ácidos carboxílicos ( $pH < 6$ ) e grupos fenólicos e alcoólicos ( $pH < 7$ ) que contribuem para o aumento da acidificação da solução solo.

Andrade (2012), Bardiviesso (2012) e Souza (2010) observaram que o uso de fontes amoniacais incrementaram a redução dos valores de pH da solução do solo ao longo da safra de laranja, chegando a níveis prejudiciais ao seu desenvolvimento (JONES & EMBLETON, 1973). Zanini et al., 2007 e Foratto et al., 2007, observaram o mesmo efeito acidificante quando utilizaram ácido fosfórico para a fertirrigação.

O  $\text{Al}^{3+}$ , de acordo com Meurer (2007), é considerado o elemento mais fitotóxico às plantas e, a sua hidrólise (equação 5) libera íons  $\text{H}^+$  para a solução do solo, constituindo mais um fator contribuinte para a acidificação do solo (LOPES et al., 1991) na região da rizosfera. Isto, normalmente acontece porque a  $\text{H}_2\text{O}$  tem maior capacidade de recepção dos íons  $\text{H}^+$  (SOUZA et al., 2007).



### 2.1.3 Disponibilidade dos nutrientes e o pH do solo

A disponibilidade dos nutrientes na solução do solo em função dos valores de pH é vastamente estudada por diversos autores. Arnold e Johnson em trabalho clássico citado por Malavolta (1985), ressaltam a importância das faixas de pH ideais para o desenvolvimento adequado das plantas, a pH 3 ocorreu redução da absorção de macronutrientes, devido a competição com o  $\text{H}^+$  e, em alguns casos, perdas de P, K e Mg que já haviam sido absorvidos. A pH 9, ocorreu redução significativa na absorção do P enquanto que a pH 4, o Ca estimulou a absorção de K, aparentemente, reduzindo a competição com o  $\text{H}^+$ ; o desenvolvimento ideal das plantas só foi observado com valores de pH ao redor de 6.

A atividade dos íons  $\text{H}^+$  interfere na atividade dos demais nutrientes do solo, em especial, os micronutrientes, que em concentrações mais elevadas podem ser tóxicos às plantas. Normalmente, observa-se aumento nas concentrações de Fe, Cu, Mn e Zn à medida que os valores de pH diminuem (MALAVOLTA, 2006).

Há mais de meio século, os institutos de pesquisas têm observado nas culturas da laranja e do algodão as relações diretas entre V% e produtividade, enquanto que essa relação passa a ser inversa quando a relação se estabelece entre os valores de  $\text{H}^+$  e a produtividade. (FIDASKI & AULER (2008); MALAVOLTA, 2006).

A acidez dos solos é reconhecida como um dos principais fatores de baixa produtividade das culturas, que é determinada, frequentemente, pela toxidez de Al e Mn. Para algumas espécies soma-se a isso baixos teores de Ca e Mg e redução da disponibilidade de outros nutrientes (QUAGGIO et al., 1991) como função do efeito do pH reduzido. A grande dificuldade de correção da acidez em profundidade para os sistemas tradicionais esta na baixa mobilidade dos íons carbonatos no solo (RAIJ, 1991).

Outro fator que deve ser considerado quando se trata das relações entre a disponibilidade dos nutrientes e o pH do solo refere-se as alterações de cargas ocorridas em função da alteração do pH. Relembrando da mineralogia, solos altamente intemperizados como os encontrados nas regiões tropicais, apresentam minerais com caráter anfótero cujas cargas são dependentes de pH, ou seja, podem apresentar tanto carga positiva (CTA) como negativa (CTC) (ERNANI et al., 2001).

Quando ocorre o aumento do pH do solo, a grande probabilidade é de que as cargas negativas predominem no complexo de troca, fazendo com que o Ca e Mg fique retido e com isso o ânion acompanhante ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) reage com  $\text{H}^+$ . Desta forma, ocorrerá a redução das concentrações de  $\text{H}^+$  na solução do solo, permitindo a redução do efeito ácido.

## **2.2 FERTIRRIGAÇÃO – A influência no pH da solução do solo**

A fertirrigação surgiu nos países do mediterrâneo cujo clima é temperado e onde ocorre predomínio de solos originários de rocha calcária (OLITTA, 1978), resultando em valores de pH da solução do solo acima de 7. A adoção da fertirrigação com o resultado de acidificação da solução do solo é considerada benéfica aos sistemas de produção nessa região. Portanto, nessas condições, se considerarmos a faixa ideal de pH da solução do solo para máxima disponibilidade dos nutrientes às plantas, valores entre 5,5 e 6,5 (MALAVOLTA, 1981), a adoção da técnica pelos países do mediterrâneo não prejudicaria a absorção desses nutrientes, e sim, promoveria o melhor desenvolvimento das culturas, incrementando a produtividade e a qualidade do produto (BAR-YOSEF, 1999). Entretanto, no Brasil é possível observar que grande parte dos cinturões agrícolas encontram-se em solos com pH abaixo de 7, isto é, ácidos. Isso se deve aos processos naturais de formação desses solos.

Observações experimentais realizadas de abril de 2002 a abril de 2005, na cultura do citros, apresentaram os menores valores de pH da solução do solo nos tratamentos fertirrigados em comparação aos tratamentos com adubação sólida (SOUZA et.al., 2006), indicando o grande poder de acidificação observado na adoção da técnica que restringe os adubos, normalmente solúveis e, de caráter ácido, a uma porção do solo muito menor do que quando se compara com a aplicação sólida cujo os adubos são distribuídos em área maior (VILLAS BÔAS et al., 1999).

### 2.2.1 Fertirrigação nitrogenada

Nos últimos anos, a fertirrigação nitrogenada tem adotado diferentes fontes de nitrogênio: nitrato de cálcio, uréia, nitrato de amônio e sulfato de amônio que ao reagirem no solo modificaram as propriedades químicas e o pH (COSTA, 2005), bem como, ao longo do tempo, resultam em condições pouco satisfatórias ao desenvolvimento, podendo chegar à queda drástica da produtividade das culturas (COSER et al., 2006).

Haynes (1990) estudou as fontes amídicas utilizadas na fertirrigação observando-se o efeito intenso da acidificação dessas fontes, salvo as características de cada uma e sua concentração dentro do bulbo molhado. Ainda de acordo com o autor, o nitrato de amônio apresentou efeito acidificante mais intenso nas camadas superficiais do solo até 10 cm enquanto que a uréia foi distribuída mais uniformemente dentro do bulbo proporcionando acidificação tanto em profundidade como em expansão lateral.

Duenhas et al., 2002, observaram que as fontes de NPK associadas a irrigação interferem no pH da solução do solo, pois além das reações ácidas das fontes de adubos amídicas e amoniacais, também podem ocorrer a lixiviação das bases que contribui para a redução do V%, que poderá refletir diretamente na produtividade. Entretanto, Fidalski & Auler (2008) e Almeida & Baumgartner (2002) relatam que durante o acompanhamento das safras de laranja, só foi possível observar diferenças de produtividade nos cultivos após o terceiro ou quarto ano, indicando que a planta acumula nutrientes em órgãos de reserva e, portanto, no início de períodos de baixa disponibilidade nutricional, os nutrientes acumulados suprem a necessidade inicial da planta.

O efeito ácido ou básico desses fertilizantes, em especial os nitrogenados, deve-se à natureza química dos componentes, sendo capazes de doarem ou receberem elétrons; também, leva-se em consideração as reações resultantes em função da solução do solo e absorção dos íons pelas raízes das plantas (VILLAS BÔAS et al., 1999).

Fontes de amônio utilizadas em sistema de gotejamento em comparação com adubação sólida em pomares de pêssego no suldoeste americano (EDWARDS et al., 1982) e citros no centro-oeste paulista (SOUZA et al., 2006) demonstraram redução intensa nos valores de pH da solução do solo nos tratamentos fertirrigados.

Diversos estudos apontam a ocorrência do efeito ácido em adubação convencional nas culturas da cevada e do coco, sendo o mesmo condicionado ao aumento gradual das doses (COSER et al., 2006). Já o sistema fertirrigado, o uso de nitrato de amônio e a baixa aeração que ocorre dentro do bulbo molhado prejudicam à ação das bactérias responsáveis pelas reações de nitrificação que transformariam o amônio em nitrato, forma preferencial de absorção pelas plantas (EDWARDS et al., 1982). Essa reação, a princípio, promove a redução do pH da solução do solo, entretanto, a medida que o nitrato é absorvido, a planta exsuda íons  $\text{OH}^-$  para a solução do solo a fim de manter o equilíbrio eletrônico. Uma vez excretado o  $\text{OH}^-$  para a solução do solo, este reagirá com os íons  $\text{H}^+$ , formando água que tem pH 7,0, isto quer dizer, neutro (MALAVOLTA, 2006; MEURER, 2007), em outras palavras, Marschner (1991) explica que o suprimento de nitrato de cálcio, causa a baixa taxa de expressão de  $\text{H}^+$  e alta taxa de liberação de  $\text{OH}^-$  ou  $\text{HCO}_3^-$ , que promovem a alcalinização do meio, enquanto que o excesso de amônio provoca o efeito inverso (ENGELS & MARSCHNER, 1995).

Haynes & Swift (1987) compararam diferentes fontes de nitrogênio tendo sido observado que o sulfato de amônio e a uréia promoveram acidificação da solução do solo logo abaixo do emissor, com redução dos teores de cálcio, magnésio e potássio e incremento nos teores de alumínio trocável, ferro, manganês e cobre. Os mesmos autores, ainda observaram que ocorreu maior acidificação em profundidade utilizando como fonte de nitrogênio, sulfato de amônio.

Nas culturas perenes como café e o citros, tem-se observado grande efeito do caráter ácido dos adubos, sendo detectado, em sistemas irrigados, valores de pH da solução do solo abaixo dos níveis adequados para o desenvolvimento das culturas. Isso, por sua vez, vem a caracterizar um novo entrave nos sistemas fertirrigados, devido à ausência de mobilização do solo para incorporação de material corretivo em profundidade considerando a baixa mobilidade dos carbonatos no perfil do solo (ERNANI et al., 2001; RAIJ, 1991).

### **2.2.2 Fertirrigação fosfatada**

O movimento do fósforo no solo é muito pequeno e difere conforme a textura (GUSTAFSON, 1974), o pH do fertilizante aplicado (PAPADOPOULOS, 1999) e o pH da solução do solo (ARGO & BIERNBAUN, 1996). A movimentação desse íon no solo



dá-se, principalmente, por difusão, ou seja, regiões de maiores concentrações desse nutriente para regiões de menores concentrações de acordo com a saturação dos sítios de fixação dos mesmos. Os mecanismos de fluxo de massa e interceptação radicular pouco contribuem para que haja o contato íon-raiz (SCIVITARO et al., 1994).

A fertirrigação por gotejamento contribui para o aumento da distribuição de fósforo no solo, pois provoca maior concentração em faixa estreita, saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação. A textura, a taxa de aplicação e a quantidade de água aplicada são as variáveis que mais afetam seu movimento no solo (VILLAS BÔAS et al., 2002; ZANINI et al., 2007).

O ácido fosfórico é muito utilizado como fertilizante, pois tem a vantagem de reduzir o pH da água, reduzindo o risco de precipitação de carboidratos e entupimentos dos emissores, além de ser indicado para o gotejamento subterrâneo, evitando a intrusão de raízes nos gotejadores (SILVA & MAROUELLI, 2001). Este também é encontrado no comércio por valores mais acessíveis do que outras fontes de fósforo, como o MAP, por exemplo.

### **2.2.3 Salinidade**

A salinização dos solos se confunde com o processo de formação geomorfológica, uma vez que são responsáveis pela presença de sais em excesso ou não nas soluções de diversos solos existentes. Portanto, naturalmente, a problemática da salinização está associada à irrigação, drenagem deficiente e à presença desses sais em águas sub-superficiais (DIAS, 2004). Entretanto, em cultivos fertirrigados, onde ocorre a concentração de sais na região do bulbo molhado (VILLAS BÔAS et al., 1999), o acompanhamento da evolução dessas concentrações faz-se necessário para que os cultivos não fiquem expostos ao chamado estresse osmótico que poderá levar as plantas a redução da capacidade produtiva (OLIVEIRA, 1997; SILVA, 2002).

De acordo com Silva (2002), os mais altos índices salinos são observados em cultivos fertirrigados e sob ambiente protegidos (estufas) com a utilização de fontes de N e K concentradas na região do bulbo molhado (LORENZ & MAYNARD, 1988), diferentemente do que foi observado em cultivos de campo onde a influência da precipitação permite o controle dos níveis de sais dos solos como foi observado por Andrade (2012) e

Bardivieso (2012), cujos valores de condutividade elétrica para a dose recomendada (QUAGGIO et al., 2005) ficaram abaixo do limiar, aproximadamente  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$  tolerado pela cultura da laranja (MAAS, 1993).

Em trabalho realizado por Souza et al. (2012) foi observado relação direta entre a redução de pH à medida em que aumentaram as doses de fertilizantes e a condutividade elétrica da solução do solo; este fato, possivelmente esta relacionado com as reações ácidas dos adubos adotados para o experimento e, também, com a redução na absorção de nutrientes, permitindo, assim, que os mesmos permanecessem em maior quantidade na solução do solo. Para os valores mais elevados de condutividade elétrica (aproximadamente  $1 \text{ dS m}^{-1}$ ) correspondiam aos menores valores de pH (aproximadamente 3,5).

De acordo com Pires et al. (2005), valores acima de  $3 \text{ dS m}^{-1}$  para condutividade elétrica no solo podem causar efeitos negativos no desenvolvimento e produção de plantas cítricas. Além disso, o controle do pH e da condutividade elétrica garantem maximização da disponibilidade dos nutrientes e a produtividade dos pomares comerciais fertirrigados.

## **2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

### **2.3.1 A calagem**

A calagem tem como principais objetivos: eliminação da acidez dos solos e fornecimento de cálcio e magnésio para as plantas. O cálcio é responsável pelo estímulo do desenvolvimento do sistema radicular melhorando a exploração de água e dos nutrientes do solo, auxiliando as plantas na tolerância à seca entre outros efeitos positivos (AULER et al., 2011; NATALE et al, 2007; SANTIAGO & ROSSETTO, 2007).

De acordo Alcarde (2005), a baixa solubilidade dos materiais corretivos ( $\text{CaCO}_3$ :  $0,014 \text{ g L}^{-1}$ ;  $\text{MgCO}_3$ :  $0,1 \text{ g L}^{-1}$ ;  $\text{Ca(OH)}_2$ :  $1,85 \text{ g L}^{-1}$ ;  $\text{Mg(OH)}_2$ :  $0,009 \text{ g L}^{-1}$ ) interfere na eficiência das reações de neutralizações dos materiais corretivos que por sua vez relacionam-se diretamente com a umidade e no contato do corretivo com o solo, sendo que o contato está relacionado com a moagem e a incorporação do corretivo ao solo.

De acordo com Quaggio (2000), a baixa solubilidade e a lenta movimentação dos corretivos ao longo do perfil do solo podem contribuir para que ocorra o aumento acidificação sobre a região do bulbo molhado para os cultivos perenes fertirrigados.

Entretanto, a incorporação desse material corretivo só é permitida precedendo o plantio das mudas, visto que, as mesmas permanecerão longo período explorando a mesma porção de solo; após a instalação do pomar, a incorporação trará grandes prejuízos ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (NATALE et al., 2007) e, ao longo do tempo, tem sido observado por diversos autores a ocorrência de acidificação do bulbo molhado conjuntamente com a queda da produtividade dos pomares comerciais fertirrigados.

O resultado da aplicação de material corretivo permite observar a correlação direta entre o pH e a saturação de bases (V%), pois os carbonatos de cálcio e magnésio, além de reagirem neutralizando o efeito dos hidrogênio, promovem a precipitação do Al, fornecendo Ca e Mg que contribuem para o aumento do V% (FIDALKI & AULER, 2008; SILVA et al., 2007) e, ao mesmo tempo, também é observado o incremento na produtividade (AULER et al. 2008; BAR-YOSEF, 1999; MALAVOLTA, 2006).

De acordo com Auler et al. (2011) e Caires et al. (2000), é possível ainda, observar outros benefícios promovidos pela adoção da calagem, como: aumento da disponibilidade de fósforo (pH ideal 6,5), já que ocorre a diminuição dos sítios de fixação desse elemento; contribuição para a redução da disponibilidade do alumínio e manganês através da formação de hidróxidos, que não são absorvidos; aumento da mineralização da matéria orgânica com consequente elevação da disponibilidade de nutrientes e favorecimento e da fixação biológica de nitrogênio (SANTIAGO & ROSSETO, 2007).

A movimentação do material corretivo no solo é baixa e pôde ser observada por Caires et al. (2000) e Pearson et al. (1992), que salientaram a mobilidade das partículas do material corretivo através dos canais formados no solo pela decomposição de raízes mortas. Associando-se esse fato a adoção da irrigação, era esperado que elevação do pH ocorresse em profundidade, bem como a distribuição do Ca e Mg (Natale et al., 2007).

Outras explicações para o carregamento dos materiais corretivos ao longo do perfil do solo são destacadas por Harter & Naidu (1995) e Aoyama (1996), que relatam a ocorrência de reações entre os ácidos orgânicos ( $RO^-$  e  $RCOO^-$ ) de alta solubilidade e as bases (Ca e Mg) e que são facilmente carregados a profundidades subsuperficiais do perfil do solo (PAVINATO & ROSOLEM, 2008; FRANCHINI et al., 2003). Já Oliveira e Pavan (1996) e Blevins et al. (1997), supõem a formação de sais solúveis no solo, como por exemplo,

nitrato de cálcio, que percolam ao longo do perfil do solo de acordo com o movimento da água.

Para que ocorra a reação dos corretivos no solo é necessário o contato entre as partículas e as fontes de acidez. Normalmente, esse resultado apresenta um efeito adequado, garantindo o aproveitamento tanto da água quanto dos nutrientes (DEMATTE & VITTI, 1992). Entretanto, têm sido relatados que os resultados após a calagem para esse método têm apresentado resultados inferiores ao esperado (Quaggio et al. 2000).

Tescaro (1998) relata que esses valores inferiores podem estar relacionados com o potencial de cargas dependentes de pH existentes para os minerais de argila 1:1 e dos óxidos de ferro e alumínio (WUTKE, 1972) que são característicos de solos mais intemperizados e permitem que o deslocamento da reação de equilíbrio da solubilização de novos minerais no solo devido a formação de hidróxidos pouco solúveis.

### **2.3.2 Distribuidores de fertilizantes e corretivos – adubadora/calciadora**

Denomina-se *Distribuidor de fertilizantes e corretivos*, máquinas capazes de promoverem a distribuição de adubos e/ou fertilizantes em superfície e/ou sub-superfície em conjunto ou não com a semeadura (MIALHE, 1996).

Esses equipamentos são os que apresentam sistema de distribuição por força centrífuga, sendo providos de 2 rotores (discos) horizontais com aletas, fixas ou móveis, para o lançamento radial de produtos sólidos (FARRET, 2005). O seu funcionamento consiste em transferir a energia cinética gerada na tomada de potência (TDP) do trator onde se encontra acoplada a carreta com o reservatório. A TDP transfere a energia para os discos que por sua vez, transferirão essa energia às partículas do produto que irão desenvolver uma trajetória balística até alcançarem o solo (MIALHE, 1996). Equipamentos mais novos apresentam defletores aerodinâmicos, que permitem o direcionamento das partículas aplicadas em faixas (FARRET, 2005). As vantagens da adoção da calciadora ocorrem devido à fácil manutenção, economia e alto rendimento quanto à aplicação de fertilizantes, corretivos e, em alguns casos, na semeadura a lanço (SOUZA, 1984). Embora sejam consideradas máquinas simples, baratas e que promoveram a revolução na adubação mineral (MÁRQUEZ, 2004), faz-se de suma importância manter a atenção às desvantagens de utilização desse equipamento que poderão acarretar em desuniformidade superior a 20% ao longo das faixas de deposição do

material sólido (SOUZA, 1984). Portanto, a dificuldade de regulagem, a grande desuniformidade das características físicas dos produtos utilizados e as condições de trabalho, sejam a conservação do equipamento ou as condições em que a cultura esta instalada no campo, interferem na qualidade do trabalho desenvolvido pelo equipamento e, conseqüentemente nas condições ideais de desenvolvimento das culturas.

Outro ponto importante e que deve ser ressaltado é quanto à massa dos produtos a ser aplicados, quanto mais leves forem às partículas, como é o caso das sementes, menor será a faixa de aplicação, enquanto que, a massa maior das partículas permitiria aplicação de faixas maiores, como ocorre com a distribuição de alguns corretivos mais grosseiros (FARRET, 2005).

## **2.4 MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO DO SOLO**

A crescente adoção da irrigação pela agricultura contemporânea fez surgir a necessidade de novos equipamentos que auxiliassem o manejo da irrigação e da fertirrigação, quando necessário.

O extrator de solução do solo é um equipamento composto por cápsula porosa na extremidade inferior colada ao tubo de 'PVC' com um ou dois tubos de saídas na extremidade superior para a retirada do ar que se encontra dentro do extrator, bem como da solução do solo que penetrará à cápsula ficando retida dentro do extrator. O vácuo necessário para a absorção da solução do solo é dado com o auxílio de uma bomba de vácuo manual, elétrica ou seringa (SALOMÃO, 2009).

Em sistemas irrigados, do incremento na adoção do uso de fertilizantes, caracterizado pela fertirrigação, fez-se necessário o monitoramento mais frequente das reações resultantes da solução do solo, pois a aplicação de adubos solúveis torna as reações do solo mais rápidas do que no sistema convencional. Isso, pode ser observado, principalmente, através do pH da solução do solo, que em sistemas fertirrigados promovem a acidificação da solução do solo em um único ciclo da cultura (VILLAS BÔAS et al., 1999; ZANINI et al., 2007).

Em sistemas de gotejamento é possível observar a formação dos bulbos molhados onde se encontram grandes concentrações de adubos solúveis utilizados na fertirrigação. Respeitando-se as características de caminhamento de cada elemento, através

dos extratores de solução do solo, é possível acompanhar as frequentes mudanças na disponibilidade dos elementos às plantas (FONSECA, et al., 2009), possibilitando adequar às quantidades a serem aplicadas, evitando-se assim, excesso ou déficit de nutriente que implicará em resultados como a economia e produtividade de cultivos comerciais (VILLAS BÔAS et al. 1999). A sua instalação é simples, com auxílio de um trado de rosca perfura-se o solo até a profundidade desejada, normalmente, utilizam-se 2 extratores em duas profundidades diferentes, sendo considerado, para a maioria dos cultivos, a profundidade máxima de 60 cm; isto porque é a profundidade efetiva da maioria dos sistemas radiculares dos cultivos (SANCHES, 2008).

As coletas sugeridas por Salomão (2009) que estudou tempo de vácuo após a fertirrigação, tempo de coleta após o vácuo e o posicionamento dos extratores dentro do bulbo molhado resultando na recomendação de tempos mínimos de coleta após a fertirrigação e coleta de solução do solo após o vácuo, de 4 e 2 horas, respectivamente. Quanto ao posicionamento dos extratores, a profundidade ideal é a de 30 cm, entretanto para caminhamento lateral dos elementos como o N, até 25 cm e, para os elementos P e K, até 15 cm da linha de gotejo.

Associado ao uso do extrator de solução do solo, que permite rápida amostragem da solução do solo (SALOMÃO, 2009), diversas empresas têm desenvolvido aparelhos portáteis para a leitura de pH, condutividade elétrica, e quantificação dos elementos  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ . Fato esse, que torna o manejo da fertirrigação mais precisa, pois permite rápidas correções na fertilização dos cultivos e, é menos oneroso ao produtor, já que amostragens de solo são caras e demoradas (FONSECA et al., 2009).

Através do uso de extratores de solução do solo, também foi possível observar a sensibilidade da técnica quando utilizada em pomar comercial de citros, mostrando a praticidade e eficiência dos resultados. A partir do aumento das dosagens de NPK, também ocorreu o aumento da condutividade elétrica do solo, bem como a disposição dos macronutrientes ( $\text{N-NO}_3^-$ , P, e K), e dos micronutrientes (Mn, B e Zn), entretanto, esses últimos também influenciados pelo pH da solução do solo que sofreu significativa redução durante o cultivo de citros (SOUZA, 2010).

## 2.5. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO

A principal função do sistema de irrigação é o fornecimento de água às culturas, e quando o fornecimento ocorre de modo desuniforme podem ocorrer perdas consideráveis de produtividade, e conseqüentemente, resultam em redução da rentabilidade do produtor (FORTES et al., 2009). É esperado que para um sistema perfeitamente uniforme todas as plantas recebam a mesma quantidade de água, porém isso não implicará que a demanda hídrica esteja sendo suprida.

Existem dois coeficientes que podem ser utilizados para a análise da uniformidade: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), sendo o primeiro mais utilizado para as determinações de uniformidade do sistema de irrigação (BERNARDO, 2008).

Estudos comparativos (SILVA & SILVA, 2005) entre ambas as metodologias revelam que a metodologia desenvolvida por Denículi (1980), que avalia 32 gotejadores, é mais precisa do que a metodologia de Keller & Karmeli (1975), que avalia 16 gotejadores. Entretanto, o primeiro método é recomendado para linhas laterais com comprimentos superiores a 100 m, a fim de se obter resultados mais representativos quanto à distribuição de água e, principalmente, quando se utiliza o CUD (FERNANDES et al., 2012).

É através da coleta das vazões dos emissores ao longo da linha de gotejadores que se determinam ambos os coeficientes (SOUZA et al., 2005). Para tanto, a variação nas vazões ao longo da linha de gotejo são ocasionadas devido às perdas de cargas ao longo do tubo e das inserções dos emissores, dos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade dos materiais empregados na montagem do sistema, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento (HOWELL & HILLER, 1974 e GOMES, 1999).

Para os sistemas fertirrigados, essa técnica é a garantia de que a área cultivada receberá, aproximadamente, a mesma quantidade da solução nutritiva aplicada. Recomenda-se que essa avaliação seja realizada frequentemente (FORTES et al., 2009) pois assim, ficará mais fácil reconhecer problemas pontuais de entupimentos dos gotejadores que pode ocorrer devido à causas físicas (areia, silte, argila), biológicas (bactérias e algas) ou químicas (deposição mineral) (PITTS et al., 1990).

Para a não ocorrência de entupimento dos gotejadores é necessário que se adotem manutenções preventivas e corretivas. O uso do ácido fosfórico tem a vantagem de reduzir o pH da água, reduzindo o risco de precipitação de carbonatos presentes na água que podem entupir os emissores, além das vantagens do seu uso como fertilizantes (SILVA & MAROUELLI, 2001).

Tanto para a metodologia de Keller e Karmeli (1975) quanto para Denículi (1980) são aceitos a variação de 10% nos coeficientes de uniformidade, sendo que nesta faixa são classificados como excelente, entretanto, abaixo de 80%, a variação é classificada de razoável a insatisfatório, fazendo-se necessário a manutenção ou substituição das linhas de gotejo (ASAE, 1997).

O entupimento químico é causado por precipitações de sais de cálcio e magnésio, ferro ou manganês. As incrustações formadas obstruem parcial ou totalmente a passagem da água pelo emissor, sendo que o motivo das precipitações esta relacionado com a concentração desses sais, o pH e a temperatura da água de irrigação (PITTS et al., 1990).

As concentrações de sais utilizadas nas fertirrigações, normalmente, não contribuem para o entupimento, porém a compatibilidade dos fertilizantes utilizados na fertirrigação deverá ser respeitada (LANDIS et al., 1989), pois há fertilizantes que quando misturados reagem formando precipitados que prejudicam a aplicação e o bom funcionamento dos equipamentos de irrigação (FORTES et al., 2009).



### **III. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O projeto foi instalado na Fazenda Emu, pertencente à Empresa Citrovita-Votorantim/Agroindústria, localizada no município de Reginópolis, estado de São Paulo, à latitude de 21° 49' 45" e à longitude de 49° 08' 27" e altitude de 460 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima é tipo Cwa, clima mesotérmico tropical de altitude, com inverno seco.

A definição da área de instalação do projeto ocorreu em reunião com a empresa Citrovita, que detectou o problema de acidificação do bulbo molhado nas fazendas que utilizam a técnica da fertirrigação. Nesta área encontravam-se laranjeiras da variedade copa Hamlin sobre porta-enxerto citrumelo Swingle, com sete anos de idade e espaçamento de plantio de 7 x 4 m. O ensaio começou a ser instalado em 2009 e os dados apresentados são referentes às safras 2010/2011 e 2011/2012, com início em outubro de 2010 e término em julho de 2012. No local do ensaio o solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de acordo com metodologia sugerida por Santos et al., 2006.

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos consistiram de diferentes alternativas para a correção da acidez do solo, considerando dois materiais corretivos (calcário -  $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$  e cal hidratada -  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) e uma fonte nitrogenada de caráter básico (nitrato de cálcio -  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) associada ao uso de MAP. Também foram definidas formas de aplicação destes materiais no pomar. As doses de  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$  para todos os tratamentos foram iguais.

Foram estabelecidos os seguintes tratamentos (Tabela 1):

T1 – sem correção da acidez do solo;

T2 – correção por calcário aplicado em faixa de 1,40 m com calcariadora;

T3 – correção por calcário aplicado em faixa de 2,80 m com calcariadora;

T4 – correção por cal hidratada aplicada em faixa de 1,5 m com barra de herbicida;

T5 – correção por aplicação de cal hidratada via sistema de irrigação;

T6 – aplicação de nitrato de cálcio e MAP purificado via sistema de irrigação.

Todos os tratamentos, exceto o tratamento 6, receberam como fonte de nitrogênio e fósforo, nitrato de amônio e ácido fosfórico, respectivamente, aplicados via irrigação. A fonte de potássio em todos os tratamentos foi o cloreto de potássio branco também aplicado via sistema de irrigação.

**TABELA 1.** Tratamentos empregados no experimento.

Variáveis	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Fertilizantes	NA+AcP +KCl	NA+AcP +KCl	NA+ AcP +KCl	NA+AcP +KCl	NA+AcP +KCl	NCa+MAP +KCl
Mat. Corretivo		calcário	calcário	cal hidratada	cal hidratada	
Método/Equipamento	irrigação	Sólido	sólido	barra herbicida	irrigação	irrigação
Largura de aplicação	0,8 m	1,4 m	2,8 m	1,5 m	0,8 m	0,8 m

NA - nitrato de amônio; AcP - ácido fosfórico; KCl - cloreto de potássio; NCa - nitrato de cálcio; MAP - fosfato monoamônio.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Após a definição da área do projeto e dos tratamentos, a área foi estaqueada para a demarcação das parcelas, que foram constituídas por três linhas com 10 plantas sendo consideradas úteis para a avaliação as oito plantas da linha central, totalizando 30 plantas por parcela. A bordadura foi constituída pelas duas linhas laterais e pelas plantas

localizadas na extremidade das parcelas, evitando-se assim possíveis contaminações, principalmente em função dos tratamentos que utilizaram calcariadora para a distribuição do material corretivo. O experimento ocupava uma área de aproximadamente 1,5 ha e o delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado com três repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA – teste de F a 5% e 1%) e aos estudos de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade), com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

### 3.4 ADUBAÇÃO E PARCELAMENTO NUTRICIONAL

#### 3.4.1 Macronutrientes (N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O)

O parcelamento dos nutrientes foi feito com o intuito de sincronizar as aplicações de adubos a demanda das plantas, nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura (Tabela 2). Em vista de atrasos nas entregas de alguns materiais, na safra 2010/2011, a fertirrigação teve início em 18 de outubro de 2010, com término no final de abril de 2011. Na safra 2011/2012 a fertirrigação foi realizada de setembro de 2011 a abril de 2012.

**TABELA 2.** Parcelamento dos fertilizantes no decorrer da safra 2010/2011 e 2011/2012 de acordo com a demanda das plantas cítricas.

Fertilizantes	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	Abr
	----- (%) -----							
<b>Safra 2010/2011</b>								
<b>NA, NCa e K</b>	-	25	10	10	10	10	10	25
<b>AcP e MAP</b>	-	50	30	20				
<b>Safra 2011/2012</b>								
<b>NA, NCa e K</b>	12,5	12,5	10	10	10	10	10	25
<b>AcP e MAP</b>	50	30	20					

NA - nitrato de amônio; AcP - ácido fosfórico; KCl - cloreto de potássio; NCa - nitrato de cálcio; MAP - fosfato monoamônio.

As doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em cada safra foram definidas de acordo com as análises de solo e folha, e considerando a produtividade esperada de 40 t ha<sup>-1</sup> ou 2,8 cx planta<sup>-1</sup> (QUAGGIO et al., 2005). Para a safra 2010/2011, a quantidade requerida de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foi de 160, 25 e 80 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e na safra 2011/2012 os valores foram de

160, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup>. A dose para cada safra foi aplicada somente via sistema de irrigação de acordo com o parcelamento apresentado na Tabela 2.

### 3.4.2 Corretivos da acidez do solo e nitrato de cálcio+MAP

As quantidades de materiais corretivos empregadas (calcário e cal hidratada) podem ser observadas na Tabela 3. O cálculo foi realizado tendo como base a elevação da saturação por bases a 70% e de acordo com a necessidade média das parcelas que compunham o tratamento, por isso as doses apresentadas na Tabela 3 são diferentes. O nitrato de cálcio + MAP foram calculadas de acordo com a necessidade média das parcelas para nitrogênio e fósforo.

Na safra 2010/2011 a dose foi calculada em função dos resultados da análise do solo (0-20 cm) realizadas em abril de 2010 e na safra 2011/2012 a quantidade foi determinada de acordo com os resultados obtidos em abril de 2011. Os materiais corretivos foram analisados de acordo com Brasil (2007), anteriormente às aplicações (Tabela 4).

**TABELA 3.** Quantidade de material requerido por tratamento.

Corretivos/Fontes	Tratamentos - Safra 2010/2011						Tratamentos - Safra 2011/2012					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>Calcário</b> (t ha <sup>-1</sup> )	***	2,4	1,5	***	***	***	***	0,6	0,9	***	***	***
<b>Cal hidratada</b> (t ha <sup>-1</sup> )	***	***	***	1,0	1,2	***	***	***	***	0,6	0,2	***
<b>Nitrato de</b> <b>Calcio/MAP</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	***	***	***	***	***	160 /25	***	***	***	***	***	160/50

\*\*\* tratamentos que não receberam o material correspondente

**TABELA 4.** Caracterização dos materiais corretivos utilizados no experimento.

Corretivos	CaO (%)	MgO(%)	PRNT (%)
	<b>Safra 2010/2011</b>		
<b>Cal hidratada</b>	31	23	110
<b>Calcário</b>	24	16	72
	<b>Safra 2011/2012</b>		
<b>Cal hidratada</b>	31	24	110
<b>Calcário</b>	27	17	70

O nitrato de cálcio era constituído de 14,4% de N-nítrico, 1,1% de N-amoniacal e 19% de Ca hidrossolúvel de acordo com as informações fornecidas pelo fabricante.

As fertirrigações foram realizadas semanalmente, respeitando-se as proporções mensais calculadas para cada tratamento (Tabela 2). O período de estresse, momento em que as plantas não recebem água e nutrientes para a indução floral, teve início, aproximadamente, no meio do mês maio com término no final de agosto de cada safra.

### **3.4.3 Micronutrientes**

Para as safras 2010/2011 e 2011/2012, não houve recomendação de aplicações de micronutrientes devido aos altos valores médios encontrados nos resultados das análises de solo e folha, realizados no início e durante o experimento. Entretanto, a fazenda realizou aplicações com fontes que continham Cu, Zn, Mn em área total no início da florada.

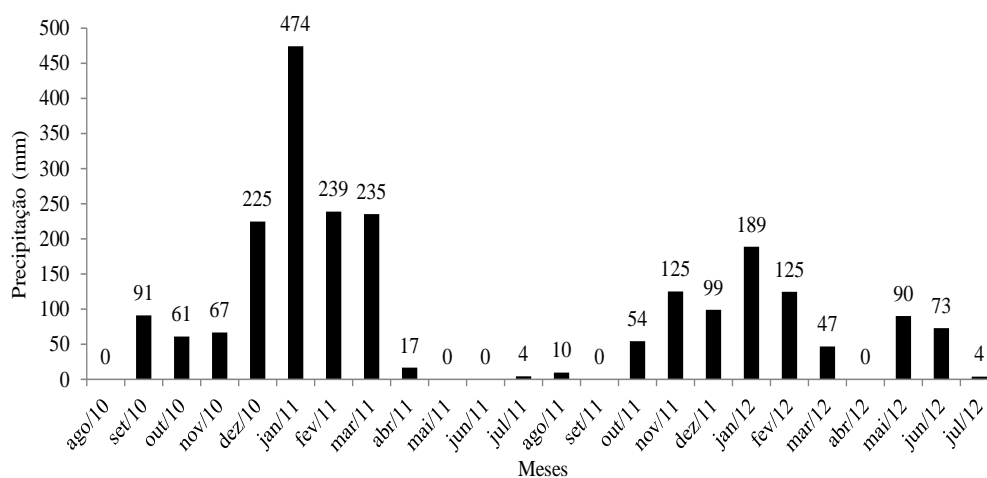
## **3.5 MANUTENÇÃO DO EXPERIMENTO**

As operações de manutenção do experimento, como roçada, inspeção e aplicações de produtos fitossanitários, foram realizadas pela empresa Citrovida – Votorantim/Agroindústria.

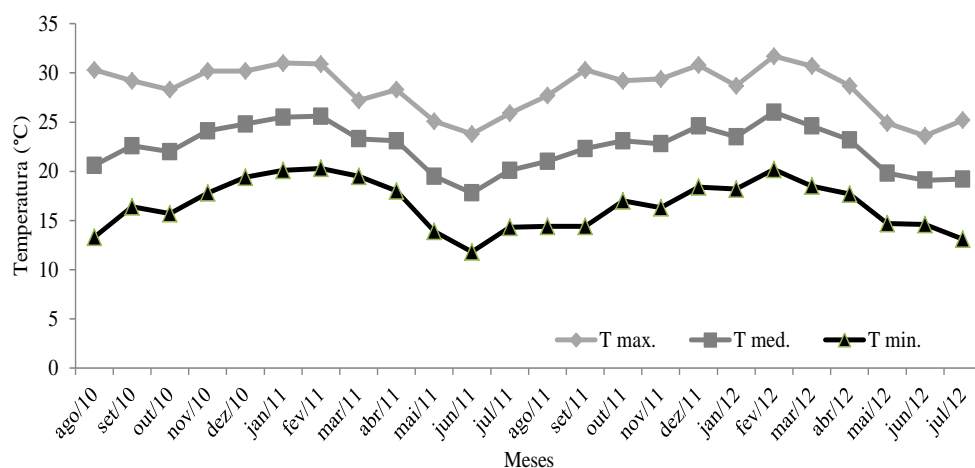
## **3.6 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA**

Na Figura 1, observa-se o período de precipitação ocorrido para as safras 2010/2011 (ago/10 a jul/11) e 2011/2012 (ago/11 a jul/12) ocorridos na fazenda durante a execução do experimento. Estes dados foram obtidos a partir das leituras dos pluviômetros instalados na fazenda.

Os dados de temperaturas máximas, mínimas e médias mensais observadas neste período encontram-se dispostos na Figura 2 e foram obtidos a partir dos dados observados pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (UNESP), localizado na cidade de Bauru, próxima à cidade de Reginópolis (local do experimento).



**FIGURA 1.** Precipitação ocorrida no período de realização do experimento, safra 2010/2011 e 2011/2012.



**FIGURA 2.** Temperaturas máxima, média e mínima observadas durante o período das safras 2010/2011 e 2011/2012.

### 3.7 MANEJO E SISTEMA DE IRRIGAÇÃO/FERTIRRIGAÇÃO

O manejo da irrigação foi realizado com o auxílio de tensiômetros de 30, 60 e 90 cm de profundidade. As leituras eram realizadas pela manhã e os dados

transferidos para uma planilha construída com base nas informações sobre a curva característica de retenção de água do solo (equação 6):

$$\Theta_a = \Theta_r + \{(\Theta_s - \Theta_r) / [1 + (\alpha / \Psi_m)^n]^m\} \quad (6)$$

Onde:

$\Theta_a$  = umidade atual ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ );

$\Theta_r$  = umidade residual ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )

$\Theta_s$  = umidade de saturação ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ );

$\Psi_m$  = potencial matricial (cca);

$\alpha$ ,  $m$  e  $n$  = coeficientes gerados pelo modelo.

Para a identificação da textura do solo (Tabela 5) foram coletadas amostras de solo em quatro camadas (0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 e 60 - 80 cm) que foram homogeneizadas dando origem a uma amostra composta que representa a área experimental. De acordo com resultado da análise granulométrica, seguiu-se a metodologia proposta por Camargo et al. (1986) para a obtenção da curva característica do solo que, posteriormente, foi ajustada para o modelo proposto por Van Genuchten (1980).

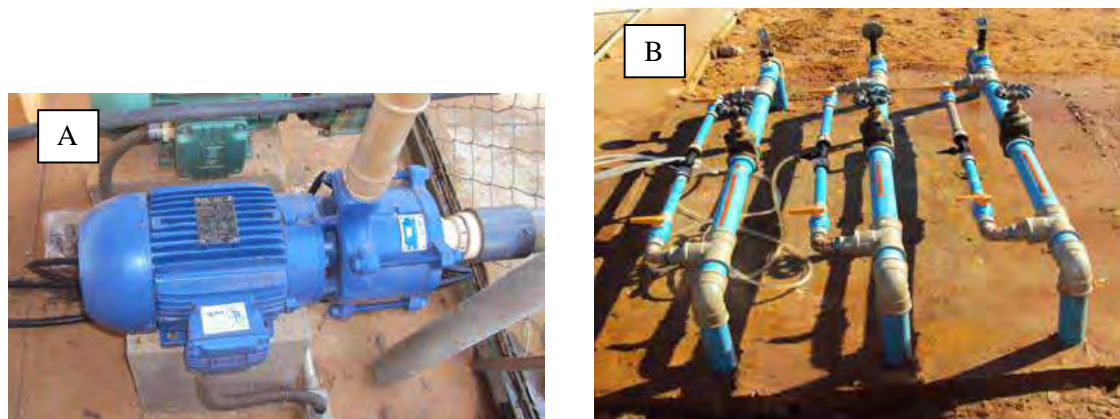
**TABELA 5.** Resultado de análise de textura do solo.

Profundidade (cm)	Areia Total	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila	Textura do solo
0 - 20	819	50	131	Arenosa
21 - 40	826	49	125	Arenosa
41 - 60	801	53	146	Arenosa
61 - 80	746	48	206	Média

### 3.8 O SISTEMA DE IRRIGAÇÃO/FERTIRRIGAÇÃO

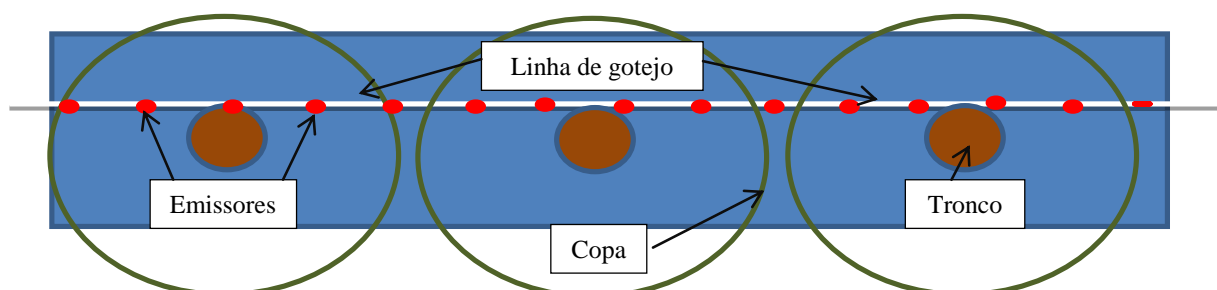
O sistema de irrigação utilizado no projeto foi montado pelos técnicos da Citrovia - Votorantim/Agroindústria. O conjunto motobomba (Figura 3A) atendia a vazão de  $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e altura manométrica de 80 mca. A injeção dos fertilizantes foi realizada através de injetores tipo ‘venturi  $\frac{3}{4}$ ” (Figura 3B) sendo utilizados 3 injetores para que não houvesse contaminação entre os tratamentos: um injetor para a cal hidratada, um para o NCa+MAP

(nitrato de cálcio e MAP) e outro que atendia aos tratamentos 1, 2, 3 e 4, uma vez que, os mesmos recebiam via fertirrigação, nitrato de amônio, ácido fosfórico e cloreto de potássio.



**FIGURA 3.** Conjunto motobomba instalado para atendimento da necessidade de irrigação do projeto (A). Vista geral do cabeçal de controle com os injetores Venturi  $\frac{3}{4}$ " (B).

As linhas de gotejo foram instaladas paralelamente à linha de plantio (Figura 4) e ao lado do tronco das árvores. Os emissores autocompensantes são tipo RAM (Netafim), com vazão de  $2,3 \text{ L h}^{-1}$  e espaçamento entre emissores de 0,6 m. O bulbo úmido formado atingiu aproximadamente 0,8 m de largura de faixa molhada.



**FIGURA 4.** Esboço do sistema de irrigação e da disposição das laranjeiras no campo.

Para o tratamento 5, que utilizava a cal hidratada como material corretivo via fertirrigação, utilizou-se uma caixa d'água de 1000 L (Figura 5A) com um sistema de agitação que era composto por um motor trifásico de 1 cv e 3500 rpm (Figura 5B), preso a uma estrutura metálica. No eixo deste motor foi acoplada uma haste de aproximadamente 1 m de comprimento com hélices de 5 cm de comprimento na extremidade inferior. Neste tratamento (5) a cal foi injetada em suspensão no sistema.





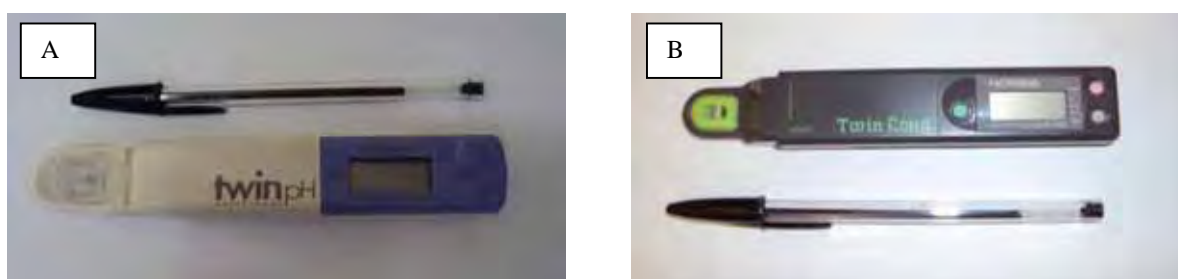
**FIGURA 5.** Conjunto caixa d'água + agitador (A). Agitação da cal que fica em suspensão (B).

### **3.9 AVALIAÇÃO REALIZADAS DURANTE O EXPERIMENTO**

#### **3.9.1 Análises da solução do solo (pH, condutividade elétrica, concentrações de cálcio e magnésio)**

As avaliações da solução do solo iniciaram-se uma semana antes da aplicação dos tratamentos, sendo que para safra 2010/2011 foram realizadas coletas de outubro de 2010 a maio/2011 e para safra 2011/2012, de setembro/2011 a maio/2012.

As amostras de solução do solo foram coletadas por extratores de solução do solo, cada parcela possuía dois extratores de solução, nas profundidades de 30 e 60 cm. As coletas foram feitas mensalmente de acordo com a metodologia descrita por Salomão (2009), sendo obtido os valores de pH e condutividade elétrica da solução do solo diretamente no campo com auxílio de peagômetro e condutímetro portáteis (Figura 6). Os teores de cálcio e magnésio foram determinados em laboratório de acordo com a metodologia descrita por Raij et al. (2001).



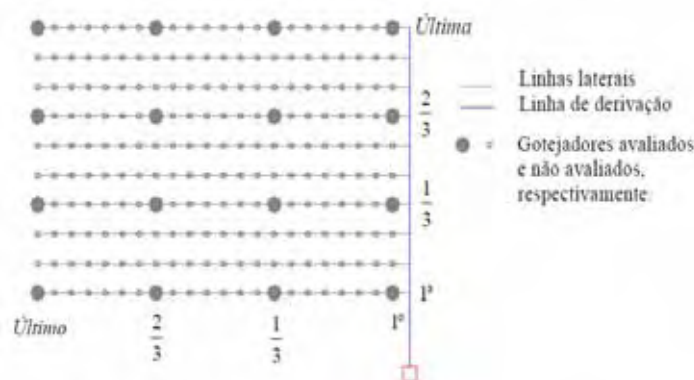
**FIGURA 6.** Peagômetro (A) e condutímetro (B) portáteis.

### 3.9.2 Uniformidade do sistema de irrigação

Devido à aplicação de cal via fertirrigação, que é um material pouco solúvel (tratamento 5), a uniformidade do sistema de irrigação foi acompanhada mensalmente, sendo avaliados os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) de acordo com a metodologia sugerida por Keller & Karmelli (1975).

O método proposto por Keller & Karmelli (1975) recomenda que a coleta das vazões em quatro emissores ao longo da linha lateral, da seguinte forma: o primeiro gotejador; o segundo situado a  $1/3$ ; o terceiro situado a  $2/3$  do comprimento da linha e o último gotejador. Também são escolhidas 4 linhas dentro do setor, resultando assim em 16 gotejadores avaliados (Figura 7).

Para tanto, o projeto proposto utilizou o método de Keller & Karmelli (1975) porque as linhas das parcelas possuíam 40 m de comprimento (SILVA & SILVA, 2005), e, também, pela praticidade da avaliação.



**FIGURA 7.** Esboço da metodologia proposta por Keller & Karmelli (1975). Adaptado por Silva & Silva (2005).

### 3.9.3 Análise de solo e análise foliar

Durante o período de desenvolvimento do experimento, amostras de solo e folha foram coletadas nos meses de abril e de dezembro para avaliação das características químicas do solo e determinação do estado nutricional da cultura. No total foram realizadas cinco avaliações.

O solo foi coletado nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 cm a 20 cm da linha de emissores e sob a projeção da copa, totalizando 10 amostras simples por

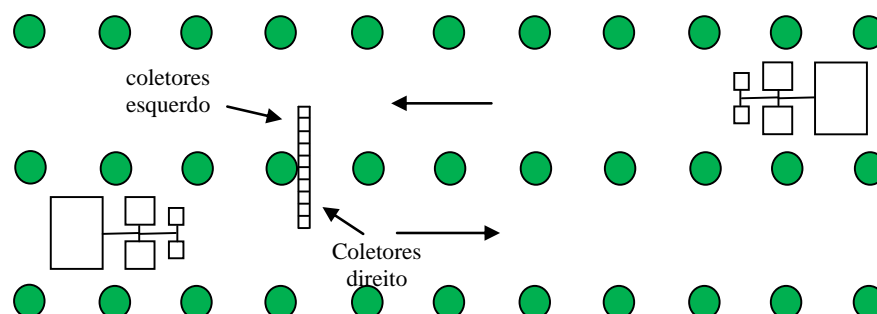
parcela, que após a homogeneização, deram origem à uma amostra composta e representativa de cada parcela. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde foram analisadas conforme os métodos descritos por Raij et al. (2001).

Para a análise foliar coletaram-se as 3ª e 4ª folhas maduras dos ramos a partir do fruto, considerando as oito plantas úteis na parcela, foram retiradas quatro folhas por planta, nos quatro quadrantes (alternando dois por planta) na altura mediana, totalizando 32 folhas por parcela. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao laboratório para a análise de acordo com a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

### 3.9.4 Avaliações das aplicações realizadas pela calcariadora e pela barra de herbicida.

O objetivo dos tratamentos 2 e 3 foi aplicar calcário de forma localizada em diferentes faixas. Para verificar a quantidade e a distribuição do material sobre a região do bulbo molhado foram distribuídos conjuntos de caixas plásticas (tamanho: 0,3 x 0,2 m), uma por parcela e de forma perpendicular a linha de plantio (Figuras 8 e 9), sendo que o conteúdo de cada caixa foi coletado, seco e posteriormente pesado, de acordo com o sugerido por Luz (1995).

Para o tratamento 4 que utilizou barra de herbicida para aplicação de cal hidratada a avaliação da uniformidade de distribuição do material foi realizada como descrito no parágrafo anterior (Figura 8), entretanto, o conteúdo das caixas foi transferido para garrafas plásticas e levado ao laboratório para a secagem e, posteriormente, pesagem do material.



**Figura 8.** Esboço das aplicações realizadas pelo conjunto mecanizado nos tratamentos 2, 3 e 4.



**FIGURA 9.** Distribuição das caixas plásticas de modo perpendicular à linha de irrigação.

### 3.9.5 Avaliação da produtividade

A colheita da safra 2009/2010 foi realizada em 29 de maio de 2010 e caracteriza o período anterior à aplicação dos tratamentos. Nas safras 2010/2011 e 2011/2012, a colheita foi realizada nos meses de junho de 2011 e julho de 2012, respectivamente.

A avaliação da produtividade foi feita a partir da contagem do número de frutos de uma planta, multiplicada pela massa média dos frutos, tendo-se,  $\text{kg planta}^{-1}$ , considerando o número de plantas por hectare, obteve-se o resultado em  $\text{t ha}^{-1}$ . Em cada parcela foi contado o número total de frutos de quatro plantas. Para a quantificação da massa dos frutos, foram amostradas as oito plantas úteis, retiraram-se quatro frutos por planta, sendo dois mais internos e dois mais externos, alternando entre os quadrantes e na altura mediana, totalizando 32 frutos por parcela, que foram pesados individualmente.

## **IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 DISTRIBUIÇÃO DE APLICAÇÃO DOS CORRETIVOS**

Baseado na característica do corretivo utilizado e no modo de aplicação (sólido ou suspensão) determinou-se a quantidade e distribuição do corretivo na área de interesse no controle da acidez do solo que é a região do bulbo molhado, ao lado da linha de gotejamento.

#### **4.1.1 Aplicação do corretivo na forma sólida (calcário)**

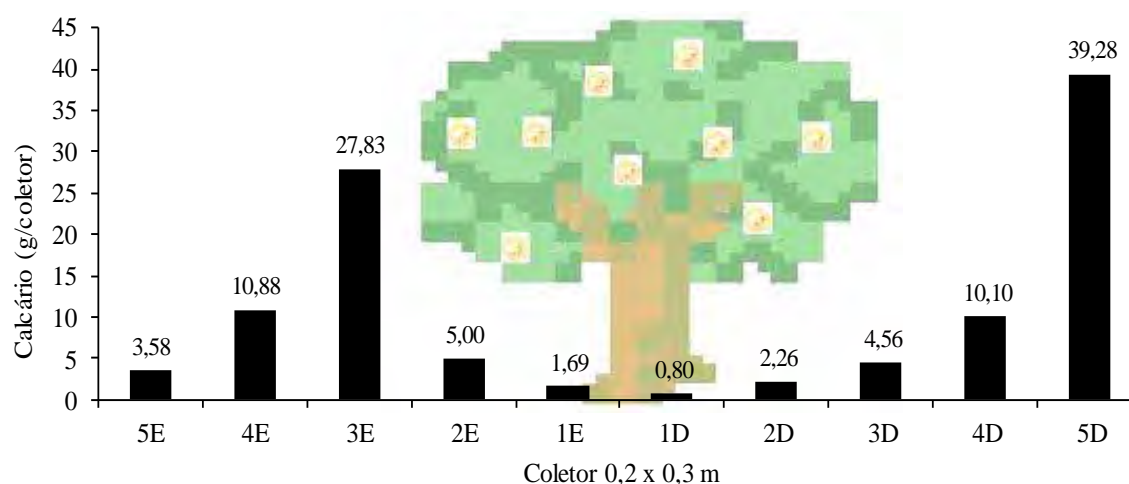
Os tratamentos com calcário 2 (faixa de aplicação de 1,4 m) e 3 (faixa de 2,8 m) tiveram o objetivo de aplicar o material corretivo (calcário) de forma localizada e sobre a região do bulbo molhado.

Na Tabela 6 e Figura 10 que representam a aplicação do calcário no tratamento 2, observa-se que a deposição do calcário ocorreu de forma desuniforme, tendo sido depositado 9,75 g (17% do esperado) de calcário na região do bulbo molhado (representado pelos coletores 2E, 1E, 1D e 2D) quando a deposição esperada de calcário era de 57,60 g (correspondente à dose necessária para elevar a saturação por bases a 70%) sobre a região do bulbo onde de fato, encontrava-se o mais alto índice de acidez da solução do solo.

**TABELA 6.** Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 1,4 m (2). SAFRA 2010/2011.

Coletores	Média (g)	%	Total (g)	Bulbo (g)	Esperado (g)
5E	3,58	3,38	48,99	6,69	<b>57,6</b>
4E	10,88	10,27			
3E	27,83	26,26			
2E	5,00	4,72	56,99	3,05	
1E	1,69	1,60			
1D	0,80	0,75			
2D	2,26	2,13	56,99	3,05	
3D	4,56	4,30			
4D	10,10	9,53			
5D	39,28	37,06			
<b>Total</b>	<b>105,98</b>	<b>100,00</b>	<b>105,98</b>	<b>9,75</b>	

Obs: 1E, 2E, 1D e 2D correspondem a região do bulbo molhado

**FIGURA 10.** Distribuição de calcário no tratamento 2 (faixa de 1,4 m). SAFRA 2010/2011.

Uma das causas da má distribuição do corretivo aplicado é o próprio sistema de plantio de laranja que nesta propriedade ocorre sobre camalhão (Figura 11). Os coletores representados pela denominação 1 E (esquerda) e 1 D (direita) ficavam bem ao lado da linha de gotejamento, que neste caso era única e de um dos lados do tronco da planta (Figura 8), nos tratamentos 2 e 3, de acordo com o sugerido por Luz (1995). Ainda, outro fator que afetou a uniformidade de distribuição do corretivo foi à barreira formada pela copa, que em função da idade da planta, impediu que o calcário atingisse a região do bulbo molhado na dosagem prevista (Figura 11A).



**FIGURA 11.** Faixa de aplicação do tratamento 2, copa abaixo da linha de plantio (A) e detalhe de altura do camalhão (B).

Na Tabela 7 e Figura 12 observa-se que a região do bulbo (coletores 2E, 1E, 1D e 2D) recebeu 95,6% (13,76 g) da dose esperada (14,40 g) para a elevação da saturação por base a 70%.

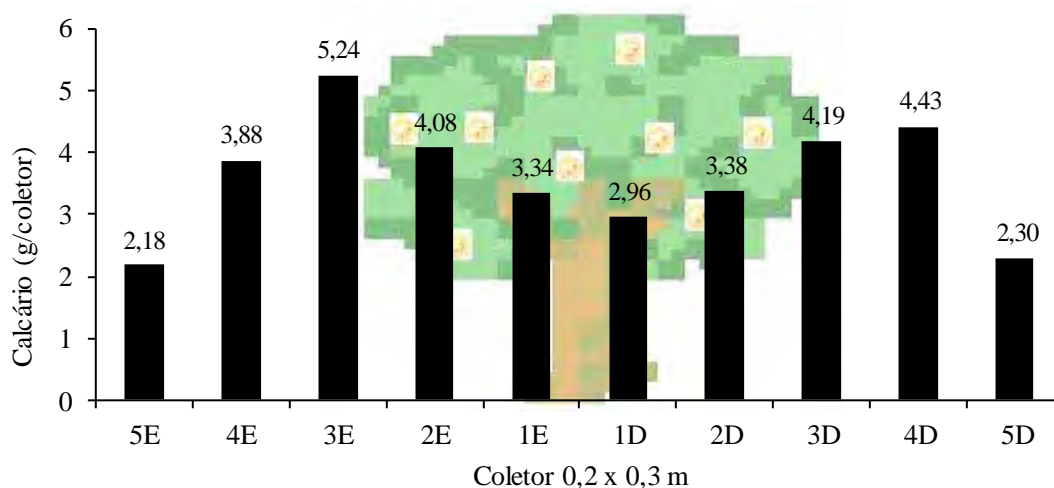
**TABELA 7.** Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 1,4 m (2). SAFRA 2011/2012.

Coletores	Média (g)	%	Total (g)	Bulbo (g)	Esperado (g)
5E	2,18	6,06			
4E	3,88	10,78			
3E	5,24	14,56	18,73		
2E	4,08	11,34		7,42	
1E	3,34	9,28			<b>14,40</b>
1D	2,96	8,23		6,33	
2D	3,38	9,40			
3D	4,19	11,65	17,25		
4D	4,43	12,31			
5D	2,30	6,39			
<b>Total</b>	<b>35,98</b>	<b>100,00</b>	<b>35,98</b>	<b>13,76</b>	

Obs: 1E, 2E, 1D e 2D correspondem a região do bulbo molhado

Para as duas safras foram utilizadas calcariadoras disponíveis na fazenda, entretanto, para o equipamento utilizado na safra 2010/2011 era provida de peças móveis denominadas direcionadores e defletores aerodinâmicos (FARRET, 2005) que permitiam um direcionamento do corretivo (2 e 3). Já no ano seguinte, safra 2011/2012, o

mesmo equipamento foi utilizado, porém sem os defletores, o que proporcionou diferença entre as aplicações ocorridas entre as safras.



**FIGURA 12.** Distribuição de calcário no tratamento 2 (faixa de 1,4 m). SAFRA 2011/2012.

A Tabela 8 e Figura 13 apresentam os resultados da aplicação de calcário no tratamento 3, onde se observa uma situação muito semelhante a da Tabela 6 (safra 2010/2011), cuja aplicação foi desuniforme tendo sido aplicados sobre a área do bulbo molhado (coletores 2E, 1E, 1D e 2D) 29,1% (8,52g) da quantia esperada (29,28g) para elevar a saturação por bases a 70% como o recomendado por Quaggio et al. (2005).

Os direcionadores e defletores aerodinâmicos são elementos acessórios que permitem a aplicação localizada do material corretivo e, também, evitam a deriva do material aplicado (FARRET, 2005). Entretanto, na safra 2011/2012 a aplicação foi realizada sem a utilização desses elementos acessórios; considerando que os valores necessários para elevação da saturação por bases a 70% nesta safra foram menores do que a necessidade observada na safra 2010/2011, fato este que permitiu que a uniformidade de aplicação observada atingisse 96 e 89%, respectivamente para os tratamentos 2 e 3.

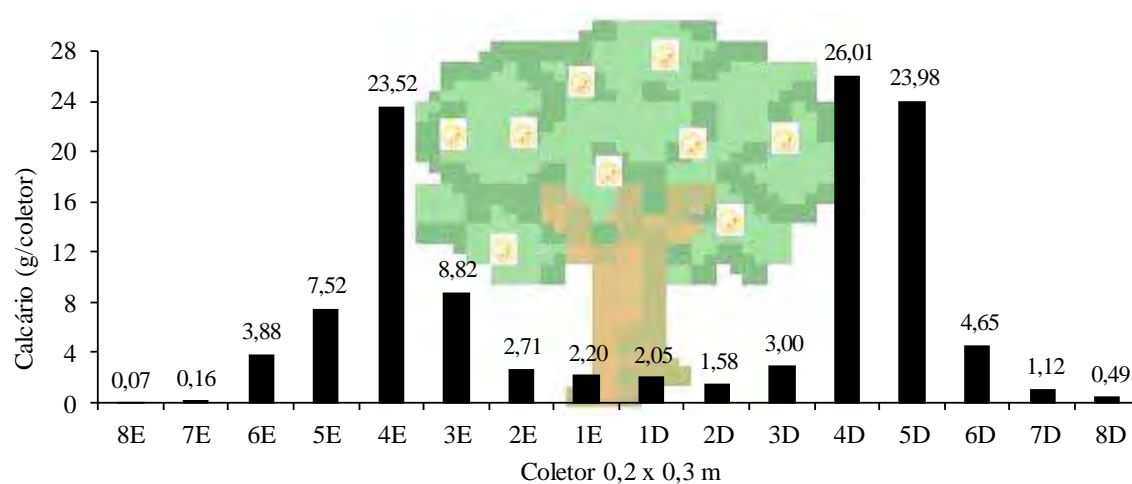
Na Tabela 9 e Figura 14 observa-se que a aplicação realizada foi semelhante ao observado nas Tabelas 7 e Figura 12 com distribuição atingindo 89% (19,24 g) da dose esperada (21,60 g).



**TABELA 8.** Peso seco médio do calcário aplicado em faixa de 2,8 m (3). SAFRA 2010/2011.

Coletores	Média (g)	%	Total (g)	Bulbo (g)	Esperado (g)
8E	0,07	0,06			
7E	0,16	0,14			
6E	3,88	3,47			
5E	7,52	6,73			
4E	23,52	21,04			
3E	8,82	7,89	48,88		
2E	2,71	2,43		4,90	
1E	2,20	1,97			<b>29,28</b>
1D	2,05	1,83			
2D	1,58	1,42		3,62	
3D	3,00	2,68	62,86		
4D	26,01	23,28			
5D	23,98	21,46			
6D	4,65	4,16			
7D	1,12	1,00			
8D	0,49	0,44			
	<b>111,74</b>	<b>100,00</b>	<b>111,74</b>	<b>8,52</b>	

Obs: 1E, 2E, 1D e 2D correspondem a região do bulbo molhado

**FIGURA 13.** Distribuição de calcário no tratamento 3 (Faixa de 2,8 m). SAFRA 2010/2011.

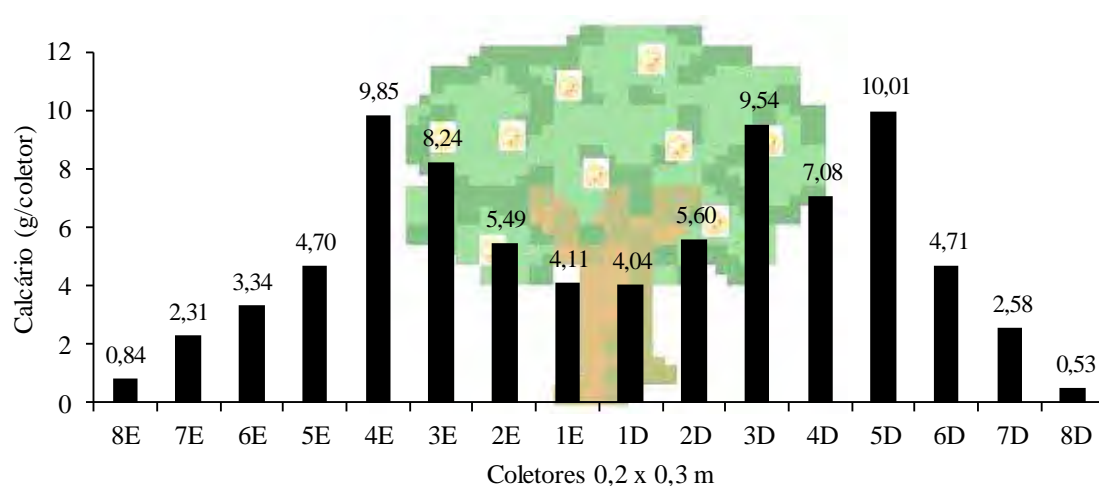
Luz (1995), em ensaio de uniformidade realizado em pomar de laranja pera, utilizando distribuidor a lança, obteve variações de aplicação de 12 a 20% abaixo da dose recomendada, concordando com os valores encontrados por Farret (2005) e Souza (1984)

que discorrem sobre valores de desuniformidade superiores a 20%, assim como os valores observados neste experimento que apresentam variações superiores a 20% na safra 2010/2011, enquanto que para a safra 2011/2012, essa variação ficou em torno de 5 a 11%.

**TABELA 9.** Peso seco médio do calcário em faixa de 2,8 m (3). SAFRA 2011/2012.

Coletores	Média (g)	%	Total (g)	Bulbo (g)	Esperado (g)
8E	0,84	1,00			
7E	2,31	2,78			
6E	3,34	4,03			
5E	4,70	5,67			
4E	9,85	11,87			
3E	8,24	9,93	38,88		
2E	5,49	6,62		9,60	
1E	4,11	4,95			<b>21,60</b>
1D	4,04	4,87		9,64	
2D	5,60	6,75			
3D	9,54	11,50	44,08		
4D	7,08	8,53			
5D	10,01	12,07			
6D	4,71	5,68			
7D	2,58	3,11			
8D	0,53	0,64			
	<b>82,96</b>	<b>100,00</b>	<b>82,96</b>	<b>19,24</b>	

Obs: 1E, 2E, 1D e 2D correspondem a região do bulbo molhado



**FIGURA 14.** Distribuição de calcário no tratamento 3 (Faixa de 2,8 m). SAFRA 2011/2012.

Neste experimento, o melhor resultado de uniformidade de aplicação para a safra 2011/2012, apesar do sistema de plantio sobre camalhões associado a idade da planta cuja copa forma uma barreira protetora sobre a região do bulbo (Figura 11), conclui-se que o uso do equipamento com a retirada dos elementos acessórios contribuiu para a melhor distribuição do material corretivo. Isto ocorreu porque os direcionadores e defletores interferem na velocidade de lançamento das partículas (MIALHE, 1996). De acordo com Farret (2005) sem o uso desses elementos acessórios a partícula de material corretivo foi lançada com velocidade maior e, conseqüentemente, foi possível atravessar a barreira formada pela copa, atingindo assim o alvo (bulbo molhado, onde se observa a situação mais crítica de acidez da solução do solo).

#### 4.1.2 Parte insolúvel da cal hidratada aplicada via barra de herbicida - 4 e sistema de fertirrigação – 5

Nos tratamentos 4 e 5 foi utilizada cal hidratada como material corretivo, pois apesar de corrigir a acidez do solo como o calcário, apresenta maior solubilidade em água (ALCARDE, 2005). Apesar disso, a solubilidade foi um grande limitador da sua aplicação.

No tratamento 4 que utilizou barra de herbicida acoplada ao chassi do trator (Figura 15A) para aplicação de cal hidratada, a avaliação da uniformidade de distribuição do material foi realizada como descrito por Luz (1995) para a aplicação de calcário, entretanto, o conteúdo das caixas foi transferido para garrafas plásticas e levado ao laboratório para secagem e, posteriormente, pesagem do material.

A dose recomendada para o tratamento 4 foi aplicada em faixa de 1,5 m sobre a região do bulbo molhado. Porém, mesmo fazendo 12 aplicações com o referido equipamento foi possível aplicar somente 70% da dose de cal recomendada, ou seja, 12,74 g de cal hidratada coletor<sup>-1</sup> quando a quantia esperada era de 18 g coletor<sup>-1</sup> nessa região. No entanto, dessa quantidade somente 41% concentrou-se na faixa do bulbo molhado (Tabela 10 e Figura 16).



**FIGURA 15.** Conjunto trator + barra de herbicida (A). Detalhe do tubo de PVC  $\frac{3}{4}$ ” que foi acoplado a barra para aplicação da calda de cal (B).

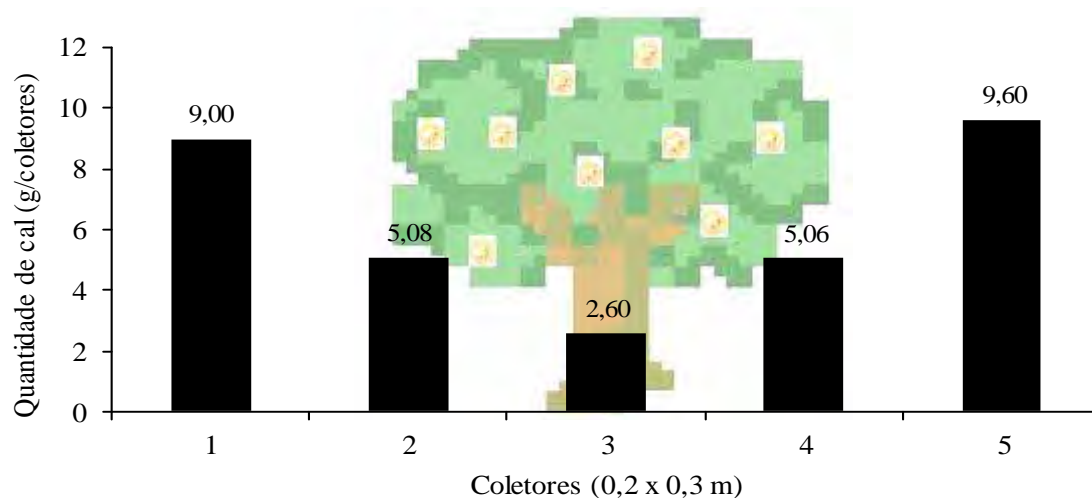
**TABELA 10.** Peso seco médio das 12 aplicações de cal hidratada via barra de herbicida. SAFRA 2010/2011.

Coletores	Média (g)	%	Bulbo (g)	Esperado (g)
1	9,00	28,72		
2	5,08	16,21	12,74	18
3	2,60	8,30	(equivalente a 41% do total aplicado e 70% do esperado de 2 a 4)	(equivalente a 100 % para a região do bulbo)
4	5,06	16,15		
5	9,60	30,63		
<b>TOTAL</b>	<b>31,34</b>	<b>100,00</b>		

Obs: os coletores de 2 a 4 correspondem a amostragem da área do bulbo.

Conhecendo-se as dificuldades de manejo da cal hidratada (baixa quantidade solúvel dentro do tanque e elevada quantidade em suspensão), na barra de pulverizador de herbicida, foi acoplado um tubo de PVC de  $\frac{3}{4}$ ” com bicos confeccionados pela própria fazenda (Figura 15B) para a aplicação do Ajifer. Os bicos usados convencionalmente para a aplicação de herbicidas contêm filtros que facilmente seriam obstruídos com a passagem da cal em suspensão.

Os bicos confeccionados na fazenda apresentam vazão de  $540 \text{ L min}^{-1}$ , a uma pressão de serviço de  $2 \text{ kgf m}^{-2}$  (pressão de trabalho do trator + barra de herbicida no campo). Durante as aplicações, foi possível observar deposição da cal hidratada no filtro do tanque (Figura 17A), materiais com granulometria capaz de obstruir os bicos convencionais da barra de herbicida.



**FIGURA 16.** Distribuição de cal hidratada via barra de herbicida (4). SAFRA 2010/2011.

A calda no tanque permaneceu em agitação constante a uma rotação de 1900 rpm durante toda a aplicação. Entretanto, também foi possível observar que ocorreu decantação do material dentro do tanque (Figura 17B).



**FIGURA 17.** Deposição de cal hidratada no filtro do reservatório da barra de herbicida (A). Decantação de cal hidratada após a aplicação do tratamento (4) dentro do tanque de herbicida (B).

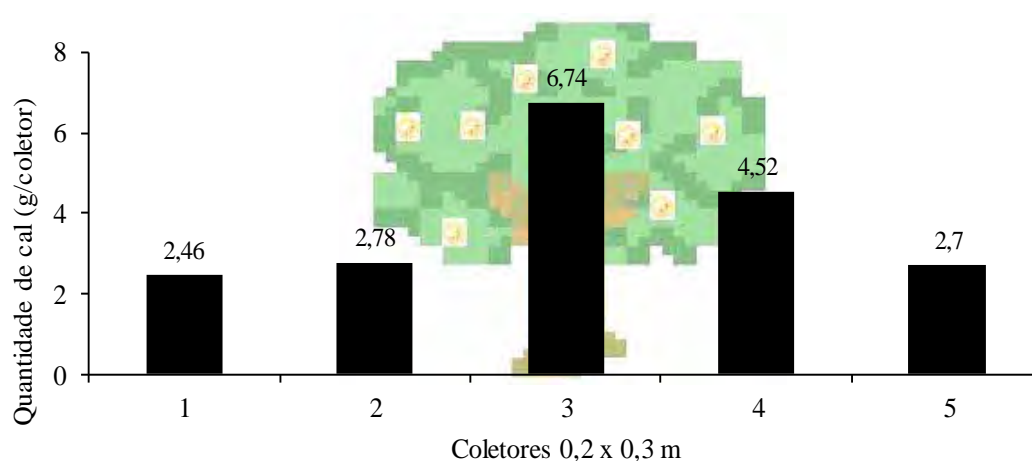
Para a safra 2011/2012 o procedimento foi mantido exatamente como na safra 2010/2011, no entanto, enquanto na safra 2010/2011 a dosagem da cal hidratada foi de  $1 \text{ t ha}^{-1}$ , a calculada para a safra 2011/2012 foi de  $0,6 \text{ t ha}^{-1}$ . Nesta aplicação observou-se o recobrimento do bulbo molhado com 8 aplicações (Tabela 11 e Figura 18), sendo aplicado 30% a mais da quantia esperada do corretivo no bulbo, uma vez que era esperado

10,8 g coletor<sup>-1</sup> (relativo a área do bulbo) e foi obtido valores de 14,05 g coletor<sup>-1</sup>, possivelmente por apresentar uma suspensão com menor concentração de cal.

**TABELA 11.** Peso seco médio das 8 aplicações de cal hidratada via barra de herbicida – SAFRA 2011/2012.

Coletores	Média (g)	%	Bulbo (g)	Esperado (g)
1	2,46	13,70		
2	2,78	15,44	14,04 (dose equivalente a 30% do total aplicado)	10,8 (equivalente a 100% para a região do bulbo)
3	6,74	37,44		
4	4,52	25,11		
5	2,70	15,00		
<b>TOTAL</b>	<b>19,20</b>	<b>106,69</b>		

Obs: os coletores de 2 a 4 correspondem a amostragem da área do bulbo. Coletor 3 sob a linha de plantio, na direção do tronco das árvores.

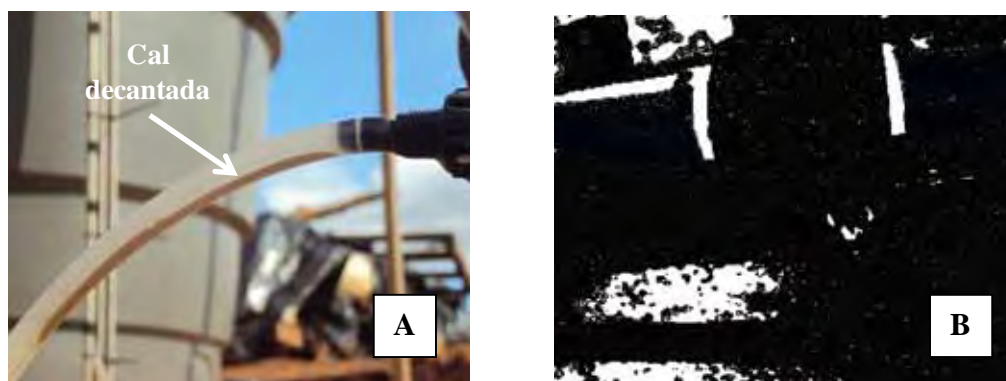


**FIGURA 18.** Distribuição de cal hidratada via barra de herbicida (4). SAFRA 2011/2012.

Considerando os resultados de aplicação e o número de passagens com a barra de herbicida (12 e 8 vezes, respectivamente, nas safras 2010/2011 e 2011/2012) para que as quantidades próximas às recomendadas fossem atingidas, o método de aplicação utilizando barra de herbicida para a aplicação de cal hidratada em suspensão torna-se desvantajoso.

Para o tratamento 5 que também aplicou cal em suspensão via sistema de irrigação, observou-se que o injetor Venturi apresentou alguns problemas de entupimento na mangueira que faz a sucção da calda (Figuras 19A e B). Porém não foi possível observar

danos causados por desgaste da válvula de sucção do Venturi, mesmo depois da condução de duas safras com aplicações regulares de cal hidratada por este sistema.



**FIGURA 19.** Decantação da cal na mangueira de sucção (A). Deposição de cal hidratada no injetor tipo Venturi (B).

O registro de saída da caixa de cal para injeção no sistema irrigação, localizava-se a 5 cm do fundo da caixa de mistura. Nesta saída também foi possível observar decantação do material (Figura 20).



**FIGURA 20.** Registro desmontado para a limpeza, decantação de cal.

## 4.2 SOLUÇÃO DO SOLO

### 4.2.1 pH

O resultado de análise de pH da solução do solo que foi retirada com extratores localizados nas profundidades de 30 e 60 cm para as safras 2010/2011 e 2011/2012, são apresentados nas Tabelas 12 e 13, onde pode-se observar que os valores de pH para todos os tratamentos foram superiores ao tratamento testemunha.

#### **Safra 2010/2011**

Na Tabela 12 (safra 2010/2011) houve diferença significativa entre os tratamentos para todos os meses avaliados sendo que alguns tratamentos se mostraram efetivos na correção da acidez do solo, tanto a 30 cm como a 60 cm de profundidade. É nítido que após a aplicação do corretivo para os tratamentos 2 e 3 nos meses de dez/2010 e jan/2011, houve aumento expressivo do pH da solução do solo. A partir de fev/2011, os tratamentos 5 e 6 que receberam de forma parcelada, respectivamente, a cal hidratada e o nitrato de cálcio + MAP, não diferiram estatisticamente dos tratamentos 2 e 3. No entanto, na média o melhor resultado foi alcançado pelo tratamento 6, seguido pelo tratamento 5.

Embora o nitrato de cálcio não seja um corretivo de acidez de solo e, sim, uma fonte de nitrogênio nítrico, cuja forma é a preferencial para a absorção pela planta de acordo com Rajj et al., 1991; as plantas, por sua vez, realizam trocas de exsudatos com a solução do solo e conforme relatou Malavolta (2006), durante essas trocas, ao absorver nitrato, as plantas liberam para a solução do solo hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) que contribuem para a aumento do pH da solução do solo, neutralizando a ação do íons  $\text{H}^+$  e outros elementos tóxicos, como o  $\text{Al}^{3+}$ , que é considerado o principal elemento fitotóxico de acordo com Meurer (2007).

Outro ponto a ser considerado é a baixa mobilidade dos carbonatos, que são os responsáveis pela reação de neutralização do  $\text{H}^+$  na solução do solo (RAIJ, 1991) e a sua distribuição no perfil quando não há incorporação; assim como no sistema de plantio direto, de acordo com Ernani et al. (2001), é possível observar o efeito do corretivo apenas nos 2 cm iniciais do solo (camada superficial), lembrando que na maioria desses casos, não há irrigação. Já em pomares de laranja irrigada, onde também não ocorre o revolvimento do solo o uso do sistema de irrigação permitiu que o efeito corretivo dos carbonatos fosse distribuído através do bulbo molhado, promovendo correção em profundidade (Tabelas 12 e 13).



**TABELA 12.** Valores de pH a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.

Tratamento	Meses						Teste F		Médias	
	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11		
	<b>Profundidade 30 cm</b>									
T1 - sem correção	4,1BC/a	4,0C/a	4,0D/a	3,9D/a	3,9C/a	3,6E/a	3,5D/a	3,5D/a	2,7 <sup>ns</sup>	3,8E
T2 - calcário 1,4 m	3,8C/e	4,7AB/d	6,5A/a	6,2AB/ab	5,8AB/b	5,5B/c	5,5C/c	5,8BC/b	42,3 <sup>**</sup>	5,5C
T3 - calcário 2,8 m	4,1BC/b	4,6AB/b	6,4A/a	6,5A/a	6,3A/a	6,0AB/a	6,1B/a	6,1B/a	44,9 <sup>**</sup>	5,8B
T4 - cal via barra de herbicida	4,3BC/bc	4,3BC/bc	4,9C/a	4,9C/a	4,8B/ab	4,2C/bc	4,1D/c	3,8D/c	10,0 <sup>**</sup>	4,4D
T5 - cal via irrigação	4,4AB/d	5,1A/c	5,3BC/c	5,9B/b	6,2AB/ab	6,5A/a	6,2B/ab	5,3C/c	29,5 <sup>**</sup>	5,6B
T6 - NCa+MAP	4,9A/e	5,1A/e	5,8B/d	5,8B/d	6,2AB/cd	6,5A/bc	7,5A/a	6,9A/b	7,2 <sup>**</sup>	6,1A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	7,3 <sup>**</sup>	9,7 <sup>**</sup>	50,2 <sup>**</sup>	50,9 <sup>**</sup>	51,5 <sup>**</sup>	83,4 <sup>**</sup>	122,5 <sup>**</sup>	96,5 <sup>**</sup>	18,7 <sup>**</sup>	172,0 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	4,2d	4,6c	5,5a	5,5a	5,5a	5,4a	5,5a	5,2b		5,2
<b>CV (%)</b>										4,5
	<b>Profundidade 60 cm</b>									
T1 - sem correção	4,0AB/a	3,9D/a	3,9C/a	3,9C/a	3,9C/a	3,8C/a	3,8C/a	3,7D/a	0,5 <sup>ns</sup>	3,9E
T2 - calcário 1,4 m	3,7B/c	4,5BC/b	5,6A/a	4,6B/b	4,5B/b	4,4B/b	4,5B/b	4,4C/b	16,9 <sup>**</sup>	4,5C
T3 - calcário 2,8 m	3,6B/c	5,1A/a	5,1B/a	4,4BC/b	4,5B/b	4,6B/b	4,5B/b	5,1B/a	16,1 <sup>**</sup>	4,6C
T4 - cal via barra de herbicida	4,0AB/bc	4,0CD/bc	4,7B/a	4,6B/a	4,3BC/ab	4,2BC/ab	3,8C/bc	3,5D/d	10,7 <sup>**</sup>	4,1D
T5 - cal via irrigação	3,9AB/e	4,2CD/e	4,8B/d	6,0A/ab	6,2A/ab	6,5A/a	6,0A/ab	5,4B/c	59,5 <sup>**</sup>	5,4B
T6 - NCa+MAP	4,4A/c	4,9AB/c	5,9A/b	5,9A/b	6,4A/a	6,7A/a	6,4A/a	6,3A/ab	42,7 <sup>**</sup>	5,9A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	4,4 <sup>**</sup>	15,4 <sup>**</sup>	30,1 <sup>**</sup>	44,4 <sup>**</sup>	72,1 <sup>**</sup>	97,7 <sup>**</sup>	19,3 <sup>**</sup>	72,9 <sup>**</sup>	18,3 <sup>**</sup>	239,1 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	3,9d	4,4c	5,0a	4,9ab	5,0a	5,1a	4,8ab	4,6b		4,7
<b>CV (%)</b>										4,6

<sup>ns</sup> Não significativo; \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias da coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.

Ainda na Tabela 12, é possível observar o efeito acidificante das fontes utilizadas neste experimento (tratamento 1), uma vez que o pH da solução do solo decresceu a 30 cm de profundidade de 4,1 a 3,5 e a 60 cm, de 4,0 a 3,7. Para o tratamento 4, embora estatisticamente diferente do 1, também os valores de pH foram decrescentes de 4,3 a 3,8 a 30 cm de profundidade, enquanto que a 60 cm, 4,0 a 3,5. Este resultado pode ser justificado pela própria aplicação, onde o corretivo atingiu o bulbo molhado em quantidade inferior à prevista.

### **Safra 2011/2012**

Quando se avalia a Tabela 13 (safra 2011/2012) nota-se que no tratamento 1 houve aumento da acidez na solução do solo, passando de pH 4,2 para 3,1 na amostragem à 30 cm de profundidade e de 4,5 a 3,1 a 60 cm.

A acidificação, também foi observada, por Bardivieso (2012) e Andrade (2012), que trabalharam com fonte de nitrogênio amoniacal (caráter ácido) e ácido fosfórico em pomar de laranja fertirrigado; esses autores observaram valores de pH em torno de 4,0 na solução do solo. Esse fato evidencia o grande poder de acidificação das fontes amoniacais observado em apenas uma safra, isto ocorre devido a grande concentração desse elemento no bulbo molhado formado pelo sistema de gotejamento e que favoreceu a acidificação rápida da solução do solo (VILLAS BOAS et al., 1999).

De acordo com Jones & Embleton (1973), os valores de pH próximos de 3,0 são prejudiciais ao desenvolvimento das culturas, provocando alterações enzimáticas e respiratórias e, em cultivos mais sensíveis, até mesmo a morte das plantas. Valores de pH ao redor de 3,6 na solução do solo foram observados por Souza (2010), com o uso de doses crescentes de nitrato de amônio e ácido fosfórico, aplicados via fertirrigação em laranjeiras Valência e Hamlin.

A aplicação do corretivo via pulverizador para a safra 2011/2012, assim como já foi observado na safra anterior, não se mostrou efetiva, apresentando valores de pH de 4,5 a 3,2 para a profundidade de 30 cm e 4,0 a 3,4 a 60 cm. Embora a dose recomendada para a segunda safra tenha apresentado redução de 40% em relação a primeira safra, a aplicação apresentou um acréscimo de 30% na dose prevista; isto deve-se provavelmente à característica da cal hidratada utilizada em suspensão para o recobrimento do bulbo molhado (Tabela 11 e Figura 17).

**TABELA 13.** Valores de pH a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de setembro de 2011 a maio de 2012. SAFRA 2011/2012.

Tratamento	Meses							Teste F		
	set/11	out/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	Meses	Médias
	<b>Profundidade 30 cm</b>									
T1 - sem correção	4,2C/a	4,1D/ab	3,6C/abc	3,3C/bc	3,5C/abc	3,3B/bc	3,3B/bc	3,1C/c	5,1 <sup>**</sup>	3,5C
T2 - calcário 1,4 m	5,1B/b	5,0C/b	5,4B/b	6,0A/ab	6,3A/a	6,4A/a	6,5A/a	6,1B/ab	11,8 <sup>**</sup>	5,9B
T3 - calcário 2,8 m	6,1A/a	5,2BC/b	5,6B/ab	5,9A/ab	6,4A/a	6,4A/a	6,3A/a	6,2B/a	5,8 <sup>**</sup>	6,0AB
T4 - cal via barra de herbicida	4,5BC/a	4,1D/a	4,0C/a	4,1B/a	4,4B/a	3,9B/a	3,0B/b	3,2C/b	4,9 <sup>**</sup>	3,9C
T5 - cal via irrigação	6,0A/ab	5,9AB/ab	5,6B/b	6,0A/ab	6,4A/a	6,5A/a	6,3A/ab	6,0B/ab	3,2 <sup>**</sup>	6,1AB
T6 - NCa+MAP	6,1A/b	6,1A/b	6,4A/ab	6,6A/ab	6,2A/b	6,5A/ab	6,9A/ab	7,0A/a	3,2 <sup>**</sup>	6,5A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	25,5 <sup>**</sup>	27,5 <sup>**</sup>	43,8 <sup>**</sup>	59,7 <sup>**</sup>	55,0 <sup>**</sup>	72,2 <sup>**</sup>	104,6 <sup>**</sup>	93,5 <sup>**</sup>	6,6 <sup>**</sup>	176,5 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	5,4ab	5,1b	5,1b	5,3ab	5,5a	5,5a	5,4ab	5,3ab		5,3
<b>CV (%)</b>										5,6
	<b>Profundidade 60 cm</b>									
T1 - sem correção	4,5BC/a	4,1C/ab	3,8C/abc	3,9B/abc	3,6D/bc	3,5C/bc	3,4B/bc	3,1D/c	4,9 <sup>**</sup>	3,7D
T2 - calcário 1,4 m	4,7BC/bc	4,5BC/bc	4,2C/c	4,5B/bc	4,5C/bc	5,3B/b	6,6A/a	4,7B/bc	14,9 <sup>**</sup>	4,9C
T3 - calcário 2,8 m	4,8B/cde	4,5BC/de	5,4A/bc	5,3A/bcd	5,3BC/bcd	5,9AB/ab	6,4A/a	4,0BC/e	14,4 <sup>**</sup>	5,2BC
T4 - cal via barra de herbicida	4,0C/a	3,8C/a	4,1C/a	4,0B/a	3,5D/a	3,7C/a	3,4B/a	3,4CD/a	2,1 <sup>ns</sup>	3,7D
T5 - cal via irrigação	5,1AB/abc	5,0AB/bc	4,5BC/c	5,5A/ab	5,6AB/ab	6,0AB/a	5,9A/a	5,6A/ab	6,4 <sup>**</sup>	5,4B
T6 - NCa+MAP	5,6A/bc	5,7A/bc	5,2AB/c	5,8A/abc	6,2A/ab	6,5A/a	6,5A/a	6,4A/a	6,3 <sup>**</sup>	6,0A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	9,4 <sup>**</sup>	12,2 <sup>**</sup>	9,9 <sup>**</sup>	17,4 <sup>**</sup>	31,6 <sup>**</sup>	41,9 <sup>**</sup>	59,5 <sup>**</sup>	43,6 <sup>**</sup>	7,0 <sup>**</sup>	109,6 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	4,8bc	4,6c	4,5c	4,8bc	4,6c	5,1ab	5,4a	4,5c		4,8
<b>CV (%)</b>										7,1

<sup>ns</sup> Não significativo; \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias da coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.

Na Tabela 13, exceto no mês de dez/2011 e mai/2012 todas as demais avaliações desta safra para os tratamentos 5 e 6 na solução amostrada a 30 cm, não diferiram significativamente entre si, reforçando o efeito de neutralização dos íons  $H^+$  presentes na solução do solo observado na safra 2010/2011 (Tabela 12), embora seja importante lembrar que o nitrato de cálcio não é um corretivo de acidez do solo.

No mês de mai/2012 o pH no tratamento 6 atingiu na camada superficial o valor 7,0 (pH neutro), possivelmente devido ao caráter alcalino da aplicação de nitrato de cálcio. Deve-se, no entanto, destacar que este valor pode promover alguns efeitos negativos em termos de disponibilidade de micronutrientes (RAIJ, 1991), principalmente se este fertilizante for constantemente aplicado.

Para o tratamento 5, os valores de pH na safra 2011/2012 variaram entre 5,6 e 6,5 na profundidade de 30 cm, compreendendo a faixa de máxima disponibilidade dos nutrientes, para que ocorra o adequado desenvolvimento das culturas, sem comprometer a produção pela limitação de nutrientes essenciais às plantas (MALAVOLTA, 2006).

Nas Tabelas 12 e 13 observou-se, de modo geral, que o efeito de neutralização a 60 cm de profundidade na solução do solo, sendo que os resultados obtidos foram inferiores aos resultados encontrados na profundidade a 30 cm. Entretanto, diferente do que ocorreu superficialmente, os tratamentos 2 e 3 foram significativamente inferiores ao 5 e 6 em cinco e seis épocas avaliadas para as respectivas safras 2010/2011 e 2011/2012. Já os tratamentos 5 e 6 não diferiram significativamente entre si, o que sugere que ambas as alternativas de manejo do pH da solução do solo foram efetivas na diminuição da acidez na profundidade superficial (30 cm) e subsuperficial (60 cm).

De acordo com Alcarde (2005), a associação de corretivos e água promove maior eficiência na reação da solução do solo. Considerando-se as safras 2010/2011 e 2011/2012, a profundidade 60 cm, os valores de pH mantiveram-se constantes nos tratamentos 5 e 6, aumentaram entre os tratamentos 2 e 3 e diminuíram para os tratamentos 1 e 4.

As diferenças encontradas, principalmente em profundidade, devem-se ao modo de aplicação e a solubilidade dos materiais utilizados. Os tratamentos 5 e 6 propuseram a correção da acidez do solo via fertirrigação, utilizando uma fonte corretora de acidez e fertilizantes de caráter menos ácidos, respectivamente, enquanto que os tratamentos 2

e 3 utilizaram o método convencional de aplicação de calcário, em faixas de aplicação diferentes e no tratamento 4 utilizou-se a alternativa de aplicação de cal via barra de herbicida, sendo que em todos os tratamentos, a irrigação promoveu arraste do material corretivo em profundidade, porém em maior proporção com relação aos tratamentos 5 e 6, cuja aplicação do material foi feita via sistema de irrigação, portanto, de forma localizada.

Desprende-se desta avaliação duas sugestões que podem ser feitas com relação à diminuição da acidez do solo: a primeira seria o uso do nitrato de cálcio, associado a fontes amídicas ou amoniacais de modo a equilibrar o pH caso este atinja valores superiores a 6,5. Considerando, no entanto, que estudos econômicos do uso desses fertilizantes devem ser realizados para mostrar a viabilidade ou não do uso dessas fontes nítricas, reconhecidamente mais caras que a amídica e a amoniacal.

A segunda sugestão seria o uso de cal hidratada injetada no sistema de gotejamento, visando manter o pH da solução dentro de uma faixa adequada, através de aplicações semanais ou até mesmo quinzenais (o que irá depender do nível de acidez inicial).

De acordo com a proposta inicial para este experimento que se constituiu de um estudo sobre as alternativas de neutralização dos íons  $H^+$  presentes na solução do solo, pode-se inferir que os resultados foram alcançados a 30 cm de profundidade, com destaque para os tratamentos 6 (nitrato de cálcio + MAP) e 5 (cal hidratada via sistema de irrigação) cujos valores observados atingiram a faixa de máxima disponibilidade dos nutrientes para as plantas, chegando o tratamento 6 a valores superiores a essa faixa, permitindo que da safra 2010/2011 para a safra 2011/2012, os valores iniciais de pH dos tratamentos que receberam calcário, cal hidratada e nitrato de cálcio + MAP estivessem mais elevados do que na mesma época da safra 2010/2011. Também é importante destacar que o efeito da aplicação mecanizada do calcário (tratamento 2 e 3) foi inferior ao observado pelos tratamentos 5 e 6, enquanto que para os tratamentos 1 e 4, os valores de pH foram reduzidos.

Para a profundidade de 60 cm, o efeito neutralizante observado foi inferior quando comparado aos valores de 30 cm, porém os melhores resultados foram obtidos através dos tratamentos 5 e 6 sugerindo que ambos os tratamentos constituiriam as melhores alternativas para a diminuição do efeito acidificante dos adubos sobre a solução do solo observado em sistemas fertirrigados.

O efeito neutralizante observado a 60 cm de profundidade foi inferior ao observado a 30 cm, porém indicando que o sistema de irrigação poderá contribuir para a correção em profundidade; os melhores resultados observados foram para os tratamentos 5 e 6.

#### **4.2.2 Condutividade elétrica (CE)**

O resultado de análise de condutividade elétrica da solução do solo retirada com extratores localizados nas profundidades de 30 e 60 cm para as safras 2010/2011 e 2011/2012, são apresentados nas Tabelas 14 e 15.

##### **Safra 2010/2011**

Na Tabela 14 notam-se diferenças significativas, na amostragem a 30 cm, entre os tratamentos para 6 das 8 épocas avaliadas, sendo que o mesmo ocorreu para a solução coletada a 60 cm. Os resultados médios da CE observados para os tratamentos que receberam material corretivo foram menos elevados do que os tratamentos 1 e 4. Ainda na Tabela 14, a 60 cm de profundidade apenas o tratamento 1 diferiu dos demais tratamentos

Este resultado pode ser explicado pelo balanço de entrada e saída de sais da solução. Considerando que as condições climáticas não foram diferentes entre os tratamentos, pode-se atribuir este efeito ao corretivo e a planta. Os tratamentos com maior condutividade elétrica foram aqueles com menor pH na solução do solo. Isto significa dizer que maior quantidade de nutrientes pode ter permanecido na solução do solo desses tratamentos devido a menor absorção pela planta. Sabe-se que valores de pH baixo prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das raízes (NATALE et al., 2007; SANTIAGO & ROSSETTO, 2007)

A condutividade elétrica expressa, de forma indireta, a concentração de sais solúveis na solução do solo, provenientes dos fertilizantes e corretivos solubilizados. Os sais têm efeitos distintos sobre a condutividade elétrica, sendo, por exemplo, o cloreto de potássio aquele que, para uma mesma quantidade de sal solubilizada, gera o valor mais elevado de condutividade elétrica.

**TABELA 14.** Valores de condutividade elétrica (dS m<sup>-1</sup>) a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.

Tratamento	Meses						Teste F		Médias	
	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11		
	Profundidade 30 cm									
T1 - sem correção	0,5B/bc	0,5A/bc	0,4A/cd	0,3A/d	0,4A/cd	0,3B/d	0,6A/b	0,8A/a	12,1 <sup>**</sup>	0,5A
T2 - calcário 1,4 m	0,7A/a	0,4A/cd	0,1C/e	0,1B/e	0,2B/de	0,2BC/de	0,5A/bc	0,6B/ab	27,9 <sup>**</sup>	0,3B
T3 - calcário 2,8 m	0,5B/ab	0,5A/ab	0,2BC/cd	0,2AB/cd	0,3AB/cd	0,1C/d	0,5A/ab	0,6B/a	16,6 <sup>**</sup>	0,4B
T4 - cal via barra de herbicida	0,4B/cd	0,5A/bc	0,4A/cd	0,2AB/d	0,4A/cd	0,6A/ab	0,6A/ab	0,7AB/a	10,5 <sup>**</sup>	0,5A
T5 - cal via irrigação	0,4B/ab	0,4A/ab	0,4A/ab	0,2AB/d	0,2B/d	0,3B/bc	0,5A/a	0,5B/a	10,1 <sup>**</sup>	0,4B
T6 - Nca+MAP	0,5B/ab	0,5A/ab	0,3AB/c	0,3A/c	0,1B/d	0,2BC/cd	0,5A/ab	0,7AB/a	22,2 <sup>**</sup>	0,4B
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	7,1 <sup>**</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	6,9 <sup>**</sup>	3,3 <sup>**</sup>	7,0 <sup>**</sup>	12,1 <sup>**</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	4,4 <sup>**</sup>		11,8 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	0,5b	0,5b	0,3c	0,3c	0,3c	0,3c	0,5b	0,6a		0,4
<b>CV (%)</b>										16,9
	Profundidade 60 cm									
T1 - sem correção	0,6A/a	0,6A/a	0,2B/b	0,3A/b	0,5A/a	0,2A/b	0,6A/a	0,5AB/a	21,0 <sup>**</sup>	0,4A
T2 - calcário 1,4 m	0,1B/c	0,4BC/ab	0,3B/abc	0,2A/c	0,2B/bc	0,1A/c	0,3BC/bc	0,6A/a	17,5 <sup>**</sup>	0,3B
T3 - calcário 2,8 m	0,1B/de	0,3C/b	0,2B/cde	0,3A/bcd	0,4AB/bc	0,1A/e	0,2C/bcde	0,6A/a	13,8 <sup>**</sup>	0,3B
T4 - cal via barra de herbicida	0,1B/c	0,5AB/a	0,5A/a	0,3A/bc	0,3B/bc	0,2A/c	0,5AB/a	0,3C/bc	14,9 <sup>**</sup>	0,3B
T5 - cal via irrigação	0,2B/cd	0,6A/a	0,5A/ab	0,2A/cd	0,2B/cd	0,1A/d	0,4B/ab	0,3C/bc	14,9 <sup>**</sup>	0,3B
T6 - Nca+MAP	0,1B/d	0,5AB/a	0,3B/bc	0,3A/bc	0,2B/cd	0,2A/cd	0,2C/cd	0,4BC/ab	12,2 <sup>**</sup>	0,3B
<b>Teste F</b>										
<b>Meses</b>	23,4 <sup>**</sup>	6,4 <sup>**</sup>	11,2 <sup>**</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	7,7 <sup>**</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	12,8 <sup>**</sup>	6,6 <sup>**</sup>		20,6 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	0,2d	0,5a	0,3c	0,2d	0,3c	0,2d	0,4b	0,5a		0,3
<b>CV (%)</b>										20,9
<b>Precipitação (mm)</b>	61	67	225	474	239	235	17	0		

<sup>ns</sup> Não significativo; \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; Nca - nitrato de cálcio.

A concentração dos sais na solução do solo é um balanço químico, entre o que é aplicado de sais (fertilizantes e corretivos), entre o que é absorvido pelas plantas a fim de atender as exigências nutricionais e, entre o que se torna insolúvel mediante as reações químicas ou por atingir limites de solubilidade na solução do solo (DIAS, 2004). Além disso, deve-se considerar a quantidade que pode ser eliminada por percolação devido a lâminas de irrigação excessiva ou a presença de períodos chuvosos mais intensos.

Embora alguns autores cite os efeitos causados por danos salinos em plantas, neste experimento foram observados valores abaixo do limiar tolerado pela cultura da laranja, que é de  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$  sem perdas de produtividade (MAAS, 1993), mesmo para o tratamento 1 que não recebeu material corretivo, entretanto, aplicou-se nitrato de amônio e cloreto de potássio, que de acordo com Lorenz & Maynard (1988) são fontes que possuem alto índice salino.

Souza (2010), Bardivieso (2012) e Andrade (2012) relatam que as análises da solução do solo que apresentaram valores de CE próximos a  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ , também apresentaram valores de pH em torno de 3,6; ainda de acordo com os autores, esta elevação está relacionada com as doses crescentes de nitrato de amônio, ácido fosfórico e cloreto de potássio aplicadas via fertirrigação, sendo que os valores próximos ao limiar só foram observados quando a dose foi superior a recomendada por Quaggio et al. (2005).

Outro ponto a ser considerado é a perda de nutrientes por lixiviação que esta relacionada com os períodos de maiores precipitações; para a safra 2010/2011 a 30 cm de profundidade, correlacionando-se o volume de chuva mensal com a condutividade elétrica média obtida em cada mês, obtém-se uma correlação negativa  $R^2 = - 0,85$ ; o que significa dizer que o comportamento da CE e da precipitação são inversamente proporcionais, a medida que aumenta a precipitação, a CE irá diminuir. A correlação da CE determinada a 60 cm apresentou valor  $R^2 = - 0,66$ , inferior ao observado na camada superior.

#### **Safra 2011/2012**

Na Tabela 15 (safra 2011/2012), os resultados de CE foram semelhantes aos observados na Tabela 14 (safra 2010/2011). Portanto, pode-se explicar as variações ocorridas pelos mesmos motivos já apontados anteriormente (2010/2011).



De modo semelhante, quando se considera a safra 2011/2012 observou-se uma correlação negativa com  $R^2 = - 0,85$  para a profundidade de 30 cm, valor semelhante ao observado na safra anterior, enquanto que para 60 cm, essa correlação apresenta  $R^2 = - 0,75$ , portanto um valor diferente em relação a mesma profundidade da safra anterior. Deve-se considerar, no entanto, que a pluviosidade das duas safras foi distinta em relação ao total de precipitação ocorrida entre os meses de out/2010 a mai 2011 e set/2011 a mai/2012. Na primeira safra choveu 1318 mm e apenas 639 mm foi observado na segunda.

De modo geral, os valores encontrados para a CE neste experimento foram baixos, em torno de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$  a 30 cm de profundidade e,  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  a 60 cm, enquanto que o valor considerado limiar para a cultura da laranja, de acordo com Maas (1993) é de  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ . Outro fator que pode ter contribuído para os baixos valores de CE neste experimento é o parcelamento dos fertilizantes utilizados na fertirrigação que permitiram que os valores se mantivessem baixos durante ambas as safras. A possibilidade de parcelamento dos fertilizantes constituiu uma vantagem muito importante do sistema de fertirrigação por gotejamento.

De acordo com Silva (2002), em sistemas fertirrigados, o monitoramento periódico da CE da solução do solo realizada com auxílio de extratores de solução do solo e testes rápidos permite controle mais eficiente dos níveis de salinidade mantendo-se sempre a faixa ideal para a boa produtividade e economia no sistema de produção, independentemente do modo de cultivo adotado pelo produtor, podendo ou não ser em ambiente protegido (OLIVEIRA, 1997).

De modo geral, neste experimento os tratamentos que apresentaram menor pH também foram os que apresentaram os maiores valores de CE, embora estatisticamente diferentes, os valores observados foram baixos e não constituíram-se um fator limitante. Entretanto, de acordo com Souza et al. (2012), que observaram a relação direta entre a redução dos valores de pH e o aumento da CE em função das doses dos fertilizantes adotados e da resultante das reações ácidas, que interferiram na absorção dos nutrientes, fazendo com que os mesmos permanecessem em maior quantidade na solução do solo a medida em que os valores de pH fossem reduzidos. Além disso, o controle do pH e da CE garantem maximização da disponibilidade dos nutrientes e a produtividade dos pomares comerciais fertirrigados.

**TABELA 15.** Valores de condutividade elétrica (dS m<sup>-1</sup>) a 30 e 60 cm de profundidade observados na solução do solo durante o período de setembro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2011/2012.

Tratamento	Meses						Médias			
	set/11	out/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12		abr/12	mai/12	Teste F
	<b>Profundidade 30 cm</b>									
T1 - sem correção	0,3A/cd	0,8A/a	0,3A/cd	0,2A/d	0,2A/d	0,6A/ab	0,6B/ab	0,8AB/a	13,5 <sup>**</sup>	0,5A
T2 - calcário 1,4 m	0,4A/a	0,3B/a	0,2A/a	0,2A/a	0,2A/a	0,3B/a	0,3C/a	0,4D/a	1,4 <sup>ns</sup>	0,3B
T3 - calcário 2,8 m	0,4A/abc	0,5AB/ab	0,2A/cd	0,1A/d	0,1A/d	0,2B/cd	0,4BC/abc	0,6CD/a	6,8 <sup>**</sup>	0,3B
T4 - cal via barra de herbicida	0,4A/bc	0,7A/ab	0,2A/c	0,2A/c	0,1A/c	0,4AB/bc	0,8A/a	0,9A/a	18,9 <sup>**</sup>	0,5A
T5 - cal via irrigação	0,3A/ab	0,3B/ab	0,3A/ab	0,1A/b	0,2A/b	0,4AB/ab	0,5BC/a	0,5CD/a	4,6 <sup>**</sup>	0,3B
T6 - NCa+MAP	0,3A/bc	0,4B/bc	0,3A/bc	0,2A/c	0,1A/c	0,3B/bc	0,6B/ab	0,8AB/a	8,9 <sup>**</sup>	0,4B
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	0,6 <sup>ns</sup>	7,6 <sup>**</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	4,4 <sup>**</sup>	7,9 <sup>**</sup>	7,2 <sup>**</sup>		16,1 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	0,4c	0,5b	0,3c	0,2d	0,1d	0,3c	0,5b	0,7a		0,4
<b>CV (%)</b>										33,7
	<b>Profundidade 60 cm</b>									
T1 - sem correção	0,1A/c	0,4A/bc	0,3A/bc	0,2A/c	0,2A/c	0,7A/a	0,4AB/bc	0,6A/ab	6,4 <sup>**</sup>	0,4A
T2 - calcário 1,4 m	0,2A/a	0,2A/a	0,1A/a	0,1A/a	0,1A/a	0,1C/a	0,3B/a	0,2C/a	0,7 <sup>ns</sup>	0,1C
T3 - calcário 2,8 m	0,1A/a	0,3A/a	0,2A/a	0,1A/a	0,1A/a	0,1C/a	0,4AB/a	0,3BC/a	2,3 <sup>ns</sup>	0,2BC
T4 - cal via barra de herbicida	0,3A/bc	0,4A/bc	0,2A/c	0,2A/c	0,2A/c	0,6A/a	0,6A/a	0,7A/a	8,3 <sup>**</sup>	0,4A
T5 - cal via irrigação	0,1A/a	0,4A/a	0,3A/a	0,1A/a	0,1A/a	0,3BC/a	0,4AB/a	0,4BC/a	2,5 <sup>ns</sup>	0,3AB
T6 - NCa+MAP	0,1A/a	0,4A/a	0,2A/a	0,1A/a	0,1A/a	0,2C/a	0,4AB/a	0,2C/a	2,9 <sup>ns</sup>	0,2BC
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamentos</b>	0,7 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	12,1 <sup>**</sup>	2,7 <sup>**</sup>	8,2 <sup>**</sup>		16,7 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	0,3ab	0,3ab	0,2bc	0,1c	0,1c	0,3ab	0,4a	0,4a		0,3
<b>CV (%)</b>										44,0
<b>Precipitação (mm)</b>	0	54	125	99	189	125	47	0		

<sup>ns</sup> Não significativo; \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.

### **4.2.3 Teores de cálcio e magnésio**

Nas Tabelas 16 a 19 estão os valores de cálcio e magnésio encontrados na análise de solução do solo, sendo que os resultados do teste F foram significativos entre os tratamentos e, também, ao longo dos meses de avaliação.

#### **Cálcio**

##### **Safra 2010/2011**

Os valores de Ca na solução do solo a 30 cm foram decrescentes em função das épocas amostradas no tratamento testemunha, indicando diminuição desse nutriente que pode ser explicado pelas perdas por lixiviação (ENGELS e MARSCHNER, 1995), como também pela absorção de Ca pela planta no período avaliado.

Para os tratamentos 2, 3 (calcário) e 4 (cal hidratada via barra de herbicida), os valores de Ca na solução do solo oscilaram em função das aplicações que foram realizadas para que a dose calculada fosse atingida (Tabela 3). Observou-se, nesse caso, que a quantidade de Ca foi maior nos meses de dez/2010 e jan/2011, refletindo as épocas de aplicações dos respectivos corretivos.

Os tratamentos 2 e 3 não diferiram entre si, quanto à concentração de Ca na solução do solo, porém apresentaram maiores teores de cálcio a 30 e a 60 cm de profundidade, em comparação aos tratamentos 1 e 4. A aplicação de hidróxido de Ca via barra de herbicida (4) não se mostrou efetiva em aumentar o teor de Ca no solo, visto que a quantidade aplicada por este equipamento ficou aquém da recomendada.

Nos tratamentos 5 e 6, no entanto, a concentração de Ca foi crescente, uma vez que a aplicação da cal hidratada e da fonte de nitrato de cálcio (19% Ca) ocorreu ao longo de todo o período de fertirrigação. Estes tratamentos que apresentaram os mais elevados teores de Ca na solução do solo, sendo o tratamento 6 significativamente superior ao tratamento 5. O nitrato de cálcio é uma fonte nutricional solúvel e, portanto, facilmente carregada pela frente de molhamento ao longo do perfil do solo. No tratamento 6 o aumento da concentração de Ca chegou a ser 10 vezes maior de out/10 a mai/11.

**TABELA 16.** Valores de cálcio (mg L<sup>-1</sup>) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.

Tratamento	Meses						Teste F			
	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	Médias	
	Profundidade 30 cm									
T1 - sem correção	6,1A/a	5,5BC/ab	4,9C/ab	4,6D/ab	4,3E/b	4,1C/b	4,2D/b	4,2E/b	3,1**	4,7F
T2 - calcário 1,4 m	6,1A/cd	7,2AB/c	9,6B/b	14,0B/a	4,3E/e	3,9C/e	5,3CD/de	11,2D/b	75,6**	7,7D
T3 - calcário 2,8 m	5,2AB/d	4,8C/d	10,4B/b	13,3B/a	8,5C/c	5,6C/d	6,3C/d	13,3C/a	73,1**	8,4C
T4 - cal via barra de herbicida	4,7AB/bc	4,1C/c	6,3C/ab	7,5C/a	6,1D/ab	5,2C/bc	4,7CD/bc	4,5E/bc	7,9**	5,4E
T5 - cal via irrigação	5,1AB/g	8,2A/f	11,2B/e	14,2B/d	16,2B/c	17,7B/c	27,7B/b	39,5B/a	734,9**	17,5B
T6 - NCa+MAP	4,2B/g	7,5A/f	14,0A/e	18,5A/d	20,9A/c	22,1A/c	30,7A/b	42,9A/a	904,6**	20,1A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	3,2**	16,1**	64,8**	148,8**	282,3**	371,4**	910,4**	1768,2**	225,9**	3830,0**
<b>Médias</b>	5,2f	6,2e	9,4d	12,0c	10,0d	9,8d	13,1b	19,3a		10,6
<b>CV (%)</b>										6,7
	Profundidade 60 cm									
T1 - sem correção	3,5AB/a	3,3C/ab	2,6D/abc	2,3E/abc	2,1D/bc	1,8C/c	1,9D/c	1,8D/c	5,4**	2,4E
T2 - calcário 1,4 m	3,2B/cd	5,4B/b	9,2A/a	8,5B/a	2,7D/de	1,9C/e	4,3C/bc	5,2C/b	82,5**	5,5C
T3 - calcário 2,8 m	4,1AB/de	4,7B/cd	5,6B/c	10,0A/a	2,9D/ef	2,2C/f	8,5B/b	5,2C/cd	84,2**	5,4C
T4 - cal via barra de herbicida	2,9B/cde	3,3C/bcd	4,1C/abc	5,1D/a	4,3C/ab	2,1C/de	2,2D/de	1,9D/e	15,8**	3,2D
T5 - cal via irrigação	4,4A/d	5,7B/c	6,7B/c	6,4C/c	6,0B/c	4,0B/d	8,7B/b	23,6B/a	482,8**	8,2B
T6 - NCa+MAP	4,7A/d	9,3A/bc	9,7A/bc	10,5A/b	9,8A/bc	9,0A/c	10,3A/bc	29,7A/a	663,8**	11,6A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	5,8**	57,2**	91,7**	117,2**	97,1**	97,7**	154,4**	1742,1**	181,8**	447,0**
<b>Médias</b>	3,8f	5,3d	6,3c	7,1b	4,6e	3,5f	6,0c	11,2a		6,0
<b>CV (%)</b>										8,4
<b>Precipitação (mm)</b>	61	67	225	474	239	235	17	0		

ns Não significativo; \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.

A movimentação dos carbonatos no solo (RAIJ, 1991; PEARSON et al., 1992) pode ser facilitada pela adoção do sistema de irrigação que de acordo com o observado por Natale et al., 2007, permitiu que tanto o Ca como o Mg fossem distribuídos em profundidades maiores nos pomares.

Na Tabela 16, quando avaliada a solução a 60 cm de profundidade, nota-se comportamento semelhante ao observado a 30 cm, indicando que houve caminhamento do Ca aplicado superficialmente ao longo do ciclo. Nessa profundidade, observa-se que o teor de Ca na solução do solo proveniente do nitrato de cálcio foi o mais elevado, possivelmente porque o sal tem maior capacidade de percolar no perfil do solo em relação ao calcário e a cal hidratada (BLEVINS et al., 1997). O uso da cal hidratada via fertirrigação atingiu em mai/11 23,6 mg L<sup>-1</sup> de Ca, valor inferior apenas ao tratamento 6 (29,7 mg L<sup>-1</sup>).

#### **Safra 2011/2012**

Na Tabela 17 (safra 2011/2012), observa-se que os valores de Ca apresentam-se de forma semelhante ao observado na Tabela 16 (safra 2010/2011). Os teores de Ca na solução de solo no tratamento 1 (testemunha) continuaram diminuindo ao longo dos meses e em mai/12 atingiu seu menor valor (2,3 g L<sup>-1</sup>). A aplicação de cal hidratada via barra de herbicida (tratamento 4) proporcionou os valores mais baixo de Ca para os tratamentos onde este nutriente foi aplicado e de modo semelhante o tratamento 6 gerou os mais altos valores de Ca na solução de solo.

Na safra 2011/2012, para a profundidade de 60 cm observou-se que os valores de Ca aumentaram em relação a profundidade de 30 cm, com destaque para os tratamentos 2, 3 (calcário) e 4 (barra de herbicida) que apresentaram elevação dos teores justamente em função das épocas de aplicações.

Uma das funções atribuídas à calagem é o fornecimento de Ca e Mg (NATALE et al., 2007) para os cultivos, portanto, de acordo com as particularidades de cada tratamento, foi possível notar que ocorreu incremento nos teores de Ca em profundidade (60 cm), exceto para o tratamento 4 que apresentou pequena elevação porém os valores foram inferiores aos observados nos tratamentos 2, 3, 5, 6 e mais próximos ao tratamento 1.

**TABELA 17.** Valores de cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de setembro de 2011 a maio de 2012. SAFRA 2011/2012.

Tratamento	Meses						Teste F			
	set/11	out/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	Médias	
<b>Profundidade 30 cm</b>										
T1 - sem correção	2,9C/a	2,9C/a	2,8D/a	2,7D/a	2,6D/a	2,5E/a	2,4D/a	2,3C/a	0,2 <sup>ns</sup>	2,6E
T2 - calcário 1,4 m	3,8BC/ef	4,1BC/ef	8,8B/bc	12,3B/a	10,8C/ab	7,0C/cd	5,9C/de	3,6C/ef	39,0**	7,0C
T3 - calcário 2,8 m	4,0BC/c	4,4BC/c	8,6B/b	12,7B/a	9,0C/b	6,2CD/c	4,2C/c	4,1C/c	36,1**	6,6C
T4 - cal via barra de herbicida	3,1BC/c	3,5C/bc	5,9C/a	5,6C/ab	4,6D/abc	4,3DE/abc	3,7CD/abc	3,5C/bc	3,7**	4,3D
T5 - cal via irrigação	5,2B/e	5,8B/e	14,4A/d	21,8A/c	23,0B/c	23,0B/c	27,5B/b	31,7B/a	334,4**	19,0B
T6 - Nca+MAP	8,1A/e	8,5A/e	13,9A/d	23,2A/c	26,8A/b	28,5A/b	33,8A/a	35,5A/a	418,8**	22,8A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	13,6**	14,9**	71,4**	244,1**	347,6**	429,1**	687,1**	873,8**	107,3**	875,5**
<b>Médias</b>	4,5d	4,9d	9,1c	13,0a	13,0a	12,0b	13,0a	13,5a		10,4
<b>CV (%)</b>										4,7
<b>Profundidade 60 cm</b>										
T1 - sem correção	1,9B/a	1,7A/a	1,8C/a	1,5C/a	1,7D/a	1,9D/a	1,8D/a	1,9D/a	0,1 <sup>ns</sup>	1,8E
T2 - calcário 1,4 m	2,3AB/d	2,0A/d	4,5B/cd	4,1B/cd	5,3C/bc	7,7B/ab	8,5C/a	9,2C/a	23,8**	5,5C
T3 - calcário 2,8 m	3,1AB/d	3,2A/d	4,6B/cd	10,3A/a	8,0B/ab	7,7B/b	7,0C/bc	7,7C/b	20,4**	6,4C
T4 - cal via barra de herbicida	2,0AB/c	2,3A/bc	4,0BC/abc	5,2B/a	4,8C/ab	5,0C/a	2,1D/c	1,9D/c	6,7**	3,4D
T5 - cal via irrigação	3,2AB/e	3,4A/de	8,2A/c	5,8B/cd	8,2B/c	11,6A/b	12,4B/b	18,3B/a	80,6**	8,9B
T6 - Nca+MAP	4,3A/f	2,1A/f	7,3A/e	8,3A/de	10,6A/cd	12,1A/c	17,1A/b	22,3A/a	138,5**	10,5A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	2,6*	1,5 <sup>ns</sup>	16,8**	30,1**	30,4**	47,1**	110,2**	223,4**	27,7**	189,8**
<b>Médias</b>	2,8e	2,4e	5,1d	5,9cd	6,4c	7,7b	8,2b	10,2a		6,1
<b>CV (%)</b>										6,8
<b>Precipitação (mm)</b>	0	54	125	99	189	125	47	0		

<sup>ns</sup> Não significativo \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; Nca - nitrato de cálcio.

De acordo com Caires et al. (2000), os efeitos da correção da acidez são importantes também em profundidades maiores, permitindo que ocorra o melhor desenvolvimento do sistema radicular, demonstrando que a correção adequada permite o melhor aproveitamento tanto da água quanto dos nutrientes (DEMATTÊ e VITTI, 1992), ainda mais quando se consideram sistemas fertirrigados.

Neste experimento observou-se que apesar de não haver ocorrido incorporação, a mobilidade dos cátions atingiu a profundidade de 60 cm, indicando que a adoção da irrigação poderá auxiliar a distribuição dos cátions ao longo do perfil do solo. Para isso é importante observar a seguinte situação: quando a aplicação ocorre de forma sólida, o caminhamento dos cátions ocorrerá de forma mais lenta, pois a água de irrigação promoverá a reação de solubilização do corretivo no solo nos primeiros centímetros do perfil do solo para depois promover o seu caminhamento. Esta situação assemelha-se ao que ocorre no plantio direto, onde não há incorporação do calcário, entretanto, a maioria dos cultivos sobre esse sistema não são irrigados, portanto o caminhamento dos cátions ocorre devido a precipitação.

Já, a aplicação de cal hidratada associada à água de irrigação (suspensão) permitiu que o caminhamento dos cátions ocorresse mais rápido e em quantidades maiores do que a aplicação sólida quando se compara a profundidade de alcance dos cátions.

### **Magnésio**

#### **Safra 2010/2011**

Na Tabela 18, os maiores teores de Mg na solução do solo a 30 cm de profundidade, em média, foram observados nos tratamentos 2 e 5 (respectivamente 3,4 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>) que receberam calcário aplicado de forma localizada (1,40 m) e cal hidratada via sistema de irrigação. O tratamento 3, com calcário aplicado em maior faixa (2,80 m) apresentou o terceiro maior valor na solução do solo a 30 cm.

Observando as alterações ocorridas ao longo dos meses, percebe-se que o Mg para os tratamentos 2, 3 (calcário) e 4 (cal via barra de herbicida) apresentaram em jan/11 os valores mais elevados coincidindo com a aplicação dos respectivos corretivos. Entretanto, para os tratamentos 2 e 3 (respectivamente 4,5 e 4,6 mg L<sup>-1</sup>) foram superiores ao tratamento 4 que atingiu o valor máximo de 3,0 mg L<sup>-1</sup>, voltando a decrescer ao longo dos meses com valores que se aproximam do tratamento 1 (testemunha).

**TABELA 18.** Valores de magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de outubro de 2010 a maio de 2011. SAFRA 2010/2011.

Tratamento	Meses						Médias			
	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11		abr/11	mai/11	Teste F
	<b>Profundidade 30 cm</b>									
T1 - sem correção	1,6A/a	1,4C/a	1,4C/a	1,3D/a	1,3C/a	1,5B/a	1,5C/a	1,3D/a	0,7 <sup>ns</sup>	1,4E
T2 - calcário 1,4 m	0,8B/e	3,1A/d	3,7A/bcd	4,5A/a	3,7A/bcd	3,4A/cd	3,8A/bc	4,2B/ab	66,3**	3,4A
T3 - calcário 2,8 m	0,8B/d	1,2C/d	2,5B/c	4,6A/a	3,4A/b	3,1A/b	3,8A/b	4,4B/a	100,8**	3,0B
T4 - cal via barra de herbicida	0,8B/e	2,1B/bc	2,5B/ab	3,0B/a	2,7B/ab	1,6B/cd	1,8C/cd	1,4D/de	25,9**	2,0D
T5 - cal via irrigação	0,9B/f	1,4C/ef	1,7C/e	2,7BC/d	3,2AB/cd	3,5A/c	4,2A/b	8,8A/a	325,7**	3,3A
T6 - NCa+MAP	0,9B/e	1,5BC/de	1,8C/cd	2,3C/bc	2,7B/ab	3,0A/a	2,9B/ab	3,6C/a	32,5**	2,3C
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	4,7**	27,7**	35,5**	87,4**	87,4**	44,2**	64,3**	398,1**	62,4**	126,8**
<b>Médias</b>	1,0f	1,8e	2,2d	3,1b	2,8bc	2,7c	3,0b	3,9a		2,6
<b>CV (%)</b>										9,4
	<b>Profundidade 60 cm</b>									
T1 - sem correção	2,1A/a	1,9A/a	2,0A/a	1,7C/ab	1,7C/ab	1,1CD/b	1,1C/b	1,0D/b	7,2**	1,6C
T2 - calcário 1,4 m	0,7B/d	0,7D/d	1,5AB/b	2,4B/a	2,0BC/ab	1,6C/b	0,8C/cd	1,5D/b	15,0**	1,4C
T3 - calcário 2,8 m	1,0B/f	1,6AB/ef	1,7AB/def	3,3A/ab	2,7AB/bc	2,4B/cd	2,0B/de	3,8C/a	31,7**	2,3B
T4 - cal via barra de herbicida	0,6B/a	0,9CD/a	1,2B/a	1,1C/a	0,9D/a	0,7D/a	0,9C/a	1,0D/a	1,3 <sup>ns</sup>	0,9D
T5 - cal via irrigação	0,9B/d	1,4ABC/cd	1,6AB/c	2,4B/b	2,9A/b	2,4B/b	3,1A/b	6,8A/a	124,3**	2,7A
T6 - NCa+MAP	0,7B/f	1,1BCD/ef	1,6AB/e	2,4B/d	2,9A/cd	3,4A/bc	3,7A/b	4,8B/a	72,4**	2,5A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	11,6**	7,7**	2,8*	21,5**	25,7**	36,7**	55,3**	212,4**	31,0**	67,8**
<b>Médias</b>	1,0e	1,2e	1,6d	2,2b	2,2b	1,9c	1,9c	3,1a		1,9
<b>CV (%)</b>										7,9
<b>Precipitação (mm)</b>	61	67	225	474	239	235	17	0		

<sup>ns</sup> Não significativo \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.



Os tratamentos 5 e 6 apresentaram valores de Mg crescentes ao longo dos meses, chegando respectivamente a 8,8 e 3,6 mg L<sup>-1</sup> em mai/2011, entretanto o tratamento 6 não recebeu fonte de magnésio.

Na Tabela 18, a 60 cm de profundidade, os valores observados para o tratamento 1 decresceram enquanto que os valores para o tratamento 4 oscilaram mas não chegando a ser significativo. Já para os tratamentos 2 e 3 assim como observado a 30 cm, em jan/11 foram observados os valores mais elevados (respectivamente 2,4 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>) indicando que o sistema de irrigação pode ter permitido que após a solubilização do calcário nos primeiros centímetros do solo, o Mg fosse carregado até a profundidade de 60 cm.

Os tratamentos 5 e 6, a 60 cm de profundidade, assim como o observado a 30 cm, apresentaram valores crescentes ao longo dos meses chegando a 6,8 e 4,8 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, em mai/11; isto é, para o tratamento 5 a aplicação de cal via sistema de irrigação em função da quantidade de Mg encontrada a 60 cm de profundidade está, possivelmente, relacionada com a melhor distribuição do nutriente dentro do bulbo, assim como ocorre com outros adubos solúveis.

As variações observadas nos teores de Mg ao longo dos meses pode estar relacionada ao processo de lixiviação que de acordo com Raij (1991) pode ocorrer devido as ligações fracas que ocorrem entre o Mg e as cargas negativas existentes no solo quando comparado ao Ca.

#### **Safra 2011/2012**

Na Tabela 19, a 30 cm de profundidade destaca-se o tratamento 5 que em média apresentou os maiores valores de Mg (cerca de 5,1 mg L<sup>-1</sup>). O comportamento dos tratamentos ao longo dos meses é semelhante ao observado na Tabela 18. Entretanto, observou-se que os valores encontrados a 60 cm são maiores do que os encontrados a 30 cm. A explicação é a mesma encontrada para a safra 2010/2011.

Em média, a 60 cm de profundidade, os tratamentos 2, 3 e 5 destacam-se dos demais, indicando que a aplicação de calcário sólido ou cal hidratada via sistema de irrigação (suspensão) promoveram o caminhamento do Mg em profundidade e reforçando o aspecto de maior lixiviação do Mg em relação ao Ca (cujos valores a 30 cm de profundidade foram maiores).

A cal hidratada apresentou teores de Mg superiores ao calcário (Tabela 4), porém o modo de aplicação adotado para a composição do tratamento 5 (fertirrigação) pode ter favorecido os elevados teores encontrados na solução do solo, tanto a 30 quando a 60 cm de profundidade. Considerando que a aplicação de cal hidratada foi concentrada dentro do bulbo molhado enquanto que os tratamentos 2 e 3 que receberam calcário com a aplicação em faixa sobre a área do bulbo e sem a incorporação do mesmo.

As explicações encontradas na literatura para a distribuição do Mg em profundidade são semelhantes ao já descrito para o Ca, uma vez que ambos os elementos estão presentes nos materiais corretivos. Franchini et al. (2003) relatam que juntamente com resíduos orgânicos, os cátions divalentes (Ca e Mg) são preferencialmente lixiviados no perfil do solo quando comparados aos monovalentes (K). Pavinato & Rosolem (2008), Franquini et al. (2003) e Harter e Naidu (1995) sugerem que a formação de pares entre as bases ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) e os ácidos orgânicos ( $\text{RO}^-$  e  $\text{RCOO}^-$ ) de alta solubilidade, porém de baixa massa molecular, permitiriam o carregamento desses pares para as camadas subsuperficiais do solo (60 cm). Oliveira e Pavan (1996) citam a formação de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  que são um pouco mais móveis no solo do que os carbonatos; entretanto, também podem ocorrer no solo reações entre o nitrato de amônio (aplicado para todos os tratamentos, exceto para o 6), e o cálcio e magnésio presentes, tanto no calcário quanto na cal hidratada, utilizados para os tratamentos 2, 3, 4 e 5. Estas reações entre as fontes utilizadas formaria, na região do bulbo molhado, o nitrato de cálcio que percolaria mais facilmente através do perfil do solo acompanhando o movimento descendente da água do sistema de irrigação (BLEVINS et al., 1997).

De modo geral, os teores de Ca e Mg nos tratamentos com calcário atingiram valores máximos em jan/2011 (30 e 60 cm) e fev/2012 (30 e 60 cm) o que esta relacionada ao mês de maior chuva para as duas safras. Deve-se também considerar que entre as bases utilizadas na correção da acidez a solubilidade de cada espécie segundo Alcarde (2005) é de  $\text{CaCO}_3 = 0,014 \text{ g L}^{-1}$  à 25 °C;  $\text{MgCO}_3 = 0,106 \text{ g L}^{-1}$  à 25 °C;  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 1,85 \text{ g L}^{-1}$  à 0 °C;  $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 0,009 \text{ g L}^{-1}$  a 18 °C.

**TABELA 19.** Valores de magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na solução do solo a 30 e 60 cm de profundidade no período de setembro de 2011 a maio de 2012. SAFRA 2011/2012.

Tratamento	Meses						Teste F			
	set/11	out/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	Médias	
	Profundidade 30 cm									
T1 - sem correção	0,9A/a	1,4B/a	1,4B/a	1,2C/a	1,2D/a	1,3C/a	1,3D/a	1,3C/a	0,3 <sup>ns</sup>	1,2E
T2 - calcário 1,4 m	0,8A/d	3,1A/c	3,6A/bc	4,5A/b	8,0A/a	4,1B/bc	4,1C/bc	3,8B/bc	44,5 <sup>**</sup>	4,1B
T3 - calcário 2,8 m	0,9A/f	1,2B/f	2,5AB/e	4,6A/cd	7,1A/ab	7,4A/a	5,9B/bc	4,0B/d	73,9 <sup>**</sup>	4,2B
T4 - cal via barra de herbicida	1,2A/d	2,0AB/cd	2,4AB/c	3,0B/bc	4,3B/a	4,2B/ab	4,9BC/a	4,9B/a	22,5 <sup>**</sup>	3,3C
T5 - cal via irrigação	1,8A/de	1,3B/e	1,7B/de	2,7B/d	8,3A/b	6,7A/c	10,6A/a	7,6A/bc	151,2 <sup>**</sup>	5,1A
T6 - NCa+MAP	0,9A/d	1,5B/cd	1,8B/bcd	2,2BC/bc	3,1C/ab	3,1B/ab	3,8C/a	4,2B/a	14,6 <sup>**</sup>	2,5D
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	1,5 <sup>ns</sup>	6,2 <sup>**</sup>	7,9 <sup>**</sup>	19,6 <sup>**</sup>	97,2 <sup>**</sup>	63,7 <sup>**</sup>	111,7 <sup>**</sup>	46,9 <sup>**</sup>	26,1 <sup>**</sup>	171,3 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	1,0e	1,8d	2,2d	3,1c	5,3a	4,5b	5,1a	4,2b		3,4
<b>CV (%)</b>										14,9
	Profundidade 60 cm									
T1 - sem correção	0,9A/a	1,0A/a	1,9B/a	2,1C/a	3,3D/a	2,3D/a	2,5D/a	2,2C/a	1,8 <sup>ns</sup>	2,0C
T2 - calcário 1,4 m	0,6A/b	0,9A/b	0,8B/b	9,0B/a	8,0AB/a	8,4A/a	8,4A/a	6,7A/a	45,1 <sup>**</sup>	5,3A
T3 - calcário 2,8 m	0,9A/d	0,9A/d	1,0B/d	11,7A/a	8,7A/b	6,3ABC/bc	5,6BC/c	5,0AB/c	47,8 <sup>**</sup>	5,0A
T4 - cal via barra de herbicida	0,6A/d	0,9A/cd	5,7A/a	3,2C/bc	5,9BC/a	4,7C/ab	4,1CD/ab	3,8BC/ab	12,1 <sup>**</sup>	3,6B
T5 - cal via irrigação	0,9A/b	1,0A/b	6,7A/a	7,6B/a	7,3AB/a	7,1AB/a	6,5AB/a	5,4AB/a	23,3 <sup>**</sup>	5,3A
T6 - NCa+MAP	0,9A/b	0,8A/b	2,8B/ab	4,3C/a	4,9CD/a	5,1BC/a	4,8BCD/a	4,7AB/a	9,6 <sup>**</sup>	3,5B
<b>Teste F</b>										
<b>Meses</b>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	18,5 <sup>**</sup>	42,5 <sup>**</sup>	12,7 <sup>**</sup>	13,7 <sup>**</sup>	12,4 <sup>**</sup>	6,9 <sup>**</sup>	9,3 <sup>**</sup>	93,5 <sup>**</sup>
<b>Médias</b>	0,8e	0,9e	3,1d	6,3a	6,3a	5,7ab	5,3bc	4,6c		4,2
<b>CV (%)</b>										24,0
<b>Precipitação (mm)</b>	0	54	125	99	189	125	47	0		

<sup>ns</sup> Não significativo \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.

### 4.3 UNIFORMIDADE DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO (CUC e CUD)

Nas Tabelas 20 e 21 estão os valores das análises dos coeficientes de uniformidade observados durante os períodos de outubro/2010 a maio/2011 e setembro/2011 a abril/2012.

Os valores dos coeficientes de uniformidade do sistema de irrigação não foram significativos pelo teste de Tukey para as safras 2010/2011 (Tabela 20) e 2011/2012 (Tabela 21), ficando os valores dentro da faixa de variação até 10%, cuja classificação é excelente (ASAE, 1997).

Neste experimento foram utilizadas fontes de nutrientes solúveis e pouco solúveis em água, por esse motivo fez-se necessário o acompanhamento das vazões dos gotejadores, aplicando a metodologia descrita por Keller e Karmelli, (1975) a fim de identificar possíveis entupimentos em razão das fontes escolhidas. Entretanto, durante o período de avaliação não foram identificados problemas no campo, isso indica que a concentração calculada ( $7 \text{ g L}^{-1}$ ) de calda de cal hidratada, que foi injetada no sistema de irrigação, não foi suficiente para provocar entupimento na linha de gotejo em duas safras.

De acordo com Silva & Marouelli (2001), o ácido fosfórico utilizado como fonte de P em sistema fertirrigados promove o abaixamento do pH da água de irrigação aplicada fazendo com que seja reduzido o risco de precipitação dos carbonatos presentes na água e, conseqüentemente, evita o entupimento dos emissores.

Neste experimento, o único tratamento que não recebeu ácido fosfórico foi o 6 cuja fonte de fósforo utilizada foi o MAP. Portanto, tanto o abaixamento do pH da água de irrigação, quanto a concentração calculada da solução estoque, contribuíram para o não entupimento dos emissores.

Diversos autores chamam a atenção para os problemas de entupimento que são muito frequentes em sistemas fertirrigados e, por essa razão, o acompanhamento das vazões e, também, o cuidado com as compatibilidade das fontes utilizadas (LANDIS et al., 1989) são de grande importância para o bom funcionamento dos equipamentos de irrigação (FORTES et al., 2009).

**TABELA 20.** Valores (%) dos coeficientes de uniformidade (Christiansen – CUC e Distribuição – CUD). SAFRA 2010/2011.

Tratamento	Meses						Teste F			
	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	Médias	
	Coeficiente de Christiansen – CUC (%)									
T1 - sem correção	97,7A/a	97,9A/a	98,1A/a	97,2A/a	97,8A/a	97,4A/a	97,8A/a	97,8A/a	0,6 <sup>ns</sup>	97,7A
T2 - calcário 1,4 m	96,6A/a	97,5A/a	98,4A/a	98,2A/a	97,6A/a	96,9A/a	98,2A/a	98,1A/a	2,7 <sup>ns</sup>	97,7A
T3 - calcário 2,8 m	98,5A/a	98,4A/a	97,9A/a	98,5A/a	98,3A/a	97,6A/a	98,4A/a	98,3A/a	0,6 <sup>ns</sup>	98,2A
T4 - cal via barra de herbicida	98,1A/a	98,2A/a	97,9A/a	97,1A/a	98,1A/a	97,2A/a	98,2A/a	98,4A/a	0,8 <sup>ns</sup>	98,0A
T5 - cal via irrigação	98,1A/a	97,7A/a	97,7A/a	97,2A/a	97,9A/a	97,9A/a	97,7A/a	98,6A/a	0,9 <sup>ns</sup>	98,0A
T6 - NCa+MAP	98,8A/a	98,5A/a	98,7A/a	98,8A/a	98,3A/a	97,3A/a	98,4A/a	98,2A/a	1,6 <sup>ns</sup>	98,3A
<b>Teste F</b>										
<b>Tratamento</b>	3,7 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>
<b>Médias</b>	97,9a	98,0a	98,1a	97,9a	98,0a	97,4a	98,1a	98,2a		98,0
<b>CV (%)</b>										0,7
	Coeficiente de Distribuição – CUD (%)									
T1 - sem correção	96,6A/a	95,9A/a	96,5A/a	96,5A/a	97,2A/a	96,5A/a	96,4A/a	97,2A/a	0,5 <sup>ns</sup>	96,6A
T2 - calcário 1,4 m	96,5A/a	97,5A/a	98,6A/a	97,4A/a	98,5A/a	96,6A/a	98,4A/a	96,7A/a	2,2 <sup>ns</sup>	97,5A
T3 - calcário 2,8 m	97,2A/a	96,9A/a	96,6A/a	96,7A/a	97,5A/a	97,8A/a	96,4A/a	96,9A/a	0,6 <sup>ns</sup>	97,0A
T4 - cal via barra de herbicida	96,4A/a	97,1A/a	96,7A/a	95,8A/a	98,4A/a	97,5A/a	97,1A/a	97,5A/a	1,8 <sup>ns</sup>	97,1A
T5 - cal via irrigação	96,3A/a	95,5A/a	97,1A/a	95,9A/a	96,6A/a	97,2A/a	96,9A/a	97,6A/a	1,4 <sup>ns</sup>	96,6A
T6 - NCa+MAP	98,4A/a	97,5A/a	98,7A/a	97,1A/a	96,8A/a	96,9A/a	96,7A/a	96,9A/a	1,8 <sup>ns</sup>	97,3A
<b>Teste F</b>										
<b>Meses</b>	1,9 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	96,8a	96,7a	97,4a	96,6a	97,4a	97,1a	96,9a	97,1a		97,0
<b>CV (%)</b>										1,0

<sup>ns</sup> Não significativo \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a – diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa – nitrato de cálcio.

**TABELA 21.** Valores (%) dos coeficientes de uniformidade (Christiansen – CUC e Distribuição – CUD). SAFRA 2011/2012.

Tratamento	Meses						Teste F	
	set/11	out/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	Médias
	Coeficiente de Christiansen – CUC (%)							
T1 - sem correção	97,6A/a	98,5A/a	97,7A/a	98,1A/a	97,1A/a	97,9A/a	98,1A/a	1,5 <sup>ns</sup> 97,9A
T2 - calcário 1,4 m	96,8A/a	97,6A/a	98,2A/a	97,9A/a	98,4A/a	97,8A/a	97,9A/a	2,0 <sup>ns</sup> 97,8A
T3 - calcário 2,8 m	98,4A/a	98,2A/a	97,9A/a	98,3A/a	98,3A/a	97,7A/a	97,8A/a	0,6 <sup>ns</sup> 98,1A
T4 - cal via barra de herbicida	98,2A/a	97,8A/a	98,3A/a	97,8A/a	97,9A/a	97,9A/a	98,4A/a	0,5 <sup>ns</sup> 98,0A
T5 - cal via irrigação	97,7A/a	98,1A/a	97,9A/a	98,4A/a	98,6A/a	98,4A/a	98,4A/a	0,8 <sup>ns</sup> 98,2A
T6 - NCa+MAP	97,6A/a	97,9A/a	98,1A/a	98,0A/a	98,4A/a	98,2A/a	98,1A/a	0,4 <sup>ns</sup> 98,1A
<b>Teste F</b>								
<b>Tratamento</b>	2,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup> 1,3 <sup>ns</sup>
<b>Médias</b>	97,7a	98,0a	98,0a	98,1a	98,1a	97,9a	98,1a	98,0
<b>CV (%)</b>								0,64
	Coeficiente de Distribuição – CUD (%)							
T1 - sem correção	96,5A/a	97,9A/a	95,5A/a	97,4A/a	96,6A/a	96,6A/a	96,3A/a	1,1 <sup>ns</sup> 96,7A
T2 - calcário 1,4 m	95,7A/a	96,1A/a	97,1A/a	96,2A/a	96,9A/a	96,6A/a	97,5A/a	0,7 <sup>ns</sup> 96,6A
T3 - calcário 2,8 m	96,9A/a	96,6A/a	95,9A/a	96,7A/a	97,1A/a	97,6A/a	96,1A/a	0,7 <sup>ns</sup> 96,7A
T4 - cal via barra de herbicida	97,4A/a	96,9A/a	96,4A/a	96,1A/a	96,6A/a	97,4A/a	96,8A/a	0,5 <sup>ns</sup> 96,8A
T5 - cal via irrigação	96,6A/a	96,8A/a	96,7A/a	97,6A/a	97,6A/a	97,1A/a	96,8A/a	0,3 <sup>ns</sup> 97,0A
T6 - NCa+MAP	97,0A/a	96,6A/a	97,5A/a	97,0A/a	97,6A/a	97,6A/a	97,9A/a	0,4 <sup>ns</sup> 97,3A
<b>Teste F</b>								
<b>Tratamento</b>	0,6 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup> 0,9 <sup>ns</sup>
<b>Médias</b>	96,7a	96,1a	96,5a	96,8a	97,1a	97,1a	96,9a	96,8
<b>CV (%)</b>								1,3

<sup>ns</sup> Não significativo \* e \*\* significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade. A - diferença entre as médias na coluna; a - diferença das médias na linha. CV - coeficiente de variação; NCa - nitrato de cálcio.

#### 4.4 ANÁLISE DE SOLO

Os resultados de análise de solo realizadas durante o experimento foram significativos para o período de abril 2010 e abril 2011 (safra 2010/2011); dezembro 2011 e abril 2012 que correspondem à safra 2011/2012.

##### **Safra 2010/2011**

Os resultados apresentados na Tabela 22 (abril 2010 – safra 2009/2010) a 20 cm de profundidade foram significativos para pH (4,5) e para as bases  $Al^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ , sendo os maiores valores médios encontrados 3,8; 1,4 e 3,6  $mmol_c dm^{-3}$ , respectivamente. Estes resultados representam a condição inicial do experimento, ou seja, antes da aplicação dos tratamentos.

De modo geral, os valores de micronutrientes da Tabela 22, a 20 cm de profundidade, são muito elevados, sendo que isto pode estar relacionado com os baixos valores de pH que de acordo com a mesma Tabela 22 para a mesma profundidade é de 4,2.

Os baixos valores de pH do solo podem contribuir para a toxidez de micronutriente, além de comprometer o seu desenvolvimento e a produção das plantas (MALAVOLTA, 2006).

Na Tabela 23 (dezembro/2011) apenas P a 20 cm de profundidade, apresentou resultado significativo, tendo sido aplicados até o início de dezembro de 2010, aproximadamente 70% da dose de P calculada para a safra 2010/2011.

Na Tabela 24 (abril 2011) que representa a fase final da safra 2010/2011, foram significativas as variáveis pH,  $P_{res}$ , H + Al, K, Mg, V% e os micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) em relação aos tratamentos, para a profundidade até 20 cm. Para a profundidade de 20 a 40 cm, foram significativas as variáveis pH, H+Al, K, V%, e Zn e para a profundidade de 40 a 60 cm, Al, H+Al, K, Ca.

Os valores de pH no solo encontrados na Tabela 24 (abril 2011), de 0 - 20 cm, demonstram que a aplicação de cal hidratada via sistema de irrigação (tratamento 5) apresentou maior valor (5,5), seguido pelos tratamentos 2, 3 e 6 que não diferiram entre si. Os valores observados para a variável V%, assim como o pH, não diferem entre si para os tratamentos 2, 3, 5 e 6, sendo o maior valor observado no tratamento 5 (64%).

**TABELA 22.** Resultado da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm em abril de 2010. SAFRA 2009/2010.

Tratamento Abril/2010	pH	M.O. CaCl <sub>2</sub>	P <sub>resina</sub> g/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	H+Al mmol/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T1 - sem correção	4,3b	8	61	4ab	26	1,9a	11	4ab	17	42	39	0,91	3,2a	73	12,1ab	13,5a
T2 - calcário 1,4 m	3,7b	8	50	7a	31	1,0b	5	2b	8	39	21	0,58	1,0b	50	7,7b	4,4b
T3 - calcário 2,8 m	3,9b	8	50	6ab	29	1,3ab	7	3b	11	40	26	0,90	2,1ab	79	8,7ab	6,2ab
T4 - cal via barra de herbicida	4,4ab	8	33	2b	21	1,8a	9	4ab	16	38	41	0,84	2,6ab	55	11ab	6,4ab
T5 - cal via irrigação	4,5a	11	65	2b	26	1,5ab	11	6a	19	45	42	0,83	2,8a	79	18,3a	8,3ab
T6 - NCa+MAP	4,3ab	9	59	2b	25	1,1b	9	3ab	12	37	34	0,90	2,5ab	98	7,2b	7,2ab
<b>Teste F</b>	5,4*	2,8 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	5,3*	2,4 <sup>ns</sup>	7,9**	1,8 <sup>ns</sup>	5,1*	2,8 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	5,6*	1,2 <sup>ns</sup>	3,6*	3,5*
<b>Média Geral</b>	4,2	8,8	52,8	3,8	27,0	1,4	8,8	3,6	13,8	40,2	33,8	0,83	2,4	72,3	10,8	7,7
<b>CV (%)</b>	6,1	12,8	31,9	39,6	13,0	15,7	33,5	30,2	28,8	8,6	24,3	27,5	23,6	38,4	34,7	38,1
Profundidade 20 - 40 cm																
T1 - sem correção	3,9	9	71	4	29	1,3ab	7	2	11	39	27	0,73	2,0	79	10,9	9,6
T2 - calcário 1,4 m	4,1	9	44	3	26	1,5a	7	3	12	38	32	0,88	2,8	80	15,2	7,5
T3 - calcário 2,8 m	4,1	10	60	5	28	1,4ab	9	3	14	42	33	0,77	2,3	89	7,8	6,4
T4 - cal via barra de herbicida	4,2	9	48	3	24	1,3ab	9	4	14	39	38	0,52	1,9	52	12,8	5,3
T5 - cal via irrigação	3,9	11	74	6	34	1,2ab	6	3	10	45	23	0,80	2,0	62	9,7	6,7
T6 - NCa+MAP	3,8	9	79	6	32	0,9b	6	2	9	41	22	0,60	2,0	101	6,2	5,2
<b>Teste F</b>	0,6 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	3,5**	1,3 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	4,0	9,6	62,6	4,5	29,0	1,3	7,3	3,0	11,6	40,6	28,8	0,72	2,1	77	10,4	6,8
<b>CV (%)</b>	8,8	7,8	32,5	42,3	16,5	17,5	28,0	43,5	26,8	7,7	30,1	21,4	32,4	30,3	32,9	36,1
Profundidade 40 - 60 cm																
T1 - sem correção	3,9	9	42	6	27	1,2a	7	3	11	39	29	0,74ab	1,2	43	16,3	7,3
T2 - calcário 1,4 m	3,9	9	56	4	28	1,2a	6	2	9	38	24	0,50b	1,5	64	8,6	4,9
T3 - calcário 2,8 m	3,9	9	45	4	27	1,3a	6	3	10	37	27	0,62ab	1,4	65	11,8	5,9
T4 - cal via barra de herbicida	3,9	8	43	5	27	1,0ab	5	2	8	35	23	0,56ab	1,1	50	11,9	4,8
T5 - cal via irrigação	3,8	9	47	9	34	1,0ab	5	2	9	43	20	0,95a	1,5	46	9,1	5,5
T6 - NCa+MAP	3,8	9	52	7	32	0,9ab	4	2	7	39	17	0,68ab	1,4	80	10,3	5,3
<b>Teste F</b>	0,34 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	1,5**	1,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	4,0*	0,8 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	3,9	8,8	47,5	5,9	29,3	1,1	5,6	2,3	9,0	38,2	23,6	0,67	1,4	58,1	11,3	5,6
<b>CV (%)</b>	4,0	10,2	27,5	35,3	13,3	21,7	26,9	32,9	24,2	9,8	23,4	20,7	22,9	34,7	48,3	34,1

ns – não significativo; (\*); (\*\*); (\*) – significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa – nitrato de cálcio.



**TABELA 23.** Resultado da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm em dezembro de 2010. SAFRA 2010/2011.

Tratamento	pH	M.O. g/dm <sup>3</sup>	P <sub>resina</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Profundidade 0 - 20 cm</b>																
T1 - sem correção	4,6	12	44ab	1	16	2,2	17	6	25	41	41	0,54	3,3	63	6,5	8,1
T2 - calcário 1,4 m	4,9	12	36b	1	17	1,8	10	7	19	36	49	0,49	2,7	66	14,5	16,6
T3 - calcário 2,8 m	5,0	13	51ab	0	16	2,0	10	4	16	32	47	0,53	3,5	54	13,4	9,9
T4 - cal via barra de herbicida	4,8	12	36b	2	17	2,0	7	5	15	31	46	0,54	3,1	52	10,3	12,4
T5 - cal via irrigação	5,1	12	41b	1	18	1,6	9	4	15	32	45	0,62	2,8	51	6,3	10,8
T6 - NCa+MAP	4,6	13	78a	1	20	1,4	12	2	15	36	42	0,63	2,7	72	4,4	11,1
<b>Teste F</b>	2,4 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	4,9 <sup>**</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	4,9	12,8	47,4	1,2	17,5	1,8	10,7	4,8	17,3	34,8	46,8	0,56	3	59,6	9,2	11,5
<b>CV (%)</b>	5,1	5,8	26,1	54,9	20,5	15,1	32,4	37,8	28,0	9,9	20,3	14,8	12,6	37,1	55,9	29,1
<b>Profundidade 20 - 40 cm</b>																
T1 - sem correção	4,4	12	50	2	19	1,0	9	5	15	34	44	0,70	0,7	60	6,4	8,2
T2 - calcário 1,4 m	4,2	12	63	4	26	1,2	6	2	9	34	26	0,74	0,7	92	10,3	9,3
T3 - calcário 2,8 m	4,4	12	63	3	24	1,0	6	2	9	32	28	0,70	0,7	72	8,4	9,9
T4 - cal via barra de herbicida	4,5	14	55	3	24	1,3	5	2	8	31	26	0,60	0,6	63	6,3	9,2
T5 - cal via irrigação	4,4	13	47	3	22	1,9	5	2	10	31	30	0,71	0,7	48	6,4	9,1
T6 - NCa+MAP	4,0	12	70	5	27	1,0	6	1	8	34	21	0,73	0,7	81	4,5	8,3
<b>Teste F</b>	0,8 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	4,3	12,4	58,4	3,2	23,5	1,2	5,9	2,4	9,5	33,0	28,8	0,7	0,7	69,3	7,1	9,0
<b>CV (%)</b>	7,4	7,2	26,5	62,5	22,8	33,6	63,4	78,7	54,4	9,0	51,0	12,6	12,6	38,9	44,9	40,4
<b>Profundidade 40 - 60 cm</b>																
T1 - sem correção	4,0	13	52	6	26	1,0	6	1	8	35	25	1,07	1,0	67	5,4	7,3
T2 - calcário 1,4 m	3,9	12	42	7	27	0,8	4	1	5	32	16	1,00	1,0	68	3,6	7,4
T3 - calcário 2,8 m	4,0	11	33	5	24	1,0	6	1	8	31	26	0,95	1,0	48	6,1	6,3
T4 - cal via barra de herbicida	4,0	11	29	6	24	1,1	4	1	6	30	20	0,86	0,9	46	5,4	5,4
T5 - cal via irrigação	4,0	11	25	7	25	1,2	4	1	6	31	21	1,14	1,1	44	6,9	9,9
T6 - NCa+MAP	3,8	11	43	8	29	0,8	4	1	6	34	16	1,00	1,0	63	3,5	5,8
<b>Teste F</b>	0,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	4,0	11,6	37,5	6,3	25,5	1,0	4,4	1,1	6,5	32,0	20,4	1,0	1,0	56,3	5,2	7,0
<b>CV (%)</b>	5,8	12,5	41,8	28,8	18,6	21,8	52,7	62	44,2	13,6	41,6	17,7	17,7	25,0	28,6	37,3

ns - não significativo; (\*\*) e (\*) - significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa - nitrato de cálcio.

**TABELA 24.** Resultado da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm em abril de 2011. SAFRA 2010/2011.

Tratamento Abril/2011	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g/dm <sup>3</sup>	P <sub>resina</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	mg/dm <sup>3</sup>			
													Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Profundidade 0 - 20 cm</b>																
T1 - sem correção	4,4bc	9,3	42abc	1	23a	2,2a	13	4b	19	42	45c	0,43b	5,1	64a	18,0a	7,7ab
T2 - calcário 1,4 m	5,2ab	9,1	38abc	1	15bc	1,5b	14	7a	23	38	59ab	0,61a	4,6	36b	13,1ab	8,2ab
T3 - calcário 2,8 m	5,0ab	9,6	50ab	0	16bc	1,3b	13	6a	20	35	55ab	0,50ab	4,7	37b	7,4b	6,1b
T4 - cal via barra de herbicida	3,9c	9,1	62a	0	19ab	1,3b	12	4b	18	41	48c	0,61a	5,5	26b	14,8a	11,9a
T5 - cal via irrigação	5,5a	8,7	17c	0	12c	1,5b	17	7a	25	37	64a	0,52ab	4,7	21b	15,9a	8,2ab
T6 - NCa+MAP	5,4ab	9,8	28bc	0	14bc	0,9b	17	5ab	23	37	63a	0,49ab	5,5	16b	12,6ab	7,2b
<b>Teste F</b>	8,6 <sup>**</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	6,1 <sup>**</sup>	3,7 <sup>ns</sup>	10,9 <sup>**</sup>	8,8 <sup>**</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	4,9 <sup>*</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	6,4 <sup>**</sup>	5,8 <sup>*</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	13,2 <sup>**</sup>	9,1 <sup>*</sup>	4,7 <sup>*</sup>
<b>Média Geral</b>	4,9	9,2	39,6	0,4	16,5	1,4	14,5	5,3	21,3	38,5	55,7	0,53	5,0	33,2	13,6	8,2
<b>CV (%)</b>	7,7	10,6	27,7	54,0	12,0	16,3	19,8	18,6	15,4	10,7	9,6	10,1	16,2	24,9	15,2	19,3
<b>Profundidade 20 - 40 cm</b>																
T1 - sem correção	4,1b	13,7	75	2	24a	1,6a	9bc	3,4	14bc	38	37b	0,48	2,4	58a	14,5	4,7b
T2 - calcário 1,4 m	4,7ab	8,2	56	1	17bc	0,8c	13ab	4,8	22a	36	47b	0,61	1,8	41ab	14,3	4,0b
T3 - calcário 2,8 m	4,5ab	8,3	62	2	21ab	0,7c	8c	4,7	13c	35	38b	0,63	2,0	51a	8,6	5,5b
T4 - cal via barra de herbicida	4,3ab	8,9	74	2	24a	1,2abc	9bc	2,5	13c	37	36b	0,75	2,1	33ab	13,8	6,2b
T5 - cal via irrigação	5,4a	6,9	71	1	16c	1,3ab	8c	4,7	14bc	30	60a	0,65	2,4	24b	14,2	6,2b
T6 - NCa+MAP	4,7ab	8,3	65	0	17bc	1,0c	16a	3,7	21a	38	55a	0,65	2,3	46ab	16,1	12,9a
<b>Teste F</b>	3,0 <sup>*</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	10,7 <sup>**</sup>	12,3 <sup>**</sup>	9,3 <sup>**</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	8,2 <sup>**</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	10,6 <sup>**</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>*</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	8,8 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	4,6	9,0	58,6	1,5	19,8	1,1	10,4	3,9	16,1	35,8	45,4	0,63	2,2	42,2	13,6	6,6
<b>CV (%)</b>	9,8	35,1	45,9	55,3	10,0	15,2	18,4	26,6	14,9	8,5	12,0	16,7	24,5	22,7	24,4	28,7
<b>Profundidade 40 - 60 cm</b>																
T1 - sem correção	3,9	7	40	5a	25a	1,2a	5c	2	11	36ab	33b	0,63	1,9	45	7,4ab	5,0
T2 - calcário 1,4 m	4,2	7	46	3ab	22a	0,8c	8ab	3	12	33ab	37b	0,69	1,5	39	11,8ab	4,9
T3 - calcário 2,8 m	4,3	7	33	1b	22a	0,6c	6bc	4	11	39a	33b	0,68	1,4	43	6,7b	4,5
T4 - cal via barra de herbicida	4,1	8	33	2b	25a	1,1a	7abc	4	13	38ab	36b	0,87	1,5	40	14,1ab	6,7
T5 - cal via irrigação	4,5	7	24	1b	15b	0,8c	9ab	4	14	29b	47a	0,67	1,7	31	15,2a	7,2
T6 - NCa+MAP	4,3	7	40	2b	20ab	1,0ab	10a	3	14	34ab	40ab	0,73	1,7	42	13,0ab	7,7
<b>Teste F</b>	0,9 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	8,1 <sup>**</sup>	11,8 <sup>**</sup>	25,5 <sup>**</sup>	6,3 <sup>**</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>*</sup>	5,2 <sup>*</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	4,2	7,3	36,1	2,5	21,5	0,9	7,6	3,6	12,4	34,6	37,6	0,7	1,6	40,0	11,4	6,0
<b>CV (%)</b>	8,7	15,5	35,5	36,5	8,7	8,7	15,2	28,3	18,0	10,0	10,4	13,9	32,1	19,2	26,1	25,1

ns – não significativo; (\*\*\*) e (\*\*\*) – significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa – nitrato de cálcio.

A saturação por bases (V%) e o pH do solo tem relação direta (FIDALSKI & AULER, 2008), ou seja, a medida em que ocorre o aumento dos valores de pH, também é esperado que ocorra o aumento do V%; isto ocorre porque o fornecimento de carbonatos promove a neutralização dos íons  $H^+$  (NATALE et al., 2007; HELYAR, 2003), a redução dos valores de  $H+Al$  e o fornecimento de Ca e Mg que contribuem para a elevação do V% (SILVA et al., 2007; COSER et al., 2006), sendo esta a condição ideal para o desenvolvimento da maioria das culturas (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007; MALAVOLTA, 2006).

Para os teores de Mg encontrados até 20 cm de profundidade (Tabela 24), os maiores valores encontrados foram nos tratamentos que receberam calcário ou cal hidratada, exceto o tratamento 4 cujo valor foi similar ao tratamento 1. Já para o K, o maior valor foi encontrado no tratamento 1, que não recebeu Ca nem Mg; isso possivelmente ocorreu devido ao menor raio iônico do K em relação ao Ca e ao Mg, resultando em maiores quantidades de K no complexo de troca do solo (ERNANI et al., 2007).

Ainda na Tabela 24 (final da safra 2010/2011), os valores de pH e V%, na profundidade de 40 cm, foram observados no tratamento 5, demonstram que a irrigação associada a aplicação de cal, promoveu incrementos em profundidade, enquanto que os valores de  $H + Al$  foram maiores nos tratamentos 1 e 4, tratamentos com baixo pH (MALAVOLTA (2006); RAIJ et al, 1991).

Considerando os valores de micronutrientes no solo para a safra 2010/2011 (Tabelas 23 e 24) na profundidade de 0 a 20 cm, observa-se que embora os valores de micronutrientes sejam sempre elevados, ocorreu diferença significativa para todos os micronutrientes, exceto para o Cu (Tabela 24).

Ainda na Tabela 24, os valores de Fe e Mn encontram-se no tratamento 1 enquanto que para o Zn foi observado o maior valor no tratamento 4, sendo que esses tratamentos também apresentaram os menores valores de pH (respectivamente, 4,4 e 3,9).

### **Safra 2011/2012**

Na Tabela 25 (dezembro/2011) que refere-se a safra 2011/2012, foram significativas as variáveis pH,  $P_{res}$ , Al,  $H+Al$ , K, Ca, Mg, SB, V%, B, Cu e Mn em relação aos

tratamentos, para a profundidade de 20 cm. Na profundidade de 20 – 40 cm, foram significativas as variáveis pH, M.O.,  $P_{res}$ , K, Ca, SB, CTC e micronutrientes e para a profundidade de 40 – 60 cm, pH, Pres, H+Al, K, Ca, SB, V%, B, Cu, Fe.

Os elevados valores de  $Al^{3+}$ , H+Al e os baixos valores de pH encontrados no tratamento 1 estão de acordo com os resultados observados por Bardivieso (2012), Andrade (2012) e Souza (2010), que observaram acidificação acentuada do solo, utilizando adubos de características ácidas, associados a aplicação localizada, em laranjeiras fertirrigadas por gotejo.

Os valores de pH encontrados na Tabela 25 para as profundidades 0 - 20 e 20 – 40 cm foram maiores para os tratamentos que receberam calcário, cal hidratada e NCa+MAP, destacando-se os tratamentos 5 e 6, na profundidade de 20 – 40 cm, cujos valores ficaram próximo ao limite inferior da faixa de máxima disponibilidade dos nutrientes (MALAVOLTA, 2006).

Sousa e Lobato (2004) relatam a importância da correção da acidez do solo superficial e subsuperficial para o incremento na absorção de água e nutrientes. Neste experimento, entretanto, pode-se observar que a aplicação de calcário, cal hidratada e NCa+MAP em áreas irrigadas, permitiram o manejo da acidificação do solo em profundidade, principalmente, quando se observa os dados apresentados nas Tabelas 24 e 25.

Os tratamentos que receberam calcário, cal hidratada e NCa+MAP apresentaram valores mais elevados de Ca, Mg e V% em relação ao tratamento 1 que apresentou V% baixo.

Na Tabela 26, de 0 – 20 de profundidade, foram significativas as variáveis pH,  $P_{res}$ , Al, H+Al, K, Ca, Mg, SB, V% e micronutrientes, exceto o B, em relação aos tratamentos; nas profundidade de 20 – 40; 40 a 60 cm: pH, Pres, K, Ca, SB, CTC e V%. Para os valores encontrados na safra 2011/2012, observou-se que os tratamentos provocaram maiores alterações nos valores das variáveis do solo em profundidade, melhorando as condições de cultivo.

**TABELA 25.** Resultados da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm em dezembro de 2011. SAFRA 2011/2012.

Tratamento Dezembro/2011	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g/dm <sup>3</sup>	P <sub>resina</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>					mg/dm <sup>3</sup>						
					H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Profundidade 0 - 20 cm</b>																
T1 - sem correção	4,3b	11	108a	2a	19a	1,6a	6b	2b	10b	29	35b	0,57ab	3,2a	37	18,1a	5,0
T2 - calcário 1,4 m	5,7a	9	35c	1ab	13b	0,8b	10ab	6a	17a	30	57a	0,69ab	1,4b	32	10,6b	3,4
T3 - calcário 2,8 m	5,4a	9	37c	0b	14ab	1,1ab	12a	7a	21a	35	59a	0,57ab	2,5ab	30	14,2ab	5,1
T4 - cal via barra de herbicida	4,3b	9	54cd	1ab	16ab	1,7a	10ab	4b	17a	33	52a	0,55b	2,4ab	31	14,2ab	3,5
T5 - cal via irrigação	5,4a	11	67bc	1ab	14ab	1,5ab	13a	5ab	20a	34	59a	0,82a	2,1ab	22	10,7b	5,2
T6 - NCa+MAP	5,6a	10	77b	1ab	13b	1,4ab	14a	5ab	19a	34	57a	0,81a	2,2ab	23	16,1ab	4,8
<b>Teste F</b>	13,8**	2,7 <sup>ns</sup>	47,8**	6,9*	5,9*	5,0*	7,4**	6,6**	7,3**	2,3 <sup>ns</sup>	8,5**	6,0**	3,2*	1,1 <sup>ns</sup>	4,9*	1,9 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	5,1	9,8	63,4	1	14,6	1,3	11,0	5,2	17,3	32,5	53,2	0,67	2,3	29,0	14,0	4,5
<b>CV (%)</b>	6,1	10,8	11,0	45,4	12,3	20,4	17,1	22,8	14,4	8,5	10,5	13,4	25,0	33,8	16,6	22,9
<b>Profundidade 20 - 40 cm</b>																
T1 - sem correção	4,2c	10ab	111ab	2	18	1,7a	5b	3	10b	28b	37	0,74bc	0,7b	38ab	15,2ab	8,2a
T2 - calcário 1,4 m	4,5bc	10ab	70b	1	17	1,0ab	13a	6	20a	36a	49	0,55c	1,2ab	37ab	10,4b	4,5b
T3 - calcário 2,8 m	4,6bc	9ab	80b	1	18	1,3ab	10ab	5	17ab	34ab	47	0,64bc	0,8ab	37ab	14,5ab	5,8ab
T4 - cal via barra de herbicida	4,5bc	8b	54b	1	19	1,2ab	9ab	3	13ab	32ab	42	0,67bc	1,1ab	25b	14,8ab	3,4b
T5 - cal via irrigação	5,3a	11a	74b	1	20	0,9ab	12a	5	19a	39a	49	0,86ab	1,4a	42a	13,3ab	4,3b
T6 - NCa+MAP	5,4a	10ab	80b	1	18	0,8b	13a	4	18a	35a	49	1,07a	1,1ab	36ab	21,1a	4,5b
<b>Teste F</b>	7,7**	3,2*	11,3**	0,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	4,1*	9,8**	1,6 <sup>ns</sup>	6,4**	6,8**	3,5 <sup>ns</sup>	9,2**	4,2*	3,8*	4,3*	10,6**
<b>Média Geral</b>	4,7	9,7	78,2	1,4	18,0	1,1	10,4	4,4	16,0	34,0	45,6	0,76	1,0	35,9	14,9	5,1
<b>CV (%)</b>	6,5	10,3	12,4	38,3	14,1	22,8	15,8	35,1	15,4	7,7	10,2	14,1	19,1	14,3	19,7	17,5
<b>Profundidade 40 - 60 cm</b>																
T1 - sem correção	3,9c	9	82a	3	24a	1,4a	6c	4	11b	34	35b	0,71b	1,0b	48a	17,9	3,8
T2 - calcário 1,4 m	4,5bc	9	58bc	1	21a	0,7b	9bc	4	13b	34	40b	0,58b	0,7b	35ab	10,9	3,3
T3 - calcário 2,8 m	4,4bc	9	67ab	2	20a	0,9ab	7bc	4	12b	31	37b	0,68b	0,8b	37ab	14,7	4,7
T4 - cal via barra de herbicida	4,0bc	8	44c	2	23a	1,0ab	5c	5	11b	34	32b	0,57b	0,8b	33b	15,1	3,1
T5 - cal via irrigação	4,9ab	10	63b	2	17ab	0,9ab	11ab	4	16ab	32	49ab	1,02a	1,2b	33b	22,5	5,1
T6 - NCa+MAP	5,6a	10	25d	1	12b	0,8ab	14a	5	20a	32	61a	0,68b	2,9a	15,4c	16,7	3,9
<b>Teste F</b>	11,5**	1,6 <sup>ns</sup>	31,5**	2,0 <sup>ns</sup>	8,2**	3,5*	11,5**	0,9 <sup>ns</sup>	8,2**	0,7 <sup>ns</sup>	7,3**	9,1**	12,9**	11,6**	2,4 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	4,6	9,2	56,7	2	19,5	1,0	8,7	4,2	13,8	33,0	42,5	0,7	1,2	33,3	16,3	3,9
<b>CV (%)</b>	7,0	10,4	10,5	45,5	13,8	21,8	19	24,4	15,0	8,2	16,5	13,4	32,4	16,0	26,5	24,8

ns - não significativo; (\*\*\*) e (\*\*)- significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa - nitrato de cálcio.

**TABELA 26.** Resultados da análise de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm em abril de 2012. SAFRA 2011/2012.

Tratamento Abril/2012	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>
<b>Profundidade 0 - 20 cm</b>																
T1 - sem correção	4,2b	11	63a	3a	32a	2,2a	8c	2c	14c	45a	31c	0,39	6,2a	78a	26,4b	6,7bc
T2 - calcário 1,4 m	5,7a	12	23e	0c	12c	0,8c	15ab	9a	25ab	37ab	67a	0,39	6,6a	47b	35,3a	11,2a
T3 - calcário 2,8 m	5,4a	11	48b	0c	15bc	1,2bc	18a	10a	29a	44a	66ab	0,41	6,7a	39bc	14,3c	9,2ab
T4 - cal via barra de herbicida	4,3b	12	39bc	2b	20b	1,7ab	7c	4bc	13c	32c	40c	0,35	5,9a	38bc	18,1c	5,8cd
T5 - cal via irrigação	5,9a	13	34cd	0c	16bc	1,2bc	13b	6b	21b	37ab	56b	0,45	6,5a	35bc	18,1c	6,0cd
T6 - NCa+MAP	5,4a	11	25de	0c	13c	1,3bc	16ab	4bc	22b	35c	63ab	0,33	4,0b	33c	10,1c	3,7d
<b>Teste F</b>	40,8*	0,6 <sup>ns</sup>	54,3*	92,5*	33,8*	15,2*	23,2*	35,7*	24,9*	8,7*	42,4*	2,2 <sup>ns</sup>	7,5*	46,8*	31,4*	20,3*
<b>Média Geral</b>	5,1	11,8	38,5	0,9	17,8	1,4	12,9	6,0	20,6	38,5	53,8	0,39	6,0	45,0	20,5	7,1
<b>CV (%)</b>	3,7	12,5	9,2	23,0	13,0	15,2	12,1	15,7	10,8	7,5	7,5	12,6	11,0	9,5	13,5	14,7
<b>Profundidade 20 - 40 cm</b>																
T1 - sem correção	4,0c	12	64	4ab	23ab	1,4a	9bc	2c	12c	35	35b	0,45	3,2	70a	15,8b	5,9ab
T2 - calcário 1,4 m	5,0a	12	35	1c	16b	0,7b	10ab	6a	17ab	33	51a	0,50	3,0	65a	19,2a	4,8ab
T3 - calcário 2,8 m	4,8ab	12	60	2bc	20ab	0,8ab	13a	5ab	19a	40	49a	0,48	2,6	52b	13,7b	5,1ab
T4 - cal via barra de herbicida	3,9c	10	51	5a	25a	1,1ab	5c	2c	19a	34	26b	0,47	2,7	48b	16,5b	3,7b
T5 - cal via irrigação	4,9ab	15	36	1c	21ab	0,9ab	12ab	4ab	18ab	39	52a	0,53	2,3	35c	19,1a	7,4a
T6 - NCa+MAP	5,2a	10	32	0c	10ab	0,9ab	13a	2c	16ab	35	48a	0,38	4,1	25c	18,3ab	5,5ab
<b>Teste F</b>	7,8*	1,5 <sup>ns</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	16,6*	1,8*	4,8*	16,8*	8,5*	11,4*	2,4 <sup>ns</sup>	19,2*	1,8 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	44,3*	16,8*	3,9*
<b>Média Geral</b>	4,6	11,9	46,5	2,0	20,6	1,0	10,1	3,8	15,0	35,6	43,4	0,47	3,0	49,1	20,4	5,4
<b>CV (%)</b>	7,4	18,8	26,8	36,2	13,7	20,4	12,1	28,6	13,9	8,4	9,7	14,0	26,1	9,2	19,4	20,5
<b>Profundidade 40 - 60 cm</b>																
T1 - sem correção	3,9c	10ab	42a	5a	27a	1,2a	3b	2b	6b	26	25b	0,53	2,0	43ab	7,7c	5,5ab
T2 - calcário 1,4 m	4,2ab	12ab	42a	3b	24ab	0,5b	8a	5a	13a	37	36a	0,63	1,8	71a	17,0a	3,6bc
T3 - calcário 2,8 m	4,4ab	11bc	35ab	3b	20ab	0,8ab	10a	6a	16a	36	45a	0,54	2,4	53ab	13,5ab	4,9ab
T4 - cal via barra de herbicida	3,8c	10ab	40ab	6a	26a	0,9ab	3b	2b	6b	32	19b	0,67	2,0	38c	8,0c	2,4c
T5 - cal via irrigação	4,0bc	12ab	25bc	3b	21ab	1,2a	8a	4ab	12a	34	34a	0,67	2,7	33c	15,0ab	6,5a
T6 - NCa+MAP	4,6a	9b	17c	2b	18b	0,7ab	10a	4ab	14a	32	45a	0,48	2,0	29c	12,5ab	3,3bc
<b>Teste F</b>	10,8*	5,9*	10,1*	17,8*	6,9*	4,2*	6,8*	11,9*	14,8*	2,9 <sup>ns</sup>	19,5*	1,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	26,4*	5,3*	10,1*
<b>Média Geral</b>	4,2	10,7	33,5	3,4	22,5	0,9	6,7	3,9	11,4	32,9	34,3	0,6	2,1	44,3	12,3	4,4
<b>CV (%)</b>	4,3	8,2	16,9	23,0	10,2	28,2	18,1	21,1	16,4	11,6	11,9	18,2	28,9	11,9	23,0	19,0

ns - não significativo; (\*) e (\*\*) - significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa - nitrato de cálcio.

Em cultivo perene, normalmente, não há revolvimento do solo para a melhoria da fertilidade, entretanto, a adoção do sistema de irrigação permite que os nutrientes atinjam profundidades maiores, mesmo quando se adota um produto insolúvel como a cal hidratada (ALCARDE, 2005). Após as duas safras os valores de Ca também aumentaram em profundidade.

De modo geral, o manejo da acidificação realizada neste experimento permitiu que a dose utilizada de uma safra para a outra fosse reduzida. O manejo adotado no tratamento 6 (NCa+MAP) poderá permitir que de uma safra a outra as doses tornem-se decrescentes sem deixar de suprir as necessidades nutricionais da laranja, bem como, promover a melhoria da fertilidade do bulbo molhado.

#### **4.5 ANÁLISE FOLIAR**

Os resultados das análises foliares realizadas durante o experimento foram significativas para N, P, K, B, Cu, Fe, Mn e Zn em diferentes épocas de amostragem.

##### **Safra 2010/2011**

Na Tabela 27 e mês abril/2010 (safra 2009/2010), foi observada significância para os nutrientes B, Cu e Zn. Estes micronutrientes apresentaram valores elevados, possivelmente, refletindo os baixos valores de pH observados na análise de solução do solo, sendo que para a mesma época ainda não havia ocorrido a aplicação dos tratamentos.

Ainda na mesma Tabela 27, porém no mês de dezembro/2010 (safra 2010/2011), observa-se que foram significativos os valores encontrados para P, K, B, Cu, Fe e Zn.

Para P e K, os valores encontrados possivelmente são efeitos do parcelamento da adubação que nesta época haviam sido aplicados, respectivamente, 70% e 35% da dose de P e K. Este fato, também, foi observado na Tabela 31 (safra 2011/2012) em ambos os períodos amostrados.

Os valores de Zn e Mn foram elevados quando comparados ao período anterior de amostragem, entretanto, esses valores podem ter sido alterados devido à aplicações foliares de micronutrientes (Zn e Mn) que ocorreram no início da florada.

**TABELA 27.** Resultado da análise foliar para aos meses de abril/2010 (safra 2009/2010) e dezembro/2010 e abril/2011 (safra 2010/2011).

<b>Tratamento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Abril/2010</b>	----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
<b>T1</b> - sem correção	25	1,3	14	36	2,3	2,3	256ab	129	130b	128	29b
<b>T2</b> - calcário 1,4 m	25	1,3	13	35	2,2	2,4	234b	94	126b	121	35b
<b>T3</b> - calcário 2,8 m	24	1,3	13	34	2,2	2,3	199b	99	152ab	136	41ab
<b>T4</b> - cal via barra de herbicida	24	1,3	12	37	2,3	2,4	254b	94	145b	181	53a
<b>T5</b> - cal via irrigação	24	1,3	15	30	2,2	2,2	315a	141	228a	120	44ab
<b>T6</b> - NCa+MAP	25	1,3	12	34	2,4	2,2	247b	126	139a	131	37ab
<b>Teste F</b>	0,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	9,4 <sup>**</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	5,1 <sup>*</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	5,8 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	24,7	1,3	13,2	34,3	2,3	2,3	251,0	113,8	153,2	136	40,1
<b>CV (%)</b>	8	5,2	11,1	6,7	8,5	4,7	8,5	16,9	18,9	23,5	14,6
<b>Tratamento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Dezembro/2010</b>	----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
<b>T1</b> - sem correção	26	1,3ab	17abc	37	4,8	1,7	113bc	146ab	111ab	66	70c
<b>T2</b> - calcário 1,4 m	30	1,2b	17abc	35	5,2	1,7	99c	145ab	112ab	80	153ab
<b>T3</b> - calcário 2,8 m	28	1,2b	18ab	35	5,0	1,7	111bc	109b	103ab	84	175a
<b>T4</b> - cal via barra de herbicida	19	1,4a	19a	34	4,7	1,8	103bc	102b	96b	80	67c
<b>T5</b> - cal via irrigação	27	1,3ab	16cd	36	5,0	1,8	167b	172a	103ab	78	80c
<b>T6</b> - NCa+MAP	26	1,2b	14d	38	4,6	1,8	129a	146ab	120a	92	120b
<b>Teste F</b>	0,5 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>**</sup>	17,1 <sup>**</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	21,6 <sup>**</sup>	6,1 <sup>**</sup>	4,5 <sup>*</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	42,6 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	27,6	1,3	17,2	35,9	4,9	1,7	120,3	137	107,7	80,1	110,9
<b>CV (%)</b>	13,1	2,5	4,4	6,6	8,7	6,6	7,8	13,7	6,6	12,2	11,0
<b>Tratamento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Abril/2011</b>	----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
<b>T1</b> - sem correção	25ab	1,2	14	38	3,7	3,0	188b	121bc	137	129	134b
<b>T2</b> - calcário 1,4 m	26ab	1,3	13	37	4,4	3,4	167b	120bc	118	136	210a
<b>T3</b> - calcário 2,8 m	26ab	1,3	14	38	4,2	3,4	173b	100c	135	122	203a
<b>T4</b> - cal via barra de herbicida	27a	1,4	15	32	3,9	3,4	176b	124bc	146	120	124b
<b>T5</b> - cal via irrigação	27a	1,3	14	32	3,2	3,2	262a	236a	163	112	125b
<b>T6</b> - NCa+MAP	24b	1,3	13	40	4,1	3,2	207ab	184ab	138	107	168ab
<b>Teste F</b>	4,1 <sup>*</sup>	3,8 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	10,0 <sup>ns</sup>	10,7 <sup>**</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	18,4 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	25,9	1,3	13,8	36,4	3,9	3,3	195,6	147,6	139,7	120,7	160,9
<b>CV (%)</b>	3,9	3,4	9,7	7,0	11,4	5,1	10,1	18,7	14	21,5	9,9

ns – não significativo; (\*\*) e (\*) – significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa – nitrato de cálcio.

Os valores encontrados para B e Fe apresentaram redução quando comparados a amostragem anterior (dezembro/2010). Este fato pode estar relacionado com os valores de pH da solução do solo, pois em dezembro de 2010 (Tabela 12), os valores



encontravam-se entre 5,3 e 6,5 para os tratamentos que receberam calcário e cal hidratada e 5,8 para o tratamento 6 (N<sub>Ca</sub>+MAP). Já para o tratamento 1 (sem correção), onde também observa-se a redução dos teores de B e Fe, o valor de pH é 4,0 para esse período, o que significa dizer que os baixos valores de pH podem estar interferindo na absorção desse nutriente (JONES & EMBLETON, 1973).

#### **Safra 2011/2012**

Na Tabela 28, no mês de dezembro/2011, as concentrações de nutrientes para N e P são significativas assim como ocorreu na Tabela 27. Para os micronutrientes todos foram significativos, exceto o Zn. A explicação para esse comportamento é a mesma apresentada para a Tabela 27. Ainda na Tabela 28 para o mês de abril/2012, o P, B e Cu foram significativos de acordo com o teste de Tukey.

De modo geral, os valores apresentam-se muito próximos e dentro dos níveis adequados para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e níveis de alto a excessivo para os micronutrientes (QUAGGIO et al., 2005). Dada a semelhança de variação entre os valores, pode-se inferir que a elevação do pH promovida pelos corretivos está relacionada com a absorção dos micronutrientes, pois na fase final (abril 2012 – Tabela 14) a solução do solo apresentava valores de pH próximos a 6,0 para os tratamentos 2, 3, 5 e 6.

Duenhas et al. (2005) não observaram diferenças significativas nos resultados de análises foliares, sendo que isto, pode estar relacionado com a capacidade das plantas cítricas armazenar e utilizar reservas de nutrientes por longos períodos (DASBERG, 1998). Fidalski e Auler (2008) relatam que as diferenças nos teores foliares na cultura do citros só foram observadas após o quarto ano de condução.

Outro efeito que pode ter contribuído para o resultado é a teoria da diluição proposta por Almeida e Baumgartner (2002) que relatam a diluição dos nutrientes em função do desenvolvimento da planta, ou seja, a baixa absorção de nutrientes promove o menor crescimento das plantas, assim sendo, a relação da quantidade de nutriente das plantas em relação a menor quantidade de tecido, tornam os valores concentrados, dando a falsa impressão de nutrição adequada. As plantas bem nutridas são maiores, isso faz com que os nutrientes sejam diluídos em maior quantidade de tecido, fazendo com que sua concentração

fique menor, apesar de se apresentarem em quantidades maiores, se for considerado o total contido na planta.

No campo, através de observações visuais foi possível notar que as plantas que compunham as parcelas do tratamento 1, apresentavam folhas mais largas e muito ralas (cheio de espaços vazios na copa).

**TABELA 28.** Resultado da análise foliar para os meses de dezembro/2011 e abril/2012 (safra 2011/2012).

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Dezembro/2011</b>											
T1 - sem correção	30a	1,3a	15	30	3,3	2,5a	153b	187ab	176a	48a	51
T2 - calcário 1,4 m	25b	1,2b	14	28	3,8	2,4ab	156b	152c	122c	29b	51
T3 - calcário 2,8 m	24b	1,2b	15	33	3,8	2,5a	160ab	200a	154ab	39bc	64
T4 - cal via barra de herbicida	28ab	1,2b	16	30	4,0	2,4ab	152b	158bc	150abc	45bc	54
T5 - cal via irrigação	27ab	1,2b	15	31	4,3	2,4ab	187a	154bc	137bc	34b	47
T6 - NCa+MAP	26ab	1,2b	12	36	4,2	2,2b	150b	185abc	142bc	50a	62
<b>Teste F</b>	5,6*	6,3**	1,9 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	3,7**	5,2*	8,3**	8,0**	5,8**	1,3 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	26,6	1,2	14,3	31,4	3,9	4,4	160	172,8	7,6	41,2	19,3
<b>CV (%)</b>	5,2	2,6	11	13,8	17,5	2,4	6,7	7,01	147	15	55,1
Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Abril/2012</b>											
T1 - sem correção	27	1b	12	30	2,8	2,6	147b	188cd	177	66	69
T2 - calcário 1,4 m	26	1,1ab	11	30	3,5	2,6	153b	219bc	148	44	55
T3 - calcário 2,8 m	26	1,1ab	12	31	3,1	2,5	158b	233ab	153	49	60
T4 - cal via barra de herbicida	27	1,2a	11	30	3,3	2,6	151b	170de	149	59	64
T5 - cal via irrigação	27	1,1ab	11	31	3,5	2,4	195a	256a	146	49	72
T6 - NCa+MAP	26	1,1ab	10	34	3,4	2,3	151b	148e	156	52	62
<b>Teste F</b>	0,9 <sup>ns</sup>	3,9*	2,2 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	10,9**	38,1**	1,2 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>	26,3	1,1	11,0	30,9	3,3	2,5	159,3	5,6	11,9	53,3	63,9
<b>CV (%)</b>	4,1	3,2	9,0	9,1	8,1	4,7	5,9	202,4	154,9	19,1	18,9

ns – não significativo; (\*\*\*) e (\*) – significativo a 1 e 5% de probabilidade; NCa – nitrato de cálcio.

#### 4.6 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Na Tabela 29 são apresentados os dados referentes à produção das safras 2009/2010, 2010/2012 e 2011/2012, sendo a primeira referente ao período anterior a aplicação dos tratamentos.

**TABELA 29.** Valores de produção obtidos nas safras 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

Tratamento	Massa do fruto	Quantidade	Produção	
	(g)	frutos planta <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	cx planta <sup>-1</sup>
<b>Safra 2009/2010</b>				
<b>T1</b> - sem correção	163b	509	29	2,0
<b>T2</b> - calcário 1,4 m	169b	466	28	1,9
<b>T3</b> - calcário 2,8 m	167b	503	30	2,1
<b>T4</b> - cal via barra de herbicida	167b	548	33	2,2
<b>T5</b> - cal via irrigação	169b	483	29	2,0
<b>T6</b> - NCa+MAP	190a	399	27	1,8
<b>Teste F</b>	6,1**	1,1ns	0,4ns	0,4ns
<b>Média</b>	171,1	484,8	29,5	2,0
<b>CV (%)</b>	4,1	16,9	17,3	17,3
<b>Safra 2010/2011</b>				
<b>T1</b> - sem correção	135b	1339b	65c	4,4c
<b>T2</b> - calcário 1,4 m	134b	1704a	82ab	5,6ab
<b>T3</b> - calcário 2,8 m	139bc	1625a	81b	5,5b
<b>T4</b> - cal via barra de herbicida	134b	1372b	65c	4,5c
<b>T5</b> - cal via irrigação	149a	1733a	92a	6,3a
<b>T6</b> - NCa+MAP	142b	1728a	88ab	6,0ab
<b>Teste F</b>	21,6**	15,9**	27,3**	27,2**
<b>Média</b>	138,9	1584	78,8	5,4
<b>CV (%)</b>	1,6	5,0	4,8	4,8
<b>Safra 2011/2012</b>				
<b>T1</b> - sem correção	175b	1269c	79d	5,4d
<b>T2</b> - calcário 1,4 m	183ab	1672b	109bc	7,5bc
<b>T3</b> - calcário 2,8 m	179ab	1670b	106c	7,3c
<b>T4</b> - cal via barra de herbicida	174b	1251c	78d	5,4d
<b>T5</b> - cal via irrigação	178ab	1888a	120a	8,2a
<b>T6</b> - NCa+MAP	187a	1750ab	117ab	8,0ab
<b>Teste F</b>	5,7**	54,2**	90,0**	89,2**
<b>Média</b>	179,4	1582,0	101,5	7,0
<b>CV (%)</b>	1,9	3,9	3,3	3,3

ns – não significativo; (\*\*) e (\*) – significativo a 1% e a 5% de probabilidade; cx planta<sup>-1</sup> = caixa de 40,8kg; NCa – nitrato de cálcio.

### **Safra 2009/2010**

A única variável que apresentou valor significativo durante a safra 2009/2010 foi o peso dos frutos, cuja maior média foi encontrada no tratamento 6 (190 g).

Após o primeiro ano de condução do experimento, todas as variáveis apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Os baixos valores de produção observados nesta safra foram influenciados, provavelmente, devido pela alta precipitação observada durante o período de estresse (maio a junho/2009) que poderá determinar a intensidade da floração e conseqüentemente da frutificação da safra seguinte.

### **Safra 2010/2011**

Na safra 2010/2011, houve diferença significativa para massa de fruto, número de frutos por planta, produção por ha e produção por planta (Tabela 29).

A massa média de frutos do tratamento 5, que utilizou cal hidratada, foi superior aos dos demais tratamentos. Quanto ao número de frutos por planta, os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos 2, 3, 5 e 6.

Em relação a produção de frutos por hectare e por planta, os maiores resultados foram obtidos no tratamento 5, no entanto, seus resultados não se diferenciaram dos tratamentos 2 e 6.

A superioridade dos tratamentos 2, 3, 5 e 6 em relação aos tratamentos 1 (testemunha) e 4 (barra de herbicida) se deve a correção da acidez do solo. Na solução do solo destes tratamentos foram observados maiores valores médios de pH e Ca para as profundidades de 30 e 60 cm em relação aos tratamentos 1 e 4 (Tabelas 12 e 16), que é uma condição benéfica para o desenvolvimento dos citros. Fidalski e Auler (2008) observaram correlações positivas entre a produtividade de frutos de laranja, pH e concentração de cálcio no solo, sendo que o aumento dos valores destes parâmetros promove a elevação da produtividade. Auler et al. (2011) verificaram o aumento da produtividade de laranjeiras 'Valência' sobre o porta-enxerto *Poncirus trifoliata* com a aplicação de calcário.

Segundo Jones & Embleton (1973), valores de pH abaixo de 5,5 promovem a diminuição do crescimento radicular das plantas cítricas, e em condições de pH

3,5 podem ser observados sintomas de intoxicações decorrentes de alterações enzimáticas e respiratórias. Assim, a condição de pH reduzido, pode ter contribuído para a redução da produtividade.

O tratamento 4 (cal via barra de herbicida) não teve bons resultados devido a sua baixa eficiência de aplicação do corretivo, sendo que, com o uso deste método, não foi possível aplicar quantidade de cal exigida para a correção do solo nas condições do tratamento, como já descrito anteriormente.

### **Safra 2011/2012**

Na safra 2011/2012, houve diferença significativa para todas as características de produção analisadas (Tabela 29). Quanto a massa de frutos, o maior resultado foi constatado no tratamento 6, no entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos 2, 3 e 5.

Os maiores resultados dos tratamentos 2, 3, 5 e 6 se devem a correção da acidez do solo promovida pelos mesmos. Nestes tratamentos, foram observados maiores valores de pH do solo na profundidade de 0 - 20 cm nos meses de dezembro e abril e menores concentrações de Al nas profundidades de 0 - 20 e 40 - 60 cm.

Souza (2010) também constatou a diminuição da produtividade de laranja em função de valores de pH reduzidos. Fidalski e Auler (2008) constataram correlações positivas entre pH e produtividade de laranja e correlações negativas em relação a concentração de Al, ou seja, quanto maior o valor do pH (até certo ponto) e menor a concentração de alumínio, maior é a produtividade de laranja.

Para o número de frutos por planta, produção por planta e produtividade por hectare o tratamento que se destacou foi o 5, mas não se diferenciou do tratamento 6.

Estes resultados também devem-se ao maior teor de Ca na solução do solo nos tratamentos 5 e 6 (Tabela 17). A maior concentração de Ca na solução do solo nesses tratamentos pode ser atribuída a maior movimentação do nutriente quando aplicado via sistema de irrigação.

De acordo com Mattos Júnior et al. (2003) cálcio é de grande importância para o aumento da produtividade, pois é o nutriente requerido em maior

quantidade pelas plantas cítricas. Assim, maiores concentrações de cálcio na solução do solo proporcionam maior disponibilidade do nutriente às plantas, podendo promover a elevação da produtividade.

## V. CONCLUSÕES

- A melhor alternativa para a diminuição da acidificação da solução do solo causada por adubos solúveis (caráter ácido) aplicados via fertirrigação foi à adoção do uso de nitrato de cálcio + MAP que constituía a alternativa de utilização de adubos solúveis menos ácidos dentro os tratamentos adotados.
- A aplicação de cal hidratada via sistema de fertirrigação constituiu-se na segunda melhor opção apresentando valores de pH, condutividade elétrica e teores de Ca próximos aos observados na aplicação de nitrato de cálcio + MAP.
- A utilização de equipamento mecanizado para a distribuição de materiais corretivos (calcário) com a utilização de elementos acessórios (direcionadores e defletores aerodinâmicos) associado a idade da planta e ao sistema de plantio adotado (camalhão) interferem na distribuição do calcário sobre a região do bulbo molhado (região ácida).

- A aplicação de cal hidratada via barra de herbicida não se constituiu em uma alternativa vantajosa para a diminuição da acidez do solo, sendo necessárias diversas passagens com o equipamento sobre o bulbo molhado.
- Os valores mais elevados de condutividade elétrica ficaram abaixo dos valores limiares para a cultura do citros e, durante a safra para os meses de maior precipitação pode ocorrer maior potencial para a lixiviação de nutrientes da solução do solo.
- O sistema de irrigação auxiliou a solubilização tanto do calcário quanto da cal hidratada, sendo possível distribuir o Ca e Mg em maiores profundidades.
- Não foi possível observar entupimento do sistema de irrigação durante duas safras sendo que os coeficientes de Christiansen (CUC) e distribuição (CUD) permaneceram dentro do intervalo de variação cuja classificação foi excelente.
- Ocorreu elevação do pH, V% e das bases (K, Ca e Mg) e redução dos valores de Al, H+Al para a aplicação de nitrato de cálcio+ MAP e cal hidratada via sistema de fertirrigação.
- Não houve diferenças significativas nos teores foliares para os macronutrientes durante as safras observadas.
- A maior produtividade ocorreu nos tratamentos que receberam calcário, cal hidratada e nitrato de cálcio+MAP cujos maiores valores de pH foram observados.



## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. C. *Corretivos da acidez dos solos*. ANDA (Associação Nacional para a Difusão de Adubos). Boletim Técnico n. 6, 2005. 20p.

ALMEIDA, M. C.; BAUMGARTNER, J. C. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e na qualidade de frutos de laranja ‘Valência’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 282 – 284, 2002.

ANDRADE, T. F. *Monitoramento do estado nutricional e da solução do solo em laranjeiras ‘Hamlin’ fertirrigadas*. 2012. 63p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2012.

ARGO, W. R.; BIERNBAUN, J. A. The effect of lime, irrigation-water source and water soluble fertilizer on root zone, pH, electrical conductivity, macronutrient management of container root media with impatiens. *Journal of America Society of Horticulture*, Alexandria, v.2, n.121, p. 442-452, 1996.

ASAE – *American Society of Agricultural Engineers*. Field evaluation of microirrigation systems: ASAE EP458. ASAE Standards 1997, 44ª ed. St. Joseph, p.908-914, 1997.

AULER, P. A. M.; NEVES, C. S. V. J.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja ‘Valência’ sobre porta-enxertos e sistemas de preparo de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 3, p. 254-261, 2011.

AULER, P. A. M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A.; NEVES, C. S. V. J. Produção de laranja 'Pêra' em sistema de preparo do solo e manejo nas entrelinhas. Viçosa, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 364-374, 2008.

AOYAMA, M. Fractional of water-soluble organic substances formed during plant residue decomposition and high performance size exclusion chromatography of the fractions. *Soil Science Plants Nutrition*, v. 42, p. 21-30, 1996.

BARDIVIESSO, D. M. *Monitoramento da solução do solo e do estado nutricional de laranjeiras 'Valência' em cultivo fertirrigado*. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2012.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. *Advances in Agronomy*. San Diego, v. 65, n.1, p. 1-65, 1999.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronomico, 1983, 48p. (Circular n. 78).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELUIS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agronomy Journal* Madison, v.69, n.2, p.383-386, 1977.

BRASIL. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Manual de métodos analítico oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. Brasília, DF, 2007. 141 p.

BURT, C.; O'CONNOR, K. O.; RUEHR, T. *Fertigation*. San Luis, Opispo: California Polytechnic State University, 1995. 320p.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio de direto. Viçosa, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 161-169, 2000.

CAMARGO, O. A. *Método de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomico de Campinas*. In: CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Campinas, Instituto Agrônomico, 1986 (Boletim Técnico nº 106).

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. *Quimigação*. Centro Nacional de Pesquisas de milho e sorgo. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 201-227

COSER, T. R.; RAMOS, M. L. G.; RIBEIRO Jr., W. Q.; FIGUEIREDO, C. C.; AMABILE, R. F. Adubação nitrogenada e seu efeito na acidificação de um solo cultivado com cevada.

In:FertBio, 2006, Bonito. *Anais...* Bonito, MS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. CD-ROM.

COSTA, E. L. *Fertirrigação nitrogenada por gotejamento em cafezal e sua influencia em características químicas do solo*. 2005. 85f. Tese (Doutorado). UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2005.

DASBERG. S.; BAR-AKIVA, A.; SPAZINSKY, S.; COHEN, A. Fertigation x broadcasting in an orange groove. *Fertilizer Research*, Dordrecht, v.15, n.2, p. 145-154, 1988.

DEMATTÊ, J. L. I; VITTI, G. C. Alguns aspectos relacionados ao manejo de solos para citros. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CITROS. FISILOGIA, 2, Bebedouro, 1992. *Anais...* Bebedouro, Fundação Cargill, 1992. p.67-99.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T.L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 27, n. 150, p.155-162, 1980.

DIAS, N. S. *Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido*. 2004. 110p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiróz’ – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Piracicaba, 2004.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, C. M. P.; OLIVEIRA, M. V. A. V., DALRI, A. B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n.1, p. 154-160, jan/abr, 2005.

EDWARDS, J. H.; BRUCE, R. R.; HORTON, D. B.; CHESNESS, J. L.; NEHUNT, E. J. Soil cation and distribution as affected by NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> aplud through a drip irrigation. *Journal American Society Horticultural Science*, Alexandria, v. 107, n.6, p.1142-1148, 1982.

ENGELS, C. & MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E., ed. *Nitrogen fertilization in the environment*. New York, M. Dekker, 1995. p.41-81.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicações de corretivos da acidez e de gesso agrícola. Piracicaba, *Scientia Agrícola*, v. 58, p. 825-831, 2001.

FARRET, I. S. *Efeitos da variação da regulação no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos*. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FERNANDES, A. I.; CARVALHO, M. A. R.; CARVALHO, L. C. C.; SANTOS NETO, C. Avaliação de um sistema de irrigação pelas metodologias de KELLER e KARMELI, e de DENÍCULI em Citros irrigados por gotejamento. In: IV WINOTEC, 2012, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza, CE: Inovagri International Meeting, 2012.

FERREIRA, D. F. *Sisvar versão 4.2*. DEX/UFLA, 2003.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Alterações químicas temporais nas faixas de adubação e entrelinhas do pomar, nutrição e produção de laranja após calagem superficial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 689-696, 2008.

FONSECA, A. S.; CARRIBEIRO, L. S.; SOUZA, T. R.; FORATTO, L. C.; VILLAS-BÔAS, R. L. A técnica da fertirrigação. SALOMÃO, L. C.; SANCHES, L. V. S.; SAAD, J. C. C.; VILLAS-BÔAS, R. L. In: *Manejo da Irrigação: um guia para o uso racional da água*. FEPAF: Botucatu, 2009. p87-114

FORATTO, L. C.; ZANINI, J. R.; NATALE, W. Teor de fósforo e pH no bulbo molhado, com diferentes frequências de irrigação, utilizando ácido fosfórico. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n.6, p. 436-444, mai/ago, 2007.

FORTES, F. C. A.; LAPERUTA NETO, J.; BRAUER, R. L.; PLESTCH, T. A. GONÇALVES, K. S. Uniformidade de distribuição de água. In: SALOMÃO, L. C.; SANCHES, L. V. S.; SAAD, J. C. C.; VILLAS-BÔAS, R. L. In: *Manejo da Irrigação: um guia para o uso racional da água*. FEPAF: Botucatu, 2009. p.65- 86.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, A. O. Organic composition of green manureduring growth and its effect on cation mobilization in na acid Oxisol. *Soil Science and Plant Anal.*, v. 34, p.2045-2058, 2003.

GOEDERT, W. J.; *Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo*. Brasília: Editora Nobel, EMBRAPA/CPAC, 1987.

GOMES, H. P. *Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento*. 3 ed. Campina Grande: UFFB, 1999. 412p.

GUSTAFSON, C. D. Drip irrigation in USA. In: *Processing Technical*. Denver: Sprinkler Irrigation Association, 1974. p. 111-115.

HARTER, R.D. & NAIDU, R. Role of metal-organic complexation in metal sorption by soils. *Advances Agronomy*, v.55, p.219-263, 1995.

HAYNES, R. J.; SWIFT, R. S. Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrient below the emitter and plant growth. *Plant and Soil*. n. 102. p. 211-221, 1987.

HAYNES, R. J. Movement and transformation of fertigation nitrogen below trickle emitters and their effects on pH in the wetted soil volume. *Fertilizer Research*, n.23, p. 105-112, 1990.

HELYAR, K. *Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos*. POTAFOS-Encarte técnico. Informações agronômicas, Piracicaba, São Paulo. Nº 104, 2003.

HOWELL, T. A.; HILLER, E. A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2. 1974, San Diego, *Proceedings...* Riverside: Department of Soil Science and Agricultural Engineering, p. 299-304, 1974.

JONES, W. W.; EMBLETON, T. W. Soil, soil management, and cover crops. In: REUTHER, W. *The citrus industry*. Berkeley, University of California, v.3, p. 98 – 121. 1973.

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

LANDIS, T. D. Mineral nutrientes and fertirrigation, In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BANETT, J. P. *The container tree nursery manual*, 4. Agric. Handbk, 674. Washington, D. C.: Departamento f Agricultural, Forest Service. 1989, 1-6.

LOPES, A. S. *Manual de fertilidade do solo*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 177p.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. *Acidez do solo e calagem*. Boletim Técnico 1. São Paulo: Anda. Jan. 1991, 22p.

LORENS, O. A.; MAYNARD, D. N. *Knott's Handbook for vegetables growers*. 3ª Ed. New York: John Wiley & Sons, 1988. 456p.

LUZ, P. H. C. *Efeitos de modo de aplicação de calcário e gesso em pomares de citros*. 1995.159p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Ensino Superior em Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MAAS, E.V. Salinity and citriculture. *Tree Physiology*, v.12, n.2, p.195-216, 1993.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição de plantas*. São Paulo: Ceres. 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. Reações do solo e crescimento das plantas. In: **SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRICOLAS**. Campinas: Fundação Cargill, p. 3-64, 1985.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola* – adubos e adubação. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo/SP. 594. 1981.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press, 1995. 889p.

MÁRQUEZ, L. *Maquinaria agrícola*. Madrid: Blake y Helsey España S L., Editores, 2004. 699p.

MATTOS JÚNIOR., D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A. K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. *Scientia Agricola*. Piracicaba, v.60, p.155-160, 2003.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do solo*. 1ª ed.; Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 65-90, 2007.

MEURER, E. J. *Fundamentos de química do solo*. 3ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285p.

MIALHE, L. C. *Máquinas agrícolas: ensaios e certificações*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, p. 1475-1485. 2007.

NEVES, M. F.; TROMBINI, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F. KALAKI, R. *O retrato da citricultura brasileira*. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 137p.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F.; (Ed). *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB: SBEA, 1997. Cap 1, p. 1-35.

OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47-57, 1996.

OLITTA, A.F. *Os métodos de irrigação*. 1ª ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1978. 267p.

PAPADOPOULOS, I. *Nitrogen and phosphorus fertigation of tomato and eggplant*. Processings of the HIS, Belgium, 1999. p. 102-110.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. Viçosa, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 911-920, 2008.

PEARSON, R. W.; ABRUNA, F.; VICE-CHANCES, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid soils of Puerto Rico. *Soil Science*, v. 93, p. 77-82, 1962.

PIRES, R. C. M; LUCHIARI, D. J. F.; ARRUDA, F. B. MOSSACK, I. Irrigação. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. *Citros*. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p.355-408.

PITTS, D. M. HAMAN, D. Z. SMAJSTRIA, A. G. *Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems*. Flórida Cooperative Extension Service. University of Florida. Bulletin. 258p. 1990.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. *Citros*. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 483 - 507.

QUAGGIO, J. A. *Acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas, Instituto Agronômico, 2000. 111p.

QUAGGIO, J. A. Métodos de aplicação do calcário em culturas anuais e perenes. In: SIMPOSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, Campinas, 1986. *Anais...* Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.111.

QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 6, p. 189-194, 1982.

QUAGGIO, J. A. Resposta da laranjeira ‘Valência’ à calagem e ao equilíbrio de bases num latossolo de textura argilosa. 1991. 107f. *TESE* (Doutorado em solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 1991.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. van.; *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres Potafos, 1991. 343p.

SALOMÃO, L. C. *Determinação do tempo de vácuo, momento de coleta e posicionamento de extratores de cápsulas porosas em solo arenoso*. 2009. 93p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.

SANCHES, L. V. C. Monitoramento da irrigação. In: SOUZA, T. R.; VILLA BÔAS, R. L.; SAAD, J. C. C. *Aspectos práticos da fertirrigação*. Botucatu: FEPAF, p. 18-27, 2008.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. Calagem. EMBRAPA, 2007. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_34\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html); Acesso em: 10/08/2011

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SCIVITARO, W. B.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T. Dinâmica do fósforo de fertilizantes fluidos e sólidos no solo-planta. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. *Fertilizantes fluidos*. 1 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1994 p. 331-343.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORREA, M. C. M.; STUCHI, E. S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial em pomar de laranja pêra em produção. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, n. 3, p. 606-612, dez. 2007.

SILVA, G. O.; VESCOVE, H. V.; SOUZA, P. H.; LAURINDO, V. T.; Irrigação em pomares de laranja. In: KOLLER, O. C. *Citricultura: laranja, tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização*. Porto Alegre: Cinco continentes, p. 136-154. 2006.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistema de irrigação localizada. *Revista Eletrônica Científica de Agronomia*, Graça, ano IV, n.08, 2005.

SILVA, E. F. F. *Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo*. 2002. 136p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiróz’ – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2002.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Fertirrigação em hortaliças. *ITEM*, Brasília, v.52, p. 45-48, dez, 2001.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (eds.), *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2 ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004, p.81-96.

SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. Brasília, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 6, p. 846-854, jun. 2012.

SOUZA, T. R. *Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema fertirrigado*. 2010. 131f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 2010.

SOUZA, T. R.; ANDRADE, T. F.; SALOMÃO, L. C.; BARRETO, J. N.; TEÓFILO, T. S.; FORATTO, L. C.; VILLAS-BÔAS, R. L.; QUAGGIO, J. A. Micronutrientes na solução do solo em plantas cítricas fertirrigadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, CD-ROM

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do solo*. 1ª ed.; Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 205-274, 2007.

SOUZA, T. R.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, G. O. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 501-505, dez, 2006.



SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software “BUBBLER”. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p. 264-271, jan-abr, 2005.

SOUZA, J. M. *Desempenho de um distribuidor centrífugo de disco na semeadura do arroz*. 1984. 101p. (Mestrado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1984.

SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York, Oxford University Press, 1989. 304p.

TESCARO, M. D. Eficiência do método da saturação de bases para a correção da acidez de um solo álico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, Caxambu, 1998. *Anais...* Caxambu, UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.103.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Science Society of American Journal*, v. 44, p. 892-898, 1980.

VILLAS-BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS-BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. *Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia*. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 1- 25.

VILLAS-BOAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.) *Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças*. Guaíra: Livraria Editora Agropecuária, p. 293-319, 1999.

WUTKE, A. M. Acidez. In: MONIZ, A. C. *Elementos de Pedologia*. São Paulo. Editora universidade de São Paulo. p.149-168, 1972.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATTO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n.1, p.180-193, jan/abr, 2007.