Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Cultivo de roseira em ambiente protegido sob níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio

Everaldo Moreira da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2013

Everaldo Moreira da Silva
Engenheiro Agrônomo

Cultivo de roseira em ambiente protegido sob níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **SERGIO NASCIMENTO DUARTE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Silva, Everaldo Moreira da
Cultivo de roseira em ambiente protegido sob níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio / Everaldo Moreira da Silva.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
94 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Condutividade hidráulica do solo 2. Cultivo protegido 3. Fertilizantes 4. Potássio 5. Nitrogênio 6. Solo salino 7. Rosa I. Título

CDD 635.933372
S586c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A meus pais, Gabriel Barbosa da Silva e Zilda Moreira de Oliveira Silva por serem os maiores responsáveis pelo êxito alcançado, pelos ensinamentos concedidos com muito amor durante toda essa jornada, pelos imensuráveis esforços realizados para que eu pudesse conquistar essa vitória e por me ensinarem que a educação é a maior herança que se pode deixar para um filho.

Aos meus irmãos, Débora Moreira da Silva e Gabriel Barbosa da Silva Júnior e ao meu lindo e amado sobrinho Kaio Moreira Leal, por estarem sempre presentes em minha vida, sempre me motivando a continuar em busca dessa valiosa conquista.

DEDICO

A minha amada noiva Sulimary Oliveira Gomes, pela compreensão, dedicação, paciência, carinho, amor, e acima de tudo pela a amizade concedida durante esta fase de minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso grande pai, pelas oportunidades criadas e pelo apoio constante ao longo dessa jornada, pela saúde e força, em todos os momentos de minha vida;

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização deste curso;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo e recursos financeiros necessários para realização do projeto de pesquisa;

À empresa MOERHEIM ROSES e TRADING BV, em especial, ao Senhor Ton Witmer pela liberação, por um ano, da patente para cultivar a variedade Samourai® Meikatana;

À empresa PROMIP pelo fornecimento dos inimigos naturais durante a condução do projeto;

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI), em especial aos técnicos de nível superior, Antônio Camargo e Marinaldo Ferreira Pinto, pelo auxílio na construção, instalação e manutenção do sistema de controle da automação da irrigação;

À Universidade Federal do Piauí, em especial aos professores Júlio Cesar de Azevedo Nobrega e João Batista Lopes da Silva, pela oportunidade que me foi dada para a conclusão deste trabalho, o meu muito obrigado;

Aos meus pais, Gabriel Barbosa da Silva e Zilda Moreira de Oliveira Silva, pelo carinho, afeto e lições de vida, razão pelo qual minha vida faz sentido, a eles meu muito obrigado;

Aos meus irmãos, Débora Moreira da Silva e Gabriel Barbosa da Silva Júnior, juntamente com meu sobrinho, Kaio Moreira Leal, obrigado pelo carinho, amor e incentivo, fundamental para a conclusão deste trabalho;

À namorada, Sulimary Oliveira Gomes, pelo incentivo, mesmo distante, e por todo o carinho e amor dedicados, sempre com muita atenção e paciência;

Aos meus tios Cassiano da Rocha Messias, Hercília Moreira de Oliveira, Vituriana Moreira de Oliveira, Domingas Barbosa da Silva, Constâncio Barbosa da

Silva e Marcília Barbosa da Silva, pela força e incentivo durante essa longa caminhada acadêmica;

A todos os meus primos, em especial a Odilon Moreira Rocha, Betânia Moreira Rocha e Elizamar Rocha de Oliveira, vocês fazem parte desta conquista, juntamente com meu cunhado Diones Nério Fonseca Leal e meus sobrinhos, Hallanna Moreira, Daylon Mattos e Lucas Matheus;

A todos os meus amigos de pós-graduação, em especial a Fernando Barbosa e Isaac Ponciano, obrigado pela força durante a coleta e processamento dos dados, foi maravilhoso ao longo desse tempo poder sonhar, compartilhar e realizar com vocês;

A todos os pós-graduandos do programa em Engenharia de Sistemas Agrícolas ESALQ/USP com quem tive o prazer de conviver durante essa jornada acadêmica em Piracicaba, obrigado pela excelente convivência, pela força e dicas valiosas, não só acadêmicas, mas também para a vida;

Aos amigos pós-graduandos, com quem tive o prazer de dividir o mesmo teto, Rafael Maschio, Marcelo Aguiar Abritta e Marinaldo Ferreira Pinto, obrigado pela amizade, companheirismo e estímulos sempre demonstrados;

Ao amigo e companheiro, professor Carlos José Gonçalves de Sousa Lima pela atenção, ensinamentos e contribuições prestadas durante a realização e fase final deste trabalho;

Aos estagiários Leonardo Saito e Júlia Martela pela força, dedicação e ensinamentos repassados durante a condução do projeto;

Ao amigo Alexsandro Almeida pela valiosa ajuda na tradução do resumo e revisão final deste trabalho;

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Sergio Nascimento Duarte, pela paciência e dedicação, por seus valiosos ensinamentos e por toda a confiança depositada em minha pessoa.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Biossistemas, Davilmar, Ângela, Beatriz, Luiz, Hélio, Gilmar e Seu Antônio, pela amizade, auxílio nos trabalhos e convivência harmoniosa, e em especial a Paula Bonassa, pela contribuição na realização das análises laboratoriais;

Aos professores Jarbas Honório de Miranda, José Antônio Frizzone, Rubens Duarte Coelho, Tarlei Arriel Botrel, Quirijn de Jong Van Lier, Marcos Vinícius

Folegatti e Fernando Campus Mendonça pelos ensinamentos repassados, amizade e estimulo;

A todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, o meu Muito Obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....11
ABSTRACT 13
LISTA DE FIGURAS 15
LISTA DE TABELAS 19
1 INTRODUÇÃO 23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....25
2.1 A cultura da roseira 25
2.2 O mercado de flores.....26
2.3 Salinização do solo em ambiente protegido 28
2.4 Fertirrigações nitrogenadas e potássicas. 29
2.5 Monitoramento da salinidade do solo 31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....35
3.1 Localização e caracterização da Área Experimental.....35
3.2 Construção das sondas TDR 36
3.3 Instalação e calibração das sondas TDR 37
3.4 Caracterização físico-hídrica e química do material de solo 39
3.5 Tratamentos e delineamento experimental 41
3.6 Salinização artificial do solo 43
3.7 Plantio e tratos culturais 47
3.8 Medidas meteorológicas.....48
3.9 Manejo da irrigação.....49
3.10 Manejo da fertirrigação.....50
3.11 Extração da solução do solo 51
3.12 Colheitas e produção de hastes comerciais 52
3.13 Dimensões das hastes comerciais 53
3.14 Fitomassa fresca e seca.....55
3.15 Índice de área foliar (IAF) 55
3.16 Análise do tecido vegetal.....55
3.17 Monitoramento da solução extraída do solo.....56
3.18 Análise estatística 56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....57
4.1 Características meteorológicas do ambiente protegido.....57

4.2 Monitoramento da salinidade do solo 59
4.3 Quantidade de nutrientes aplicada 61
4.4 Estimativa em campo da CE, NO_3^- e K^+ pelo TDR 62
4.5 Produção e componentes da produção 64
4.5.1 Número e comprimento de hastes 64
4.5.2 Diâmetro de haste, comprimento de botão floral e índice de área foliar 67
4.5.3 Matéria fresca de haste e botão floral 70
4.5.4 Matéria seca de haste e botão floral 73
4.6 Analise de macronutrientes no tecido vegetal aos 245 DAT 76
4.6.1 Nitrogênio e potássio 76
4.6.2 Fosforo e cálcio 79
4.6.3 Magnésio e enxofre 81
4.7 Salinidade limiar para a cultura da roseira 84
5 CONCLUSÕES 87
REFERÊNCIAS 89

RESUMO

Cultivo de roseira em ambiente protegido sob níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio

A produção de rosas em ambiente protegido sob fertirrigação é uma técnica bastante utilizada pelos floricultores. Em ambiente protegido o manejo nutricional é realizado de forma mais intensa que nas condições de campo, priorizando-se a adubação via fertirrigação. Na fertirrigação a relação nitrogênio:potássio é um fator relevante nos parâmetros de produtividade e qualidade das flores de rosas. Neste sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da salinidade causada por excesso de aplicação de fertilizantes via fertirrigação associadas a diferentes relações nitrogênio:potássio (N:K) sobre os parâmetros biométricos e produtivos da roseira cultivada em ambiente protegido. O monitoramento da condutividade elétrica (CE) e das concentrações de nitrato e potássio na solução do solo, ao longo do ciclo da cultura, foram realizadas com o uso da TRD. Ao final do ciclo avaliou-se a extração de macronutrientes no tecido vegetal das hastes, folhas e botões florais. O experimento foi conduzido no período de 03 de março a 03 de novembro de 2012 na área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, SP. Com 22º 42' de latitude sul e 47º 38' de longitude oeste e uma altitude de 540 m. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados completos, arranjados em esquema fatorial (5 x 3 + 1), com quatro repetições, totalizando 64 parcelas, sendo a unidade experimental representada por uma parcela com dimensões de 0,40 m de largura por 0,50 m de profundidade e 2,0 m de comprimento. Os tratamentos foram formados pela combinação de cinco níveis iniciais de condutividade elétrica (CEes: 1,2; 2,3; 3,3; 4,3 e 5,5 dS m^{-1}), a serem mantidos constantes ao longo do ciclo da roseira e três relações nitrogênio:potássio (N:K) (2:1; 1:2 e 1:3) e uma testemunha com relação N:K (1:1). A irrigação foi realizada por gotejamento, utilizando um fator de depleção de água no solo de 0,3 para o manejo da irrigação. A umidade do solo foi monitorada com o uso de sondas TRD e de tensiômetros providos de transdutores de pressão. Os níveis de salinidade do solo provenientes do acúmulo de sais fertilizantes afetaram diretamente as variáveis: número e comprimento de hastes, matéria fresca e seca das hastes e botões florais. Diante dos resultados obtidos, observou-se que, as variáveis diâmetro de botão e índice de área foliar não sofreram influência em relação aos tratamentos impostos. Isoladamente as relações N:K não influenciaram nenhum parâmetro avaliado. As concentrações de N, K, P, Ca e Mg nos tecidos vegetais aos 245 dias após o transplantio (DAT), foram afetadas pelos tratamentos impostos. As maiores concentrações foram observadas nas folhas, sendo o nitrogênio o elemento de maior concentração, seguido pelo potássio. Com o uso da sonda TDR no manejo da fertirrigação foi possível manter os níveis desejados de salinidade da solução do solo ao longo do tempo, bem como as concentrações de nitrato (NO_3^-) e potássio (K^+). A salinidade limiar do solo para a cultura da roseira foi de 2,52 dS m^{-1}.

Palavras-chave: *Rosa* sp; TDR; Extratores de solução do solo; Condutividade elétrica; Fertilizantes químicos

ABSTRACT

Greenhouse rose crop under different level of soil salinity and nitrogen:potassium fertilization ratios

The fertigation is a technique often used in the greenhouse rose crop by flower famers. Under greenhouse conditions the nutritional management is often more intense than under field conditions, as a result, the application of fertilizers is applied by fertigation. In the fertigation, nitrogen and potassium fertilization ratios are important parameters which determine yield and quality of the rose flowers. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of soil salinity, due to the excessive fertilizers application by fertigation, associated with different nitrogen-potassium ratios (N:K) on biometric and productive parameters of the greenhouse rose crop. The electrical conductivity (EC), nitrogen and potassium levels in the soil solution were measured by TDR sensors during crop cycle. At the end of the crop cycle, macronutrients extractions in the stems, flower buds and flowers were measured. The experiment was carried out from 03/03/2012 to 11/03/2012 in the experimental field area of Department of Biosystems Engineering at “Luiz de Queiroz” College of Agriculture, in Piracicaba, Sao Paulo State, Brazil. The place are located in the latitude 22º 42’ south and longitude 47º 38’ west with 540 m of the altitude. The statistical design was a randomized complete block, organized in a factorial scheme (5 x 3 + 1), with four repetitions and 64 parcel in total. Each experimental unit was represented for each parcel with dimensions 0.40 m of width, 0.50 m of depth and 2 m of length. Treatments were a combination of five initial EC levels (EC: 1.2; 2.3; 3.3; 4.3 and 5.5 dS m^{-1}) which were maintained constant during de rose crop and three nitrogen-potassium fertilization ratios (N:K - 2:1; 1:2 e 1:3), and one witness with N:K ratio of 1:1. The irrigation was realized by drip system and it was utilized a soil-water depletion factor of 0.3 to irrigation management. The soil moisture was measured by TDR sensors and tensiometer with pressure transducers. Soil salinity levels due to the fertilizers accumulation affected directly the variables: stem number, stem length; dry and fresh matter of the stems and flower buds. Flower bud diameter and leaf area index were not affected by the imposed treatments. Nitrogen-potassium ratios did not affect any evaluated parameter. N, K, P, Ca and Mg concentration in the tissues at 245 days after planting (DAT) were affected by imposed treatment. Biggest concentration were found in the leaves which nitrogen showed the highest concentration followed by potassium. TDR sensors allowed maintaining the salinity levels in the soil solution at the desired levels during crop cycle, and also the nitrogen (NO_3^-) and potassium concentrations (K^+). Threshold salinity of soil for the culture of the rose was (2.52 dS m^{-1}).

Keywords: *Rosa* sp; TDR; Extractors soil solution; Electrical conductivity; Chemical fertilizers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea da área experimental (Fonte: GOOGLE MAPS) 35
Figura 2 - Vista frontal da área experimental 36
Figura 3 - Detalhe da instalação, em duas profundidades 0-20 e 20-40 cm, das sondas TDR (A), Sondas TDR instaladas na parcela (B) e vista geral das parcelas com todas as sondas instaladas (C) 37
Figura 4 - Vista geral das parcelas no momento da coleta dos dados com o TDR100 (A) e materiais usados para a realização do processo (B) 38
Figura 5 – Curva de retenção da água do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento 40
Figura 6 - Croqui da área experimental 42
Figura 7 - Dimensões das valetas de uma parcela experimental 43
Figura 8 - Relações entre a concentração das soluções de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções utilizadas 44
Figura 9 - Relações entre a CEes esperada e a CEes obtida após a adição dos fertilizantes.....45
Figura 10 - Curva de salinização do solo (relação entre a concentração de fertilizantes aplicada via água de irrigação e a CEes) 46
Figura 12 - Mudas de raízes nuas prontas para o transplantio (A) e com transplantio concluído (B).....47
Figura 13 - Roseira no inicio da fase de produção, com detalhe dos brotos formados devido a poda do ramo basal.....48
Figura 14 - Painel de controle de atuadores para automação da fertirrigação 50
Figura 15 - Classificação das hastes comerciais (A) e hastes de diferentes tamanhos (B).....53
Figura 16 - Parcelas em fase de produção (A) e haste em ponto de colheita (B) 54
Figura 17 - Comprimento de hastes comercial e não comercial (A), diâmetros da haste (B) e diâmetro do botão (C) 54
Figura 18 - Temperaturas máxima, média e mínima registradas no interior do ambiente protegido ao longo do ciclo da cultura, compreendendo a fase de formação da cultura (110 DAT) e as 1ª, 2ª, 3ª, colheitas com intervalos de 48, 45 e 42 DAT, respectivamente 57

Figura 19 - Radiação solar global - Rs (MJ m^{-2} dia^{-1}) e umidade relativa máxima, média e mínima registradas no interior do ambiente protegido ao longo do ciclo da cultura, compreendendo a fase de formação da cultura (110 DAT) e as 1ª, 2ª, 3ª, colheitas com intervalos de 48, 45 e 42 DAT, respectivamente 59
4.2 Monitoramento da salinidade do solo 59
Figura 20 - Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados a partir dos valores de CEw obtida pelo TDR, ao longo do ciclo da roseira, para as relações N:K 2:1,1:2 e 1:3 A, B e C respectivamente..... 60
Figura 21 - CE estimada pela TDR e CE medida em laboratório 63
Figura 22 - Equação de ajuste entre K^+ estimado pelo TDR e K^+ medido em laboratório 63
Figura 23 - Equação de ajuste entre NO_3^- estimado pelo TDR e NO_3^- medido em laboratório 64
Figura 24 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para as três colheitas, relativos à número de haste (NH) e comprimento de haste (CH), (A e B), respectivamente; para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade do solo..... 66
Figura 25 - Variação do comprimento de botão floral-CB (mm) aos 158 (A), 203 (B) e 245 (C) dias após o transplantio, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio..... 69
Figura 26 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes, para matéria fresca de botão floral (MFB) em função dos níveis de salinidade do solo e das relações nitrogênio:potássio aos 158 e 203 DAT (A) e (B) respectivamente; e matéria fresca de hastes (MFH) relativo as três colheitas em função dos níveis de salinidade do solo (C)..... 72
Figura 27 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes, para as três colheitas, relativos à matéria seca de botão floral (MSB) aos 158 DAT (A), 203 DAT (B) e 245 DAT (C), para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade do solo e das relações nitrogênio:potássio 75
Figura 28 – Concentração em g Kg^{-1} de nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF) (A) e potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF), (B) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio. 77

Figura 29 – Concentração em g Kg^{-1} de fosforo na haste - PH, fosforo no botão floral - FB, fosforo na folha -PF, (A) e cálcio na haste – CaH, cálcio no botão floral - CaB e cálcio na folha – CaF (B) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.....80

Figura 30 – Concentração em g Kg^{-1} de magnésio na haste - MgH, magnésio no botão floral - MgB, magnésio na folha - MgF, (A) e enxofre na haste – SH, enxofre no botão floral - SB e enxofre na folha – SF (B) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.....83

Figura 31 - Rendimento relativo calculado para produtividade total (hastes m^{-2}), em função da salinidade do solo 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização físico-hídrica do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento 40
Tabela 2 - Caracterização química do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento 41
Tabela 3 - Recomendação de nutrientes para fase de produção de roseiras 50
Tabela 4 - Quantidade de nutrientes (g planta^{-1} 245 dias) aplicadas ao longo do ciclo da roseira em função dos níveis de salinidade e relações nitrogênio potássio 62
Tabela 5 - Resumo da análise de variância do número de haste (haste m^{-2}) e comprimento de haste (cm) aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 65
Tabela 6 - Valores médios das variáveis número de haste (m²) e comprimento de haste (cm) aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 67
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro de haste-DH (mm), comprimento de botão floral-CB (cm) e índice de área foliar-IAF, para a 1ª, 2ª e 3º colheita aos 158, 203 e 245 DAT respectivamente, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.....68
Tabela 8 - Valores médios das variáveis diâmetro de haste - DH (mm), comprimento de botão floral - CB (cm) e índice de área foliar - IAF, aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 70
Tabela 9 - Resumo da análise de variância da matéria fresca de haste - MFH (g m^{-2}) e matéria fresca de botão floral - MFB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.....71
Tabela 10 - Valores médios das variáveis matéria fresca de haste - MFH (g m^{-2}) e matéria fresca de botão floral - MFB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.....73

Tabela 11 - Resumo da análise de variância da matéria seca de haste - MSH (g m^{-2}) e matéria seca de botão floral - MSB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio. 74

Tabela 12 - Valores médios das variáveis matéria seca de haste - MSH (g m^{-2}) e matéria seca de botão floral - MSB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 76

Tabela 13 - Resumo da análise de variância de nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF), potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 76

Tabela 14 - Valores médios em (g Kg^{-1}) das variáveis, nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF), potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 79

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para o fosforo na haste (PH), fosforo no botão floral (FB), fosforo na folha (PF), cálcio na haste (CaH), cálcio no botão floral (CaB) e cálcio na folha (CaF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 79

Tabela 16 - Valores médios em (g Kg^{-1}) das variáveis, fosforo na haste (PH), fosforo no botão floral (FB), fosforo na folha (PF), cálcio na haste (CaH), cálcio no botão floral (CaB) e cálcio na folha (CaF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 81

Tabela 17 - Resumo da análise de variância para magnésio na haste (MgH), magnésio no botão floral (MgB), magnésio na folha (MgF), enxofre na haste (SH), enxofre no botão floral (SB) e enxofre na folha (SF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio 82

Tabela 18 - Valores médios em (g Kg^{-1}) das variáveis, magnésio na haste (MgH), magnésio no botão floral (MgB), magnésio na folha (MgF), enxofre na haste

(SH), enxofre no botão floral (SB) e enxofre na folha (SF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.....84

1 INTRODUÇÃO

A floricultura é uma atividade agrícola intensiva e que exige alto investimento em tecnologia e capacitação técnica. Além disso, a alta perecibilidade das flores obriga o produtor a programar o cultivo para atender às demandas em datas específicas. O cultivo de variedades melhoradas em condições de ambiente protegido, com o uso da técnica da fertirrigação, tem permitido a obtenção de maior estabilidade na produção e atendimento adequado das demandas.

A fertirrigação tem-se destacado como a tecnologia de maior impacto na produção agrícola, possibilitando a distribuição dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura, de acordo com a necessidade nutricional das plantas, permitindo maior eficiência de utilização dos nutrientes pela redução da aplicação excessiva de fertilizantes e minimização da contaminação ambiental.

O manejo da fertirrigação é tradicionalmente realizado ministrando-se quantidades preestabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura, não existindo, normalmente, monitoramento da concentração de íons na solução do solo, nem do estado nutricional da planta. Neste aspecto, seria mais indicado realizar o manejo da fertirrigação em função condutividade elétrica e/ou da concentração parcial de íons na solução do solo. Vários pesquisadores, dentre eles Silva et al (2013), reforçam a ideia, de que os níveis dos nutrientes da solução do solo devem ser conhecidos para se estabelecer a quantidade de fertilizantes a serem aplicados via fertirrigação. Portanto o conhecimento da condutividade elétrica, juntamente com a composição química da solução do solo, é de suma importância para se verificar a disponibilidade de nutrientes, bem como a toxidez causada por excessos de íons específicos ao longo do ciclo da cultura.

O monitoramento realizado com análises periódicas do solo, com a finalidade de acompanhar as concentrações dos íons na solução do solo, durante as fases de crescimento e desenvolvimento da roseira, é inviável economicamente em uma atividade agrícola comercial, além de não ser uma metodologia instantânea, que possibilite tomada de decisão imediata. Uma alternativa de custo reduzido e capaz de ser aplicada a situações de campo é a extração da solução do solo utilizando-se cápsulas porosas.

Dentre os nutrientes mais requeridos e, consequentemente, os mais aplicados na cultura da roseira, estão o nitrogênio e o potássio. O nitrogênio é absorvido em maior quantidade na fase de crescimento vegetativo, onde a planta forma sua massa foliar e suas reservas. Já o potássio é absorvido em maior quantidade na fase de desenvolvimento do botão floral conferindo tamanho e coloração às pétalas. Entretanto, a aplicação desses nutrientes não é tão simples, pois estes apresentam problemas de antagonismos, perdas por lixiviação, além de poderem causar fitotoxicidade às plantas se não forem manejados corretamente (CASARINI, 2004).

A fertirrigação é uma prática que está diretamente relacionada com a produtividade e a qualidade dos produtos cultivados, sendo de extrema importância a realização de pesquisas que possam definir manejos de fertirrigação, principalmente no que diz respeito ao controle da salinidade em ambiente protegido.

Nos últimos tempos a TDR (Time Domain Reflectometry) tem sido utilizada, em alguns aspectos, na avaliação do movimento de solutos no solo e, com a devida calibração e metodologia adequada, torna-se muito promissora para o estudo da dinâmica dos íons da solução no solo. Esta aplicação pode trazer benefícios para as pesquisas em fertirrigação, de forma a dar subsídios ao entendimento da dinâmica de solutos, sob diferentes manejos de fertirrigação, bem como, no auxílio do controle da salinidade do solo provocada pelo excesso de fertilizantes.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar o efeito da salinidade causada por excesso de aplicação de fertilizantes via fertirrigação associadas a diferentes relações de nitrogênio:potássio (N:K) sobre os parâmetros biométricos e produtivos de roseiras cultivadas em ambiente protegido. Os objetivos secundários foram monitorar a condutividade elétrica (CE) e as concentrações de nitrato e potássio na solução do solo ao longo do ciclo da cultura, por meio do uso da TRD, com a finalidade de determinar o valor de CE e da relação N:K que maximizam a produção e a qualidade de hastes de rosas, assim como quantificar a extração de macronutrientes e a concentração destes no tecido vegetal das hastes sob as condições estudadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da roseira

A roseira pertence ao gênero Rosa sp, tendo sua origem na Ásia, sendo daí distribuída para a Europa e América. Taxonomicamente, pertence à Classe das Angiospermas, Subclasse Dicotiledônea, Ordem Rosales e Família Rosaceae. É uma planta arbustiva, perene, com hábito de crescimento ereto, caule lenhoso e normalmente espinhoso, folhas pinadas, caducas e compostas de cinco a sete folíolos ovalados, é ainda uma das floríferas tradicionais mais comercializadas no mundo, apresentando grande facilidade de cruzamentos, com a possibilidade de gerar híbridos de grande aceitação no mercado e de alto valor comercial. No mundo, estima-se que tenha em torno de 30 mil variedades de rosas, produzidas através de cruzamentos artificiais (MARTINS et al., 2009).

Após o plantio da roseira, deve-se permitir o crescimento do maior número possível de ramos e folhas para haver acúmulo de carboidratos que posteriormente serão usados na formação dos ramos basais. Após a brotação dos ramos basais antes do mesmo entrar em produção é efetuada a retirada do botão floral para engrossamento do ramo basal. Após esta fase o ramo basal é podado a 0,60 m de altura colocando a roseira em produção comercial (SALINGER, 1991).

A emissão de ramos basais se dá na primavera, e em condições de ambiente protegido, onde a temperatura é mais alta. A faixa ótima de temperatura para o seu crescimento está entre 17°C e 26°C (SALINGER 1991), sendo que temperaturas acima de 25ºC aceleram o florescimento, proporcionando a formação de ramos basais mais grossos e consequentemente aumento comercial da produção de hastes florais. Adicionalmente, de acordo com Moe (1971) e Mastalerz (1987), temperaturas abaixo de 15ºC com baixa intensidade de radiação solar, acarretaram em diminuição de assimilados nas plantas, ocasionando perdas na capacidade de fornecer hastes florais de valor comercial, e consequentemente, queda da produtividade da cultura.

Casarini (2004), ao cultivar roseiras da variedade Versilha em ambiente protegido em Piracicaba, SP, verificou que no verão, para manter a qualidade do produto, a seleção das hastes de rosa deve ser mais rigorosa, visto que a qualidade diminui devido a elevadas temperaturas no interior de ambiente protegido.

De acordo com Matsunaga, Okuyama e Bessa Júnior (1995), o sistema de produção de rosas em ambiente protegido permite a produção de botões de melhor qualidade, cujas características são definidas por tamanho, forma, cor, firmeza e por robustez da haste. No entanto, condições climáticas podem reduzir a produção, o que, normalmente, ocorre no inverno, refletindo-se na elevação de preços (MATSUNAGA et al., 1995).

A brotação de ramos basais em rosas cultivadas em ambiente protegido sofrem influência na quantidade e no diâmetro dos ramos devido á competição entre os próprios ramos por luz solar (KOOL; LENSSEN 1997).

A floricultura cultivada em ambiente protegido tem aumentado consideravelmente nas diversas regiões do Brasil, em especial na região Sudeste; no entanto, ainda são poucas as informações sobre técnicas de manejo cultural que permitam às culturas expressarem o máximo potencial produtivo, principalmente quanto ao manejo nutricional, de forma que, na ausência dessa informação, são adotadas técnicas utilizadas para cultivos de flores em condição de campo, conforme Andriolo (1999), os nutrientes fornecidos e não absorvidos pelas plantas tendem a se acumular nas camadas mais superficiais do perfil do solo, o que se agravam com as elevadas doses aplicadas via fertirrigação, resultando em problemas de salinização.

A tolerância das plantas à salinidade é variável em função de vários fatores, como o genótipo, as condições edafoclimáticas e as fontes de salinização da água ou do solo. De acordo com a literatura, a cultura da roseira possui tolerância moderada a salinidade, Barbosa et al. (2009) afirmam que a mesma tolera níveis de salinidade medidos por intermédio da condutividade elétrica (CE) do estrato de saturação de até 3,0 dS m^{-1}. Contrariamente, Howard e Hanan (1978) observaram que as roseiras apresentaram-se como sendo moderadamente sensível a salinidade, com redução de produtividade e de qualidade de hastes quando a água de irrigação apresentava CE acima de 1,8 dS m^{-1}, acarretando problemas de toxidez, sintomas de clorose e mal formação dos novos ramos basais.

2.2 O mercado de flores

O mercado mundial de flores e plantas ornamentais está avaliado em US$ 97,5 bilhões anuais, sendo que, deste total, US$ 78 bilhões advêm do setor de flores e plantas, US$ 18,2 bilhões do mercado de mudas e o restante da produção e

circulação de bulbos. O fluxo no comércio internacional dos produtos da floricultura, por sua vez, está estimado em US$ 13,6 bilhões anuais, concentrados em países como a Holanda, Colômbia, Itália, Dinamarca, Bélgica, Equador, Austrália e outros. Desse total, as flores e botões cortados frescos representam em média 49,5%; plantas ornamentais, mudas e bulbos, 42,3% e as folhagens, folhas e ramos cortados frescos, 8,2% (SEBRAE, 2010).

Trata-se de um mercado altamente concentrado, com a Holanda representando, isoladamente, pouco mais de 48% de toda a movimentação internacional, seguida da Colômbia, com apenas 6% de participação com o restante do mercado disputado entre aproximadamente 100 países que participam do fluxo internacional de flores e plantas ornamentais (SEBRAE, 2010).

No Brasil, a floricultura tem se destacado como um importante segmento da agricultura, com grande crescimento nas exportações. Esse incremento se deve ao enorme potencial nacional para a produção de diversas espécies de flores em função da amplitude de climas e solos (CLARO; SANTOS; CLARO, 2001). Nesse contexto, o fortalecimento da floricultura brasileira é importante para a geração de empregos tanto no meio rural quanto nas cidades e para sobrevivência de inúmeras propriedades e empresas agrícolas. Constitui-se também em uma alternativa eficiente para o desenvolvimento econômico e social, evitando ainda, o êxodo rural, o crescimento do desemprego e da violência urbana.

O mercado brasileiro de flores movimenta atualmente US$ 1,3 bilhão por ano, tem um consumo per capita de US$ 11,00, com 22.000 pontos de vendas em todo o país e 60 centros atacadistas. A participação no mercado interno está assim distribuída: 50% para flores em vasos, 40% para flores de corte e 10% para plantas ornamentais. A produção está distribuída em 304 municípios, envolvendo aproximadamente 7.600 produtores, em uma área cultivada de 11.000 hectares. O setor gera 120 mil empregos diretos, sendo 58 mil na produção, 4 mil na distribuição, 51 mil no comércio varejista e 7 mil no setor de apoio (IBRAFLOR, 2013).

Segundo Junqueira e Peetz (2013), os resultados das exportações brasileiras de flores e plantas ornamentais em 2012, confirmaram o ciclo de retração recentemente experimentado pela floricultura nacional, com queda de 7,76% em relação ao total vendido ao exterior em 2011. Tal fato continua refletindo o contexto econômico e financeiro recessivo prevalecente nos principais mercados importadores mundiais, no qual vem sofrendo queda a partir do último trimestre de

2008, com a crise econômica dos EUA, ocasionando reduções globais na demanda pelos produtos da floricultura.

Os principais destinos das rosas brasileiras produzidas em 2012, foram Portugal (96,50%) e EUA (3,50%), sendo São Paulo (51,39%) e Minas Gerais (48,61%), os principais estados exportadores. Já as demais flores frescas cortadas foram exportadas para Holanda (91,0%), Uruguai (6,16%) e Portugal (2,83%), sendo, Rio Grande do Norte (66,40%), Ceará (25,95%), São Paulo (6,16%) e Pernambuco (1,49%) os principais responsáveis por essas exportações (JUNQUEIRA; PEETZ, 2013).

O maior produtor, consumidor e exportador de flores e plantas ornamentais do Brasil é o Estado de São Paulo que detém 74,5% da produção nacional; porém, outros Estados começam a se destacar, tais como: Santa Catarina, Pernambuco, Alagoas, Ceará, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Goiás, Bahia, Espírito Santo, Amazonas e Pará (IBRAFLOR, 2013).

2.3 Salinização do solo em ambiente protegido

A adição de fertilizantes via fertirrigação, sobretudo em ambiente protegido, tem elevado os níveis de salinidade do solo, chegando a ultrapassar os limites de tolerância das culturas, causando diminuição do rendimento ao longo de ciclos sucessivos (DIAS et al. 2007).

Segundo Villas Boas et al. (2001), no Estado de São Paulo, 70 a 80% dos cultivos protegidos são fertirrigados. Apesar da água utilizada na irrigação nos cultivos protegidos ser de boa qualidade, a adição de fertilizantes, quando se utiliza a técnica de fertirrigação, a torna salina aumentando o risco de salinização do solo, provavelmente devido ao manejo inadequado da lâmina de irrigação. Na maioria dos casos, o aumento da salinidade em ambientes protegidos se dá em função do excesso de fertilizantes aplicados via água de irrigação, a utilização de uma estratégia de controle da salinidade por intermédio da aplicação de lâminas de lixiviação recomendada por vários autores como Hoorn e Alphen (1981) não seria a prática de manejo mais adequada, visto que os sais acumulados no solo e que seriam lixiviados, foram adquiridos por investimento de capital.

A adoção de técnicas como a utilização de ambiente protegido, de sistema de irrigação por gotejamento e de fertirrigação fez com que os produtores aumentassem a produtividade da roseira, além de reduzir os custos de produção e

aumentar consideravelmente a qualidade das hastes florais. Entretanto, a implementação dessas técnicas não foi realizada de modo técnico, e sim comercial, uma vez que o manejo da fertirrigação vem sendo realizado, na maioria das vezes, por meio de quantidades preestabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura e raramente existe monitoramento da concentração de íons na solução do solo e do estado nutricional da planta (PAPADOPOULOS, 1999).

Em ambiente protegido, os problemas de salinização podem ser ainda maiores em virtude de não haver lavagem dos sais pelas águas das chuvas, como ocorre naturalmente em áreas cultivadas a céu aberto (MEDEIROS 1998). Nessas condições, a recuperação desses solos é um processo demorado e bastante criterioso, sendo necessária a aplicação de grandes quantidades de água e manejo adequado para cada tipo de solo (DUARTE, DIAS; TELLES FILHO, 2007).

Neste aspecto, seria mais viável racionalizar o manejo da fertirrigação por meio de determinação da condutividade elétrica e/ou da concentração parcial de íons na solução do solo. Caso a condutividade elétrica da solução do solo apresente valores inferiores ao máximo tolerado pela cultura, sem decréscimo no rendimento relativo e superiores ao mínimo necessário para sua nutrição, a salinização estaria controlada (BURGUEÑO, 1996; CASARINI, 2004).

2.4 Fertirrigações nitrogenadas e potássicas.

A proporção dos elementos minerais requerida pelas plantas pode ser fortemente determinada pela espécie, pelo estádio de desenvolvimento ou pelo órgão da planta. Entretanto, para a planta atingir um metabolismo balanceado, uma alta produção de matéria seca e um desenvolvimento adequado, devem haver quantidades suficientes e proporções balanceadas de nutrientes no solo (LARCHER, 2000).

O nitrogênio é um elemento exigido em grandes quantidades pelas plantas, e absorvido pelas raízes, principalmente, na forma de nitrato e amônio. Como componente de constituintes celulares, incluindo aminoácidos e ácidos nucléicos, a deficiência do nitrogênio retarda o crescimento e promove o amarelecimento das folhas. As folhas velhas são as primeiras a se tornarem amarelas, pois este nutriente é mobilizado nas folhas maduras e translocado para as regiões de crescimento. Se a

deficiência persistir, as folhas tornam-se completamente amarelas, secam e caem. (MARSCHNER, 1995).

Estudos realizados por Cabrera, Evans e Paul (1995), sobre a absorção de nitrato e amônio em rosas cultivadas em hidroponia, verificaram que não houve diferença significativamente na qualidade e na produtividade da roseira e que a maior taxa de absorção de N ocorreu quando a haste floral alcançou o maior comprimento. Adicionalmente Feigin et al. (1986) em dois anos de experimento observaram maior produtividade de rosas quando as plantas recebiam uma mistura contendo 25% de NH_4^+ e 75% de NO_3^- na solução nutritiva.

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento requerido em maiores quantidades pelas espécies de plantas cultivadas (NACHTIGALL; RAIJ, 2005). Na planta, este elemento está diretamente envolvido no metabolismo do nitrogênio, transporte de açúcar, extração, transporte e uso da água e resistência ao estresse (KRAMER, 1979).

O potássio destaca-se ainda por ser um macronutriente que na planta associa-se ao desempenho de diferentes funções como controle da abertura e fechamento dos estômatos, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade comercial da planta (SILVA et al., 2005).

Por meio das curvas de acúmulo de nutrientes, é possível conhecer a demanda nutricional em cada estádio de crescimento, sendo possível, portanto, monitorar a necessidade por determinado nutriente ao longo do ciclo de uma cultura. Assim, pode-se reduzir o risco de contaminação do solo por lixiviação devido à aplicação de elevadas doses de fertilizantes, bem como fornecer doses abaixo do mínimo exigido pela planta para atingir metas de produtividade (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2007).

Para Marcussi, Godoy e Villas Boas (2004), a curva de acúmulo de nutrientes serve como base para a fertirrigação nitrogenada e potássica. No entanto, os valores devem ser ajustados de acordo com as condições climáticas, principalmente a temperatura. Ainda segundo esses autores, a condutividade elétrica da solução do solo e o índice relativo de clorofila podem ser índices que auxiliam na calibração das doses de N e K a serem aplicadas via fertirrigação baseadas na quantidade de N e K acumulada pela planta.

Miranda et al. (2005), avaliaram a distribuição de íons de potássio aplicados em solução e constataram que as maiores concentrações de potássio estavam nas camadas superiores, em torno de 0,14 m, enquanto o molhamento se deu até cerca de 0,30 m. Segundo esses autores, esse resultado, possivelmente, deve-se ao fato de o potássio em solução ter sido adsorvido, de forma que a frente de molhamento caminhou para profundidades maiores.

Ruiz, Miranda e Conceição (1999) verificaram que a difusão foi o principal mecanismo de transporte de potássio, no entanto, constataram também que o fluxo de massa pode satisfazer isoladamente a demanda nutricional da planta, quando a concentração de potássio na solução do solo for muito elevada.

2.5 Monitoramento da salinidade do solo

A salinidade do solo pode ser estimada em laboratório, a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) ou da condutividade em diferentes relações solo:água destilada (RICHARDS, 1954). Em campo, além do uso de extratores de solução do solo, tem-se utilizado a técnica de indução eletromagnética e da reflectometria no domínio do tempo (TDR) (SOUZA, 2006).

Há muitos anos, a importância de se conhecer as propriedades químicas da solução do solo, para o manejo racional do solo e da água é reconhecida. No século passado, Hoagland; Martin e Stewart (1920) já afirmavam que o progresso no estudo do solo como um meio para o crescimento das plantas dependeria de um melhor conhecimento da solução do solo, uma vez que os nutrientes absorvidos pelas plantas são obtidos desta.

A análise da solução do solo é um critério objetivo para definir a solução nutritiva, podendo ser uma ferramenta apropriada para o manejo da fertirrigação. Os níveis dos nutrientes devem ser conhecidos para estabelecer a aproximação mais apropriada ao manejo dos nutrientes (LAO et al., 2004).

Após ter extraído a solução do solo ou, no exemplo de culturas hidropônicas, após ter-se coletado a solução de drenagem, a análise frequente do teor de nutrientes seria necessária, permitindo um controle nutricional mais efetivo da cultura. Neste caso, seria útil o uso de equipamentos que permitissem monitorar facilmente a concentração iônica da solução, sendo acessível a técnicos e

fazendeiros, e que determinassem os diferentes parâmetros nutritivos rapidamente (JIMÉNEZ et al., 2006).

Lao et al. (2003) obtiveram um modelo linear simples para estimar a composição real da solução do solo a partir da umidade e da composição da solução, mostrando uma correlação com os valores experimentais encontrados, por meio das cápsulas de sucção, após a irrigação. Para os mesmos autores, este modelo pode ser usado no cálculo da composição de soluções nutritivas e também pode ser relevante no preparo de soluções balanceadas para fertirrigação, maximizando a produção e minimizando o uso excessivo de fertilizantes e a poluição em ecossistemas de horticultura intensiva.

Silva (2002) e Silva et al (2013), estudando a utilização de extratores providos de cápsulas cerâmicas no manejo da fertirrigação e no controle da salinização causada pelo acúmulo de fertilizantes, encontraram resultados que demonstraram a possibilidade do uso da técnica proposta para monitorar a concentração iônica da solução do solo, além de possibilitar a determinação dos íons potássio e nitrato com boa precisão.

A utilização do método da medição da condutividade elétrica da solução obtida com extratores é bastante eficiente, devido a sua facilidade, versatilidade e praticidade, quando comparada com o da solução diluída 1:2, desde que sejam conhecidas a umidade da pasta de saturação e a umidade do solo no momento da extração (SILVA et al., 2013).

O monitoramento das concentrações de íons na solução do solo exige determinações constantes e a frequência destas determinações pode ser elevada se o ciclo da cultura for curto. Desta forma, a utilização de extratores de solução do solo para esse monitoramento surgiu como uma alternativa viável, entretanto, para medidas in situ, o acondicionamento de extratores reduz a precisão dos resultados, alterando o local em estudo (importante nos casos de medidas repetidas) e limitando a obtenção de resultados em curto espaço de tempo (SOUZA et al., 2006).

Conforme Souza et al. (2007), para medidas precisas de umidade do solo e condutividade elétrica em campo, existe uma tendência de aumento da utilização da técnica da TDR. Os mesmos autores recomendam o levantamento de uma curva de calibração para cada tipo de solo, sendo esse inconveniente normalmente aceitável, se comparado com as vantagens que essa técnica apresenta em relação às demais.

A técnica vem se consolidando como importante ferramenta para o monitoramento da solução do solo e da sua composição iônica conforme relatado por Souza e Folegatti (2010). Dentre os íons monitorados pode-se destacar o potássio (SANTANA et al., 2007) e o nitrato (SANTOS et al., 2009).

As vantagens inerentes da técnica TDR, como a boa precisão, o fato do método não ser destrutivo, a não utilização de radiação ionizante, a possibilidade de automação e acoplamento a dispositivos multiplicadores de leituras, e a pouca influência da textura, densidade e salinidade do solo, são justificativas fortes para uma maior adoção desta técnica em substituição a outros métodos (SOUZA et al., 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da Área Experimental

A pesquisa foi conduzida em duas etapas, conforme metodologia adaptada de Silva (2002), sendo que a primeira, denominada de Etapa I, foi conduzida junto ao Laboratório de Solos e Qualidade de Água do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP e consistiu de testes preliminares que possibilitaram a construção das curvas artificiais de salinização para realizar o processo de salinização artificial do solo, necessário à realização desse experimento. A segunda, denominada de Etapa II, consistiu da imposição dos tratamentos propostos após a salinização do solo, foi conduzida em ambiente protegido no Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-USP, no município de Piracicaba-SP (Figura 1), situado às coordenadas geográficas de 22º 42' de latitude sul e 47º 38' de longitude oeste e uma altitude de 540 m.

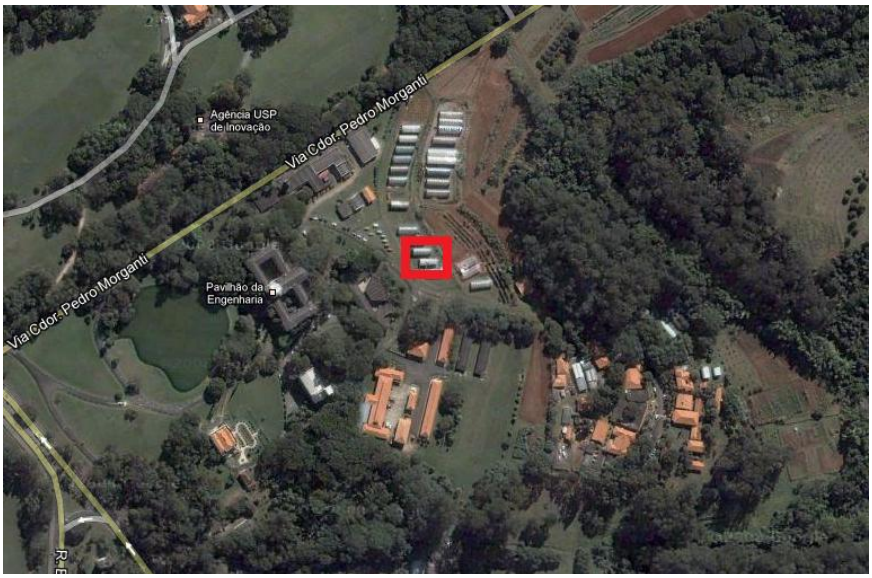

Figura 1 - Vista aérea da área experimental (Fonte: GOOGLE MAPS)

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, tropical úmido, com 3 meses mais secos (junho, julho e agosto), ocorrendo chuvas na primavera e verão, apresentando inverno seco, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 ºC e do mês mais frio inferior a 18 ºC (SENTELHAS, 1998).

O ambiente protegido era provido de cobertura em arco, com 6,40 m de largura, 3 m de altura de pé direito e 22,5 m de comprimento, paredes laterais e

frontais confeccionadas com telas anti-afídeos e rodapé em concreto armado com 0,3 m de altura. Possuía, ainda, cortinas laterais, as quais permitiam reduzir a variação de temperatura em seu interior e proteger contra chuvas, vento e baixas temperaturas. A cobertura era constituída de manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas. Esta estrutura experimental era provida de energia elétrica e água oriunda do sistema de tratamento de água da ESALQ/USP, apresentando condutividade elétrica média de 0,47 dS m^{-1} (Figura 2).

Figura 2 - Vista frontal da área experimental

3.2 Construção das sondas TDR

Para a construção das sondas TDR, com três hastes, adotou-se o procedimento descrito por Souza et al. (2006). O material utilizado para construção de cada sonda foi:

- ✓ cabo coaxial RFM-KMP, RG-58, 50 Ω, comprimento 3,3 m;
- ✓ conector BNC rosqueável;
- ✓ haste de aço inoxidável, AISI 304, diâmetro 3 mm;
- ✓ resina epóxi Epoxiglass;
- ✓ catalisador Epoxiglass.

O cabo coaxial foi cortado no comprimento de 3,30 m e em uma das extremidades, instalou-se o conector BNC. Na outra extremidade, foram soldadas as hastes de aço inox, utilizando uma liga de estanho (Sn/Pb 50/40) da seguinte forma: uma no condutor central do cabo coaxial (haste de 235 mm) e duas na malha metálica do cabo coaxial (haste de 240 mm).

Para fixar adequadamente a solda, foi necessário lixar as extremidades das hastes de aço inox e aplicar uma solução de ácido fosfórico 1% para que houvesse maior adesão da solda. Em uma estrutura de madeira com um molde de silicone,

acomodaram-se as hastes e os cabos da sonda previamente soldados. Este molde, com capacidade para acomodar 10 sondas de cada vez, serviu para que as hastes da sonda permanecessem espaçadas 1,5 cm entre si e com 20 cm da haste para fora do bloco de resina.

Em seguida, foi adicionada a resina epóxi, na proporção de 20 g de catalisador para cada 100 g de resina. Após secagem completa da resina, em torno de 6 horas após a mistura, esta formou um bloco resistente que promoveu a sustentação do esqueleto da sonda, assim como serviu de marco para o início do monitoramento do pulso eletromagnético pela TDR100. Neste trabalho foram confeccionadas um total de 128 sondas.

Com as sondas já prontas, realizou-se um teste individual em cada uma, com objetivo de detectar possíveis falhas na confecção. Este teste consistiu em avaliar com um multímetro se havia isolamento entre a haste central (alma de aço) e as hastes laterais (malha). As sondas que apresentaram defeitos foram descartadas e substituídas.

3.3 Instalação e calibração das sondas TDR

Visando obter leituras representativas do perfil do solo, as sondas foram instaladas na vertical, próximas aos extratores de solução no solo, em diferentes profundidades, sendo duas sondas por parcelas (0-20 cm) e (20– 40 cm) (Figura 3).

Figura 3 - Detalhe da instalação, em duas profundidades 0-20 e 20-40 cm, das sondas TDR (A), Sondas TDR instaladas na parcela (B) e vista geral das parcelas com todas as sondas instaladas (C)

A calibração foi realizada após varias coletas de dados no campo (Figura 4), com a umidade do solo variando de 0,33 à 0,15 $cm^3\ cm^{-3}$, com o propósito de determinar a relação entre a condutividade elétrica da solução do solo coletada por meio de extratores de solução e CEa estimada pela TDR e posteriormente estimar

as concentrações de nitrato (NO_3^-) e potássio (K^+) da solução do solo. Para isso, configurou-se o PCTDR ajustando o Kp de forma que este obtivesse valor igual a 1,0, a fim de tornar possível a determinação do Kp real, que consiste no coeficiente angular (Kp=α) da reta oriunda da regressão entre os valores de CE na soluções de 1,2 a 5,5 dS m^{-1} e estimados pela TDR.

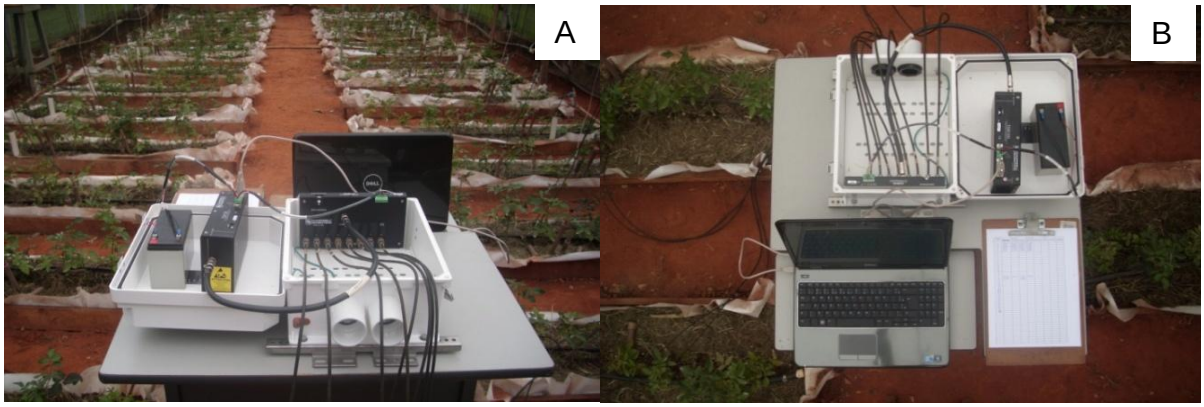

Figura 4 - Vista geral das parcelas no momento da coleta dos dados com o TDR100 (A) e materiais usados para a realização do processo (B)

O monitoramento da solução do solo foi realizado com o auxílio de um Reflectômetro TDR100 (Campbell Scientific, Logan-Utah), equipado com uma interface RS 232, permitindo assim, a realização de correlações e estimativas das variáveis objeto de estudo. Os valores determinados de umidade (tensiometria e TDR), condutividade elétrica do solo CEa pelo TDR; CEes pelo método do extrato de saturação (RICHARDS, 1954) e da solução coletada com cápsulas porosas (CEcp), bem como as concentrações de nitrato (NO_3^-) e potássio (K^+), foram monitorados em todos os tratamentos ao longo de todo o experimento. Esses valores foram utilizados na calibração do equipamento TDR conforme metodologia propostas por Coelho e Or (1999) e Souza; Folegatti e Or, (2009).

Após o processo de calibração, a TDR fornece a CEa e θ do solo. Com essas informações foi possível estimar a CEw pela parametrização do modelo de Rhoads, Raats e Prather (1976) (equação 1), que se deu com o auxílio de uma planilha eletrônica pela minimização do erro entre as leituras medidas (condutivímetro de bancada) e leituras de CEw estimadas pela TDR100.

$$CEw = (CEa - CEs) \,/\, (a\theta^2 + b\,\theta) \qquad (1)$$

em que,

CEw - condutividade elétrica na solução do solo (dS m^{-1});

CEa - condutividade elétrica aparente do solo determinado pela TDR (dS m^{-1});

CEs - condutividade elétrica da fração sólida do solo, diretamente associada com as trocas iônicas na interface sólido-líquido do solo e é normalmente considerada como sendo um valor constante para cada solo (dS m^{-1});

θ - umidade volumétrica (m^3 m^{-3});

“a” e “b” - parâmetros de ajuste da equação (adimensional).

3.4 Caracterização físico-hídrica e química do material de solo

O trabalho foi realizado utilizando material de solo coletado de um perfil classificado como Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, obtida na profundidade de 0,30 m da camada agricultável do perfil, proveniente do campus da ESALQ e denominado Série “Sertãozinho”.

A curva de retenção de agua no solo, foi construída simulando uma condição real de irrigação e evaporação em ambiente protegido (Figura 5). Para isso, utilizaram-se cinco vasos com capacidade para 12 L, com orifícios na parte inferior e contendo uma camada de 1 cm de brita n° 1, recoberta com manta geotêxtil (BIDIM OP-30). Os vasos foram preenchidos, quantificando a massa de solo a cada camada de 5 cm, de volume conhecido, visando obter uma densidade conhecida e homogênea entre as parcelas. Esses vasos foram dispostos em bancadas, dentro da casa de vegetação, sendo instalados nos mesmos, tensiômetros a 0,15 m de profundidade. Os vasos foram inicialmente imersos em uma lâmina de água correspondente a 50% de sua altura, sendo o solo lentamente saturado por meio de ascensão capilar da água, através de orifícios existentes na parte inferior dos mesmos. Após verificada a saturação, os vasos foram cobertos com filme plástico, e postos para drenar, naturalmente, até cessar o escoamento.

Após a drenagem natural do solo, determinou-se a capacidade máxima de retenção e, durante o processo de secagem, foram realizadas pesagens e leituras tensiométricas, concomitantemente, sendo esse procedimento estendido até tensão próxima a 70 kPa. Os dados de umidade foram correlacionados com a tensão medida, sendo ajustada uma equação potencial para o cálculo da lâmina de irrigação necessária.

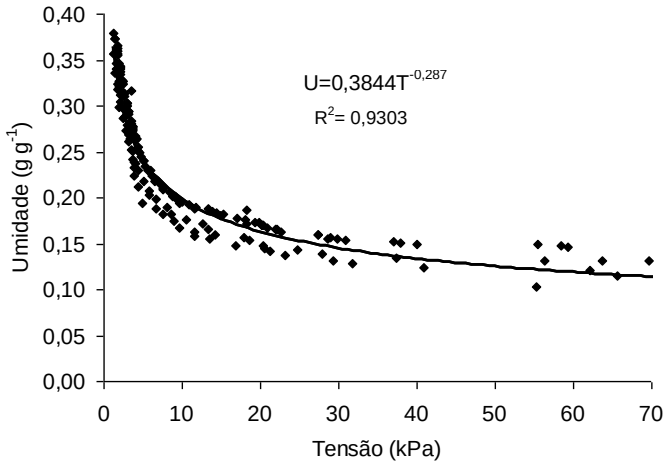

Figura 5 – Curva de retenção da água do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento

As propriedades físicas do solo foram determinadas realizando-se análise granulométrica, determinada pela metodologia proposta por Bouyoucus (1951): densidade de partículas, utilizando o método do picnômetro e densidade do solo, determinada pelo método da proveta, os quais são recomendados pela EMBRAPA (1997). A porosidade total foi calculada pelo valor da umidade volumétrica na tensão de 0,1 kPa. A microporosidade foi considerada igual ao teor de água retido na tensão de 4,0 kPa e a macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização físico-hídrica do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento

Granulometria (%)			Densidade (g cm^{-3})		Porosidade (%)			Classe Textural
Areia	Silte	Argila	Solo	Partículas	Micro	Macro	Total	
73	8	19	1,26	2,65	26,98	25,48	52,45	Franco Arenoso

O material de solo utilizado apresenta-se caracterizado quanto às propriedades químicas na Tabela 2, sendo que os íons trocáveis foram analisados de acordo com os métodos citados pela EMBRAPA (1997) e Raij (2001). Para determinação da concentração dos íons solúveis foram confeccionadas pastas na umidade de saturação, das quais foram extraídas as soluções por intermédio de sucção, de acordo com a metodologia proposta por Richards (1954).

Tabela 2 - Caracterização química do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento

	pH	M.O	S	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
Trocáveis	($CaCl_2$)	g dm^{-3}	-mg dm^{-3}-		----------mmolc dm^{-3}----------							-------%----	
	4,8	9,0	5	3	0,4	11	7	1	16	18,4	34,4	53	5

	pH	CE	NO_3^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Na^+
Solúveis	(pasta)	dS m^{-1}	----------mmolc L^{-1}----------					
	5,87	0,34	1,48	0,13	0,75	0,48	0,41	0,66

3.5 Tratamentos e delineamento experimental

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados completos, arranjados em esquema fatorial de (5 x 3 + 1), com quatro repetições, totalizando 64 parcelas (Figura 6), sendo a unidade experimental representada por um canteiro, com plantas espaçadas de 0,10 m e 1,0 m entre linhas.

Os tratamentos foram formados pela combinação de cinco níveis iniciais de condutividade elétrica da solução do solo (CEes: 1,2; 2,3; 3,3; 4,3 e 5,5 dS m^{-1}) os quais foram mantidos constantes ao longo do ciclo da roseira, e três relações nitrogênio:potássio (N:K) e uma testemunha (2:1; 1:2 e 1:3) e (1:1), respectivamente, ou seja, na relação (2:1) a quantidade total de fertilizantes a serem aplicados 66,6% provinha de N e 33,4% de K; na relação (1:2) 33,4% provinha de N e 66,6% de K; na relação (1:3) 25% provinha de N e 75% de K. Na uma testemunha (1:1) utilizou-se 50% de N e 50% de K.

Figura 6 - Croqui da área experimental

As valetas para a confecção das parcelas foram escavadas com dimensões de 0,40 m de largura por 0,50 m de profundidade e 2,0 m de comprimento (Figura 7), e preenchidas com o material de solo citado anteriormente, de modo a obter características físicas homogêneas desejadas e preestabelecidas.

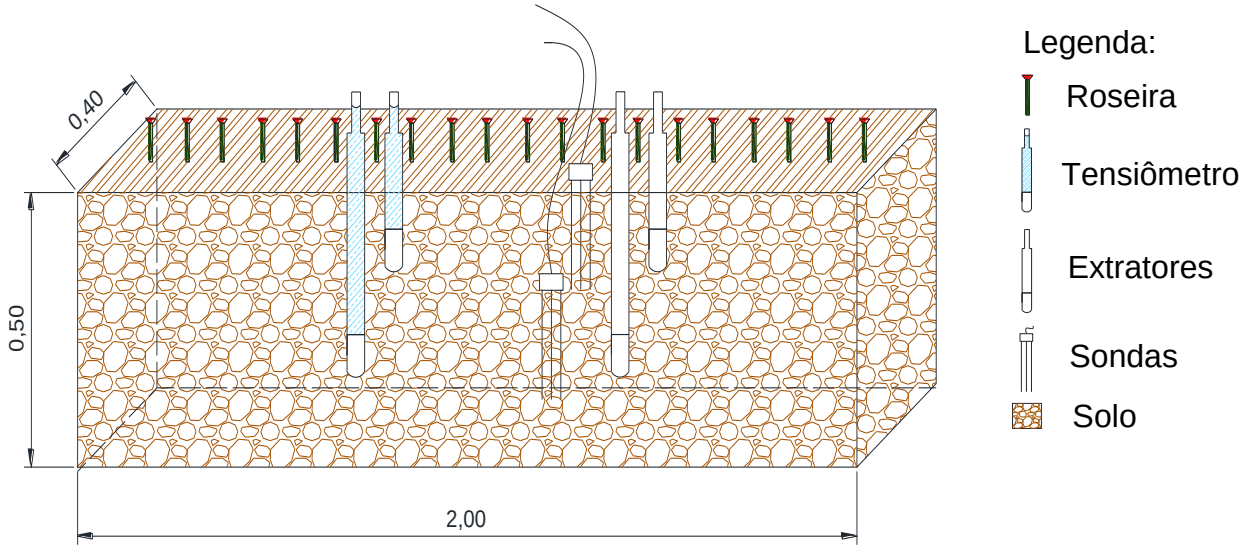

Figura 7 - Dimensões das valetas de uma parcela experimental

A concentração da solução de fertilizantes para manter os cinco níveis iniciais de condutividade elétrica foi crescente e proporcional às relações N:K inicialmente propostas, sendo que os níveis de CEes inicial do solo foram estimados pela equação de Richards e posteriormente calibrados para a situação específica.

3.6 Salinização artificial do solo

Esta etapa consistiu de ensaios para a obtenção de curvas de condutividade elétrica em função da concentração de fertilizantes. A proporção, bem como os tipos de sais, seguiram as recomendações referentes à cultura da roseira. Para encontrar a relação entre a condutividade elétrica da solução (CEs) e os totais de sais dissolvidos nas proporções desejadas de fertilizantes, utilizou-se inicialmente, como referência, a formula proposta por Richards (1954), apresentada na equação (2):

$$C=CEs.640 \qquad (2)$$

em que:

C - concentração dos sais fertilizantes, mg L^{-1};

CEs - condutividade elétrica da solução, dS m^{-1}.

Utilizaram-se diferentes soluções de concentrações conhecidas e preparadas a partir da diluição, em balões de 100 mL, de um padrão de 6.400 mg.L^{-1}, totalizando 21 soluções. A concentração dessas soluções variaram de 0 até 6.400 mg.L^{-1}, com intervalos de 320 mg.L^{-1}, o que corresponde, respectivamente, às salinidades teóricas variando de 0 até 10 dS m^{-1}, com intervalos de 0,5 dS m^{-1}, com base na

equação (1). A amostra em branco (0 mg L^{-1}) correspondeu à condutividade elétrica inicial da água sem a adição dos fertilizantes. A partir dessa amostragem, foi determinada por meio de um condutivímetro de bancada, a condutividade elétrica real das soluções. A curva que relaciona a concentração de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções (Figura 8) foi estabelecida por meio de um diagrama de dispersão, onde foram plotados os valores da concentração de sais fertilizantes versus condutividade elétrica encontrada.

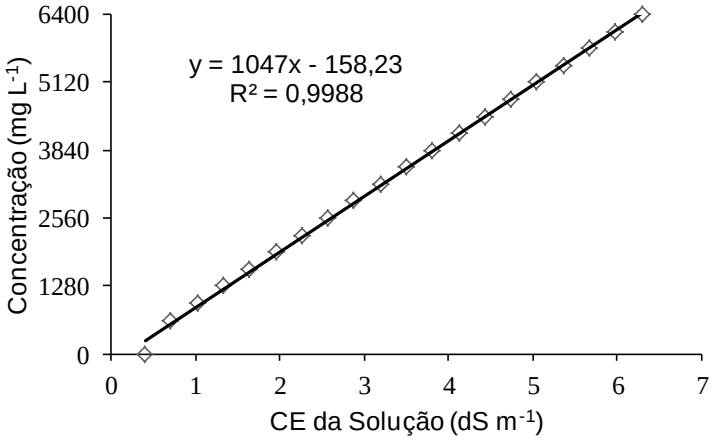

Figura 8 - Relações entre a concentração das soluções de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções utilizadas

Uma vez obtida a curva de salinização artificial, a umidade do solo foi elevada até a máxima capacidade de retenção e, concomitantemente, foram adicionados os sais diluídos na água com três relações N:K, com o objetivo de obter cinco níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes: 1,2; 2,3; 3,3; 4,3 e 5,5 dS m^{-1}), com 3 repetições. O valor da concentração final de fertilizantes na água (Cf) aplicada ao solo, necessário para se obter os níveis de CEes desejados, foram estimados com base nos níveis e proporções utilizados na relação de salinização estabelecida na etapa anterior, sendo corrigidos pela umidade de saturação. O volume de água aplicado correspondeu ao necessário para elevar a umidade do solo à máxima capacidade de retenção. Já as quantidades de sais adicionadas foram aquelas suficientes para se atingir os valores de CEes com o solo saturado. Para se estimar a concentração final de fertilizantes, utilizou-se a relação apresentada na equação (3):

$$C_f = \frac{U_S}{U_{CC}} C_i \qquad (3)$$

em que:

Cf - concentração final de fertilizantes na solução salina, mg L^{-1};

Ci - concentração com base na curva de salinização construída, mg L^{-1};

Us - Umidade da pasta saturada, g g^{-1};

Ucc - Umidade à máxima capacidade de retenção, g g^{-1}.

Três dias após a adição das diversas soluções salinas, foram retiradas amostras na camada de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, após uma raspagem na qual se eliminou 2 cm da superfície. A partir dessa amostragem, determinou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação real, ou seja, aquela que corresponde aos valores encontrados no solo (Figura 9).

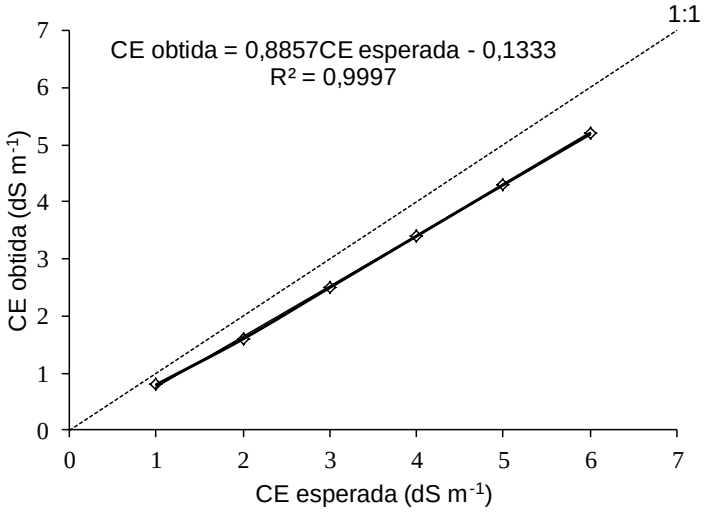

Figura 9 - Relações entre a CEes esperada e a CEes obtida após a adição dos fertilizantes

Observa-se que há uma pequena diferença entre CEes esperada e a CEes obtida após a adição dos fertilizantes, sendo que essa diferença possivelmente se deve à adsorção de sais. O resultado sugere que a metodologia adotada têm boa precisão para estimar as quantidades de sais fertilizantes aplicadas ao solo, necessárias para se atingir uma CEes desejada. O modelo de curva de salinidade artificial é específico para cada tipo de solo e cultura, pois depende das características do solo e da recomendação da fertirrigação.

De acordo com Richards (1954), o teor e o tipo de argila predominante no solo podem agir como interferentes na concentração de íons na solução e, consequentemente, no valor da CEes. Entretanto, foi verificado apenas um pequeno efeito da adsorção dos sais fertilizantes para o solo estudado, possivelmente por tratar-se de um solo com alta porcentagem de areia (73%), de forma que a CEes esperada aproximou-se da CEes obtida.

A pasta saturada para determinação da CEes foi preparada utilizando-se 250 g de solo seco ao ar, adicionando-se gradualmente água destilada até atingir o ponto de saturação. As pastas foram colocadas em repouso por um período de 20 horas e em seguida foram retirados os extratos de saturação por meio de sucção, conforme a metodologia proposta por Richards (1954). A curva de salinização (Figura 10) foi então construída por meio de um diagrama de dispersão, onde foram plotados os valores de CEes da pasta encontrados versus as quantidades de sais aplicadas.

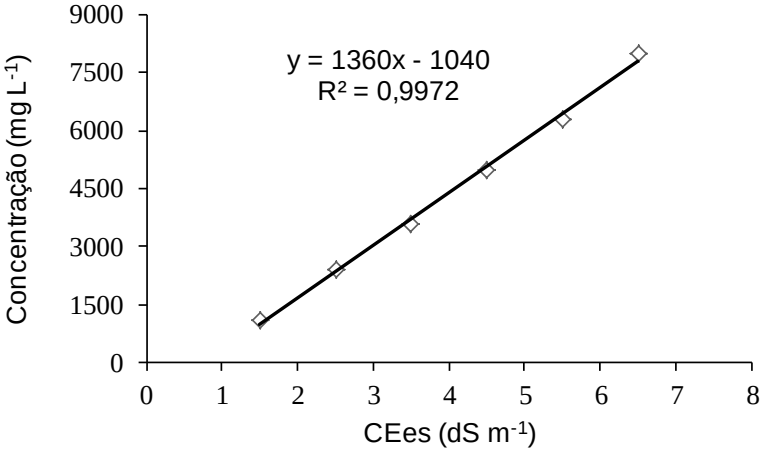

Figura 10 - Curva de salinização do solo (relação entre a concentração de fertilizantes aplicada via água de irrigação e a CEes)

Aos 110 dias após o transplantio (DAT), com o auxilio da curva de salinização artificial do solo (Figura 10), foi realizado o processo de salinização das parcelas experimentais. A concentração da solução de fertilizantes para elevar os cinco níveis iniciais de condutividade elétrica, foi crescente e proporcional às relações N:K inicialmente propostas. Dois dias após a aplicação dos fertilizantes retirou-se amostras de solo de cada parcela para verificação da CEes, conforme metodologia proposta por Richards (1954).

A condutividade elétrica medida na solução da pasta saturada inicial (Figura 11) revelaram que passou a existir diferença entre os níveis de salinidade, sendo as mesmas acompanhadas pelas relações N:K (2:1, 1:2 e 1:3).

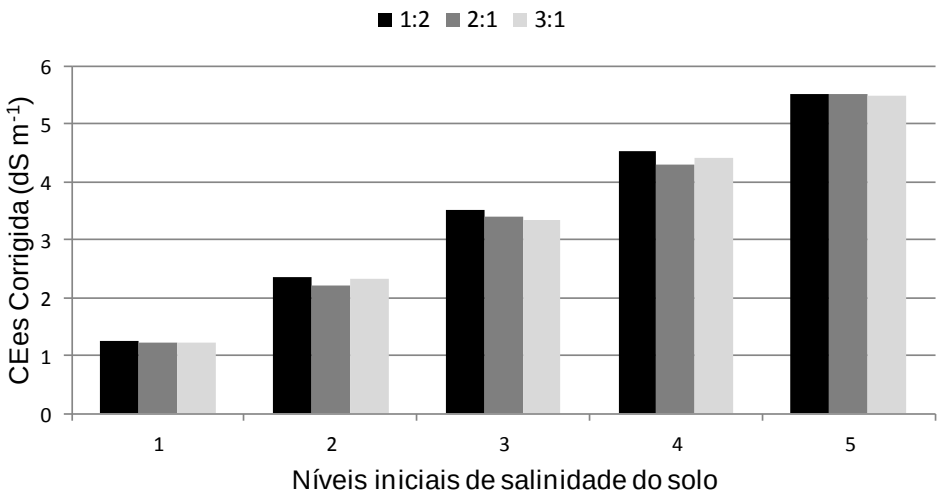

Figura 11 - Valores médios de CE (dS m^{-1}) inicial, medidos no extrato de saturação

3.7 Plantio e tratos culturais

Foram utilizadas plantas de roseira da variedade Samourai® Meikatana, por ser uma variedade produtiva, de boa durabilidade, fácil manejo, boa aceitação no mercado, apresentar botão de tamanho grande, entre 35 a 45 pétalas, hastes variando de 50 a 80 centímetros de comprimento, durabilidade em vaso de 12 a 15 dias e produtividade de 140 a 170 hastes ano^{-1} m^{-2}. (PETITJEAN, 2012)

As mudas foram obtidas junto aos produtores especializados, sendo transplantadas no dia 03/03/2012, em fila única sobre os canteiros, espaçadas de 1,2 m entre linhas e 0,1 m entre plantas (Figura 12). Nos primeiros quinze dias após o transplantio das mudas, o solo foi mantido na capacidade de campo, com a finalidade de garantir o estabelecimento das mesmas.

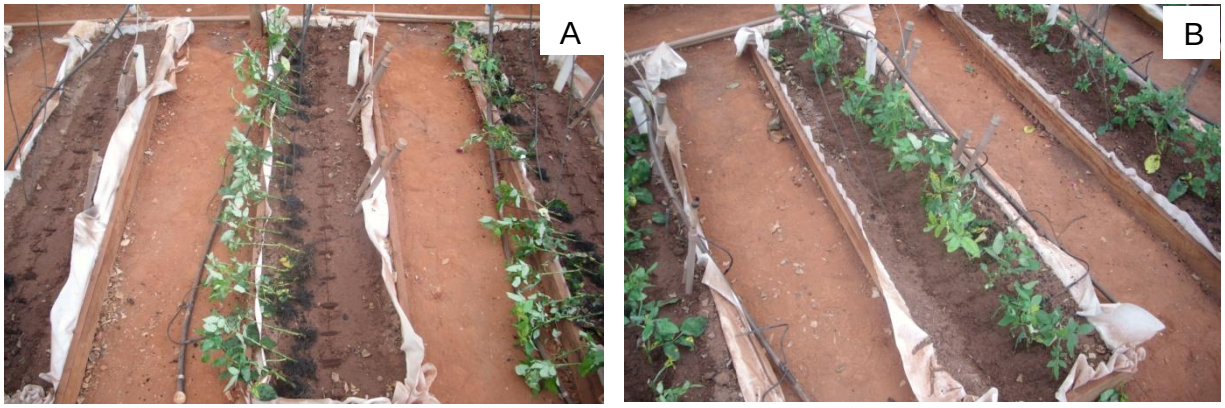

Figura 12 - Mudas de raízes nuas prontas para o transplantio (A) e com transplantio concluído (B)

O controle de pragas na cultura, como a mosca branca (*Bemisia tabaci*) raça B, foi realizado com aplicações de inseticidas específicos, cujo controle foi bem

efetivo. Para o ácaro rajado (Tetranichus *urticae*), foi realizado o controle biológico por meio da aplicação de produtos da empresa PROMIP, que utiliza ácaros predadores da espécie *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*, os quais foram eficiente durante todo o processo de formação e produção, havendo somente um momento de declínio, ao final da terceira colheita, sendo necessárias aplicações com produtos químicos. Para o oídio (*Sphaerotheca pannosa)*, foi realizado um controle com fungicidas específicos, ressaltando-se que não se constatou uma perda produtiva evidente por conta do ataque de pragas e doenças.

Foram realizadas podas semanais (retiradas dos brotos) objetivando a formação e o crescimento do maior número possível de ramos e folhas, possibilitando gerar um acúmulo de carboidratos nas hastes que posteriormente foram usados na formação dos ramos basais, formando assim o esqueleto da roseira. Após esta fase, aos 110 dias após o transplantio (DAT) o ramo basal foi podado a 0,60 m de altura, colocando-se a roseira em produção de hastes comerciais.

Figura 13 - Roseira no inicio da fase de produção, com detalhe dos brotos formados devido a poda do ramo basal

3.8 Medidas meteorológicas

No ambiente protegido foi realizada a aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar por meio de um sensor Vaisala (HMP45C-L12 - Campbell Sci.), monitorando-se também a radiação solar global (LI200X, Licor), interligado a um armazenador de dados, tipo CR10 da “Campbell Scientific”, com leituras

realizadas num intervalo de 30 segundos e armazenadas as médias de 15 minutos. Os sensores estavam instalados no centro do ambiente protegido, a 2,0 m de altura.

3.9 Manejo da irrigação

Foi adotado um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando emissores do tipo autocompensante, com vazão nominal de 4 L h^{-1}, os quais foram previamente avaliados sob condições normais de operação, apresentando coeficiente de uniformidade de distribuição de 97,3%. Os gotejadores foram acoplados às linhas de irrigação (tubos de polietileno), onde foram instaladas válvulas solenoides em todas as parcelas (automação do sistema de irrigação), com as quais foi possível aplicar um volume de água diferente para cada tratamento. O manejo de irrigação foi efetuado por meio de dados de umidade do solo, obtidos com a sonda TRD, com hastes instaladas a 0,20 e 0,40 m de profundidade, sendo que a umidade também foi monitorada por tensiômetros.

Aos tensiômetros, foram acoplados transdutores de pressão, modelo MPX5100DP confeccionados em silício monolítico e processamento bipolar para fornecer uma precisão de alto nível do sinal de saída, funcionando numa faixa de 0 a 100 kPa, com autocompensação de temperatura na faixa de 0 a 85°C e com aquisição de dados em um datalogger. Esses transdutores foram calibrados visando monitorar a variação instantânea da tensão no interior do tensiômetro em função do tempo e da variação de umidade no solo, proporcionando um bom acompanhamento dos resultados obtidos com a TDR.

As irrigações foram realizadas baseadas no intervalo de tempo necessário para que cada tratamento atingisse a umidade desejada, foi utilizado um fator de depleção de água no solo de 0,3; sendo o tempo de irrigação e/ou fertirrigações para cada tratamento calculado com base na tensão de água no solo para retornar a capacidade de campo, sendo controlado por um sistema denominado Módulo para Controle de Atuadores (MCA), desenvolvido por Camargo (2012), o qual foi empregado na automação do controle das válvulas solenoide e do conjunto motobomba (Figura 14).

Figura 14 - Painel de controle de atuadores para automação da fertirrigação

O aplicativo desenvolvido por Camargo (2012) foi instalado em um computador localizado na área experimental, permitindo inserir manualmente os tempos ou carregar um arquivo de texto com estrutura pré-definida, determinando assim o tempo de irrigação de cada parcela.

3.10 Manejo da fertirrigação

Na fase vegetativa da cultura, após a poda, que teve como objetivo atender à formação da planta, aumentar a massa foliar e proporcionar a formação dos ramos basais, as quantidades de nutrientes foram aplicadas de acordo com Feigin et al. (1986) (Tabela 3), sempre procurando manter o solo na capacidade de campo ou bem próximo desta.

Tabela 3 - Recomendação de nutrientes para fase de produção de roseiras

Nutrientes	N	P	(K_2O)	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
(g planta^{-1} ano^{-1})	20*	5,50	20*	5,40	1,71	1,30	0,05	0,013	0,20	0,06	0,04

* Relação (1:1) aplicada no tratamento testemunha

A fertirrigação nitrogenada foi aplicada na proporção 25% de NH_4^+ e 75% de NO_3^- na solução nutritiva, segundo recomendações de Feigin et al. (1986), que afirmam que essa relação é a que proporciona maior produtividade de rosas, sem

provocar alterações no balanço de cátions devido ao uso em maiores proporções de N na forma de NH_4^+.

Para todos os tratamentos, inicialmente, até os 110 DAT, foi utilizada a mesma recomendação aplicada no tratamento testemunha; entretanto, após esta data, os tratamentos foram diferenciados em função dos níveis de salinidade do solo e das relações nitrogênio:potássio. Com isso, a fertirrigação só foi realizada quando a condutividade elétrica na solução do solo encontrava-se em média 10% abaixo dos níveis iniciais de salinidade pré-estabelecidos para cada tratamento.

A quantidade de fertilizantes aplicada, bem como suas devidas relações, eram aquelas calculadas para que a solução do solo recuperasse o nível de CE inicial (1,2; 2,3; 3,3; 4,3 e 5,5 dS m^{-1}), sendo realizado a partir de uma curva, que relacionava condutividade elétrica (dS m^{-1}) com a concentração da solução (mg L^{-1}), apresentada na equação 4.

$$CEA = \frac{CEF.VV.\theta CC - CEE.VV.\theta A}{VCC} \quad (4)$$

em que:

CEA – condutividade elétrica da solução de fertirrigação a ser aplicada, dS m^{-1};

CEF – condutividade elétrica final da solução de sais fertilizantes na capacidade de campo, dS m^{-1};

VV – volume de solo contido na valeta, L;

θCC – umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, L L^{-1};

CEE – condutividade elétrica da solução do solo medida por intermédio de sonda TDR e extratores de capsulas porosas, dS m^{-1};

θA – umidade volumétrica atual, ou seja, imediatamente antes da fertirrigação, L L^{-1};

VCC - volume de solução necessário para o solo atingir a capacidade de campo, L.

Quando não era necessário aplicar fertilizantes, fator observado quando os níveis iniciais propostos não decresciam 10% dos níveis iniciais, não era realizado a fertirrigação, aplicando-se somente água.

3.11 Extração da solução do solo

Durante a fase de produção das rosas, foi monitorada a solução no solo, com o auxílio da sonda TDR, aferindo-se a condutividade elétrica (CE) e a concentração de nitrato (NO_3^-) e potássio (K^+). Os dados coletados com a sonda TDR foram

monitorados simultaneamente com os dados coletados por meio de extratores de solução providos de cápsulas porosas, instalados na parte central da parcela, proporcionando assim a realização de uma calibração por meio da correlação dos dados coletados com a TDR com os dados coletados com os extratores.

A aplicação do vácuo nos extratores foi feita com o auxílio de uma bomba de vácuo, pela qual era permitido aplicar uma sucção interna de aproximadamente 80 kPa. Para a extração da solução do solo, utilizou-se uma seringa acoplada a um tubo de silicone flexível; em seguida as amostras de solução foram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e transportados para o Laboratório de Qualidade de Água do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Esalq/USP, onde foram efetuadas as análises da solução do solo. Logo após a coleta da solução, foi verificada a umidade do solo por meio da sonda TDR e da tensiometria.

Para a estimativa dos valores de condutividade elétrica da pasta saturada e de concentrações de íons mediante a solução extraída pelas cápsulas porosas, foi feita uma correção para umidade da pasta, conforme a equação (5):

$$C_{estimada}cp = \frac{Ccp.Ucp}{Us} \tag{5}$$

em que,

$C_{estimada}$ cp - condutividade elétrica ou concentração de íons no extrato de saturação, estimada a partir dos valores medidos na solução do solo, obtida com extrator de cápsula, dS m^{-1};

Ccp - condutividade elétrica ou concentração de íons na solução do solo, obtida com extrator de cápsula porosa, dS m^{-1};

Ucp - umidade do solo no momento em que se dá o vácuo no extrator de cápsula porosa, g g^{-1};

Us - umidade do solo na pasta saturada, g g^{-1}.

3.12 Colheitas e produção de hastes comerciais

Foram realizadas três colheitas ao longo do ciclo das roseiras, sendo que a primeira, com duração de duas semanas, teve início aos 158 DAT, quando as roseiras estavam há 48 dias sob efeito dos tratamentos. A segunda colheita teve inicio aos 45 dias depois da primeira (203 DAT), apresentando o mesmo tempo de duração da primeira colheita; a terceira e última colheita foi realizada aos 245 DAT,

42 dias após o término da segunda colheita, também com duração de duas semanas.

A produtividade das rosas foi estimada mediante a contagem de todas as hastes da área útil em cada parcela, em seguida realizou-se uma correção para produtividade em hastes m^{-2}. A contagem das hastes, em cada colheita, foi realizada uma única vez, quando as hastes estavam com os botões florais totalmente formados.

Figura 15 - Classificação das hastes comerciais (A) e hastes de diferentes tamanhos (B)

A produtividade comercial de hastes florais em cada colheita foi determinada pelo somatório de todas as hastes colhidas nas coletas parciais, sendo estas realizadas sempre que os botões estavam em ponto de colheita, com duração média de duas semanas, até que todos os botões florais fossem colhidos. A partir desse ponto, finalizava-se aquela colheita e as novas brotações seriam objetos da colheita seguinte.

3.13 Dimensões das hastes comerciais

Para a classificação das hastes comerciais, levou-se em consideração alguns dos parâmetros de classificação de hastes do Veiling Holambra, sendo que as mesmas tinham que apresentar-se eretas e sem o botão floral torto, com comprimento acima de 40 cm e diâmetro superior 4 mm.

Para as avaliações de qualidade das hastes florais, foram coletadas as hastes dispostas na parte central de cada parcela, deixando 0,5 m de cada lado da parcela como bordadura.

A colheita para avaliação da qualidade das hastes teve início quando 60% das hastes estavam em ponto de corte. O ponto de colheita foi determinado quando as sépalas estavam totalmente abertas e as pétalas em início de abertura. O corte de cada haste foi realizado na segunda folha de cinco folíolos, contados a partir do ponto de brotação da haste.

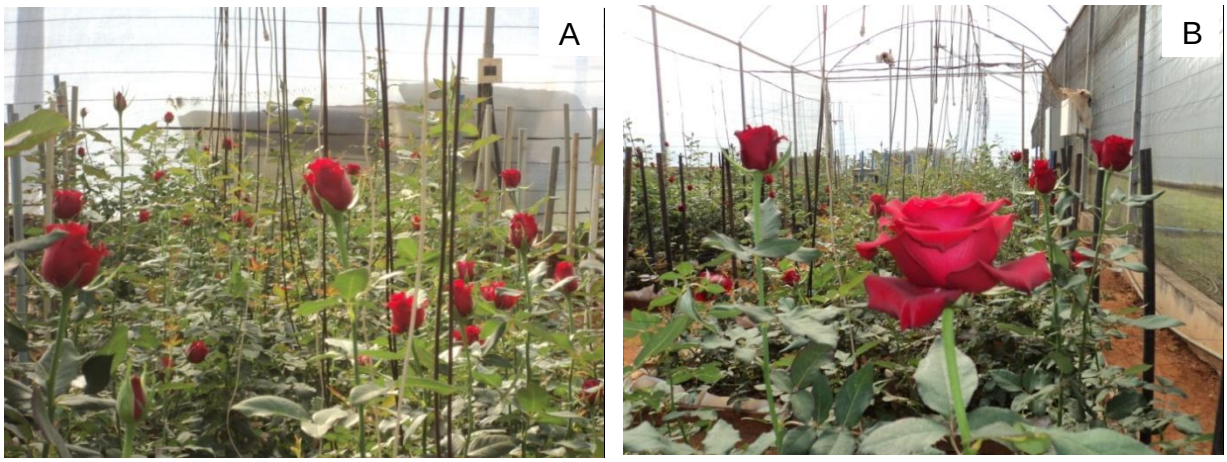

Figura 16 - Parcelas em fase de produção (A) e haste em ponto de colheita (B)

As colheitas, quando necessárias, foram realizadas diariamente até o final do ciclo produtivo e as hastes das rosas foram acondicionadas em feixes e etiquetadas com a denominação de cada parcela e repetição. Os feixes foram levados para um laboratório do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP, onde foram realizadas as medições de comprimento e diâmetro. O comprimento da haste foi medido entre o ponto de corte até a base do botão, por meio de uma régua graduada em milímetros. O diâmetro das hastes foi determinado a partir de três medições, em pontos equidistantes, utilizando-se um paquímetro digital graduado em milímetros.

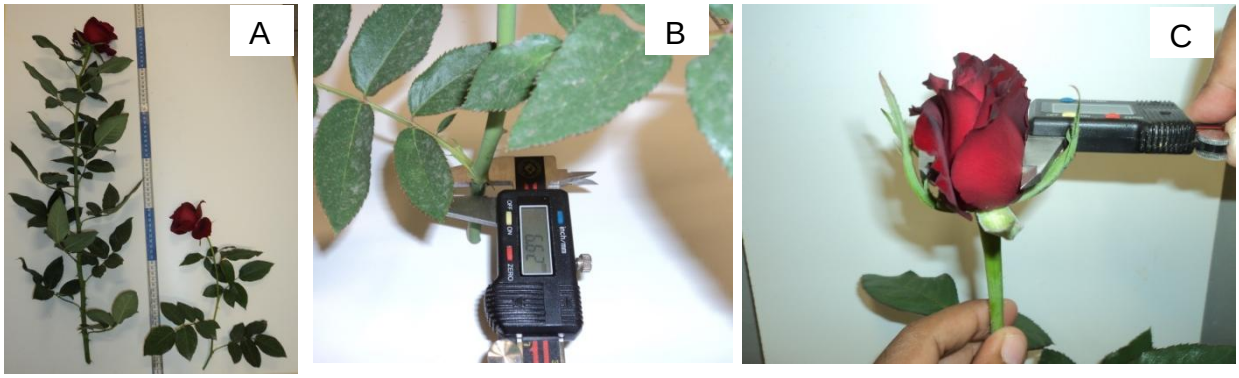

Figura 17 - Comprimento de hastes comercial e não comercial (A), diâmetros da haste (B) e diâmetro do botão (C)

3.14 Fitomassa fresca e seca

Após a realização das medidas das hastes e dos botões florais, a massa fresca dos mesmos foi determinada utilizando-se uma balança analítica (Precisão 0,01g) e, logo em seguida, foram acondicionados em sacos de papel e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 60°C (±1), até atingirem pesos constantes.

3.15 Índice de área foliar (IAF)

A determinação do índice de área foliar (IAF) foi realizada durante a colheita das hastes, quando as plantas estavam totalmente sob efeito dos tratamentos. Foram coletadas 20 folhas de 5 folíolos em cada parcela, conforme metodologia adotada por Vetanovetz (1996).

Para a determinação da área foliar foi utilizado um medidor de área foliar da marca LICOR. A partir dos valores observados de área foliar, dividiu-se o valor total pelo número de folhas da amostra (20 folhas), estimando assim a área foliar de cada folha. Para estimar a área foliar de cada haste produzida na parcela, foi realizada amostragem do número de folhas por haste; estimando-se a área foliar de cada parcela multiplicando-se, a área foliar média por haste pelo número de hastes produzidas. O IAF foi determinado pela equação (6).

$$IAF = \frac{AF}{Ap} \qquad (6)$$

em que

IAF - Índice de Área Foliar, adimensional;

AF - Área foliar, m^2;

Ap - Área útil da parcela, m^2.

3.16 Análise do tecido vegetal

Antes do material vegetal ser submetido à secagem em estufa, procedeu-se a uma lavagem com água para a eliminação de resíduos de defensivos e poeira. Após a secagem e pesagem da fitomassa seca de folhas, hastes e botões florais, as amostras foram trituradas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ/USP, para a determinação da concentração de macronutrientes, de acordo com a metodologia modificada de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)

3.17 Monitoramento da solução extraída do solo

Além do monitoramento da solução do solo com a sonda TDR durante todo o ciclo da cultura, realizaram-se também, análises laboratoriais necessárias para gerar as curvas de calibração do equipamento TDR. Portanto, analisou-se a condutividade elétrica (CE), por meio de um condutivímetro de bancada com compensação automática de temperatura; o nitrato (NO_3^-) foi medido utilizando-se um sensor eletroquímico que permite a determinação potenciométrica da atividade de uma espécie iônica, sendo previamente calibrado; as concentrações de potássio (K^+) foram determinadas por fotometria de emissão de chama, expressos em mg L^{-1}.

3.18 Análise estatística

Com a finalidade de se realizar a análise de variância, inicialmente verificou se foram satisfeitas as suposições estatísticas dos efeitos principais serem aditivos, os erros independentes e distribuídos normalmente e as variâncias homogêneas. Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, para verificação da normalidade dos resíduos.

Usando o Software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2006), os parâmetros avaliados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância, desdobrando-se as análises sempre que a interação foi significativa. Os fatores quantitativos relativos aos níveis de condutividade elétrica da solução do solo foram analisados estatisticamente por meio de regressão polinomial (linear e quadrática), enquanto que os parâmetros qualitativos foram analisados por teste de média, com base no teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características meteorológicas do ambiente protegido

As variações das temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) coletadas dentro do ambiente protegido, durante a condução do experimento, podem ser conferidas pela Figura 18. A Tmax variou de 19,3 a 43,5 ºC; a Tmed variou de 15,6 a 31,7 ºC e a Tmin variou de 6,6 a 22,7 ºC. A temperatura mínima média de 16,0 ºC foi inferior a faixa ótima (17,0 ºC) recomendada para a cultura e a máxima média de 32,7 ºC observadas na referida pesquisa foi superiores a faixa ótima (26ºC) recomendada (SALINGER, 1991).

A amplitude térmica foi de 6,6 a 34,9ºC para a primeira colheita, 10,7 a 38,2ºC para a segunda colheita e 9,9 a 42,4ºC para a terceira (Figura 18). Portanto a menor amplitude térmica ocorreu na segunda colheita e a maior na terceira.

Segundo Lopes (1980), para o cultivo da Rosa o ideal são temperaturas noturnas inferiores a 18°C (especialmente entre 12 e 15°C) e diurnas entre 23 e 25°C. Ainda, segundo Barbosa (2003), a roseira otimiza a fotossíntese quando a temperatura se mantem dentro da faixa 15 a 25°C com uma lenta transição da temperatura diurna para noturna.

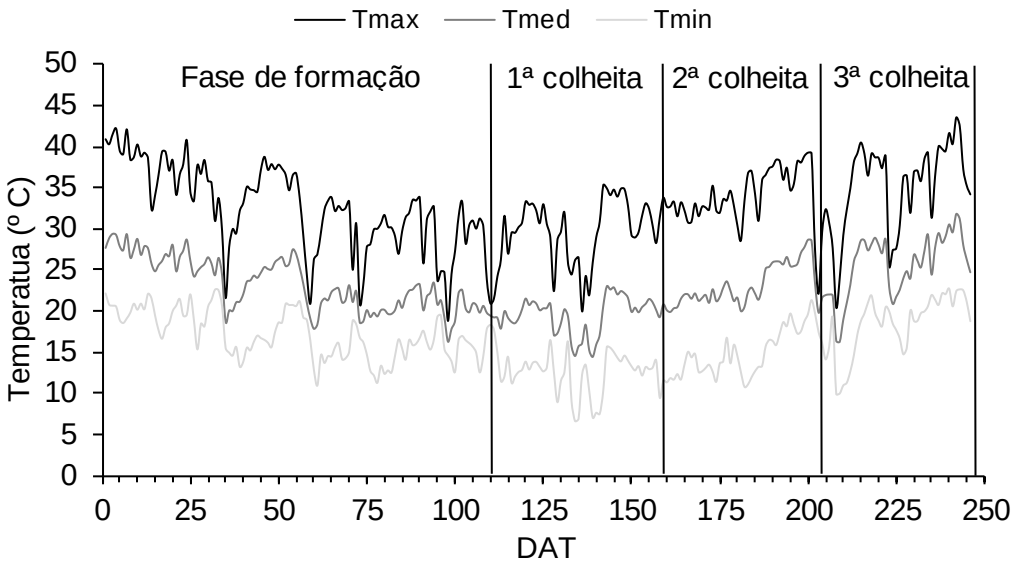

Figura 18 - Temperaturas máxima, média e mínima registradas no interior do ambiente protegido ao longo do ciclo da cultura, compreendendo a fase de formação da cultura (110 DAT) e as 1ª, 2ª, 3ª, colheitas com intervalos de 48, 45 e 42 DAT, respectivamente

O maior período de colheita durou 48 dias, ou seja, na primeira colheita, período em que as temperaturas no interior do ambiente protegido estavam mais baixas. Esses resultados estão de acordo com Salinger (1991), afirmando que temperaturas baixas atrasam o crescimento e a floração, retardando a colheita, podendo este fato, ser de interesse para produtor, já que o produto final é de melhor qualidade.

Em adição, o tempo entre colheitas foi de 45 e 42 dias da primeira para a segunda e da segunda para a terceira colheita, respectivamente, sendo essa redução no período de colheita, acompanhado pelo incremento da temperatura no interior do ambiente protegido. A redução no período de colheita está de acordo com os resultados observados por Salinger (1991) onde, temperaturas acima de 25ºC aceleraram o florescimento, deixando as flores pequenas e de coloração pálida. Estes resultado corroboram também com Casarini (2004) que ao cultivar roseiras da variedade Versilha em ambiente protegido em Piracicaba, SP, verificou que no verão, para manter a qualidade do produto, a seleção das hastes de rosa deve ser mais rigorosa, visto que a qualidade diminui devido a elevadas temperaturas no interior de ambiente protegido.

Foram registrados no mês de maio (76 DAT) valores de radiação solar global de 0,2 MJ $m^{-2}dia^{-1}$, sendo registrados para o mês de outubro (210 DAT) valores máximos de 17,51 MJ $m^{-2}dia^{-1}$. Casarini (2004) observou uma amplitude de radiação solar global de 13,09 MJ $m^{-2}dia^{-1}$, sendo o mês de fevereiro o maior, 17,47 MJ $m^{-2}dia^{-1}$, e o mês de julho o menor 4,38 MJ $m^{-2}dia^{-1}$.

A radiação apresentou decréscimo entre o transplantio e o inicio da implantação dos tratamentos, que ocorreu aos 110 DAT, durante os meses de março a junho. Após o mês de junho (130 DAT) a radiação aumentou, obtendo seus valores máximos no mês de outubro, o que contribuiu para uma maior variação de temperatura dentro do ambiente protegido durante a 3ª colheita (Figura 19).

Os valores máximos de umidade relativa do ar foram observadas nos períodos da primeira colheita (158 DAT), com URmax (99,8). Nas condições climáticas do local da pesquisa, a amplitude da umidade relativa é elevada (80%) durante o dia, superando os valores ótimos para um bom desenvolvimento da cultura (75%) destacados por Bañon Arias et al. (1993).

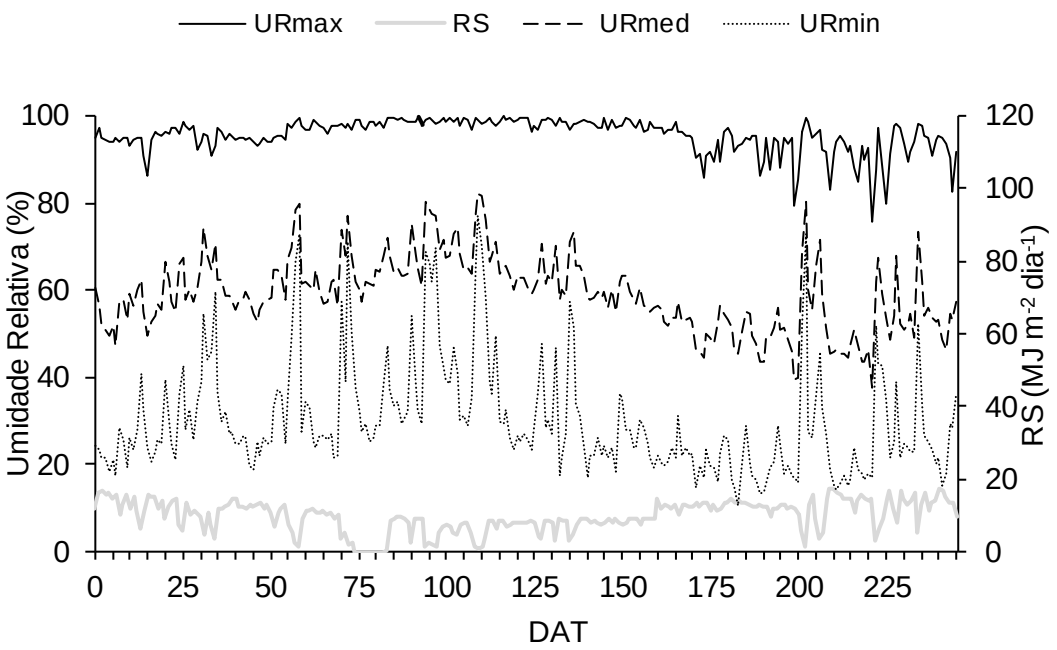

Figura 19 - Radiação solar global - Rs (MJ m^{-2} dia^{-1}) e umidade relativa máxima, média e mínima registradas no interior do ambiente protegido ao longo do ciclo da cultura, compreendendo a fase de formação da cultura (110 DAT) e as 1ª, 2ª, 3ª, colheitas com intervalos de 48, 45 e 42 DAT, respectivamente

4.2 Monitoramento da salinidade do solo

Pela Figura 20, observa-se os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados por meio dos valores de CEw obtida com a TDR. As Figuras 20A, 20B e 20C representam os comportamentos das relações N:K (2:1, 1:2 e 1:3) respectivamente. Observa-se que em todas as relações N:K estudadas, as curvas sofreram uma leve variação ao longo do ciclo. Portanto, a manutenção dos níveis iniciais da salinidade por meio do monitoramento da CEes estimada pela TDR, permitiu manter os níveis iniciais, durante todo o ciclo da cultura.

Estudos realizados por Silva (2002) comprovam que sob condições protegidas o monitoramento da concentração de íons na solução do solo, no qual a salinidade apresenta valores inferiores ao máximo tolerado pela cultura e superiores ao mínimo necessário para sua nutrição, torna-se uma boa opção de manejo por ser mais econômica e menos agressiva ao meio ambiente, sendo recomendada para o controle dos efeitos deletérios da salinização.

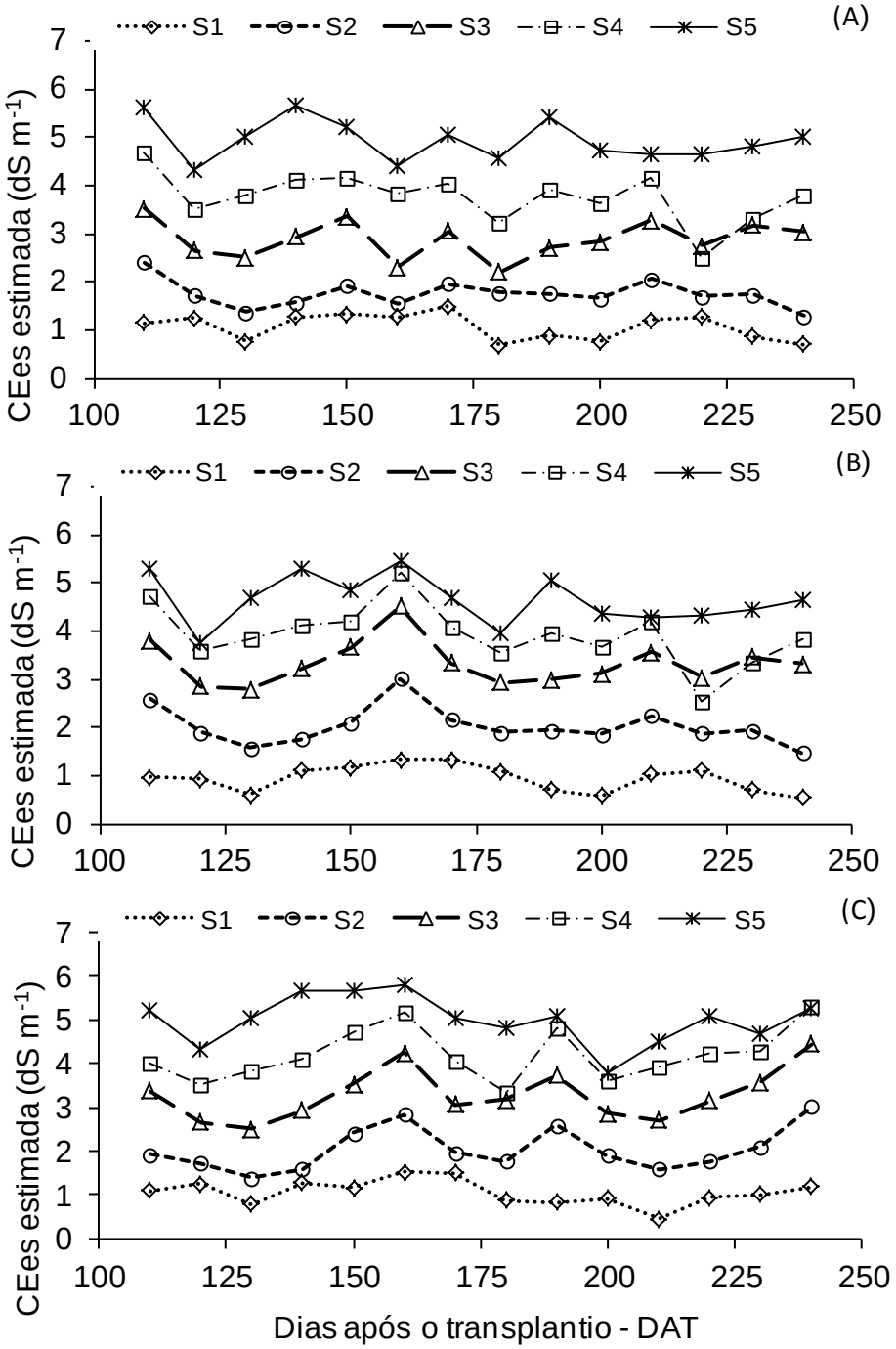

Figura 20 - Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados a partir dos valores de CEw obtida pelo TDR, ao longo do ciclo da roseira, para as relações N:K 2:1,1:2 e 1:3 A, B e C respectivamente

Dias (2004) comenta que a estabilidade da condutividade elétrica verificada ao longo do ciclo, no caso do uso do manejo com controle da salinidade do solo, se dá em razão do fato de que apenas parte dos sais fertilizantes, incorporados via água de irrigação, ficam no solo, pois uma parte é absorvida pelas plantas para atender as suas necessidades, ou ainda, torna-se insolúvel mediante a precipitação, quer por reações químicas ou por atingir limites de solubilidade na solução do solo.

Isso comprova a eficiência da técnica da TDR em auxiliar o manejo da fertirrigação, o que permite evitar o desperdício de fertilizantes e uma possível salinização dos solos cultiváveis.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2010) e Lopes, Souza e Santoro, (2010) aplicando o modelo de Rhoads, Raats e Prather (1976), em estudo realizado em um Neossolo Quartzarênico com características texturais arenosas, obtiveram resultados satisfatório de determinação de CE da solução do solo pelo emprego da TDR, demonstrando existir associação linear entre as técnicas do extrator de solução do solo e a TDR.

Sendo assim, a técnica da TDR pode substituir a técnica da pasta saturada, promovendo agilidade na estimativa da condutividade elétrica da solução do solo, sendo que o tempo envolvido na estimativa da condutividade elétrica do solo pela TDR é bem inferior à determinação feita pelo método-padrão (extrato de saturação).

4.3 Quantidade de nutrientes aplicada

Para os tratamentos com níveis crescentes (S1 a S4) em todas as relações N:K, a quantidade total de fertilizantes aplicada, foi inferior ao tratamento testemunha, representando quedas de 78,8; 36,2; 20,5; 1,7%, respectivamente. No tratamento de nível mais elevado (S5) a quantidade aplicada foi superior em 21,9% em relação ao tratamento testemunha (Tabela 4). Portanto, evidencia-se, que foi necessário aplicar fertilizantes em maiores dosagens para se corrigir os valores de CEes e manter o nível de salinidade desejada ao longo do ciclo da cultura quando esse níveis decresciam em média 10% dos níveis iniciais.

Tabela 4 - Quantidade de nutrientes (g planta^{-1} 245 dias) aplicadas ao longo do ciclo da roseira em função dos níveis de salinidade e relações nitrogênio potássio

Níveis de salinidade	NH_4NO_3	KH_2PO_4	KNO_3	$Ca(NO_3)2$	$MgSO_4$	Total
	----------Manejo controlado ----------					
S1R1	7,2	3,5	5,7	5,2	4,2	25,8
S1R2	4,0	7,0	5,5	5,0	4,3	25,8
S1R3	3,0	9,0	5,0	4,0	4,8	25,8
S2R1	24,4	6,0	16,7	14,8	15,7	77,6
S2R2	20,4	9,0	16,0	13,3	18,9	77,6
S2R3	18,6	12,0	15,5	12,8	18,7	77,6
S3R1	30,5	7,9	20,4	18,5	19,4	96,7
S3R2	28,8	9,6	19,0	17,2	21,4	96,7
S3R3	25,7	13,0	18,2	16,2	23,6	96,7
S4R1	38,2	11,4	27,6	21,6	20,8	119,6
S4R2	34,3	14,3	26,2	20,1	24,7	119,6
S4R3	29,0	17,4	23,1	17,9	32,2	119,6
S5R1	49,2	13,3	29,2	31,6	32,6	155,9
S5R2	44,5	16,4	27,3	29,0	38,7	155,9
S5R3	39,0	19,0	23,8	27,8	46,3	155,9
Testemunha	14,4	26,6	27,9	31,5	21,3	121,7

4.4 Estimativa em campo da CE, NO_3^- e K^+ pelo TDR

As análises de solução determinados em laboratório, descreveram a relação entre a CEw (medida TDR), e a CE determinada em laboratório (Figura 21), percebendo-se uma correlação de 92,72%, com coeficiente de determinação igual a 86,04%. Com isso foi correlacionado a condutividade elétrica medida e as concentrações de NO_3^- e K+ determinados em laboratório, obtendo-se assim, a equação (7) para o potássio e a equação (8) para o nitrato.

$$CEw\ medido = 0{,}0149\ (K^+) - 0{,}1261 \quad (7)$$

$$CEw\ medido = 0{,}0008 \times (NO_3^-) - 1{,}5785 \quad (8)$$

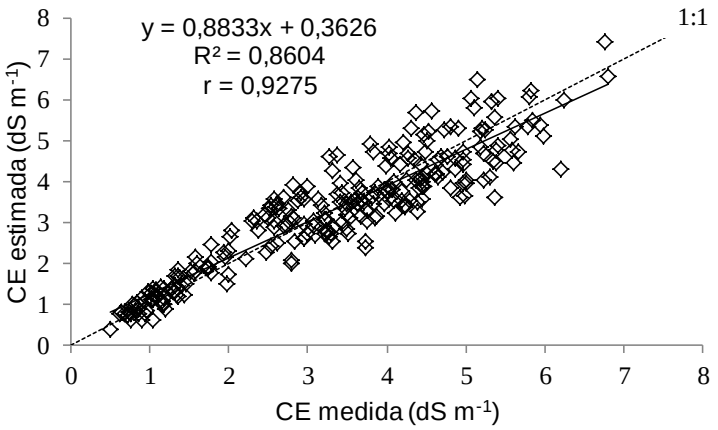

Figura 21 - CE estimada pela TDR e CE medida em laboratório

Pela substituição das equação 7 na equação 1, foi estimada a concentração de potássio (Figura 22) na solução do solo em tempo real e em curtos intervalos de tempo pela técnica da TDR.

Para o ajuste da equação de regressão do potássio, percebeu-se uma correlação de 84,62% entre os dados estimados e observados com coeficiente de determinação de 71,61%, indicando que esse valor representa a quantidade de valores de potássio estimado que são explicados pelo potássio medido.

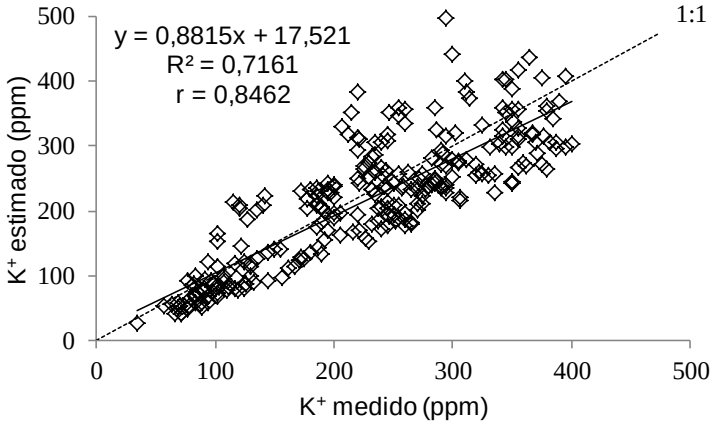

Figura 22 - Equação de ajuste entre K^+ estimado pelo TDR e K^+ medido em laboratório

Pela substituição da equação 8 na equação 1, foi estimada pela TDR a concentração de nitrato na solução do solo (Figura 23). Para o ajuste em campo dos valores de nitrato com os valores estimados pela TDR, nota-se uma correlação de 81,49% entre os dados estimados e observados e um coeficiente de determinação de 66,41%, esse coeficiente foi inferior ao obtido por Santos et al (2010), que ao estimar nitrato na solução do solo em laboratório com a TDR, encontraram valores de coeficiente de determinação de 0,98 ajustando-se a um modelo linear para um

Latossolo Vermelho. Um bom ajuste nesta etapa é essencial para a determinação da concentração dos íons pelos modelos que relacionam CEa, θ e CEw. Portanto esses resultados contribuem para consolidar o monitoramento em campo dos íons N e K na solução do solo em curtos intervalos de tempo pela técnica da TDR.

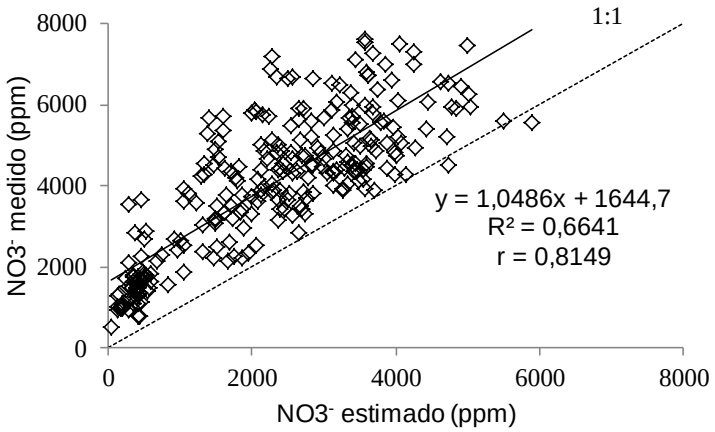

Figura 23 - Equação de ajuste entre NO_3^- estimado pelo TDR e NO_3^- medido em laboratório

4.5 Produção e componentes da produção

4.5.1 Número e comprimento de hastes

Na Tabela 5 encontra-se o resumo da análise de variância para as variáveis: número de haste (NH) e comprimento de haste (CH) aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio. Verificou-se que houve efeito quadrático para níveis de salinidade do solo significativo ($p<0,01$), para as variáveis NH e CH, nas três colheitas realizadas. Observou-se também, que não houve efeito significativo em nível de ($p<0,05$), para relações nitrogênio potássio bem como sua interação com os níveis de salinidade do solo sobre o NH e CH.

Estes resultados evidenciam que o desenvolvimento da roseira foi influenciado somente pelos níveis de salinidade do solo. Em relação ao tratamento testemunha, houve diferenciação para os demais tratamentos aos 158 DAT para a variável NH e aos 158, 203 e 245 DAT para a variável comprimento de haste.

Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos houve diferença significativa ($P < 0,05$) para NH, aos 158 DAT, nas demais colheitas aos 203 e 245 DAT não foi observado efeito significativo para esta variável. Para a variável CH, em comparação com a mesma testemunha observou-se diferença significativa ($P < 0,01$) em todas as colheitas.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância do número de haste (haste m^{-2}) e comprimento de haste (cm) aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Fonte de Variação	GL	Teste F					
		NH			CH		
		158 DAT	203 DAT	245 DAT	158 DAT	203 DAT	245 DAT
Salinidade (S)	4	18,52**	19,45**	18,14**	48,24**	47,85**	46,54**
Linear	-	43,14**	32,03**	29,62**	92,37**	90,60**	86,87**
Quadrática	-	12,69**	20,56**	20,33**	97,73**	98,70**	96,48**
Relação N:K (R)	2	$0,04^{ns}$	$0,37^{ns}$	$0,75^{ns}$	$0,74^{ns}$	$0,97^{ns}$	$0,63^{ns}$
SxR	8	$0,35^{ns}$	$0,41^{ns}$	$0,28^{ns}$	$1,77^{ns}$	$1,94^{ns}$	$1,63^{ns}$
Fatorial x Testemunha	1	$4,38^{*}$	$1,07^{ns}$	3,56*	19,42**	20,59**	20,62**
Tratamento	15	5,42**	5,53**	5,32**	15,20**	15,30**	14,74**
CV (%)	-	8,46	7,53	9,44	4,77	4,58	4,93
Média Geral	-	20,03	21,92	17,95	60,51	63,53	59,52

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F
$^{*;**}$ Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

As produções relativas do número de haste (NH) e comprimento de haste (CH) em todas as colheitas realizadas (158, 203 e 245 DAT), seguiram modelos de resposta quadrática (Figura 24), com aumentos nos níveis mais baixos e reduções nos valores dessas variáveis à medida que se aumentou o nível de salinidade na solução do solo. Para o número de hastes, os maiores valores de produção 21,27, 22,56 e 19,12 hastes m^{-2}, foram estimados para salinidade do solo correspondente a 3,02; 2,43 e 2,89 dS m^{-1} aos 158, 203 e 245 DAT respectivamente. As maiores produções alcançadas na primeira e segunda colheitas, pode ter sido influenciado pelas condições ambientais mais favoráveis nesses períodos, em que, a umidade do ar foi maior e a temperatura mais amena quando comparada com a produção alcançada da terceira colheita.

O comprimento de haste é uma característica determinante do valor comercial do produto, sendo que, quanto maior a haste maior o valor comercial. De acordo com as regressões, os maiores valores de comprimento de haste foram: 59,54, 63,77 e 62,39 cm aos 158, 203 e 245 DAT para salinidades do solo correspondente à 1,90; 2,06 e 1,73 dS m^{-1} respectivamente.

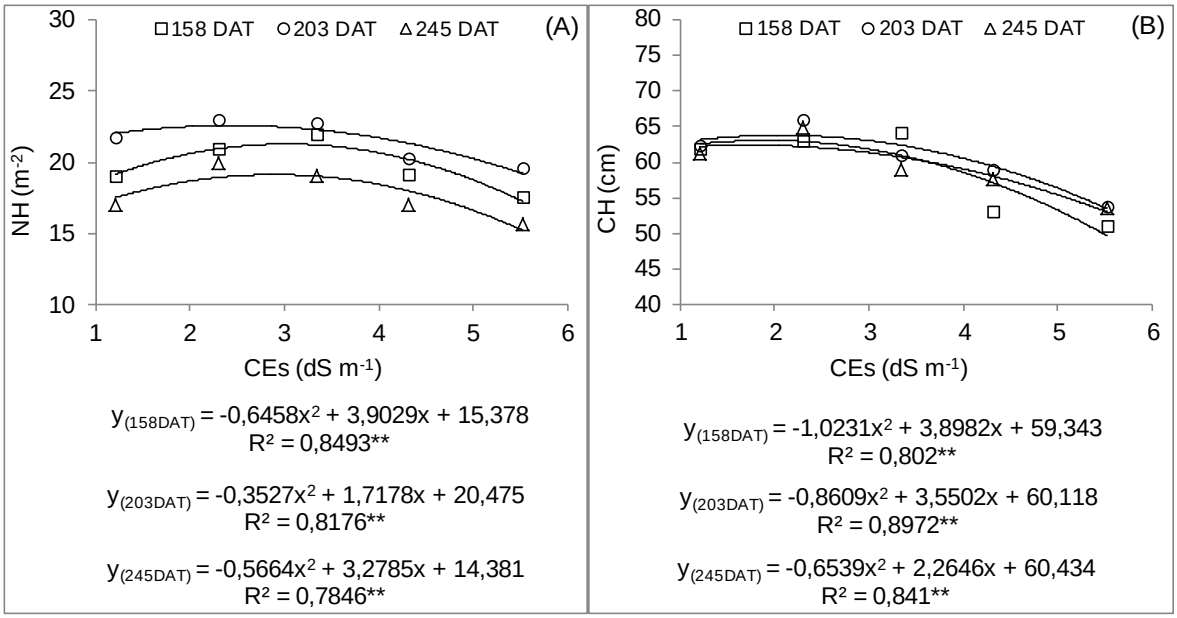

Figura 24 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para as três colheitas, relativos à número de haste (NH) e comprimento de haste (CH), (A e B), respectivamente; para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade do solo

Não foram observadas diferenças das relações N:K, nas três colheitas realizadas durante o período de condução da pesquisa (245 dias). Resultados similares também foram observados por Casarini, Folegatti e Silva (2007), para a cultivar Versilia, em que não observaram efeito da fertirrigação nitrogenada sobre a produção de rosas em duas colheitas. Isso pode ser atribuído às características fisiológicas das roseiras de armazenar nitrogênio para uso em fases posteriores (EYMAR; LÓPEZ VELA; CADAHÍA LÓPEZ, 1998).

Em relação à queda da produção de roseiras a partir de certos níveis de salinidade, trabalhos realizados por Casarini, Folegatti e Silva (2007) comprovaram que, o acúmulo de fertilizantes no solo, afeta negativamente a produção da roseira, com redução no comprimento de hastes e consequente redução no tempo de emissão dos botões florais, acarretando em queda de qualidade das flores.

De acordo com Casarini (2004), o aumento nas doses de nitrogênio aplicado, causando consequentemente aumento da salinidade do solo, pode ocasionar uma redução no comprimento das hastes das rosas, fato este evidenciado neste trabalho.

A redução da produção de hastes quando foram aplicadas fertilizantes em excesso, elevando a condutividade elétrica acima do valor limiar que proporcionou o máximo rendimento, pode ser explicada pelo efeito tóxico dos fertilizantes acumulados no solo, reduzindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Deve-se atentar, também, para a possível demanda de energia da planta para fazer

o ajuste osmótico e absorção de água e nutrientes, o que poderia ser convertida em produção (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A explicação mais aceita para a inibição do crescimento pelo sal é a redução do potencial osmótico da solução de cultivo, podendo também haver toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, devido à acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais. Além disso, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas da redução do crescimento das espécies glicófitas sob condições de estresse salino (FLOWERS, 2004; YOKOI; BRESSAN; HASEGAWA, 2002; MUNNS, 2002).

Na Tabela 6, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio, para o número e comprimento de haste aos 158, 203 e 245 DAT. O tratamento testemunha diferiu-se dos demais tratamentos fatoriais, sendo superior na variável número de haste aos 158 e 245 DAT. Já para o comprimento de haste a testemunha foi superior em todas as colheitas realizadas superando em 10,98, 9,76 e 10,44% as médias do fatorial, aos 158, 203 e 245 DAT, respectivamente. As demais interações foram iguais estatisticamente em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6 - Valores médios das variáveis número de haste (m²) e comprimento de haste (cm) aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Relação N:K	NH			CH		
	158 DAT	203 DAT	245 DAT	158 DAT	203 DAT	245 DAT
2:1	20,00A	22,10A	18,15A	59,52A	62,43A	58,49A
1:2	19,85A	21,85A	17,90A	60,62A	63,71A	59,44A
1:3	19,90A	21,65A	17,50A	60,18A	63,17A	59,35A
Fatorial x Testemunha						
Média do fatorial	19,92b	21,86a	17,95b	60,08b	63,10b	59,09b
Média da Testemunha	21,75a	22,75a	19,50a	66,68a	69,93a	65,98a
DMS	1,30	1,22	1,30	2,21	2,23	2,24

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas ou minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade
# DMS (diferença mínima significativa).

4.5.2 Diâmetro de haste, comprimento de botão floral e índice de área foliar

De acordo com a análise de variância das variáveis, diâmetro de haste (DH), comprimento de botão floral (CB) e índice de área foliar (IAF) (Tabela 7), houve

efeito significativo dos níveis de salinidade do solo, (p<0,01%) para a variável CB nas três colheitas realizadas aos 158, 203 e 245 DAT.

Entretanto não houve efeito significativo (p<0,05) das relações nitrogênio:potássio para as variáveis DH, CB e IAF. Para o comprimento de botão, nas três colheitas, ocorreu efeito significativo (p<0,01) para a interação entre níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio.

Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos, houve diferença significativa (P<0,01) para DH, aos 158 e 245 DAT e aos 158, 203 e 245 DAT para a variável CB. Não foi observado efeito significativo para a variável IAF em todas as colheitas.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro de haste-DH (mm), comprimento de botão floral-CB (cm) e índice de área foliar-IAF, para a 1ª, 2ª e 3º colheita aos 158, 203 e 245 DAT respectivamente, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

FV	Teste F								
	DH			CB			IAF		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Sal. (S)	2,50^{ns}	0,53^{ns}	0,87^{ns}	83,6**	88,92**	81,39**	0,99^{ns}	2,99^{ns}	2,43^{ns}
Lin.	0,01^{ns}	1,36^{ns}	0,62^{ns}	304,3**	327,5**	296,9**	1,30^{ns}	11,28**	0,21^{ns}
Quad	1,53^{ns}	0,28^{ns}	1,54^{ns}	21,6**	21,33**	18,74**	1,41^{ns}	0,01^{ns}	2,92^{ns}
N:K (R)	0,94^{ns}	0,15^{ns}	0,08^{ns}	0,14^{ns}	0,16^{ns}	0,06^{ns}	1,43^{ns}	0,02^{ns}	0,44^{ns}
SxR	6,25^{ns}	1,23^{ns}	5,34^{ns}	8,3**	9,08**	8,70**	0,74^{ns}	0,81^{ns}	1,39^{ns}
F x T	12,84**	0,18^{ns}	13,31**	8,9**	9,19**	8,39**	0,18^{ns}	0,35^{ns}	0,36^{ns}
Trat.	4,98**	0,78^{ns}	3,99**	27,9**	29,19**	26,92**	0,86^{ns}	1,26^{ns}	1,45^{ns}
CV (%)	7,31	6,89	8,39	4,22	4,02	4,48	17,14	23,06	26,44
MG	5,93	5,85	5,22	55,50	57,02	56,02	1,53	1,47	1,36

ns Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F
*; ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Na Figura 25, verificou-se um decréscimo em todos os casos ao analisar o comprimento de botão aos 158 (A), 203 (B) e 245 (C) DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio. No entanto, observou-se redução de 23,80, 24,40 e 17,89% aos 158 DAT para as relações 1:2, 2:1 e 1:3 respectivamente. Aos 203 DAT, as reduções foram de 25,37, 24,18 e 22,33% para as relações 1:2, 2:1 e 1:3 respectivamente. Já aos 245 DAT, as reduções foram de 25,93, 20,29 e 20,00%, para as mesmas relações respectivamente.

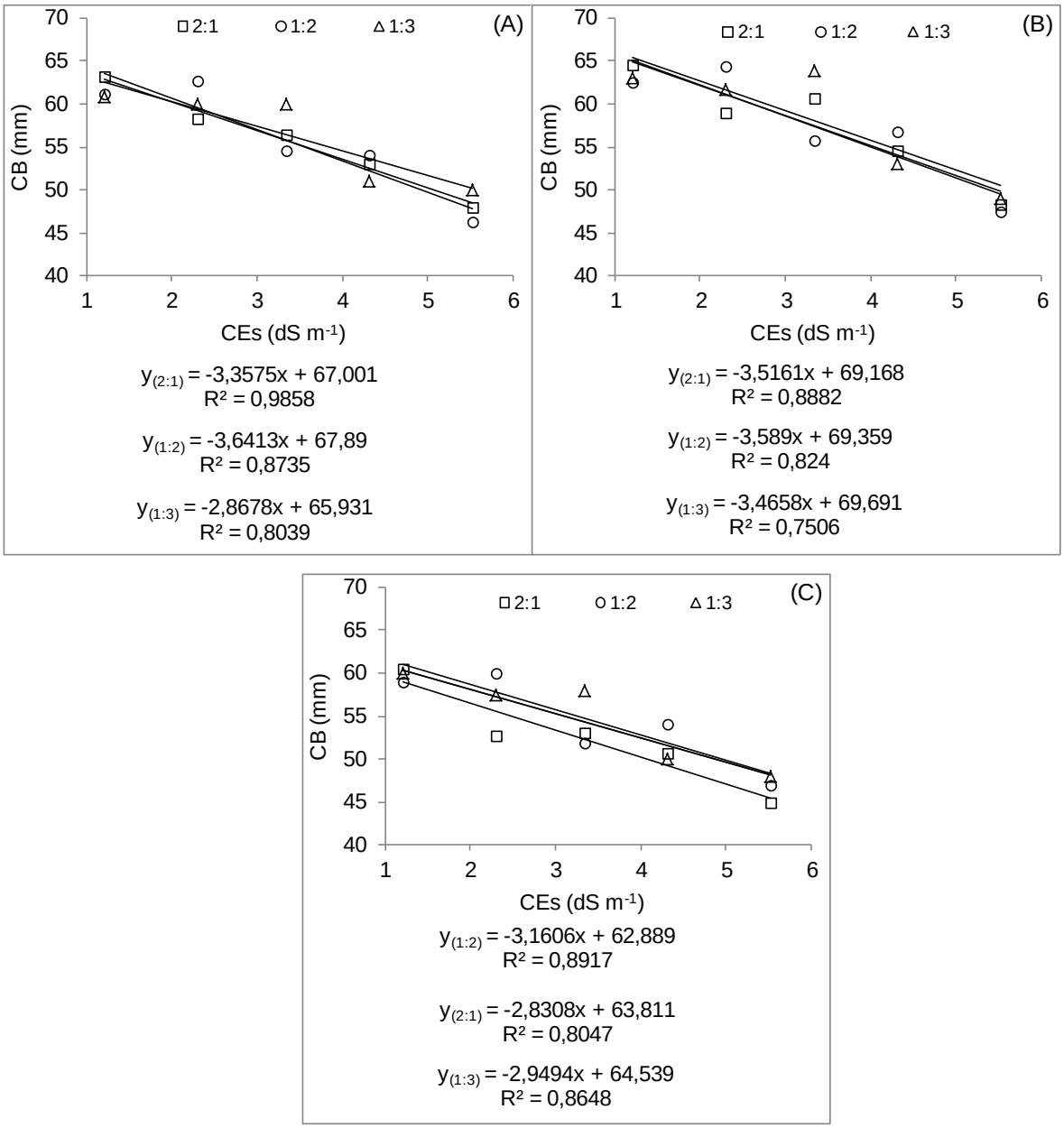

Figura 25 - Variação do comprimento de botão floral-CB (mm) aos 158 (A), 203 (B) e 245 (C) dias após o transplantio, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Na Tabela 8, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio, para o diâmetro de haste, comprimento de botão floral e índice de área foliar aos 158, 203 e 245 DAT. O tratamento testemunha foi inferior dos demais tratamentos fatoriais, nas variáveis diâmetro de haste e comprimento de botão aos 158, 203 e 245 DAT, não sendo observado diferença significativa para a variável índice de área foliar. As demais interações foram estatisticamente iguais em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 8 - Valores médios das variáveis diâmetro de haste - DH (mm), comprimento de botão floral - CB (cm) e índice de área foliar - IAF, aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Relação N:K	Dias após o transplantio - DAT								
	158	203	245	158	203	245	158	203	245
		DH			CB			IAF	
2:1	6,09A	5,82A	5,25A	55,58A	57,01A	53,17A	1,46A	1,46A	1,32A
1:2	5,93A	5,87A	5,31A	55,95A	57,39A	53,40A	1,60A	1,45A	1,41A
1:3	5,92A	5,89A	5,27A	55,65A	57,35A	53,18A	1,53A	1,47A	1,41A
Fatorial x Test.									
Média do fatorial	5,98a	5,86a	5,28A	55,73a	57,25a	53,25a	1,53a	1,46a	1,35a
Média da Test.	5,18b	5,77b	4,45b	52,10b	53,66b	49,70b	1,60a	1,57a	1,46a
DMS	0,33	0,31	0,34	1,79	1,76	1,82	0,20	0,26	0,27

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas ou minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade
# DMS (diferença mínima significativa).

4.5.3 Matéria fresca de haste e botão floral

Na Tabela 9 encontra-se o resumo da análise de variância para as variáveis matéria fresca de haste (MFH) e matéria fresca de botão (MFB) aos 158, 203 e 245 DAT para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade do solo e das relações nitrogênio:potássio. Verificou-se que houve efeito quadrático significativo ($p<0,01$), para níveis de salinidade do solo, na variável MFH, nas três colheitas realizadas e apenas aos 245 DAT para a variável MFB. Observou-se também, que não houve efeito significativo das relações nitrogênio potássio para essas variáveis.

Em relação à interação entre níveis de salinidade do solo e relações N:K, foi observado efeito significativo ($p<0,01$) somente para MFB aos 158 e 203 DAT.

Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos houve diferença significativa ($P < 0,05$) para MFH, apenas aos 158 DAT. Para a variável MFB, foi observado diferença significativa ($P < 0,05$) somente aos 203 DAT.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância da matéria fresca de haste - MFH (g m^{-2}) e matéria fresca de botão floral - MFB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Fonte de Variação	GL	Teste F					
		MFH			MFB		
		158 DAT	203 DAT	245 DAT	158 DAT	203 DAT	245 DAT
Salinidade (S)	4	12,55**	16,66**	15,83**	17,04**	14,62**	18,76**
Linear	-	35,95**	45,32**	25,83**	29,25**	20,16**	35,35**
Quadrática	-	4,69*	15,94**	20,14**	24,29**	22,58**	26,27**
Relação N:K (R)	2	$0,32^{ns}$	$0,14^{ns}$	$0,62^{ns}$	$0,51^{ns}$	$0,35^{ns}$	$0,72^{ns}$
SxR	8	$0,83^{ns}$	$1,07^{ns}$	$0,32^{ns}$	4,14**	3,56**	$2,11^{ns}$
Fatorial x Testemunha	1	6,02*	$2,13^{ns}$	$3,40^{ns}$	$3,15^{ns}$	5,86*	$0,02^{ns}$
Tratamento	15	4,23**	5,17**	4,70**	5,96**	6,23**	6,23**
CV (%)	-	9,05	9,74	9,58	9,20	8,96	9,89
Média Geral	-	151,08	158,58	135,84	132,13	133,51	130,09

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

O comportamento da variável massa fresca de haste (Figura 26C), se assemelhou em todos as colheitas à variável número de hastes, obtendo um comportamento quadrático, sendo os maiores valores de MFH (160,71, 171,44 e 145,42 g m^{-2}), estimados para salinidade do solo correspondente a 1,36; 2,19 e 2,58 dS m^{-1} aos 158, 203 e 245 DAT, respectivamente.

Para a massa fresca de botão (Figura 26 A e B), houve interação entre níveis de salinidade do solo e relações N:K, aos 158 e 203 DAT.

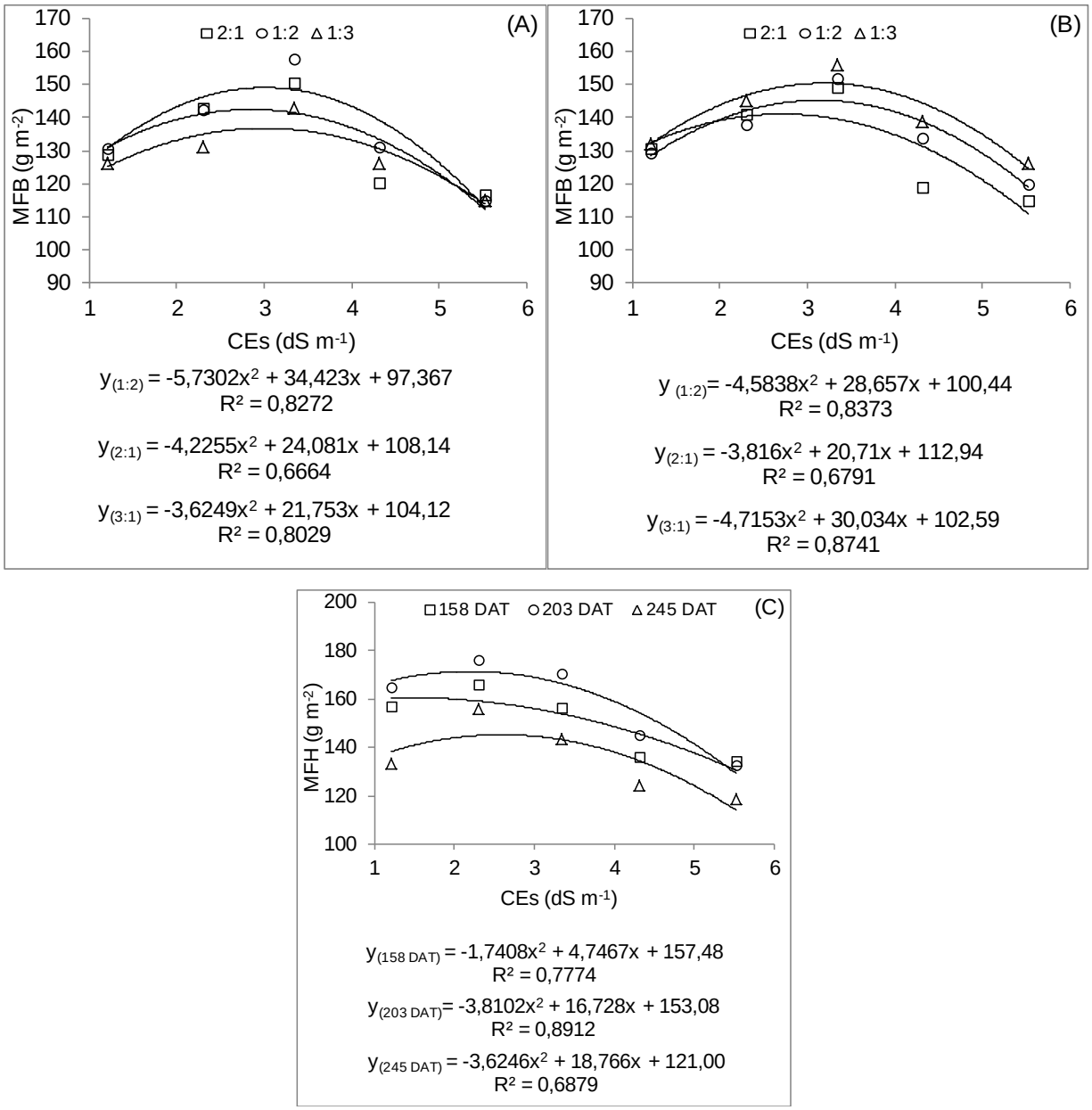

Figura 26 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes, para matéria fresca de botão floral (MFB) em função dos níveis de salinidade do solo e das relações nitrogênio:potássio aos 158 e 203 DAT (A) e (B) respectivamente; e matéria fresca de hastes (MFH) relativo as três colheitas em função dos níveis de salinidade do solo (C).

Na Tabela 10, encontram-se as médias da matéria fresca de hastes (MFH) e a matéria fresca de botão (MFB) referente à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio para os três períodos de colheita estudados. Verificam-se que não houve diferenças significativas, para as relações N:K em todas as colheitas, portanto, são iguais estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste Tukey.

O tratamento testemunha foi superior aos demais tratamentos fatoriais, nas variáveis matéria seca de haste e matéria fresca de botão floral aos 158 e 203,

respectivamente. As demais interações foram estatisticamente iguais em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 10 - Valores médios das variáveis matéria fresca de haste - MFH (g m^{-2}) e matéria fresca de botão floral - MFB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.

Relação N:K	MFH			MFB		
	158 DAT	203 DAT	245 DAT	158 DAT	203 DAT	245 DAT
2:1	151,27A	159,10A	137,20A	131,93A	132,62A	131,29A
1:2	148,04A	156,49A	135,37A	133,09A	134,13A	131,83A
1:3	150,70A	157,98A	132,63A	129,29A	130,97A	127,26A
Fatorial x Testemunha						
Média do fatorial	150,00b	157,86a	135,07a	131,43a	132,57b	130,16a
Média da Testemunha	167,33A	169,50a	147,45a	140,58a	147,53a	129,13a
DMS	10,46	11,82	9,95	9,30	9,15	9,84

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas ou minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade
# DMS (diferença mínima significativa).

4.5.4 Matéria seca de haste e botão floral

De acordo com a análise de variância das variáveis matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de botão floral (MSB) (Tabela 11), verificou-se que houve efeito quadrático significativo ($p<0,01$), para níveis de salinidade do solo, na variável MSH, nas três colheitas realizadas. Em relação à interação entre níveis de salinidade do solo e relações N:K, foi observado efeito significativo ($p<0,01$) somente para a variável MSB aos 158, 203 e 245 DAT.

Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos (Tabela 11) houve diferença significativa para MSH, aos 158 e 245 DAT($P < 0,01$) e aos 203 DAT ($P < 0,05$). Para a variável MSB, foi observado diferença significativa aos 158 e 203 DAT ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$) respectivamente.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância da matéria seca de haste - MSH (g m^{-2}) e matéria seca de botão floral - MSB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.

Fonte de Variação	GL	Teste F					
		MSH			MSB		
		158 DAT	203 DAT	245 DAT	158 DAT	203 DAT	245 DAT
Salinidade (S)	4	25,91**	11,22**	10,47**	17,85**	15,92**	19,50**
Linear	-	55,85**	30,55**	16,08**	27,60**	19,31**	33,74**
Quadrática	-	30,86**	12,12**	15,37**	19,35**	17,86**	21,99**
Relação N:K (R)	2	$0,93^{ns}$	$0,44^{ns}$	$0,21^{ns}$	$0,23^{ns}$	$0,11^{ns}$	$0,44^{ns}$
SxR	8	$1,55^{ns}$	$0,86^{ns}$	$0,51^{ns}$	3,02**	4,09**	3,11**
Fatorial x Testemunha	1	19,51**	7,14*	9,23**	4,44*	7,72**	$0,04^{ns}$
Tratamento	15	9,16**	3,99**	3,71**	6,69**	6,96**	6,92**
CV (%)	-	7,61	10,88	10,41	9,56	9,32	10,18
Média Geral	-	51,45	51,85	45,68	35,08	35,23	34,53

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F
$^{*;\ **}$ Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Silva (2010), trabalhando com a cultura da berinjela, e Medeiros (2010), trabalhando com a cultura do tomate, ambos trabalhando com o manejo controlado da salinidade do solo ocasionado por excesso de fertilizantes, observaram resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho, no qual os dados de fitomassa seca foram ajustados a equação polinomial de segundo grau em resposta ao aumento nos níveis crescentes de fertilizantes.

Tal efeito pode ser atribuído ao aumento da salinidade do solo devido ao acúmulo de íons no solo (Dias et al., 2007), e, provavelmente, salinidade do solo acima da tolerada pela cultura, que, segundo Barbosa el al (2009), é de 3,0 dS m^{-1}. Para esta variável MSB, o valor médio tolerado foi de 3,28 dS m^{-1}, sendo o mesmo levemente superior (Figura 27).

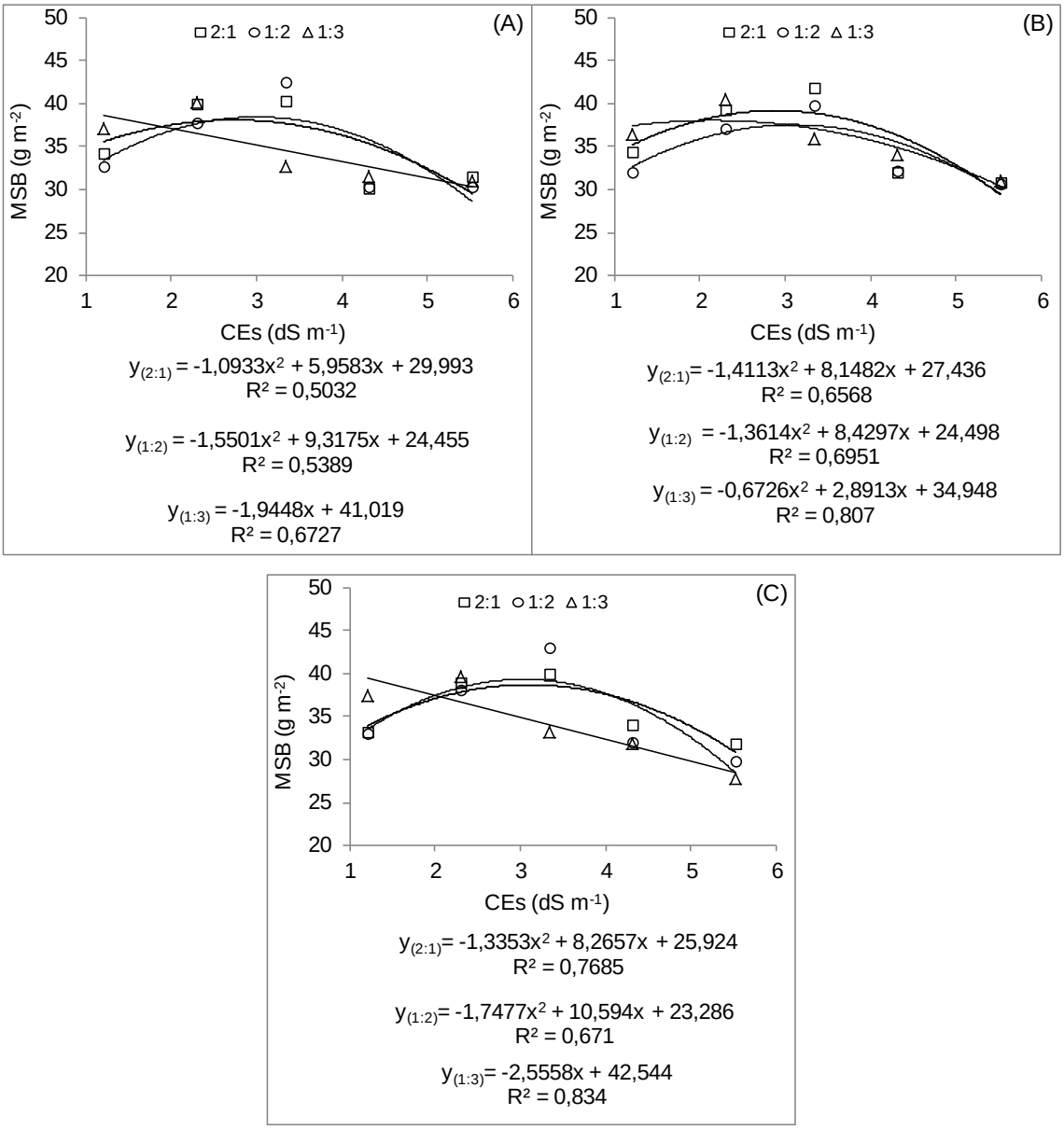

Figura 27 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes, para as três colheitas, relativos à matéria seca de botão floral (MSB) aos 158 DAT (A), 203 DAT (B) e 245 DAT (C), para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade do solo e das relações nitrogênio:potássio

Na Tabela 12, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio, para a massa seca de hastes e massa seca de botões aos 158, 203 e 245 DAT. O tratamento testemunha foi superior aos demais tratamentos fatoriais em todas as colheitas na variável massa seca de hastes. Na variável massa seca de botão floral este fato foi observado aos 158 e 203 DAT. Aos 245 DAT não foi observado efeito estatístico, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 12 - Valores médios das variáveis matéria seca de haste - MSH (g m^{-2}) e matéria seca de botão floral - MSB (g m^{-2}), aos 158, 203 e 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Relação N:K	MSH			MSB		
	158 DAT	203 DAT	245 DAT	158 DAT	203 DAT	245 DAT
2:1	51,27A	51,61A	45,78A	35,24A	35,22A	35,05A
1:2	49,92A	50,44A	44,88A	34,78A	34,82A	34,46A
1:3	51,48A	52,05A	44,99A	34,54A	34,78A	34,02A
Fatorial x Testemunha						
Média do fatorial	50,89b	51,37b	45,22b	34,85b	34,94b	34,51a
Média da Testemunha	59,83a	59,15a	52,68a	38,50a	39,65a	34,88a
DMS	2,99	4,31	3,64	2,56	2,51	2,69

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas ou minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade
# DMS (diferença mínima significativa).

4.6 Analise de macronutrientes no tecido vegetal aos 245 DAT

4.6.1 Nitrogênio e potássio

Na Tabela 13 encontra-se o resumo da análise de variância para as concentrações de nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF), potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade do solo e das relações N:K.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância de nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF), potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Fonte de Variação	GL	Estatística Teste F					
		N H	N B	N F	K H	K B	K F
Salinidade (S)	4	190,16**	40,32**	97,04**	166,28**	78,81**	39,10**
Linear	-	759,38**	153,40**	383,43**	647,66**	305,53**	152,41**
Quadrática	-	$0,93^{ns}$	4,50*	$0,37^{ns}$	$2,23^{ns}$	8,56**	$2,64^{ns}$
Relação N:K (R)	2	22,96**	3,66**	8,93**	36,68**	19,10**	8,49**
SxR	8	$1,44^{ns}$	$0,60^{ns}$	$0,61^{ns}$	$1,26^{ns}$	$2,98^{ns}$	$1,98^{ns}$
Fatorial x Testemunha	1	50,57**	13,02**	164,57**	$0,13^{ns}$	$1,52^{ns}$	$3,28^{*}$
Tratamento	15	57,91**	12,43**	38,36**	50,98**	24,99**	12,83**
CV (%)	-	3,74	4,37	4,28	3,62	4,68	6,07
Média Geral (g Kg^{-1})	-	12,43	15,05	19,61	10,44	11,94	15,67

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F
$^{*;\ **}$ Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Verifica-se que houve efeito linear significativo (p<0,01), para os níveis de salinidade do solo e relações N:K, em todas as variáveis, não sendo observado efeito significativo para a interação entre os fatores.

Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos houve diferença significativa (P < 0,01) para NH, NB e NF, já para o potássio, foi observada diferença significativa (P < 0,05) somente para KF.

O teor de nitrogênio nas folhas (NF) aos 245 DAT foi superior ao teor de nitrogênio nos botões florais (NB) que por sua vez foi superior ao nitrogênio nas hastes (NH) (Figura 28 A), sendo que todos apresentaram comportamento linear em resposta ao aumento dos níveis de salinidade, sendo os maiores teores obtidos, nas maiores salinidades; para NF, obteve-se valores máximos de 20,40 g Kg^{-1}, com aumentos percentuais entre o menor e o maior nível de salinidade do solo de 27,26%. Para a variável NB, os valores máximos foram de 16,79 g Kg^{-1} com incremento de 23,46%; para NH, o valor máximo foi de 15,00 g Kg^{-1}, porém, com a maior diferença percentual (49,55%), entre os níveis extremos de salinidade.

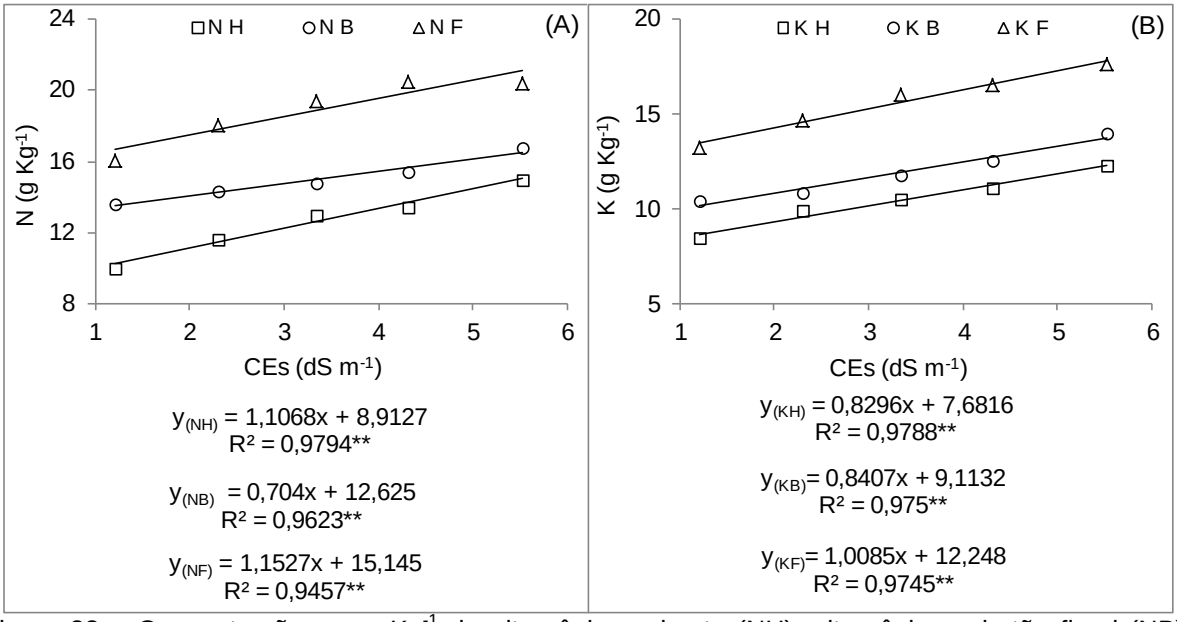

Figura 28 – Concentração em g Kg^{-1} de nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF) (A) e potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF), (B) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio.

Para o potássio (Figura 28 B) o comportamento foi bastante similar ao nitrogênio, sendo superior nas folhas (KF), em seguida nos botões florais (KB) e em menores concentrações nas hastes (KH). Com concentrações máximas de 17,61, 13,99 e 12,25 g Kg^{-1} para KF, KB e KH, respectivamente, em termos proporcionais de aumentos entre o menor e o maior nível de salinidade, o incremento foi o oposto

das concentrações, com 44,70, 34,77 e 33,30% de incremento para KH, KB e KF respectivamente.

Para o nitrogênio nas folhas (NF) a variação entre o menor e o maior nível de salinidade foi de 1,6 a 2,0%, de acordo com Cadahía et al., (1998) ao estudar a absorção de nutrientes em rosas cultivadas em hidroponia observou valores médios de N e K nas folhas de 2,84 e 2,50%, respectivamente, portanto, estes resultados estão superiores a concentração de nitrogênio da respectiva pesquisa, para o mesmo autor a absorção de potássio nos tecidos vegetais das roseiras, aumenta, devido à absorção de nitrato em maior quantidade do que o amônio, proporcionando assim uma maior demanda por K.

Os resultados de concentração de K observada nas folhas variaram de 1,3 a 1,7%, sendo sua maior concentração no tratamento mais salino, estando de acordo com outros autores que encontraram valores de K nas folhas de roseiras, variando entre 1,8 a 2,7% (VETANOVETZ, 1996; MILLS; JONES, 1996), e por sua vez são inferiores aos valores observados por Casarini (2004), tendo o mesmo encontrados valores de concentração de K na folhas superiores a 2,54%.

Provavelmente, o aumento dessas concentrações à medida que se aumentava os níveis de salinidade, deve-se ao fato de que o maior nível salinidade do solo condicionou maior disponibilidade de K para as plantas pela adição direta do elemento no solo promovendo um maior acúmulo do elemento nos tecidos vegetais.

Comparando as concentrações médias de N e K nas folhas entre os níveis de menor e maior salinidade, observou-se uma relação de N:K igual a 1,18, resultado este semelhante ao observado por Casarini (2004), tendo o mesmo encontrado relação N:K de 1,17. Estes valores estão um pouco acima, dos encontrado por Nelson (1996) e Burt, Connor e Ruehr (1998) que recomendam uma relação igual a 1 nos programas de fertilização.

Na Tabela 14, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio, para as variáveis nitrogênio na haste, nitrogênio no botão floral, nitrogênio na folha, potássio na haste, potássio no botão floral e potássio na folha aos 245 DAT. Em se tratando de nitrogênio, o tratamento testemunha foi superior aos demais tratamentos fatoriais em todas as colheitas. Para o potássio este fato só foi observado na última colheita aos 245 DAT. As demais interações foram iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 14 - Valores médios em (g Kg^{-1}) das variáveis, nitrogênio na haste (NH), nitrogênio no botão floral (NB), nitrogênio na folha (NF), potássio na haste (KH), potássio no botão floral (KB) e potássio na folha (KF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

	N H	N B	N F	K H	K B	K F
2:1	11,83C	14,71B	18,69B	9,95C	11,41C	14,94B
1:2	12,31B	14,94AB	19,27AB	10,42B	11,91B	15,75A
1:3	12,82A	15,27A	19,82A	10,98A	12,44A	16,15A
Fatorial x Testemunha						
Média do fatorial	12,32b	14,97b	19,26b	10,45a	11,92a	15,61b
Média da Testemunha	14,03a	16,20A	24,82a	10,38a	12,28a	16,50a
DMS	0,36	0,50	0,64	0,29	0,43	0,73

* Médias seguidas da mesma letra maiusculas ou minusculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

DMS (diferença mínima significativa).

4.6.2 Fosforo e cálcio

De acordo com a análise de variância para as concentrações de fosforo na haste (PH), fosforo no botão floral (PB), fosforo na folha (PF), cálcio na haste (CaH), cálcio no botão floral (CaB) e cálcio na folha (CaF) aos 245 DAT (Tabela 15), Verifica-se que houve efeito linear significativo (p<0,01), para níveis de salinidade do solo para todas as variáveis.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para o fosforo na haste (PH), fosforo no botão floral (FB), fosforo na folha (PF), cálcio na haste (CaH), cálcio no botão floral (CaB) e cálcio na folha (CaF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Fonte de Variação	GL	Estatística Teste F					
		P H	P B	P F	Ca H	Ca B	Ca F
Salinidade (S)	4	4,54**	3,94**	3,24**	15,27**	15,27**	152,1**
Linear	-	15,16**	14,78**	11,90**	57,57**	57,57**	586,91**
Quadrática	-	$1,35^{ns}$	$0,009^{ns}$	$0,80^{ns}$	$0,30^{ns}$	$0,30^{ns}$	19,31**
Relação N:K (R)	2	$0,76^{ns}$	$2,15^{ns}$	$1,63^{ns}$	$2,60^{ns}$	$2,60^{ns}$	12,27**
SxR	8	$1,44^{ns}$	$0,66^{ns}$	$2,28^{ns}$	$0,38^{ns}$	$0,38^{ns}$	$1,44^{ns}$
Fatorial x Testemunha	1	$0,19^{ns}$	$0,003^{ns}$	$0,33^{ns}$	$2,41^{ns}$	$2,41^{ns}$	12,42**
Tratamento	15	2,09*	$1,69^{ns}$	2,32*	4,78**	4,78**	43,79**
CV (%)	-	19,23	18,19	24,15	15,08	15,08	5,88
Média Geral (g Kg^{-1})	-	2,06	2,07	1,69	2,99	2,99	9,35

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Para as relações N:K, foi observada significância ao nível de (p<0,01), somente na variável CaF, também foi observado diferença significativa (P < 0,01)

entre a comparação da testemunha e os demais tratamentos, para está mesma variável

O teor de fósforo nas hastes (PH) e nos botões (PB) (Figura 29A), aumentaram significativamente e linearmente em resposta ao aumento dos níveis de salinidade, sendo os maiores teores obtidos nas maiores doses de fertilizantes, sendo os valores de PH e PB máximo de 2,38 g Kg^{-1}, com aumentos percentuais entre o menor e o maior níveis de salinidade de 27,9% e 32,9% para hastes e botões respectivamente. Nas folhas o comportamento foi bastante similar, porém, com concentrações menores, com PF máximo de 1,99 g Kg^{-1}, e percentual de aumento de 33,55% entre os níveis extremos.

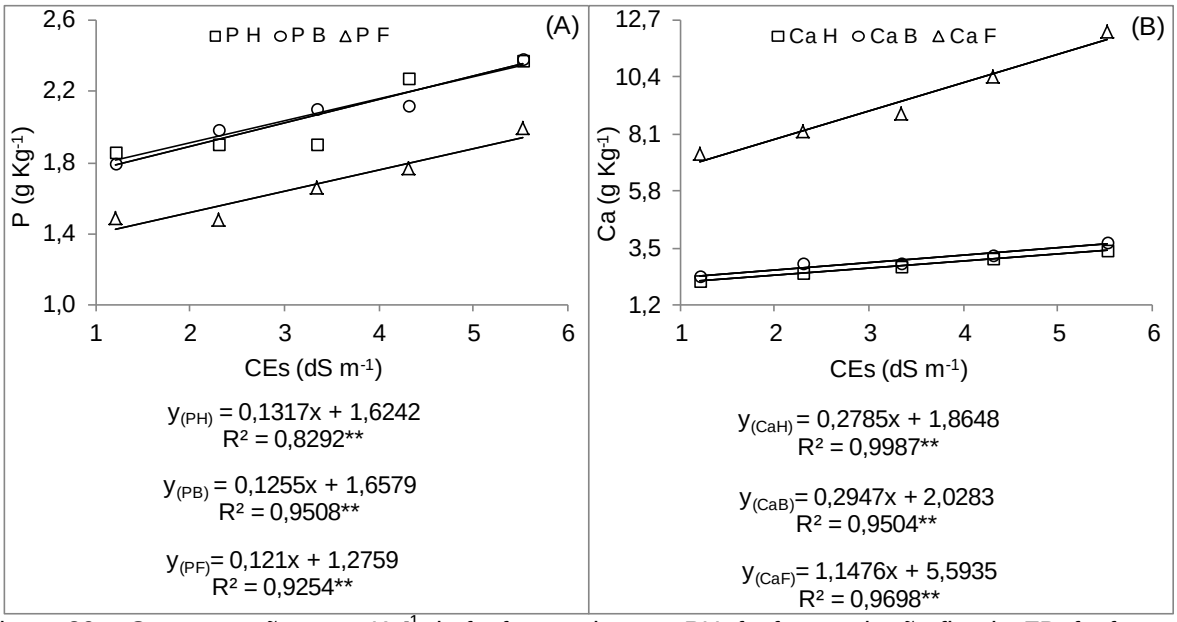

Figura 29 – Concentração em g Kg^{-1} de fosforo na haste - PH, fosforo no botão floral - FB, fosforo na folha -PF, (A) e cálcio na haste – CaH, cálcio no botão floral - CaB e cálcio na folha – CaF (B) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Na Figura 29B, percebe-se que o teor de cálcio nas folhas (CaF) aumentou significativamente e linearmente em resposta ao aumento dos níveis de salinidade do solo, obtendo valores máximo no nível mais elevado de salinidade, de 12,26 g Kg^{-1}, sendo superior 68,17% da concentração do menor nível, ocorrendo, portanto, o inverso do observado para o fosforo, onde os maiores teores encontrados foram nas hastes e nos botões florais, sendo observado valores de concentrações de 3,39 e 3,72 g Kg^{-1} para CaH e CaB, com incrementos de 55,5 e 58,2% em relação ao menor e maior nível de salinidade, respectivamente.

A variação de cálcio nas folhas entre o menor e o maior nível de salinidade do solo foi de 0,7 a 1,2% respectivamente, de acordo com Mills e Jones (1996) ao estudarem híbridos de rosas, encontraram valores médios de cálcio nas folhas de até 2,33% e valores mínimos de 1,0%, valor este bem próximo aos encontrados na referida pesquisa.

As concentrações de cálcio nas folhas aumentaram com o incremento dos níveis de salinidade do solo, estes resultados discordam com Casarini (2004), já que obteve queda de 11,4% na concentração de Ca nas folhas de rosas com incremento das doses de K variando de 10 à 40 g planta ano^{-1}.

Na Tabela 16, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio, para as variáveis fosforo na haste, fosforo no botão floral, fosforo na folha, cálcio na haste, cálcio no botão floral e cálcio na folha aos 245 DAT. O tratamento testemunha foi inferior aos demais tratamentos fatoriais aos 245 DAT para a variável cálcio na folha (CF). As demais interações foram iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 16 - Valores médios em (g Kg^{-1}) das variáveis, fosforo na haste (PH), fosforo no botão floral (FB), fosforo na folha (PF), cálcio na haste (CaH), cálcio no botão floral (CaB) e cálcio na folha (CaF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

	P H	P B	P F	Ca H	Ca B	Ca F
2:1	2,12A	1,98A	1,55A	2,84A	2,84A	8,98B
1:2	1,98A	2,03A	1,78A	3,02A	3,02A	9,46A
1:3	2,09A	2,22A	1,70A	3,17A	3,17A	9,84A
Fatorial x Testemunha						
Média do fatorial	2,06a	2,08a	1,68a	3,01a	3,01a	9,43a
Média da Testemunha	1,98a	2,07a	1,80a	2,89a	2,69a	8,42b
DMS	0,30	0,29	0,31	0,34	0,34	0,42

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas ou minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade
# DMS (diferença mínima significativa).

4.6.3 Magnésio e enxofre

De acordo com a análise de variância para as concentrações de magnésio na haste (MgH), magnésio no botão floral (MgB), magnésio na folha (MgF), enxofre na haste (SH), enxofre no botão floral (SB) e enxofre na folha (SF) aos 245 DAT (Tabela 17), Verifica-se que houve efeito linear significativo ($p<0,01$), para níveis de salinidade do solo somente para o magnésio. Para as relações N:K bem como sua

interação com os níveis de salinidade do solo, não foi observada significância para ambos os elementos.

Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos houve diferença significativa (P < 0,05) para MgH e MgB e ao nível de (p<0,01) para MgF, já para o enxofre, não foi observada diferença significativa.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância para magnésio na haste (MgH), magnésio no botão floral (MgB), magnésio na folha (MgF), enxofre na haste (SH), enxofre no botão floral (SB) e enxofre na folha (SF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Fonte de Variação	GL	Teste F					
		Mg H	Mg B	Mg F	SH	SB	SF
Salinidade (S)	4	1,65*	1,66*	8,44**	3,46^{ns}	2,95^{ns}	1,55^{ns}
Linear	-	4,48*	4,73*	22,18**	1,25^{ns}	5,13^{ns}	3,51^{ns}
Quadrática	-	0,18^{ns}	0,17^{ns}	5,25*	0,06^{ns}	5,34^{ns}	1,04^{ns}
Relação N:K (R)	2	2,79^{ns}	2,79^{ns}	1,62^{ns}	0,17^{ns}	3,31^{ns}	2,48^{ns}
SxR	8	1,05^{ns}	1,05^{ns}	0,68^{ns}	1,74^{ns}	1,45^{ns}	1,37^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	6,91*	6,91*	13,88**	0,98^{ns}	0,06^{ns}	0,02^{ns}
Tratamento	15	1,83^{ns}	1,83^{ns}	3,77**	1,94^{ns}	2,00^{ns}	1,47^{ns}
CV (%)	-	29,76	29,76	15,53	44,68	42,15	31,78
Média Geral (g Kg^{-1})	-	1,17	1,17	2,43	0,68	0,83	1,20

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F
$^{*;\ **}$ Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

O teor de magnésio nas hastes (MgH), nos botões (MgB) e nas folhas (MgF) Figura 30 A, aumentaram significativamente e linearmente em resposta ao aumento dos níveis de salinidade, sendo que, os maiores teores foram obtidos nos maiores níveis de salinidade do solo, sendo os valores de MgH e MgB máximo de 1,25 e 2,95 g Kg^{-1}, com aumentos percentuais entre o menor e o maior níveis de salinidade de 35,8% e 33,5% para hastes e botões respectivamente. Nas folhas o comportamento foi bastante similar, porem, com concentrações muito superiores, com MgF máximo de 12,26 g Kg^{-1}, e percentual de aumento de 68,17% entre o menor e maior nível de salinidade.

Não houve efeito significativo entre os tratamentos sobre os teores de enxofre Figura 28B em todas as parte vegetativas analisadas, os valores médios foram de 0,67, 1,20 e 0,83 g Kg^{-1}, para SH, SF e SB, respectivamente.

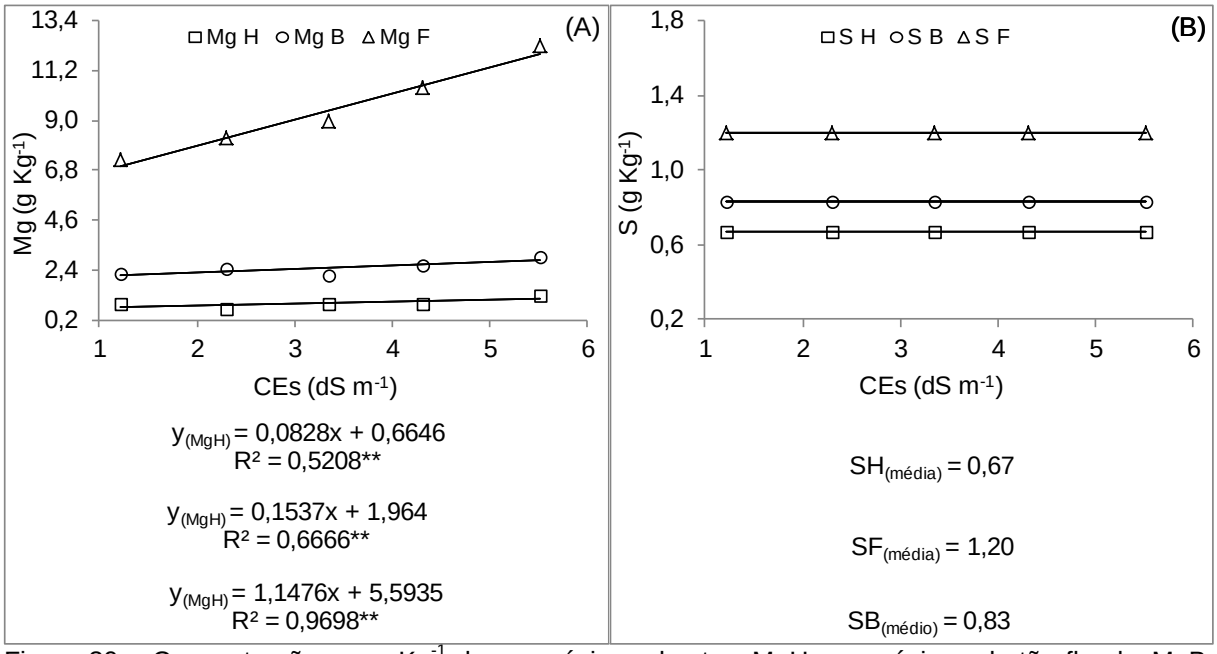

Figura 30 – Concentração em g Kg^{-1} de magnésio na haste - MgH, magnésio no botão floral - MgB, magnésio na folha - MgF, (A) e enxofre na haste – SH, enxofre no botão floral - SB e enxofre na folha – SF (B) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

A concentração de Mg nas folhas seguiu a mesma tendência do Ca, aumentando em relação ao aumento dos níveis de salinidade. Os valores médios observados variaram entre 0,72 a 1,22% para os tratamentos com menor e maior níveis de salinidade do solo respectivamente; estes resultados foram superiores aos obtidos por Casarini (2004), porem com comportamento diferente, visto que em sua pesquisa, assim como o cálcio, houve uma redução na concentração desse elemento a medida que se aumentava as doses de potássio variando de 0,28 à 0,23%.

Na Tabela 18, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e relações nitrogênio:potássio, para as variáveis magnésio na haste, magnésio no botão floral, magnésio na folha, enxofre na haste, enxofre no botão floral e enxofre na folha aos 245 DAT. O tratamento testemunha foi inferior aos demais tratamentos fatoriais para a variável magnésio em todas as parte analisadas (haste, botão e folha). As demais interações foram iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 18 - Valores médios em (g Kg^{-1}) das variáveis, magnésio na haste (MgH), magnésio no botão floral (MgB), magnésio na folha (MgF), enxofre na haste (SH), enxofre no botão floral (SB) e enxofre na folha (SF) aos 245 DAT, para a cultura da roseira, em função dos níveis de salinidade e das relações nitrogênio:potássio

Relações	Mg H	Mg B	Mg F	S H	S B	S F
2:1	1,33A	1,33A	2,40A	0,65A	0,70A	1,05A
1:2	1,18A	1,18A	2,42A	0,67A	0,83A	1,24A
1:3	1,08A	1,08A	2,60A	0,71A	0,98A	1,32A
Fatorial x Testemunha						
Média do fatorial	1,20a	1,20a	2,47a	0,68a	0,84a	1,20a
Média da Testemunha	0,73b	0,73b	1,75b	0,83a	0,79a	1,23a
DMS	0,27	0,27	0,29	0,23	0,27	0,29

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas ou minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade
# DMS (diferença mínima significativa).

4.7 Salinidade limiar para a cultura da roseira

Segundo os resultados obtidos com o presente estudo (Figura 31), verifica-se que a redução na produção de hastes comerciais, em ambiente protegido, foi da ordem de 3,60% para o incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de 2,52 dS m^{-1}.

De modo geral, de acordo com Maas e Hoffman (1977), a produção vegetal decresce linearmente com o aumento da salinidade do solo, a partir de um determinado nível, denominado “salinidade limiar” da cultura. Medeiros (1998) verificou que a redução na produção da cultura do pimentão, em ambiente protegido, foi da ordem de 14% para o incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de 1,5 dS m^{-1}, o que estava de acordo com a tabela apresentada por Maas e Hoffman (1977).

Silva et al 2013, ao avaliarem o efeito da salinidade sobre o rendimento da berinjela em ambiente protegido, encontraram redução na produção de frutos, na ordem de 8,65% para o incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de 1,71 dS m^{-1}.

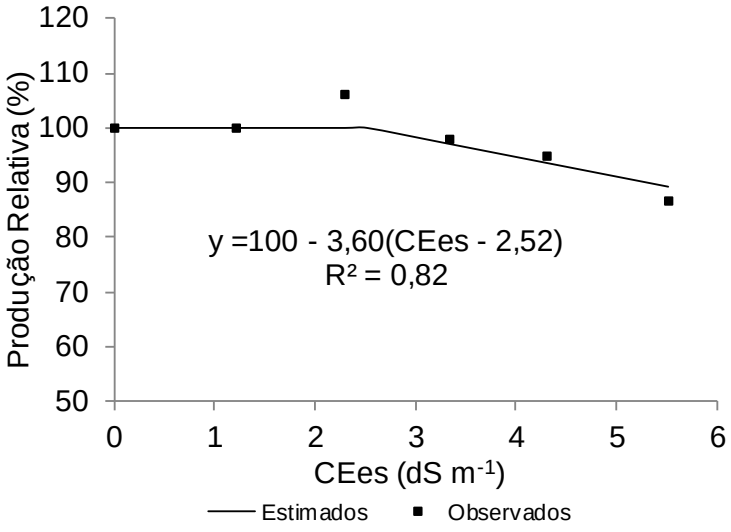

Figura 31 - Rendimento relativo calculado para produtividade total (hastes m^{-2}), em função da salinidade do solo

A salinidade limiar de 2,52 dS m^{-1}, está próxima dos resultados observados por Barbosa e et al (2009), que afirmam que a roseira tolera a salinidade do solo de até 3,0 dS m^{-1} Contrariamente, Howard e Hanan (1978) observaram que as roseiras apresentaram redução de produtividade e de qualidade quando a água de irrigação apresentava CE de 1,8 dS m^{-1}, acarretando problemas de toxidez, sintomas de clorose e mal formação dos novos ramos basais; fato este evidenciado nesta pesquisa.

Vale ressaltar que o incremento na salinidade do solo foi em consequência do aumento da aplicação de fertilizantes. Medeiros et al. (2009) trabalhando com a cultura do pepino, e, Eloi et al. (2007) e Medeiros et al (2012), trabalhando com a cultura do tomateiro, também verificaram que, em condições de salinidade proporcionadas pela adição de fertilizantes, as plantas apresentaram maior tolerância a salinidade.

5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pela pesquisa, foi possível concluir que:

1) O número e o comprimento de hastes, a matéria fresca e seca de hastes e dos botões florais, foram afetados pelos níveis mais elevados de salinidade do solo;
2) As variáveis diâmetro de botão e índice de área foliar não foram afetadas pelos tratamentos impostos;
3) Isoladamente, as relações N:K não influenciaram nenhum parâmetro avaliado;
4) A sonda TDR apresentou-se como uma ferramenta satisfatória no manejo da fertirrigação, controlando a salinidade da solução do solo e as concentrações de nitrato (NO_3^-) e potássio (K^+);
5) A produção da roseira decresce 3,60% para o incremento de 1 dS m^{-1} acima da salinidade limiar de 2,52 dS m^{-1};
6) As concentrações de N, K, P, Ca e Mg nos tecidos vegetais foram afetadas de forma significativa pela imposição dos tratamentos.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

BAÑON ARIAS, S.; CIFUENTES ROMO, D.; HERNANDEZ, J.A.F.; BENEVENTE-GARCIA, A. La Rosa. In: BAÑON ARIAS, S.; CIFUENTES ROMO, D.; HERNANDEZ, J.A.F.; BENEVENTEGARCIA, A. **Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa.** Madrid: Mundi-Prensa, 1993. cap.4, p.202-250.

BARBOSA, J.G. **Produção comercial de rosas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 200p.

BARBOSA, J.G.; BARBOSA, M.S.; MUNIZ, M.A.; GROSSI, J.A.S. Nutrição mineral e adubação de plantas ornamentais. In: Floricultura: Tecnologias, qualidade e diversificação. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 16-21. 2009.

BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; MENDEZ, M.E.G.; CAVALCANTE, I.H.L.; CAVALCANTE, L.F. Características produtivas do tomateiro cultivado sob diferentes tipos de adubação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n.1, p. 180-184, 2007.

BOUYOUCUS, G.J.A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, n.9. p. 434-438, 1951.

BURGUEÑO, H. La **fertirrigación en cultivos hortícolas com acolchado plástico**. Culiacán: BURSAR, 1996. v.1, 45p.

BURT, C.; CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1998. 295 p.

CABRERA, R.I.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. The uptake of nitrate and ammonium by greenhouse roses. **Acta Horticulturae,** The Hague, n.424, p.53-58, 1995.

CADAHÍA, C.; EYMAR, A.; SÁNCHEZ, A.; LÓPEZ-VELA, D. Differences in nutrient uptake of four rose cultivars in sand culture. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.458, p. 335-341, 1998.

CAMARGO, A.P. **Desenvolvimento de um controlador de irrigação para áreas experimentais**. 2012. 110p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CASARINI, E. **Doses de N e K aplicados via fertirrigação na cultura da roseira (Rosa sp.) em ambiente protegido**. 2004. 101p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CASARINI, E.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, E.F.F. Produtividade da roseira em função de doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em ambiente protegido. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n.3, p. 250-256, 2007.

CLARO, D.P.; SANTOS, A.C.; CLARO, P.B.O. Um diagnóstico do agregado da produção de flores no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.7, n.1, p.9-15, 2001.

COELHO, E.F.; OR, D. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface drip irrigation. **Plant and Soil**, New York, v.206, p.123-136, 1999.

DIAS, N.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 131p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; TELES FILHO, J.F.; YOSHINAGA, R.T. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 12, p. 135-143, 2007.

DUARTE, S.N.; DIAS, N.S.; TELES FILHO, J.F. Recuperação de um solo salinizado devido a excesso de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n.3, p. 422-428, 2007.

ELOI, M.W.; DUARTE, N.S.; SOARES, M.T. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido, **Revista Brasileira Ciências Agrárias**. Recife, v. 2, n. 1, p. 83-89, 2007.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EYMAR A.E.; LÓPEZ VELA, D.; CADAHÍA LÓPEZ, C. Fertirrigacion de coniferas y rosal, In: CADAHÍA LOPEZ, C. **Fertirrigacion**: cultivos hortícolas y ornamentales, Madrid: Mundi-Prensa, 1998, cap. 2, p.417-463.

FEIGIN, A.; GINZBURG, C.; GILEAD, S.; ACKERMAN, A. Effect of NH4/NO3 ratio in nutrient solution on growth and yield of greenhouse roses. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.189, p.127-135, 1986.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.

HOAGLAND, D.R.; MARTIN, J.C.; STEWART, G.R. Relation of the soil solution to the soil extract. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, n.5, p.381-395, 1920.

HOORN, J.W.; ALPHEN, J.G. Salt movement, leaching efficiency and leaching requirement. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v.4, n.2, p.409-428, 1981.

HOWARD, E.H.; HANAN, J.J. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.103, n. 5, p. 694-699, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. Números do setor: Gargalos da floricultura. Campinas: IBRAFLOR, 2013. Disponível em: < http://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php>. Acesso em: 20 fev. 2013.

JIMÉNEZ, S.; ALÉS, J. I.; LAO, M. T.; PLAZA, B.; PÉREZ, M. Evaluation of nitrate quick tests to improve fertigation management. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 37, p. 2461–2469, 2006.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Boletim de análise conjuntural do mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil junho de 2012: **Balanço do comércio exterior da floricultura brasileira**. Hórtica Consultoria e Treinamento, 2012. 7p.

KOOL, M.T.N.; LENSSEN, E.F.A. Basal shoot formation in young rose plants: Effects of bending practices and plant density. **Journal of Horticultural Science**, London, v.72, n.4, p.635-466, 1997.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of woody plants.** Orlando: Academic Press, 1979. 811p.

LAO, M.T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E.J. Nutrient levels of the solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. **Phyton**, Buenos Aires, v. 4, n. 7, p. 29-37, 2004.

LAO, M.T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E.J.; JIMÉNEZ, R. Determination of Spatial Variability of Nutrient Composition of Soil Solutions in Greenhouses by Using Suction Cups. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 5/6, p. 865-879, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Ed. Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LIMA, C.J.G.S. **Calibração e manejo de extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de ions na fertirrigação**. 2009. 110p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

LOPES, L.C.**A cultura da roseira**. Viçosa: CEUFV/ UFV, 1980. 21p. (Boletim de Extensão, 3).

LOPES, L.N.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B L. Utilização da TDR para monitoramento da solução de nitrato de potássio em latossolo vermelho-amarelo**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.30, n.5, p.932-947, 2010.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v.103, n.2, p.115-134, 1977.

MALAVOLTA E; VITTI G.C; OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS (Associação brasileira de pesquisa da potassa e do fosfato), 1997. 317p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BOAS, R.L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 41-51, 2004.

MARTINS, M.V.M.; ANDRIGUETO, J.R.; VAZ, A.P.A.; MOSCA, J.L. Produção integrada de flores no Brasil. In: Floricultura: tecnologias, qualidade e diversificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 16-21, 2009.

MASTALERZ, J.W. Environmental factors light, temperature, and carbon dioxide. In: LANGHANS, R.W. **A manual of greenhouse rose production**. Michigan: Roses, 1987. cap.15, p.147-170.

MATSUNAGA, M.; OKUYAMA, M.H.; BESSA JÚNIOR, A.A. Cultivo em estufa de rosa cortada: custos e rentabilidade. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 25, n. 8, p. 49-58, 1995.

MEDEIROS, J.F.; **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão.** 1998. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MEDEIROS, P.R.F. **Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do tomate em solo franco-argiloso**. 2010. 85p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MEDEIROS, P.R.F.; DUARTE, S.N.; DIAS, C.T.S. Tolerância da cultura do pepino à salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 406-410, 2009.

MEDEIROS, P.R.F.; DUARTE, S.N.; UYEDA, C.A.; SILVA, E.F.F.; MEDEIROS, J.F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 51-55, 2012.

MILLS, H.A.; JONES, J.B. **Plant analysis handbook II.** Athens: MicroMacro Publishing, 1996. 422p.

MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; LIBARDI, P.L.; FOLEGATTI, M.V. Simulação do deslocamento de potássio em colunas verticais de solo não-saturado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 677-685, 2005.

MOE, R. Factors affecting flower abortion and malformation in roses. **Physiologia Plantarun**, Sweden, n.24, p.291-300, 1971.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.25, n. 2, p.239-250. 2002.

NACHTIGALL, G.R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba:

Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fosfato, 2005.cap. 5, p.93-118.

NELSON, P.V. Macronutrient fertilizer programs. IN: REED, D.W. **Water, media and nutrition for greenhouse crops**. Batavia:Ball Publishing, 1996. cap.7, p.141-170.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Ed.) **Fertirrigação:** citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-84.

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

RHOADS, J.D.; RAATS, P.A.C.; PRATHER, R.J. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal,** Madison, v. 40, p. 651-655, 1976.

RICHARDS, L.A.. Methods for mounting porous plates used in soil moisture measurement. **Agronomy Journal**, Madison, v. 41, p. 489-490, 1954.

RUIZ, H.A.; MIRANDA, J.; CONCEIÇÃO, J.C.S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca e Mg a plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 1015-1018, 1999.

SALINGER, J.P. Rosas de invernadero. In:SALINGER, J.P. **Producción comercial de flores.** Zaragoza: Acribia, 1991, cap.4, p.279-294.

SANTANA, G.S.; COELHO, E.F.; SILVA, T.S.M.; RAMOS, M.M. Relação entre potássio na solução do solo, umidade e condutividade elétrica aparente do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 142-151, 2007.

SANTOS, M.R.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; OLIVEIRA, R.A.; ZONTA, J.H. Uso da reflectometria no domínio do tempo para avaliar a distribuição de nitrato em colunas de solo fertirrigados. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 67-81, 2009.

SEBRAE. Manual técnico instrucional para a produção e comercialização de flores e plantas ornamentais. **Informe técnico**, São Paulo, v. 1, n. 2, 141p, 2010

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução de solo**. 2002. 136p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz“ Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, E.M. **Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade do solo para a cultura da berinjela**. 2010. 77p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SILVA, E.M; LIMA, C.J.G.S; DUARTE, S.N; BARBOSA, F.S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica,** Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 150-158, 2013.

SILVA, F.A.S.E; AZEVEDO, C.A.V.A new version of the assistat-statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4., 2006, Orlando. **Anais...** American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

SILVA, T.S.M.; COELHO, E.F.; PAZ, V.P.S.; VELLAME, L.M.; SANTANA, G.S. Teor de potássio na Solução do solo com uso da técnica de reflectometria no domínio do tempo. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 393-402, 2005.

SOUZA, C.F.; FOLEGATTI, M.V. Spatial and temporal characterization of water and solute distribution patterns. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.1, p.9-15, 2010.

SOUZA, C.F.; FOLEGATTI, M.V.; MATSURA, E.E.; OR, D. Calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para a estimativa da concentração da solução no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.282-291, 2006

SOUZA, C.F.; FOLEGATTI, M.V.; OR, D. Distribution and storage characterization of soil solution for drip irrigation. **Irrigation Science**, New York, v.27, n.4, p.277-288, 2009.

SOUZA, C.F.; MARTINS, R.B.T.; FOLEGATTI, M.V.; DAROZ, T.H.C.; SILVA, E.F.F. Uso da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para avaliar a distribuição do nitrato no volume molhado do solo sob fertirrigação. **Magistra**, Cruz das Almas, v.19, p.112-122, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3rd ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

VETANOVETZ, R.P. Tissue analysis and interpretation. In: REED, D.W. **Water, media and nutrition for greenhouse crops**. Batavia: Ball Publishing, 1996. cap.9, p.197-219.

VILLAS BOAS, R.L.; KANO, C.; LIMA, C.P.; NANETTI, F.A.; FERNANDES. D.M. Efeito de doses de nitrogênio aplicado de forma convencional e através da fertirrigação na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 801-802, 2000.