

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

**FONTES POTÁSSICAS NA PRODUÇÃO DO PIMENTEIRO EM
SUBSTRATO FERTIRRIGADO**

CAMILA ABRAHÃO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2015

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

**FONTES POTÁSSICAS NA PRODUÇÃO DO PIMENTEIRO EM
SUBSTRATO FERTIRRIGADO**

CAMILA ABRAHÃO

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2015

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

Abrahão, Camila, 1981-
A159f Fontes potássicas na produção do pimenteiro em substrato fertirrigado/ Camila Abrahão. - Botucatu : [s.n.], 2015 x , 87 f. : ils. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Inclui bibliografia

1. Pimentão - Cultivo. 2. Fertirrigação. 3. Potássio na agricultura. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.

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

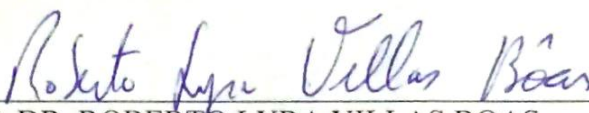
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "FONTES POTÁSSICAS NA PRODUÇÃO DO PIMENTEIRO EM
SUBSTRATO FERTIRRIGADO"

ALUNO: CAMILA ABRAHÃO

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

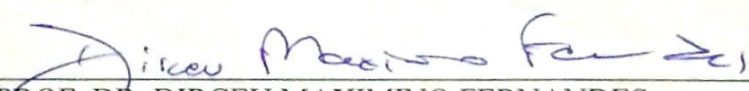
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS



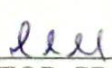
PROFª DRª RUMY GOTO



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROFª DRª CAROLINE DE MOURA D' ANDRÉA MATEUS



PROF. DR. LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES

Data da Realização: 13 de fevereiro de 2.015.

Aos meus amados pais, Gilmar e Monica,

Ao meu irmão Vitor,

Por acreditarem e torcerem por mim,

Por estarem sempre ao meu lado, em todos os momentos da minha vida.

Obrigada pela imensa dedicação e pelo amor incondicional

Por continuarem fazendo de mim o que sou hoje

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar, me iluminar e me dar a sabedoria que preciso para seguir sempre em frente.

À Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Câmpus de Botucatu, especialmente ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (Horticultura), pela minha formação e especialização e por ter proporcionado condições para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa no Brasil, e na Holanda pelo programa PDSE.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pela orientação e confiança no meu trabalho, pelos conhecimentos transmitidos, pela motivação e, sobretudo pelos anos de convivência e amizade.

Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes pela amizade, colaboração, incentivo e apoio durante a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Romy Goto pelos ensinamentos acadêmicos e da vida, pela motivação em ensinar, pela colaboração durante o presente trabalho e pela amizade.

À Wageningen University – Greenhouse Horticulture por ter permitido aprimorar meus conhecimentos na área de horticultura, cultivo protegido e nutrição mineral de plantas.

Ao Engenheiro Agrônomo Antonio Cunha pelo apoio e colaboração na obtenção dos dados meteorológicos do presente experimento.

Ao Denis Santiago da Costa pela amizade e pela grandiosa colaboração estatística do presente trabalho.

Aos meus pais, Gilmar e Monica, pelo incentivo em nunca me deixarem parar e sempre seguir em frente, buscando sempre a minha felicidade.

Aos meus avós, Antonio e Clara, pela força que sempre me deram, pelo carinho demonstrado em cada gesto e pelo imenso amor.

Ao meu irmão Vitor, por todos os conselhos, ajuda e apoio, por todo orgulho que tenho dele e pelo nosso imensurável amor.

A Elisabeth por sempre torcer por mim, pelo incentivo, pelo apoio, pela força e pelo amor.

Aos amigos Amanda Amaro, Ana Paula Schmidt, Bruna Sanches, Camila Aquino, Camila Pescatori, Caroline Mateus, Diógenes Bardivieso, Edvar Silva, Ewerton Gasparetto, Fabio Tanamati, Felipe Magro, Itaynara Batista, Livia Sancinetti, Luiz Vitor Sanchez, Manoel Xavier, Mauricio Oliveira, Miguel Sandri, Natalia Rodrigues Ferreira, Pamela Nakada, Raimundo Monteiro, Renata Marques, Renake Teixeira, Rigléia Brauer, Rubiana Rossi, Thomas Fiori de Andrade e William Takata, por todo apoio, ajuda, carinho e amizade.

Aos estagiários e amigos Luiz Otávio do Amaral, João Paulo de Abreu e Jean Silva, pela ajuda na condução do experimento e coleta de dados.

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, pela colaboração deste trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca, pela colaboração e pela enorme atenção.

A empresa Carolina Soil[®], pelo material concedido para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Pimenteiro	7
2.2 Fertirrigação	8
2.3 Substrato	9
2.4 Solução Nutritiva	10
2.5 Potássio na cultura do pimentão	11
2.6 Fertilizantes potássicos: KCl e K ₂ SO ₄	12
2.7 Salinização	13
2.8 Monitoramento nutricional	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Caracterização da área experimental	17
4.2 Ambiente protegido	17
4.3 Dados meteorológicos	18
4.4 Delineamento experimental e tratamentos	20
4.5 Características do híbrido utilizado no experimento	20
4.6 Instalação do sistema de irrigação	21
4.7 Manejo do Sistema	22
4.7.1 Manejo do substrato	22
4.7.2 Manejo da irrigação	23
4.7.3 Manejo da adubação	23
4.7.4 Preparo das soluções nutritivas	24
4.8 Condução das plantas	25
4.9 Análises de produção dos frutos	25
4.10 Análise da solução do substrato	26
4.11 Análise química foliar	27
4.12 Índice SPAD	28
4.13 Análise da ‘seiva’	28
4.14 Análise estatística	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7 CONCLUSÕES	73
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mini estação meteorológica.	18
Figura 2. Temperatura máxima e mínima durante o ciclo de cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2014.	19
Figura 3. Umidade relativa do ar máxima e mínima durante o ciclo de cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2014.	20
Figura 4. Reservatórios e caixa de água usados para a fertirrigação.	22
Figura 5. Relação sólidos – ar – água (%) do substrato Carolina Soil [®] utilizado no cultivo do pimentão Platero.	23
Figura 6. Extrator de solução do substrato.	26
Figura 7. Medidores de pH, condutividade elétrica, K e NO ₃ ⁻	27
Figura 8. Condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero, aos 75 DAT (A;B) e aos 165 DAT (C; D). Botucatu, SP.	33
Figura 9. Condutividade elétrica da solução do substrato extraída ao longo do ciclo de cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	34
Figura 10. Teores de Nitrogênio (A;B), Fósforo (C;D), Potássio (E;F), Cálcio (G;H), Magnésio (I;J) e Enxofre (K;L) em função de doses e fontes na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente. Botucatu, SP. 2015.	40
Figura 11. Teores de B (A;B), Fe (C;D), Mn (E;F), Cu (G;H) e Zn (I;J) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	48
Figura 12. Concentrações, em mg L ⁻¹ , de NO ₃ (A; B) e de K (C;D) no substrato e na seiva do pimenteiro Platero, aos 75 DAT, em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	54
Figura 13. Concentrações, em mg L ⁻¹ , de NO ₃ (A; B) e de K (C;D) no substrato e na seiva do pimenteiro Platero, aos 165 DAT, em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	55
Figura 14. Índice SPAD aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	58
Figura 15. Número de frutos total por planta (A), produção total (kg/planta) (B) e massa total por fruto (g) (C) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	62
Figura 16. Número de frutos comercial por planta total, produção comercial (kg/planta) e massa por fruto comercial (g) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2015.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios de condutividade elétrica (CE) e de pH para as diferentes soluções nutritivas no cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	24
Tabela 2. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 e aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	31
Tabela 3. Valores médios para condutividade elétrica (CE) e pH da solução do substrato coletada aos 75 e aos 165 DAT, em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	32
Tabela 4. Valores médios para condutividade elétrica (CE) e pH da solução do substrato coletada aos 75 e aos 165 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	32
Tabela 5. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos macronutrientes da massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	35
Tabela 6. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	36
Tabela 7. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	36
Tabela 8. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	37
Tabela 9. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	37
Tabela 10. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	37
Tabela 11. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT Botucatu, SP. 2015.	43
Tabela 12. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT Botucatu, SP. 2015.	44
Tabela 13. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	44
Tabela 14. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	45
Tabela 15. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	45

Tabela 16. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	45
Tabela 17. Valores de F calculado e coeficientes de regressão para os teores de NO_3^- e K^+ da solução extraída do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero (Nseiva e Kseiva), aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	49
Tabela 18. Valores de F calculado e coeficientes de regressão para os teores de NO_3^- e K^+ na solução extraída do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero (Nseiva e Kseiva), aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.	50
Tabela 19. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 75 DAT, em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	51
Tabela 20. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 165 DAT, em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	51
Tabela 21. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 75 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	52
Tabela 22. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ no substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 165 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	52
Tabela 23. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para o índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6 avaliado aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em folhas de plantas do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	56
Tabela 24. Valores médios para o índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6 avaliado aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em folhas de plantas do pimenteiro híbrido Platero, em função da adubação potássica na solução nutritiva. Botucatu, SP. 2015.	56
Tabela 25. Valores médios para o índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6 avaliado aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em folhas de plantas do pimenteiro híbrido Platero em função de fontes de K na solução nutritiva. Botucatu, SP. 2015.	57
Tabela 26. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro, em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	59
Tabela 27. Valores médios para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	59
Tabela 28. Valores médios para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro em	

função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.	60
Tabela 29. Correlações de Pearson (r) entre produção comercial (PC), nitrogênio foliar (Nfoliar), potássio foliar (Kfoliar), fósforo foliar (Pfoliar), cálcio foliar (Cafoliar), magnésio foliar (Mgfoliar), enxofre foliar (Sfoliar), nitrato na solução do substrato (Nsubst), potássio na solução do substrato (Ksubst), nitrato na seiva (Nseiva) e potássio seiva (Kseiva), em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.....	69
Tabela 30. Correlações de Pearson (r) entre produção comercial (PC), nitrogênio foliar (Nfoliar), potássio foliar (Kfoliar), fósforo foliar (Pfoliar), cálcio foliar (Cafoliar), magnésio foliar (Mgfoliar), enxofre foliar (Sfoliar), nitrato na solução do substrato (Nsubst), potássio na solução do substrato (Ksubst), nitrato seiva (Nseiva) e potássio seiva (Kseiva), em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.....	70
Tabela 31. Correlação de Pearson (r) entre nitrogênio foliar (Nfoliar), índice SPAD, nitrato na solução do substrato (Nsubst) e nitrato seiva (Nseiva) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.	71
Tabela 32. Correlação de Pearson (r) entre nitrogênio foliar (Nfoliar), índice SPAD, nitrato na solução do substrato (Nsubst) e nitrato seiva (Nseiva) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.....	71

RESUMO

O excesso da adubação pode causar prejuízos na cultura do pimenteiro e danos ao meio ambiente. Por isso, a escolha do fertilizante e a aplicação de uma solução nutritiva equilibrada são fundamentais para a produção e qualidade do produto final. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos do incremento da adubação potássica, utilizando diferentes fontes e doses potássicas na produção dos frutos de pimenteiro fertirrigado cultivado em substrato sob ambiente protegido, bem como monitorar o estado nutricional do pimenteiro por meio de métodos alternativos. As características avaliadas foram: CE e pH da solução do substrato, teores de nitrato e potássio na solução do substrato e na seiva das plantas, teores de macro e micronutrientes na massa seca foliar, índice SPAD, número de frutos total e comercial, produção total e comercial, massa fresca, comprimento e diâmetro dos frutos e as correlações entre essas variáveis. O experimento foi conduzido sob delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, constituindo 9 tratamentos, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes potássicas (KCl e K_2SO_4), 4 doses de potássio (125, 250, 375 e 500 mg L^{-1}) e mais o controle (0 mg L^{-1}). Observou-se que a dose de 300 mg L^{-1} de K, independente da fonte utilizada, proporcionou maior produção total e comercial do pimenteiro híbrido Platero. A CE no tratamento com KCl atingiu valor de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que com o K_2SO_4 o valor máximo foi de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, ambos com a

maior dose. A aplicação de KCl promoveu aumento do número de frutos em relação ao K_2SO_4 . O tratamento com K_2SO_4 apresentou, tanto aos 75 como aos 165 DAT, maior teor de K na massa seca das folhas e aos 165 DAT maior teor de S. Houve maior concentração de NO_3^- na solução do substrato no tratamento com K_2SO_4 em relação ao KCl, aos 75 DAT, e aos 165 DAT maior teor de K na solução do substrato nesta mesma fonte, quando comparada ao KCl. Ocorreram correlações positivas entre teor de K foliar x K solução do substrato e K na seiva. Verificou-se também que com a aplicação da mesma solução nutritiva durante todo o ciclo de cultivo, a solução do substrato variou amplamente antes e após cada colheita dos frutos, indicando que houve absorção diferenciada de nutrientes pela planta possivelmente relacionada à produção pendente.

Palavras-chave: *Capsicum annun* L., Potássio, Monitoramento da fertirrigação, Cultivo Protegido

SOURCES OF POTASSIUM IN THE PRODUCTION OF FERTIGATED SWEET PEPPER IN SUBSTRATE. Botucatu, 2015. 88 p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

Author: CAMILA ABRAHÃO

Advisor: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

SUMMARY

Excess fertilizer can cause damage in sweet pepper cultivation and to the environment. Therefore, the choice of fertilizer and the application of a balanced nutrient solution are essential for the production and quality of the final product. Thus, the aim of the present study was to evaluate the effects of increasing potassium fertilizer, using different potassium sources and doses in the production of fertirrigated sweet pepper grown in substrate under greenhouse conditions as well as monitor the nutritional status of pepper through methods alternative. The characteristics evaluated were: EC and pH of the substrate solution, nitrate and potassium levels in the solution of the substrate and the sap of plants, macro and micronutrients in the leaf dry mass, SPAD index, number of total and marketable fruit, total production and commercial fresh mass, length and diameter of the fruits and the correlations between these variables. The experiment was conducted under

experimental design of randomized blocks in a factorial $4 \times 2 + 1$, constituting 9 treatments, with four repetitions. The treatments consisted of two sources potassic (KCl and K_2SO_4), four potassium doses (125, 250, 375 and 500 mg L^{-1}) and more control (0 mg L^{-1}). It was observed that the dose of $300 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$, regardless of the source used, higher total production and commercial hybrid sweet pepper Platero. The EC of treatment with KCl has reached value of 5.0 dS m^{-1} , while with K_2SO_4 the maximum value was 3.5 dS m^{-1} , both the higher dose. The application of KCl increased number of fruits compared to K_2SO_4 . Treatment with K_2SO_4 presented to both the 75 and 165 DAT, higher concentration of potassium on the dry weight of leaves and of sulfur to DAT 165. A higher concentration of NO_3^- in the substrate solution occur with K_2SO_4 relative to KCl to 75 DAT, and to 165 DAT higher concentration of potassium in the substrate solution in the same source compared with KCl. There were positive correlations between the contents of foliar K x K in the substrate solution and K in the sap. It was also observed that the application of the same nutrient solution during the cultivation cycle, the substrate solution amply varied before and after each harvest, indicating that there was differential uptake of nutrients by the plant possibly related to the remaining production in the plant.

Keywords: *Capsicum annun* L., Potassium, Fertigation Management, Greenhouse

1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annun* L.) é uma das hortaliças de fruto de maior importância econômica no Brasil e no mundo. Está entre as três espécies mais cultivadas sob ambiente protegido no Brasil, principalmente na região sudeste, onde está concentrada a maior produção desta hortaliça, principalmente na região de Reginópolis - SP, onde se concentram aproximadamente 3.500 pequenos produtores desta hortaliça. Em 2013, no Estado de São Paulo, a produção de pimentão foi de 100.995,14 toneladas em uma área de cultivo de 2.197 ha (IEA, 2015).

O pimenteiro também pode ser cultivado em campo aberto, porém o cultivo em ambiente protegido tem sido muito difundido por apresentar inúmeras vantagens como eficiência no uso da água, maior produção e qualidade do produto, oferta de produtos o ano todo, melhor utilização dos fatores de produção, como fertilizantes e defensivos agrícolas, e também o controle parcial ou total dos fatores climáticos (FILGUEIRA, 2008).

Atualmente, com a demanda por produtos de alta qualidade e a conscientização da preservação do meio ambiente, os produtores têm buscado novas tecnologias e o aprimoramento das práticas do manejo agrícola, em especial no cultivo das

hortaliças, como o pimenteiro, inserindo o plantio em substrato e o uso da fertirrigação em seus sistemas de cultivo.

O cultivo em substratos com a utilização da fertirrigação promove o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos, pois possibilita maior uniformidade e controle na aplicação da água e dos nutrientes, economia de fertilizantes e redução da mão de obra, além de diminuir os impactos ambientais causados pela lixiviação destes (FAQUIN et al., 1996; STANGHELLINI et al., 1998; HAO et al., 2000; DUMAS et al., 2003; ELOI et al., 2007). No entanto, apesar de ser um sistema vantajoso alguns problemas ainda podem ser gerados no cultivo do pimenteiro, uma vez que produtores e técnicos fazem recomendações e aplicações excessivas de fertilizantes. Um dos motivos desse uso excessivo e despreocupado é o custo relativamente baixo dos fertilizantes quando comparado ao custo total gasto durante o ciclo de cultivo em ambiente protegido. Como resultado desse excesso de adubação é comum observar problemas de salinidade no solo/substrato com efeitos negativos na produtividade e na qualidade do produto final, provocando desequilíbrios fisiológicos, e como, consequência o aumento da incidência de pragas e doenças, bem como a diminuição do ciclo da cultura.

No cultivo do pimenteiro, o potássio é um dos macronutrientes mais exigidos pela cultura, e, portanto, os adubos potássicos são de extrema importância e bastante usados durante todo o ciclo. Dentre os fertilizantes potássicos, o KCl é o adubo mais comumente utilizado entre os produtores, porém com maior potencial de salinidade em comparação a outros fertilizantes potássicos como o K_2SO_4 . Portanto, a escolha da fonte potássica e a aplicação da dose ideal de potássio no cultivo do pimenteiro em ambiente protegido pode ser uma alternativa para evitar a ocorrência da salinidade, além de outros problemas que o manejo inadequado da fertirrigação pode acarretar para a lavoura. Além disso, alguns métodos alternativos e práticos que auxiliam no manejo nutricional da cultura, como a medida indireta do teor de nitrogênio nas plantas, as medidas diretas e em tempo real dos teores de NO_3^- e de K^+ na solução do substrato e na seiva das plantas, podem contribuir para melhorar e aumentar a eficiência da fertirrigação no cultivo do pimenteiro em ambiente protegido, contribuindo para o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do incremento da adubação potássica, utilizando diferentes fontes e doses potássicas, na produção dos frutos de pimenteiro fertirrigado cultivado em substrato sob ambiente protegido, buscando métodos práticos para tornar o manejo nutricional mais eficiente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pimenteiro

O pimenteiro, tipicamente de origem americana, pertence à família *Solanaceae*, gênero *Capsicum*. É uma planta autógama, arbustiva que exige o sistema de tutoramento das plantas devido à alta produtividade dos híbridos atuais (FILGUEIRA, 2008).

Os frutos apresentam diferentes formas e tamanhos e são fontes importantes de antioxidantes naturais como os carotenoides e vitaminas E e C (REIFSCHNEIDER, 2000). Os híbridos de frutos coloridos possuem maior valor agregado do que os de coloração verde, proporcionando ao produtor maior lucratividade com a cultura. O custo de produção desses frutos é maior, devido, entre outros fatores, ao extenso período para a maturação dos frutos, principalmente quando produzidos no inverno (CERQUEIRA-PEREIRA et al., 2007).

O cultivo do pimenteiro ocorre em quase todas as regiões do Brasil, concentrando-se principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais. É cultivado em regiões tropicais e temperadas, sendo que dentre os fatores climáticos a temperatura tem influência direta em algumas funções vitais para a planta tais como: germinação, transpiração, respiração, crescimento, floração e frutificação. As plantas são termófilas e o

intervalo ideal de temperatura para o seu desenvolvimento está entre 16° e 28 °C, sendo uma espécie exigente em termoperiodicidade, ou seja, requer variação de temperatura entre o dia e a noite de 7 a 10 °C (TIVELLI, 1998).

2.2 Fertirrigação

No cultivo protegido, a técnica de adubação mais utilizada é a fertirrigação que consiste na aplicação dos fertilizantes juntamente com a água de irrigação. De acordo com Cadahia (1998), a fertirrigação é considerada como o fator de maior influência no incremento da produção agrícola. Apresenta como vantagem economia do uso da água e de fertilizantes (PAPADOPOULOS, 1999), proporcionando maior eficiência de seu uso pelas plantas (LOCASCIO et al., 1989; PHENE et al., 1991), pois propicia flexibilidade na aplicação e no parcelamento de nutrientes de acordo com a exigência nutricional em cada estágio fenológico da cultura, contribuindo para o aumento da produtividade e da redução do impacto ambiental.

Quando a fertirrigação é realizada por meio do sistema de irrigação por gotejamento e manejada corretamente apresenta maior economia e eficiência, pois a solução é aplicada na zona ativa das raízes, onde a solução do solo/substrato está sendo absorvida. Dessa forma, a perda de fertilizantes por lixiviação e a ocorrência da salinização são menores (VILLAS BÔAS et al., 2002), ou seja, na fertirrigação o nutriente é absorvido de forma mais eficiente em relação à adubação convencional.

A fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima aos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. Assim, a quantidade de nutrientes deve ajustar-se às necessidades da cultura de acordo com cada estágio do seu desenvolvimento. Contudo, no manejo da água não deve haver variações bruscas do potencial mátrico do substrato, principalmente nos períodos de elevada demanda evaporativa da atmosfera (ANDRIOLO et al., 1999).

2.3 Substrato

O aumento na demanda por hortaliças de alta qualidade e que possam ser comercializadas durante o ano todo tem contribuído para o investimento em novos sistemas de cultivo, visando uma produção adaptada a diferentes regiões e condições climáticas (CARRIJO et al., 2004). Para o cultivo de hortaliças, em diferentes regiões do país, existem várias tecnologias que podem ser recomendadas, dentre elas o uso de substratos, para promover melhor relação custo/benefício (LIZ; CARRIJO, 2008).

O uso de substratos propicia o manejo mais adequado da água, a aplicação de nutrientes em concentrações e épocas apropriadas, a redução do risco de salinização do meio radicular e a ocorrência de problemas fitossanitários, promovendo benefícios na produção e na qualidade do produto final (ANDRIOLO et al., 1999).

O substrato deve apresentar algumas propriedades físicas e químicas intrínsecas importantes para sua utilização como boa capacidade de retenção de água (na faixa de 1 a 5 kPa), alta disponibilização de oxigênio para as raízes, capacidade de manutenção da proporção correta entre fase sólida e líquida, alta capacidade de troca catiônica (CTC), baixa relação C/N, entre outras (FERNANDEZ; GOMES, 1999; MARTINEZ; BARBOSA, 1999; MARTINEZ, 2002).

O sucesso do cultivo em substrato depende da otimização de diversos fatores, dentre os quais se destacam a combinação das práticas de irrigação e nutrição das plantas (ANDRIOLO et al., 1999).

O manejo dos fertilizantes está fortemente ligado ao sistema de irrigação, assim a concentração dos nutrientes na água de irrigação deve ser sintonizada com a demanda da cultura. Contudo, apesar do cuidado na aplicação, a evaporação da água do substrato causa facilmente o acúmulo de nutrientes na camada superior, reduzindo a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Portanto, o suprimento dos nutrientes também deve ser ajustado a este fenômeno. Esse acúmulo também é afetado pelo manejo da irrigação, assim manter a umidade regular nas camadas superiores do substrato diminui a evaporação da água e com isso o acúmulo de sais (SONNEVELD; VOOGT, 2009).

2.4 Solução Nutritiva

Algumas características dos nutrientes como solubilidade, mobilidade e salinidade devem ser consideradas, pois à medida que os sais se acumulam no solo, as raízes apresentam maior dificuldade em absorver água, necessitando de maior energia, possivelmente desviando de processos metabólicos essenciais (VILLAS BÔAS et al., 1999), ocasionando a diminuição da produção (SONNEVELD; WELLES, 1988; ADAMS; HO, 1989; ADAMS, 1991) e algumas desordens fisiológicas nos frutos (LI; STANGHELLINI, 2001).

A composição da solução nutritiva utilizada no cultivo em substrato deve ser determinada em função da curva de absorção dos nutrientes pela planta e das interações entre os íons que as compõem (LOPEZ; ALONSO, 1998; ALPI; TOGNONI, 1999; CAÑADAS, 1999), podendo ocorrer antagonismos e/ou imobilizações de nutrientes (ANDRIOLO et al., 2003). O potencial osmótico, mensurado pela condutividade elétrica, e o pH são importantes fatores a serem considerados na composição da solução nutritiva, existindo uma relação linear entre esses fatores (SONNEVELD; STRAVER, 1994).

De acordo com Martinez (2002) o controle do pH é importante para a manutenção da integridade das membranas e para evitar a precipitação de micronutrientes como ferro, boro e manganês ou o macronutriente fósforo. Já a condutividade elétrica encontra-se diretamente associada à concentração iônica e à absorção dos nutrientes pela cultura ao longo do seu ciclo de produção (MARSCHNER, 1995).

Para aplicação precisa de nutrientes a formulação da solução nutritiva é importante (SONNEVELD; STRAVER, 1994). Estas soluções devem manter o nível de nutrientes ideal no substrato para a cultura de acordo com as condições de cultivo, sendo definidas em relação às condições climáticas, aos padrões de irrigação e aos estádios de desenvolvimento da cultura. Assim, por exemplo, a relação K:Ca tem sua absorção aumentada durante a fase reprodutiva em hortaliças de frutos (VOOGT, 2002). A variação na absorção dos nutrientes pelas plantas está relacionada com a taxa de crescimento que, por sua vez, está relacionada com a radiação solar. Assim, a absorção de nutrientes diária varia fortemente com a radiação (DE GRAAF; ESMEIJER, 1998).

2.5 Potássio na cultura do pimentão

A exigência do potássio, para a cultura do pimentão, é a mais alta entre nutrientes catiônicos (OLSEN et al., 1993; NEGREIROS, 1995; FONTES et al., 2005), contribuindo com até 6% da massa seca da planta (Shabala, 2003), sendo fator chave para a qualidade dos frutos (HARTZ et al., 1999). O potássio desempenha importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais, controlando a abertura e fechamento dos estômatos, além de ser responsável pela ativação de enzimas envolvidas na fotossíntese e na respiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Adubações excessivas, com o aumento da absorção e acúmulo de K na planta, promovem redução do potencial osmótico e aumento da absorção de água, o que causa diluição dos teores de matéria seca e de amido nos tubérculos de batata (REIS JR.; FONTES, 1999). Doses altas de potássio podem causar quedas na produção e qualidade de frutos devido à competição com o Ca e o Mg pelo sítio de absorção, gerando desbalanço nutricional e dificuldade de absorção de água pela planta (MARCHNER, 1995). O incremento da concentração de potássio na solução nutritiva apresenta efeito depressivo na absorção de Mg, porém o inverso não ocorre (FONSECA; MEURER, 1997; JONES JR., 2005).

Em pimenteiro, tem sido observado que o aumento dos níveis de K acarreta aumento considerável da incidência de podridão apical nos frutos (BENZIONI; GOLAN, 1992). No entanto, De Kreij et al. (1999) observaram que as rachaduras nos frutos foram reduzidas com o aumento dos níveis de K.

Elevada absorção de potássio, particularmente na presença de níveis elevados de nitrogênio, tem sido relatada (OLSEN et al., 1993). Para o pimentão, o NO_3^- é geralmente a fonte preferida de N, mas a substituição de parte de NO_3^- por NH_4^+ poderia aumentar o crescimento da planta e a produção de frutos em situações de baixa intensidade de luz ou de baixa temperatura (ZORNOZA et al., 1988). Entretanto, o aumento de NH_4^+ , diminui a absorção de potássio pelo pimentão, mas só em condição de alta intensidade luminosa relacionada com a redução da produção (ZORNOZA et al., 1988; MARTI; MILLS, 1991).

O efeito benéfico do potássio pode ser observado de formas diferentes em diversas hortaliças. Por exemplo, a adubação potássica aumenta o teor de sólidos solúveis, a espessura e a resistência da casca de melancia (SUNDSTROM; CARTER, 1983). No tomateiro, o potássio aumenta o conteúdo de vitamina C, acidez total

e açúcares dos frutos (FONTES et al., 2000). O efeito positivo do K na qualidade dos frutos de pepino, tomate, berinjela e pimentão, cultivados em hidroponia, mostra a importância da adubação potássica no cultivo dessas hortaliças (SONNEVELD; WELLES, 1988; KREIJ, 1999).

2.6 Fertilizantes potássicos: KCl e K₂SO₄

O KCl frequentemente é a fonte potássica mais usada no cultivo das hortaliças, principalmente, devido ao seu baixo custo. Porém, apresenta alto poder salino que pode comprometer o crescimento e a distribuição das raízes, afetando a absorção de água e nutrientes, pois diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera. Aplicações de doses elevadas e contínuas de KCl no solo podem também elevar o conteúdo de cloreto na planta, conduzindo a uma clorose e posterior necrose das folhas. As plantas podem conter em média de 2 a 20 mg g⁻¹ de cloro na massa seca, porém a maioria requer apenas de 0,2 a 0,4 mg g⁻¹ para um ótimo crescimento, isto é, 10 a 100 vezes menos, sendo mais comum a sua toxidez do que a sua deficiência. Teores de Cl⁻ de 20 a 30 mg g⁻¹ na massa seca foram prejudiciais em folhas de plantas mais sensíveis ao cloro, como cevada, beterraba, espinafre e alface (MARSCHNER, 1995).

Os íons Cl⁻ e NO₃⁻ apresentam certa competição na absorção pelas plantas. Segundo Marschner (1995), o teor de cloreto nas plantas, especialmente nas raízes, pode ser fortemente diminuída pelo aumento da concentração de nitrato. A competição entre Cl⁻ e NO₃⁻ durante a absorção é de grande importância para a produção das culturas. O efeito competitivo do cloreto pode ser usado na diminuição do teor de nitrato em espécies de plantas, como o espinafre, que tende a acumular grandes quantidades de nitrato. Por outro lado, em solos salinos o efeito da competição de Cl⁻ na absorção do NO₃⁻ pode prejudicar a nutrição nitrogenada para as plantas. Sob estas condições, o aumento do fornecimento de NO₃⁻ pode resultar em melhoria do estado nutricional de nitrogênio para as plantas e simultaneamente prevenir a toxidez do Cl⁻ em espécies de plantas sensíveis a este íon.

Por causa das absorções catiônicas e aniônicas serem reguladas diferentemente, a interação direta entre cátions e ânions pode não ocorrer. Tudo dependerá da taxa de concentração externa e da relação com o íon acompanhante, como por exemplo, elevada concentração externa de K₂SO₄ poderá provocar diminuição na absorção do íon

potássio, que apresenta mobilidade mais lenta de absorção do que o íon sulfato (MARSCHNER, 1995).

Pauletti e Menarim (2004) observaram que a produtividade de tubérculos grandes em batata (> 42 mm) e total não foi afetada com a aplicação de doses de K na forma de sulfato de potássio, mas diminuiu com a aplicação de K na forma de cloreto de potássio. Esses mesmos autores observaram ainda que houve aumento do teor de potássio nas folhas com o aumento das doses, mas que o KCl proporcionou diminuição do teor de matéria seca (MS) dos tubérculos. O aumento do teor de potássio pode ocasionar excesso de retenção de água no tubérculo e consequentemente menor valor comercial do produto pela redução do teor de matéria seca (DAVENPORT, 2000).

Panique et al. (1997), num estudo comparativo de fontes de potássio, verificaram que o sulfato de potássio propiciou menor massa seca e tubérculos de menor tamanho em relação a aplicação do cloreto de potássio. Em espinafre as plantas adubadas com K_2SO_4 conservaram melhor a sua qualidade, pois, após quatro dias de armazenamento, apresentaram perda de umidade de 19%, enquanto as adubadas com KCl perderam 24% (ZEHLER et al., 1986).

2.7 Salinização

De acordo com Dias et al. (2007), tem-se observado a salinização do solo, principalmente em ambientes protegidos da região sudeste do Brasil. A adubação intensiva, bem como a deficiência na irrigação e a contínua evaporação da água do solo/substrato pode aumentar o teor de sais na solução do solo e prejudicar o rendimento das culturas. O padrão do acúmulo de sal é fortemente afetado pelo método da irrigação (SONNEVELD; VOOGT, 2009).

A salinidade é o principal fator ambiental limitante para o crescimento e produtividade das plantas (ALLAKHVERDIEV et al., 2000b).

Os efeitos do acúmulo excessivo dos sais solúveis no solo/substrato podem promover dificuldades de absorção de água, pela redução do potencial osmótico (tornando mais negativo), toxicidade de íons específicos e interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (DIAS et al., 2003).

Esse estresse osmótico na zona radicular promove redução do crescimento vegetativo que frequentemente coincide com a diminuição da área foliar, altura da planta e caules finos. Na água de irrigação, a excessiva concentração de Ca^{+2} , SO_4^{-2} e Mg^{+2} pode agir como sais residuais e diminuir o potencial osmótico. Nutrientes acima do nível adequado para as plantas podem ser considerados osmóticos e afetam, juntamente com os sais residuais, os processos fisiológicos nas plantas pelo ajustamento osmótico, distúrbio nutricional e toxicidade. O crescimento e a qualidade das culturas podem ser afetados tanto negativamente como positivamente, como por exemplo, a qualidade de armazenamento em frutos de pepino, morango, pimentão e tomate é melhorada com o aumento da condutividade elétrica na zona radicular (SONNEVELD; VOOGT, 2009).

Como efeito negativo, o aumento da salinidade pode ocasionar redução da absorção de cálcio (ADAMS; HO, 1990) ou inadequado transporte e redistribuição do cálcio pelo xilema (ADAMS; HO, 1992). Dessa forma, a máxima produtividade às vezes conflita com o nível ótimo de qualidade. Porém, para o cultivo em ambiente protegido, o padrão de alta qualidade é o objetivo a ser alcançado para se competir com produtos oriundos de campo aberto (SONNEVELD, 1995).

Em condições de estresse salino, a coloração das folhas de pimentão pode tornar-se verde-azulada escura, com maior espessura e cerosidade. Nas raízes pode haver diminuição do alongamento e suberização, afetando a absorção de água, com a consequente redução da produtividade (CRUCIANI, 1987).

2.8 Monitoramento nutricional

Para diminuir os efeitos negativos da salinidade, uma técnica usada é a aplicação de lâminas de lixiviação o que, no entanto, provocaria perda de nutrientes. Por isso, o mais adequado é o uso de técnicas de manejo que previnam a aplicação excessiva de fertilizantes e evitam a aplicação das lâminas de lixiviação (DIAS et al., 2007).

Dessa forma, o monitoramento constante das condições do solo/substrato e do estado nutricional das plantas é uma das alternativas para a prevenção da aplicação em excesso de fertilizantes. Para Jimenez et al. (2006), este monitoramento é efetuado por meio das análises de solo e foliar, sendo estas análises efetuadas somente

quando identificado algum problema durante o ciclo da cultura. Devido ao custo e ao tempo de manipulação das amostras até a obtenção dos resultados, torna-se necessário a adoção de métodos práticos que possibilitem a obtenção de resultados rápidos para facilitar a tomada de decisão no manejo da adubação.

A análise da “seiva” é um método que consiste na análise do líquido extraído dos tecidos condutores da planta. Nesta análise obtém-se o extrato de uma parte específica da planta (geralmente o pecíolo), que pode ser analisado em laboratório ou no próprio campo, utilizando kits específicos para análise de NO_3^- e K^+ (GODOY et al., 2010). A análise da seiva por ser pontual, possibilita a determinação do estado nutricional da planta no momento da coleta da amostra, enquanto que a análise das folhas representam o acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo (HERNANDO; CADAHÍA, 1973). A análise da seiva é utilizada em outros países, sendo que, nos Estados Unidos, Hochmuth (1994) recomenda faixas adequadas de concentrações de N-NO_3 e K^+ para as culturas do melão, pepino, berinjela, pimentão, batata, abóbora, tomate e melancia, nas diferentes fases de desenvolvimento. Na Espanha, o método é aplicado em diversas culturas como tomate, pimentão, melão, morango, trigo, milho, rosa, cravo, feijão, beterraba, cana-de-açúcar e citros (CADAHÍA; LUCENA, 2005). No Brasil, a análise da seiva foi utilizada como método de avaliação do estado nutricional de hortaliças, em culturas como alface (FREIRE et al., 2008), batata (MOREIRA et al., 2011), pimentão (SILVA, 2002), repolho (MOREIRA; VIDGAL, 1996), rúcula (PURQUEIRO, 2005) e tomate (FOLEGATTI et al., 2005; ABRAHÃO, 2011; FERREIRA; FONTES, 2011).

Segundo Gerendás; Pieper (2001) é possível avaliar a necessidade de nitrogênio nas plantas, por meio de testes rápidos, como o do nitrato no pecíolo e a avaliação indireta do teor de clorofila. Como o nitrogênio faz parte da molécula de clorofila, a avaliação da necessidade deste nutriente pela planta poderia ser determinada pela mensuração indireta do teor de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997). Dessa forma, o teor de clorofila nas folhas pode ser usado como um indicador do teor de nitrogênio nas plantas.

Um destes medidores de clorofila portátil é o SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development), que apresenta fácil manuseio, permitindo avaliações no campo de cultivo. O SPAD-502 avalia dois comprimentos de onda, um de alta absorbância, na região do vermelho, a 650 nm (absorção de luz pela molécula de clorofila) e outro na região do infravermelho, a 940 nm, na qual ocorre à máxima transmitância. Com estes dois valores, o

medidor calcula um número ou índice SPAD que, normalmente é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha, a qual está relacionada ao conteúdo de nitrogênio foliar (MARKWELL et al., 1995; GUIMARÃES et al., 1999; BUZETTI et al., 2008).

A absorção dos nutrientes N, P e K pelas plantas ocorre na forma iônica dos mesmos, que estão dissolvidos na solução do solo/substrato. Assim, o conhecimento da composição da solução do solo/substrato pode ser outra alternativa de análise para estimar a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas.

Através do monitoramento da solução do solo é possível obter informações que auxiliem na tomada de decisão no manejo da adubação, atentando-se para as quantidades de fertilizantes necessárias no momento da fertirrigação, principalmente no caso do N e do K (SILVA, 2002).

Existem vários métodos para extração da solução do solo, entre eles a utilização de extratores providos de cápsulas porosas (WOLT, 1994). Os extratores de solução do solo são recomendados para cultivo protegido, pois tem proporcionado bons resultados quanto ao manejo da salinização do solo (DIAS et al., 2006).

Alguns trabalhos têm avaliado o manejo da adubação do pimenteiro com base em resultados da solução do solo. Dias (2002) testou o manejo da adubação em níveis de condutividade elétrica, e observou que a determinação da concentração de nitrato e potássio na solução do solo é feita com excelente precisão com o auxílio dos extratores de solução, permitindo solucionar desequilíbrios nutricionais ao longo do ciclo da cultura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), no município de Botucatu/SP, cujas coordenadas planas são: $x = 763.218,126$ m, $y = 7.471.148,725$ m e altitude de 817,738 metros no Datum SAD 69. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido, e a temperatura mais quente do ano superior a 22°C (CUNHA; MARTINS, 2009).

4.2 Ambiente protegido

A estrutura protegida utilizada foi do tipo arco com 7,0 m de largura e 25 m de comprimento, com altura do pé direito de 3,0 m, coberta com plástico anti-UV e termodifusor, janelas superiores (abertas pela manhã e fechadas ao final da tarde) para

controle da temperatura interna, nebulizadores para controle da umidade relativa do ar, bem como o uso de tela termo-refletora na altura do pé direito, para permitir o controle da luminosidade. O solo da estufa era de piso concretado e as laterais cobertas com tela.

4.3 Dados meteorológicos

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados diariamente por uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific Inc. modelo CR23X com termohigrômetro Vaisala modelo HMP45C instalada no centro do experimento (Figura 1).

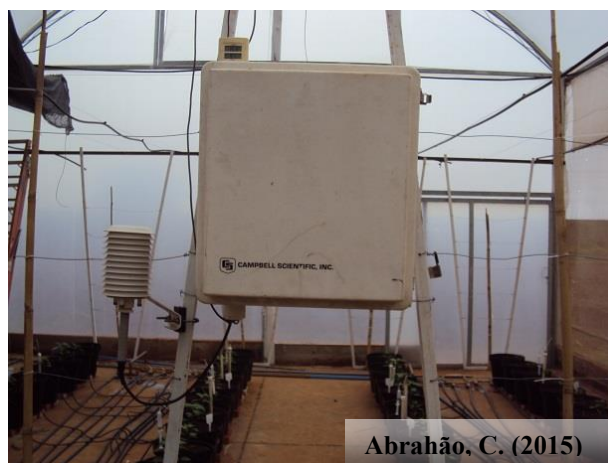


Figura 1. Estação meteorológica automática.

Os dados diários médios de temperatura máxima e mínima estão apresentados na Figura 2.

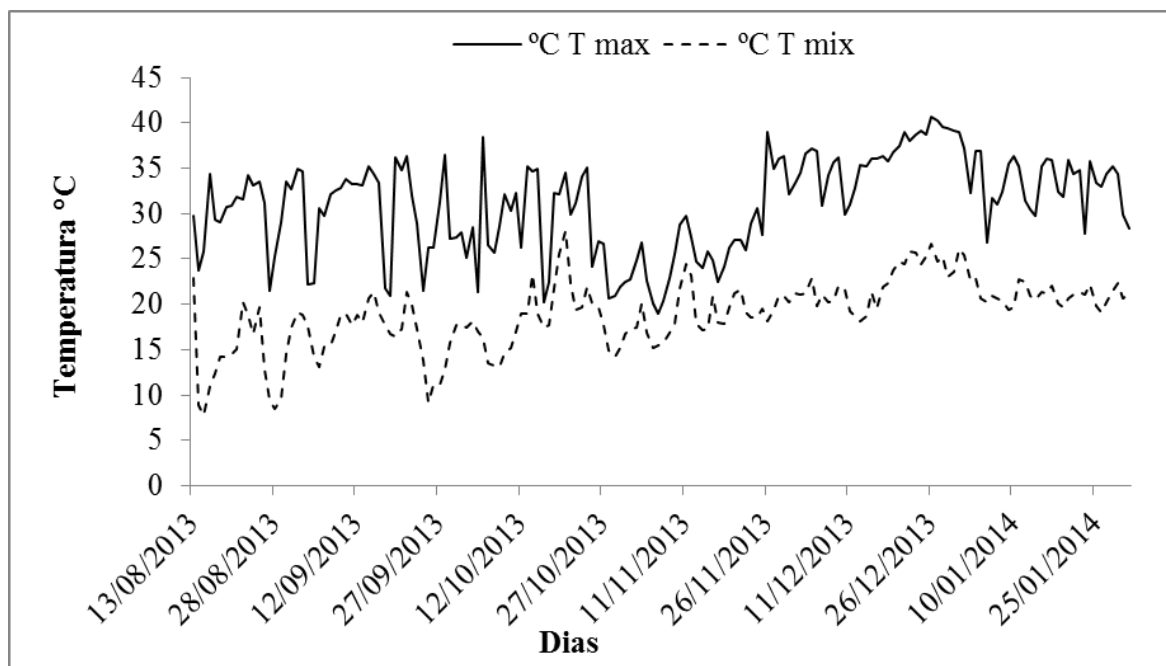


Figura 2. Temperatura máxima e mínima durante o ciclo de cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2014.

Verificou-se maiores valores médios de temperatura máxima ($36,5^{\circ}$) no mês de dezembro, e menores valores médios de temperatura mínima nos meses de agosto e setembro, sendo $17,4^{\circ}\text{C}$ e $16,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Na Figura 3 encontram-se os valores médios mensais da umidade relativa do ar, sendo verificado os maiores valores de umidade relativa máxima (85%) e mínima (40%) no mês de janeiro. Observou-se durante todo o ciclo do cultivo do pimenteiro híbrido Platero que o valor médio diário da umidade relativa do ar ficou dentro da faixa de valores (50 a 70%) considerados ideais por Tivelli (1998) para o desenvolvimento do pimenteiro em ambiente protegido. Porém, foi verificado a ocorrência de oídio (*Oidiopsis taurica*) nos meses de dezembro e janeiro devido a ocorrência da doença ser favorecida pela baixa umidade relativa (40 a 90%) (LOPES e ÁVILA, 2003) e temperaturas elevadas. A baixa umidade relativa do ar em conjunto com as elevadas temperaturas promoveram também a baixa fixação dos frutos, contribuindo para uma diminuição da produção no final do ciclo.

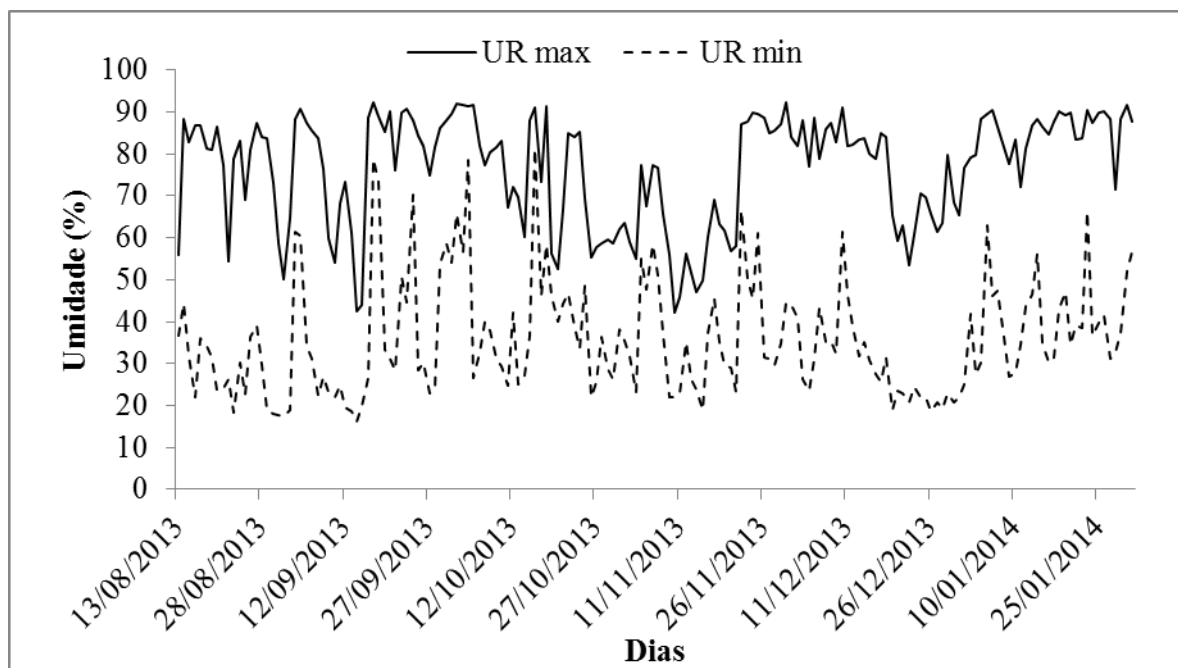


Figura 3. Umidade relativa do ar máxima e mínima durante o ciclo de cultivo do pimenteiro Platero. Botucatu, SP. 2014.

4.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, constituindo 9 tratamentos, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes potássicas (cloreto de potássio e sulfato de potássio), 4 doses de potássio (125, 250, 375 e 500 mg L⁻¹) e mais o controle, sem adição de K durante o ciclo de cultivo, (0 mg L⁻¹).

A porcentagem dos nutrientes da solução aplicada seguiu a recomendação de Goto e Rossi (1997). Foram utilizadas mudas de pimenteiro pé franco do híbrido Platero, sendo as parcelas constituídas por 3 plantas, uma por vaso.

4.5 Características do híbrido utilizado no experimento

O híbrido Platero pode ser cultivado o ano todo em ambiente protegido, apresenta plantas vigorosas com porte de 180 a 240 cm, seus frutos são de formato retangular alongado com 3 a 4 lóculos, apresentando coloração verde/vermelho intenso e brilhante.

As plantas desse híbrido apresentam resistência/tolerância para: *Phytophthora capsici* (murchadeira, canela preta), TMV (vírus do mosaico do tabaco), PVY (vírus "Y" da batata), PeMoV (vírus mosqueado do pimentão), TEV (vírus "ETCH" do tabaco), STIP (risca do pimentão - distúrbio fisiológico), PMMV (vírus mosqueado suave do pimentão), M B 1,2,3 (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* raças 1, 2 e 3), *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* (SYNGENTA, 2013).

4.6 Instalação do sistema de irrigação

Para a realização da irrigação foram usados quatro conjuntos moto-bomba de 0,25 CV, que alimentavam as linhas de irrigação (4 tratamentos por vez), realizada com gotejadores autocompensantes com vazão nominal de 2 L h^{-1} . Para garantir eficiência e a exatidão da aplicação da solução nutritiva, foram instalados reguladores de pressão e manômetros, bem como filtros de discos para evitar entupimentos dos botões gotejadores. Os fertilizantes foram aplicados através de soluções nutritivas que eram preparadas uma vez por semana em reservatórios distintos de 90 L, respeitando a compatibilidade dos fertilizantes, e aplicadas separadamente para cada tratamento, sendo controladas através de registros. Os reservatórios e a água de irrigação eram abastecidos por uma caixa d'água de 1000L (Figura 4). Todos os reservatórios eram compostos por flanges instaladas na parte de baixo destes, evitando assim o acúmulo de sais e possibilitando utilizar toda solução nutritiva preparada e armazenada.



Figura 4. Reservatórios e caixa de água usados para a fertirrigação.

4.7 Manejo do Sistema

4.7.1 Manejo do substrato

A caracterização física do substrato Carolina Soil[®] foi realizada no Laboratório de Pesquisa de Física do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – FCA), Campus de Botucatu, SP.

Foram determinadas as características físicas de densidade do material e capacidade de retenção de água e consequentemente a relação entre sólidos - ar - água, segundo metodologia descrita por Brasil (2007).

O substrato apresentou densidade seca de $223,65 \text{ kg m}^{-3}$.

Com base na análise de capacidade de retenção de água pôde-se caracterizar a relação entre sólidos - ar - água (Figura 5).

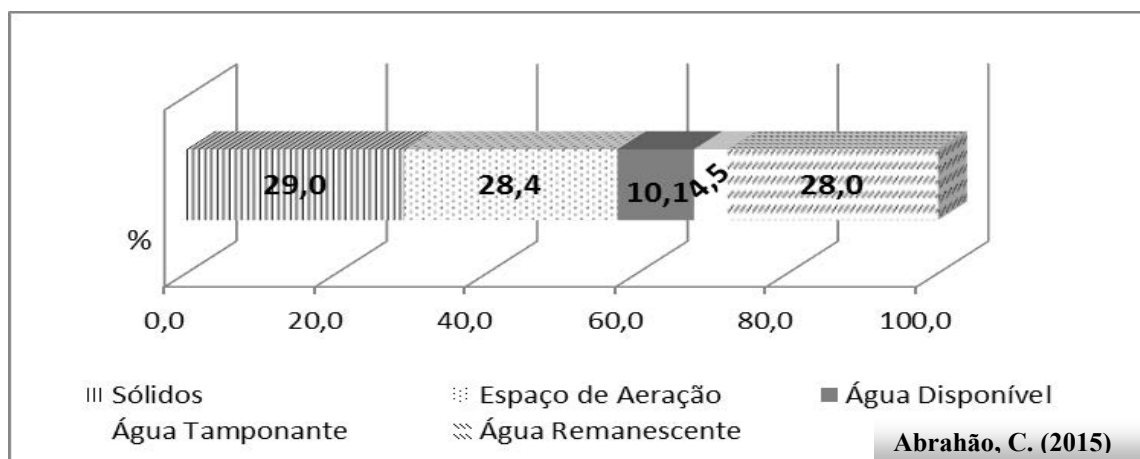


Figura 5. Relação sólidos – ar – água (%) do substrato Carolina Soil[®] utilizado no cultivo do pimentão híbrido Platero.

4.7.2 Manejo da irrigação

Para o manejo da irrigação foram instalados tensiômetros a 15 cm de profundidade e a 5 cm de distância da planta, sendo utilizado um vaso de cada tratamento nas quatro repetições. Foram realizadas leituras diárias para auxiliar na tomada de decisão da irrigação. O cálculo da reposição diária de água foi baseado na capacidade de água do substrato, portanto, quando os tensiômetros atingiam 10 kPa.

4.7.3 Manejo da adubação

As soluções nutritivas de todos os tratamentos apresentaram as seguintes concentrações de N, P, Ca e Mg: 169,5 mg L⁻¹, 38 mg L⁻¹, 150 mg L⁻¹ e 31 mg L⁻¹, respectivamente (Goto e Rossi, 1997). As doses de K foram: 125, 250, 375 e 500 mg L⁻¹. Já as doses de S para a testemunha e para os tratamentos os quais a fonte era KCl (branco) foram de 30 mg L⁻¹ e para os tratamentos os quais a fonte era o K₂SO₄ foram: 54, 108, 162 e 216 mg L⁻¹, respectivamente.

Em todos os tratamentos as concentrações de micronutrientes aplicadas foram: 1,48 mg L⁻¹ de Fe; 0,37 mg L⁻¹ de Mn; 0,37 mg L⁻¹ de Cu; 0,15 mg L⁻¹ de Zn; 0,37 mg L⁻¹ de B e 0,07 mg L⁻¹ de Mo.

4.7.4 Preparo das soluções nutritivas

As soluções nutritivas eram preparadas uma vez por semana a partir dos seguintes fertilizantes: nitrato de cálcio (20% Ca; 15% N); nitrato de amônio (33% N); nitrato de magnésio (9% Mg; 11% N); fosfato monoamônio (26,2% P; 11% N); sulfato de magnésio (9,5% Mg; 12% S); sulfato de potássio (41,7% K; 17% S); cloreto de potássio branco (50% K) e o produto comercial Conmicros Standard[®] que apresenta as garantias em porcentagem dos seguintes micronutrientes (B=1,82%; Cu-EDTA=1,82%; Fe-EDTA=7,26%; Mo=0,36%; Mn-EDTA=1,82%; Zn-EDTA=0,73% e Ni=0,36%).

Os fertilizantes eram dissolvidos individualmente, misturados e armazenados em reservatórios de 90 L, sendo um reservatório para cada tratamento e um reservatório de 500 L para os fertilizantes nitrogenados e micronutrientes.

Uma vez por semana eram realizadas as medições da condutividade elétrica (CE), em dS m^{-1} , e do pH, em cada solução nutritiva de cada reservatório, sendo a média parcial dos resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de condutividade elétrica (CE) e de pH para as diferentes soluções nutritivas no cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Soluções nutritivas	CE (dS m^{-1})	pH
Controle	1,02	7,44
125 mg L^{-1} K (KCl)	1,74	6,74
250 mg L^{-1} K (KCl)	2,10	6,57
375 mg L^{-1} K (KCl)	2,43	6,77
500 mg L^{-1} K (KCl)	3,02	6,93
125 mg L^{-1} K (K_2SO_4)	1,66	6,54
250 mg L^{-1} K (K_2SO_4)	1,95	6,05
375 mg L^{-1} K (K_2SO_4)	2,18	4,21
500 mg L^{-1} K (K_2SO_4)	2,46	3,35

Verificaram-se maiores valores da CE conforme o aumento das doses potássicas, sendo que a fonte KCl apresentou valores mais elevados do que a fonte K_2SO_4 devido ao seu maior potencial salino.

Em relação ao pH observou-se que não houve muitas diferenças quando a solução nutritiva foi preparada com o KCl, porém quando utilizou-se o K_2SO_4 , o

pH diminuiu drasticamente em relação ao aumento das doses de K. Essa acidez pode ter sido gerada pelo resíduo do H_2SO_4 proveniente da produção do fertilizante ($\text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$).

4.8 Condução das plantas

As mudas foram transplantadas no dia 13/08/2013 em vasos de 20 litros preenchidos com substrato da empresa Carolina Soil[®], sendo este constituído de 21,6 L de turfa de sphagnum, 14,4 L de vermiculita, 9 L de casca de arroz carbonizada e previamente adubado com 4 g L⁻¹ de calcário; 1 g L⁻¹ de gesso e 350 mg L⁻¹ do fertilizante comercial PG Mix[®] da empresa Yara (49 mg L⁻¹ de N; 56 mg L⁻¹ de P_2O_5 ; 63 mg L⁻¹ de K_2O ; 1,7 mg L⁻¹ de Mg; 0,1 mg L⁻¹ de B; 0,53 mg L⁻¹ de Cu; 0,56 mg L⁻¹ de Mn; 0,7 mg L⁻¹ de Mo; 0,33 mg L⁻¹ de Fe e 0,14 mg L⁻¹ de Zn) e 3 g L⁻¹ do fertilizante Osmocote 19-06-10 Mini Prill[®] da empresa Produquímica com liberação lenta de 3 a 4 meses (570 mg L⁻¹ de N, 180 mg L⁻¹ de P_2O_5 , 300 mg L⁻¹ de K_2O).

As plantas seguiram espaçamento de 1,40 x 0,30 m e foram conduzidas conforme recomendações de Tivelli (1999), no sistema “V” verdadeiro, sendo utilizados palanques aos pares formando um “V” ao longo das linhas, por onde foram passados fitilhos esticados horizontalmente, para a sustentação das plantas, sendo as plantas unidas a estes para correta condução das mesmas utilizando-se um alceador de fita plástica. As desbrotas foram realizadas abaixo da primeira bifurcação, sendo também retirado o primeiro fruto, no restante da planta foram mantidas todas as brotações. Os tratos fitossanitários foram realizados conforme a necessidade da cultura.

Foram efetuadas colheitas semanais, durante 4 meses, das 3 plantas de cada parcela, quando os frutos atingiam pelo menos 70% de maturação, avaliado através da mudança da coloração de verde para vermelho.

4.9 Análises de produção dos frutos

Foram realizadas colheitas semanais, e os frutos classificados em comerciais e não comerciais. Para a classificação de frutos não comerciais foram levados em consideração defeitos graves (queimado, murcho e/ou com podridão), defeitos leves (manchado e/ou deformado) e frutos com comprimento menor do que 80 mm e diâmetro menor do que 40 mm (Modificado CEAGESP).

Os frutos foram submetidos às seguintes avaliações:

- número de frutos;
- comprimento de frutos: mensurado com o auxílio de um paquímetro, sendo o valor dado em cm;
- diâmetro dos frutos: medido com o uso de um paquímetro, sempre na parte de maior calibre do fruto, com valor dado em cm;
- massa média dos frutos: medido em g com o uso de balança digital;
- produção por planta (kg).

4.10 Análise da solução do substrato

O monitoramento da concentração de íons da solução do substrato foi feito por meio de extratores de solução de substrato, sendo utilizado um extrator em um vaso por tratamento nas 4 repetições. Estes foram localizados na metade da distância entre a planta e a extremidade do vaso, instalado na metade da profundidade total do sistema radicular efetivo da planta, sendo 15 cm medidos a partir da metade da cápsula do extrator. Cada extrator era composto de um tubo de PVC, conectado em sua extremidade inferior a uma cápsula de cerâmica porosa. Na extremidade superior o extrator foi vedado com uma rolha de látex, e por esta passavam dois tubos de naylon, em um deles se aplicava o vácuo e no outro ficava conectado uma seringa por onde se coletava a solução (Figura 6).



Figura 6. Extrator de solução do substrato.

Aproximadamente 4 horas após a fertirrigação era aplicado nos extratores um vácuo de 50 kPa, com o auxílio de uma bomba de vácuo elétrica, e cerca de 2 horas após este procedimento a coleta da solução era realizada com o auxílio de uma seringa, seguindo recomendações de Salomão (2009).

As coletas de solução do substrato foram realizadas semanalmente, sendo determinados o pH por meio de peagmetro portátil, a condutividade elétrica utilizando um condutivímetro portátil e os teores de NO_3^- (medidor de íons específicos Twuim - da marca Horiba®) e K^+ (medidor portátil de íons específicos – Cardy da marca Horiba®) (Figura 7). Os equipamentos foram utilizados mediante calibração prévia de acordo com as recomendações do fabricante.



Figura 7. Medidores de pH, condutividade elétrica, K^+ e NO_3^- .

4.11 Análise química foliar

Para a análise química foliar foram coletadas aos 75 dias após o transplante (DAT) (fase vegetativa com frutos em formação) e aos 165 DAT (final do ciclo de cultivo), 2 folhas recém desenvolvidas por planta dos diferentes tratamentos. Após as coletas as folhas foram lavadas, secadas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C e moídas em moinho tipo Wiley, para as avaliações dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

4.12 Índice SPAD

A avaliação do índice SPAD foi efetuada por meio do medidor portátil Chlorophyll Meter, modelo SPAD 502, desenvolvido pela Minolta no Japão (MINOLTA, 1989). Este equipamento foi utilizado mediante calibração prévia de acordo com as recomendações do fabricante. As leituras foram realizadas em 5 folhas completamente expandidas (duas medidas de cada lado da folha) por planta, totalizando 10 leituras por planta e 30 leituras por parcela. As medições foram realizadas aos 30; 45; 75; 105; 135 e 165 DAT no período da manhã, entre às 9:00 e às 10:00 h, como utilizado por Godoy et al. (2003). A medida SPAD foi calculada pela média das leituras das três plantas de cada tratamento.

4.13 Análise da ‘seiva’

A análise da seiva das plantas foi realizada por meio do medidor portátil de íons específicos Cardy® (Horiba, Ltda, Kyoto, Japão), obtendo-se a leitura de NO_3^- e K^+ . Para essa avaliação foram coletadas, na região mediana das plantas, 9 folhas completamente expandidas por parcela. Os pecíolos e a nervura central foram separados e cortados em pedaços menores, macerados e depois colocados em uma seringa, na qual a solução obtida era aplicada sobre o medidor portátil, obtendo assim, a leitura em mg L^{-1} . As coletas e avaliações foram realizadas aos 75 e 165 DAT. Para o presente estudo foi considerado o termo ‘seiva’, porém a avaliação foi realizada por meio do macerado do pecíolo e da nervura principal.

4.14 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variância para verificar se atendiam as pressuposições do modelo matemático. Atendidas as pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância por meio de contrastes que descreviam o modelo matemático, conforme proposto no delineamento experimental. Para os dados do experimento os contrastes foram obtidos de modo que representassem como fonte de variação fonte, dose, a interação fonte e dose, e a comparação do controle vs. Tratamentos (fatorial $4 \times 2 + 1$). Adicionalmente, como zero também pode ser representado como uma dose (Piepho et al., 2006), foi realizado

contrastes para regressões polinomiais, incluindo o controle. Os coeficiente dos contrastes para cada polinômio (linear e quadrático) foram obtidos a partir das doses estudadas (0, 125, 250, 375 e 500 mg L⁻¹) utilizando o procedimento PROC IML do software SAS 9.2. A análise dos dados foi realizada por meio do procedimento PROC GLIMMIX do software SAS 9.2. Quando os fatores de variação foram considerados significativos, regressões polinomiais foram ajustadas para dose e teste t foi usado para comparação das fontes e do controle. Também se efetuou a correlação linear dos dados (Pearson) para verificar a relação entre as variáveis. A correlação foi realizada por meio do procedimento PROC CORREL do software SAS 9.2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da análise de variância para condutividade elétrica (CE) e pH da solução do substrato coletados, aos 75 e aos 165 DAT. Verificou-se que não houve diferença entre o controle e os tratamentos, fontes ou interações aos 75 DAT, entretanto observou-se um ajuste linear para dose, considerando o esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ ($CE = 0,0019x + 1,38$, $R^2 = 0,634$). Levando em consideração o zero como uma dose adicional de potássio, observou-se um ajuste linear, porém com baixo coeficiente de determinação devido, principalmente, a variação na dose 125 mg L^{-1} ($CE = 0,001x + 1,7451$, $R^2 = 0,309$). Contudo, nos dois casos de significância para dose (considerando ou não o valor zero) verificou-se um valor positivo de coeficiente angular da equação linear (0,0019 e 0,001), sendo que desse modo foi possível inferir que apesar de não verificadas diferenças entre controle e tratamentos aos 75 DAT, houve uma tendência de acréscimo no valor da condutividade elétrica da solução, sendo confirmada, posteriormente aos 165 DAT, no qual se verificou significância tanto para controle vs. tratamentos, bem como para doses.

Tabela 2. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 e aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	CE (75DAT)	pH (75DAT)	CE (165DAT)	pH (165DAT)
	Valores de F calculado			
Tratamentos	3,02*	0,26 ^{n.s.}	7,79**	1,30 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	0,04 ^{n.s.}	0,04 ^{n.s.}	16,96**	0,84 ^{n.s.}
Reg. Linear	14,39**	0,00 ^{n.s.}	41,82**	2,86 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	0,02 ^{n.s.}	0,16 ^{n.s.}	0,35 ^{n.s.}	0,58 ^{n.s.}
Fonte	0,83 ^{n.s.}	1,18 ^{n.s.}	2,37 ^{n.s.}	0,28 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0,36 ^{n.s.}	0,24 ^{n.s.}	1,01 ^{n.s.}	1,25 ^{n.s.}
Regressões considerando zero como dose de K				
Linear	4,61*	0,03 ^{n.s.}	52,4**	3,12 ^{n.s.}
Quadrática	4,31 ^{n.s.}	0,01 ^{n.s.}	1,34 ^{n.s.}	0,49 ^{n.s.}
C.V. (%)	19,5	4,6	28,2	4,4

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Observou-se que aos 75 DAT não houve diferenças quanto a adubação potássica adicional na solução nutritiva sobre a CE e o pH da solução extraída do substrato (Tabela 3), apesar da tendência de incremento observada pela significância das doses. Isso aconteceu, provavelmente, porque o substrato já apresentava uma concentração de potássio, que além de ter sido adicionado durante o seu preparo apresentava liberação lenta por 3 a 4 meses, por isso até os 75 DAT as plantas de pimentão utilizaram dessa reserva do substrato não apresentando, portanto, diferenças da solução extraída. Outro fato que pode ter ocorrido para não haver essa diferença é a absorção de luxo do potássio. No entanto, verificou-se que aos 165 DAT houve um incremento de 132% com a adubação potássica adicional em comparação com o controle, pois a reserva de potássio foi utilizada pelas plantas não havendo a reposição desse nutriente ao longo do ciclo da cultura, podendo ser observado o decréscimo da CE durante o ciclo (75 DAT vs. 165 DAT).

Tabela 3. Valores médios para condutividade elétrica (CE) e pH da solução do substrato coletada aos 75 e aos 165 DAT, em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	CE (75DAT)	pH (75DAT)	CE (165DAT)	pH (165DAT)
	dS m ⁻¹		dS m ⁻¹	
Controle	2,0	5,6	1,3	5,9
K	2,0	5,6	3,0	5,7
Diferenças	n.s.	n.s.	132%	n.s.

n.s.: refere-se a valores não significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 4 verificou-se que as fontes potássicas não afetaram significativamente os valores de CE e do pH da solução extraída do substrato durante o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. No entanto, foi observado valores maiores da CE para a fonte KCl que apresenta maior teor salino quando comparada com a fonte K₂SO₄, fato que não foi significativo, provavelmente pelo coeficiente de variação elevado para essa variável.

Tabela 4. Valores médios para condutividade elétrica (CE) e pH da solução do substrato coletada aos 75 e aos 165 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Fontes de potássio	CE (75DAT)	pH (75DAT)	CE (165DAT)	pH (165DAT)
	dS m ⁻¹		dS m ⁻¹	
K₂SO₄	1,9	5,6	2,7	5,8
KCl	2,0	5,7	3,2	5,7
Diferenças	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: refere-se a valores não significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Na figura 8 estão representadas as regressões polinomiais ajustadas as doses adicionais de K aplicadas a CE e ao pH, incluindo a dose 0. Verificou-se, aos 165 DAT, o aumento linear da CE com o aumento das doses de K ao longo do ciclo de cultivo (Figura 8 A e 8 C), e apesar de não ter havido diferenças entre as fontes, verifica-se maiores valores de CE com o uso do KCl em comparação ao K₂SO₄ que apresenta menor efeito salino. Esses resultados corroboram aos de Silva et al. (2001) que observaram os maiores valores de CE (1,1 – 1,3dS m⁻¹) com a maior dose de K (16,6 g m⁻²) aplicada como KCl, evidenciando de forma significativa o efeito salino desse fertilizante. O efeito do KCl no aumento da CE e na salinidade do solo na cultura do pimenteiro após nove semanas de cultivo foi relatado por Bernstein; Francois (1975).

Observou-se que a CE aos 75 DAT não atingiu valores considerados críticos para a cultura, porém para a fonte KCl, principalmente aos 165 DAT, os valores chegaram a 5 dS m^{-1} , valor considerado acima do limiar para o pimenteiro. Para o K_2SO_4 a CE atingiu $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. Esses resultados, de certa forma, contradizem a literatura que descreve que o KCl (116) apresenta mais do que o dobro de salinidade em relação ao K_2SO_4 (46) (TRANI et al., 2011).

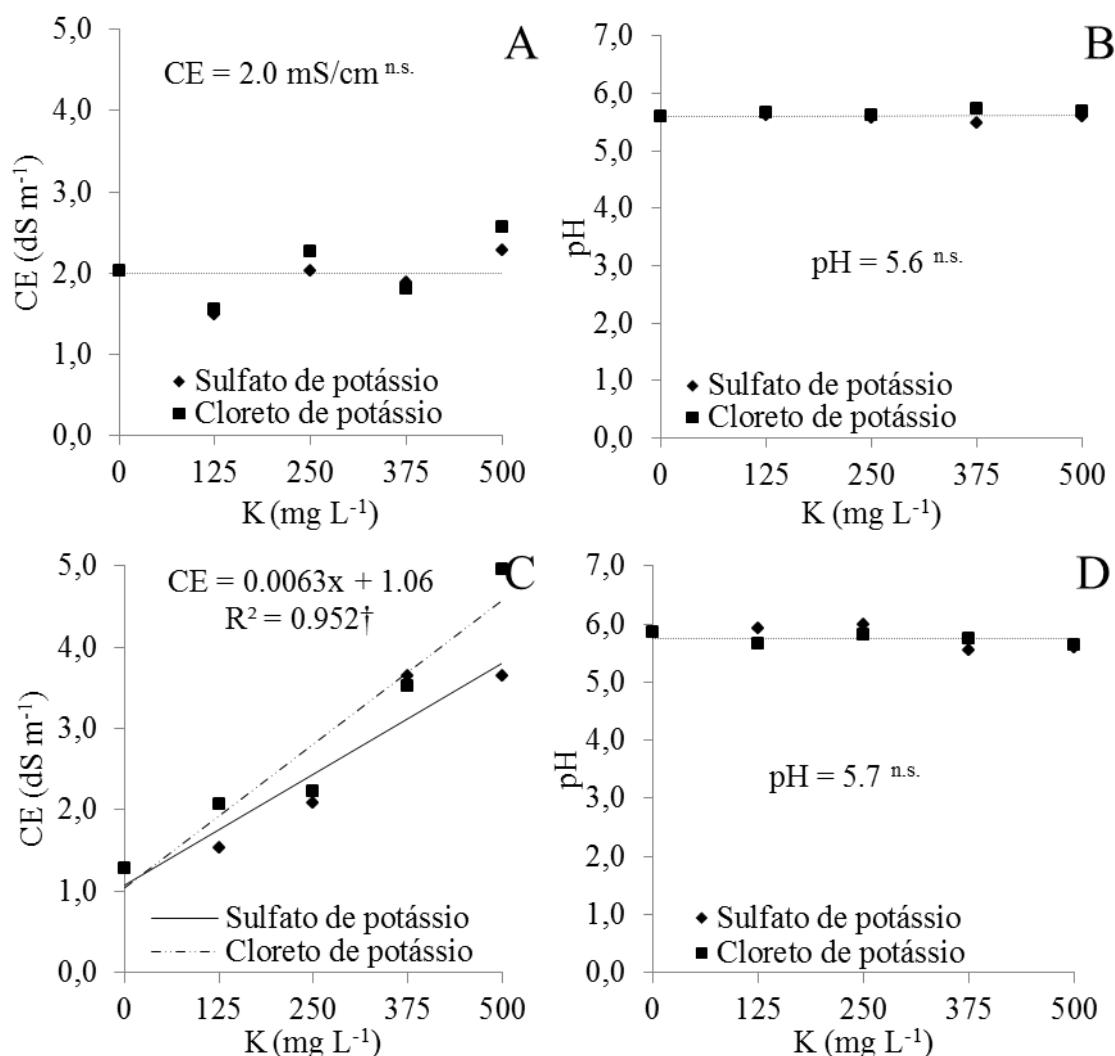


Figura 8. Condutividade elétrica (CE) e pH em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT (A;B) e aos 165 DAT (C; D). Botucatu, SP. 2015.

A Figura 9 apresenta os valores da CE obtida por meio da extração da solução do substrato ao longo do ciclo de cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Verificou-se que até os 66 DAT a CE manteve-se constante em todos os tratamentos, variando entre $1,5$ e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. Após esse período houve uma diminuição dos valores da

CE devido ao alto consumo de nutrientes pela planta, visto que esta se encontrava na fase de crescimento, formação e enchimento dos frutos de pimentão. De modo geral, pode-se dizer que o sistema permite discriminar os tratamentos, que inclusive, com poucas exceções, não acompanhou as doses e as fontes potássicas aplicadas.

Os valores da CE se tornaram crescentes após a primeira colheita dos frutos a partir dos 86 DAT até os 100 e 115 DAT, podendo observar valores maiores nas doses mais elevadas de potássio que foram fornecidos tanto pela fonte de KCl quanto pela fonte de K_2SO_4 , porém o fertilizante KCl apresentou maiores valores de CE em relação ao fertilizante K_2SO_4 , por apresentar maior índice salino. Após os 100 DAT, os valores da CE oscilaram entre os tratamentos, indicando que houve absorção diferenciada de nutrientes pela planta, possivelmente relacionada à produção pendente, ou seja, frutos que ainda não se encontravam no momento de colher e permaneceram na planta até a próxima colheita, como por exemplo, aos 115 DAT, para as doses de 125 mg L^{-1} de K da fonte K_2SO_4 e as doses de 500 mg L^{-1} de K da fonte KCl e da fonte K_2SO_4 . Em relação à testemunha observa-se diminuição da CE ao longo do ciclo de cultivo, já que não houve adubação potássica adicional durante o ciclo de cultivo.

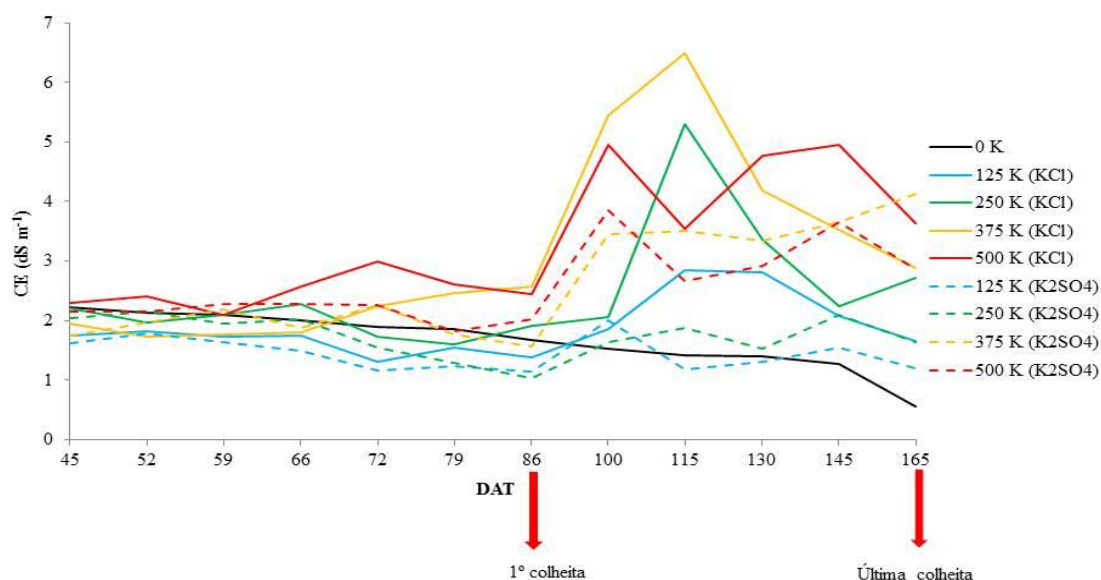


Figura 9. Condutividade elétrica da solução do substrato extraída ao longo do ciclo de cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se as análises de variância para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar das plantas de pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT e aos 165 DAT, respectivamente. Observou-se, aos 75 DAT, que não houve efeito significativo do controle vs. tratamentos sobre o nitrogênio, sendo significativo para os demais nutrientes. Porém, aos 165 DAT, verificou-se que o controle vs. tratamentos não apresentou significância somente sobre o teor de enxofre. Observou-se também que não houve efeito significativo das fontes para os nutrientes N, P e S, aos 75 DAT e para os nutrientes N, P, Ca e Mg aos 165 DAT.

Considerando o esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, verificou-se aos 75 DAT, para as doses potássicas adicionais aplicadas, ajuste linear para o potássio ($K = 0,0238x + 42,206$; $R^2 = 0,93$), e ajustes quadráticos entre os teores de fósforo ($P = 5E-06x^2 - 0,0035x + 2,8704$; $R^2 = 0,89$), cálcio ($Ca = 5E-05x^2 - 0,0394x + 23,622$; $R^2 = 0,72$) e magnésio ($Mg = 4E-05x^2 - 0,0328x + 14,1519$; $R^2 = 0,99$). Já para os 165 DAT foram verificados ajustes lineares para nitrogênio ($N = -0,0166x + 51,088$; $R^2 = 0,83$) e fósforo ($P = -0,0017x + 3,8057$; $R^2 = 0,9138$), e para o teor de K respostasquadrática ($K = -0,0001x^2 + 0,0946x + 32,077$; $R^2 = 0,99$), sendo a dose ótima encontrada igual a 473 mg L^{-1} , responsável pelo maior teor de K na massa seca foliar ($54,4 \text{ g kg}^{-1}$).

Tabela 5. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos macronutrientes da massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Valores de F calculado						
Tratamentos	0,31 ^{n.s.}	5,12**	25,32**	9,92**	18,93**	5,03**
Contr. vs. Trat.	0,22 ^{n.s.}	26,82**	118,95**	53,73**	120,54**	28,94**
Reg. Linear	0,54 ^{n.s.}	0,28 ^{n.s.}	39,02**	8,33**	9,62**	1,28 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	0,20 ^{n.s.}	7,60*	2,92 ^{n.s.}	2,59 ^{n.s.}	8,93**	0,02 ^{n.s.}
Fonte	0,96 ^{n.s.}	3,30 ^{n.s.}	21,7**	9,52**	8,3**	0,20 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0,15 ^{n.s.}	0,81 ^{n.s.}	6,45**	0,35 ^{n.s.}	1,34 ^{n.s.}	0,44 ^{n.s.}
Regressões considerando zero como dose de K						
Linear	0,00 ^{n.s.}	23,03**	157,85**	59,44**	118,5**	28,55**
Quadrática	0,27 ^{n.s.}	25,5**	46,7**	23,03**	64,63**	14,23**
C.V. (%)	8,2	8,0	6,2	14,8	13,2	5,7

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 6. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
	Valores de F calculado					
Tratamentos	5,05**	4,74**	56,52**	2,78*	13,83**	1,93 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	0,11 ^{n.s.}	8,85**	351,61**	13,48**	102,39**	3,89 ^{n.s.}
Reg. Linear	26,37**	18,18**	51,54**	0,75 ^{n.s.}	0,84 ^{n.s.}	0,77 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	6,07*	0,38 ^{n.s.}	11,17**	1,22 ^{n.s.}	2,13 ^{n.s.}	0,88 ^{n.s.}
Fonte	1,29 ^{n.s.}	1,92 ^{n.s.}	20,79**	3,76 ^{n.s.}	1,10 ^{n.s.}	6,97*
Fonte × Dose	0,85 ^{n.s.}	2,55 ^{n.s.}	1,9 ^{n.s.}	0,88 ^{n.s.}	1,12 ^{n.s.}	0,87 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K						
Linear	9,68**	0,03 ^{n.s.}	377,81**	12,13**	75,02**	4,62 ^{n.s.}
Quadrática	11,54**	21,56**	117,91**	6,72*	54,16**	0,45 ^{n.s.}
C.V. (%)	4,7	8,4	5,1	15,3	10,7	14,6

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Verificou-se nas Tabelas 7 e 8 que a adubação potássica adicional na solução nutritiva proporcionou incrementos no teor de K na massa seca das folhas do pimenteiro híbrido Platero quando comparados com o controle (sem K adicional), sendo de 102% aos 75 DAT e de 128% aos 165 DAT. Para Ca e Mg houve uma diminuição dos teores na massa seca das folhas, possivelmente pela competição entre a absorção do K com Ca e Mg ou também poderia ser o efeito da diluição desses nutrientes na planta. Aos 75 DAT, o teor de Ca diminuiu 41% e o de Mg 49%, porém houve um aumento do teor de Ca aos 165 DAT, com diminuição de apenas 27% e diminuição para o Mg de 41%. Isso pode ser explicado pelo translocamento de K para os frutos, com isso a absorção de Ca aumentaria afetando a do Mg que 'por apresentar o raio iônico maior, é o mais prejudicado na escala de absorção.

Tabela 7. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Controle	36,1	3,1	24,6	28,6	17,8	2,5
K	37,0	2,4	49,6	17,0	9,1	2,1
Diferenças	^{n.s.}	-23%	102%	-41%	-49%	-18%

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Tabela 8. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Controle	46,5	2,8	21,5	21,6	13,5	2,5
K	45,9	3,3	48,8	15,9	7,9	3,2
Diferenças	n.s.	18%	128%	-27%	-41%	n.s.

n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Aos 75 DAT as fontes potássicas não apresentaram efeito significativo para os nutrientes N, P e S, apesar deste último estar presente no K₂SO₄ (Tabela 9). Porém, aos 165 DAT houve um incremento de 16% no teor de enxofre com a aplicação de K₂SO₄ em relação a fonte KCl (Tabela 10). Observou-se que com o uso do KCl, aos 75 DAT, houve um decréscimo no teor de K de 9% na massa seca foliar das plantas do pimenteiro, enquanto que houveram incrementos para os teores de Ca (20%) e Mg (16%), mais uma vez podendo ser explicado a absorção por competição entre esses nutrientes monovalentes e divalentes, no qual o baixo teor de K na massa seca foliar, explica os maiores valores de Ca e de Mg (Tabela 10).

Tabela 9. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fontes de potássio	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
K₂SO₄	36	2,50	52,1	15	8,4	2,08
KCl	38	2,35	47,2	18	9,8	2,05
Diferenças	n.s.	n.s.	-9%	20%	16%	n.s.

n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

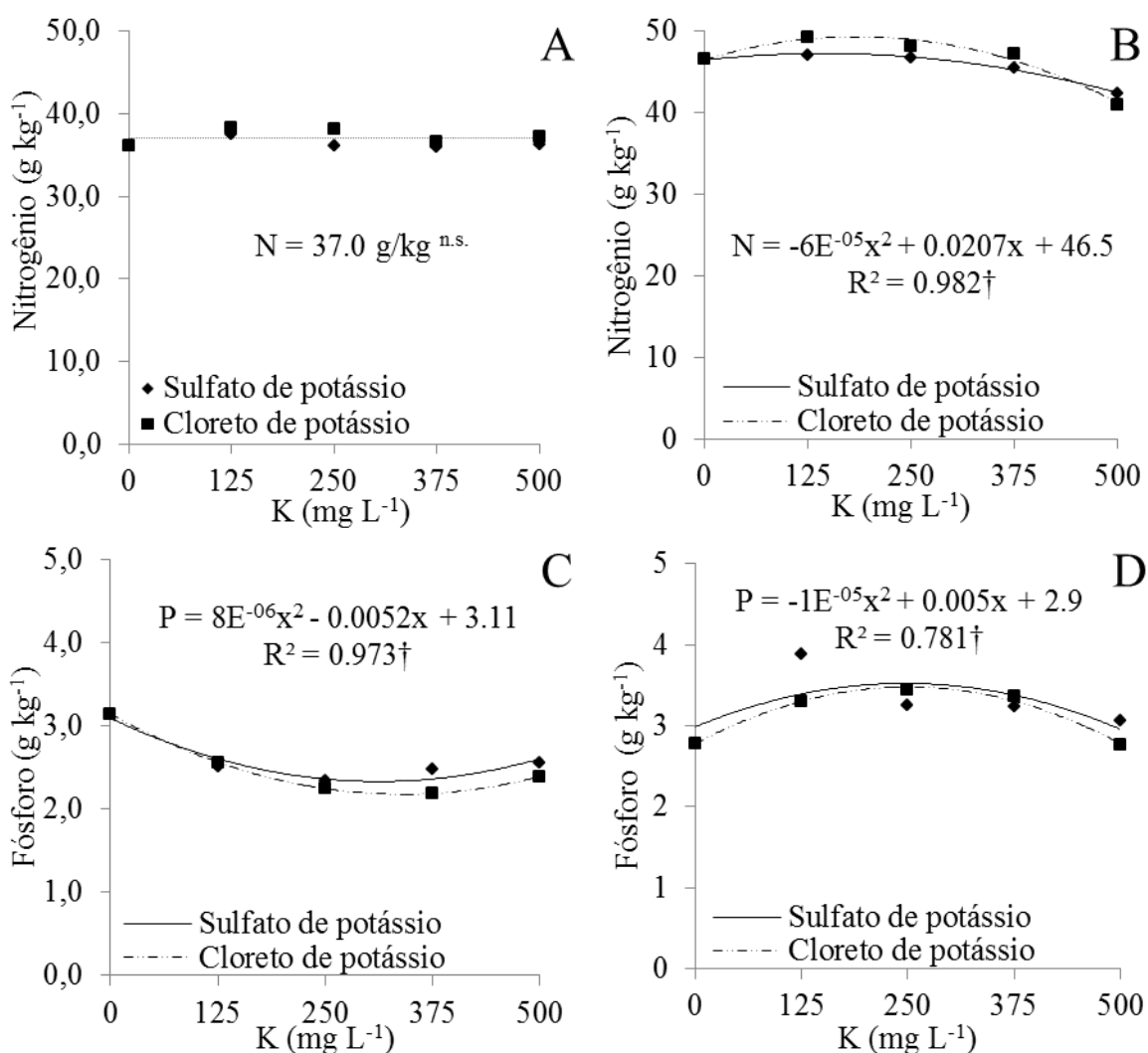
Tabela 10. Valores médios para os teores dos macronutrientes na massa seca foliar, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

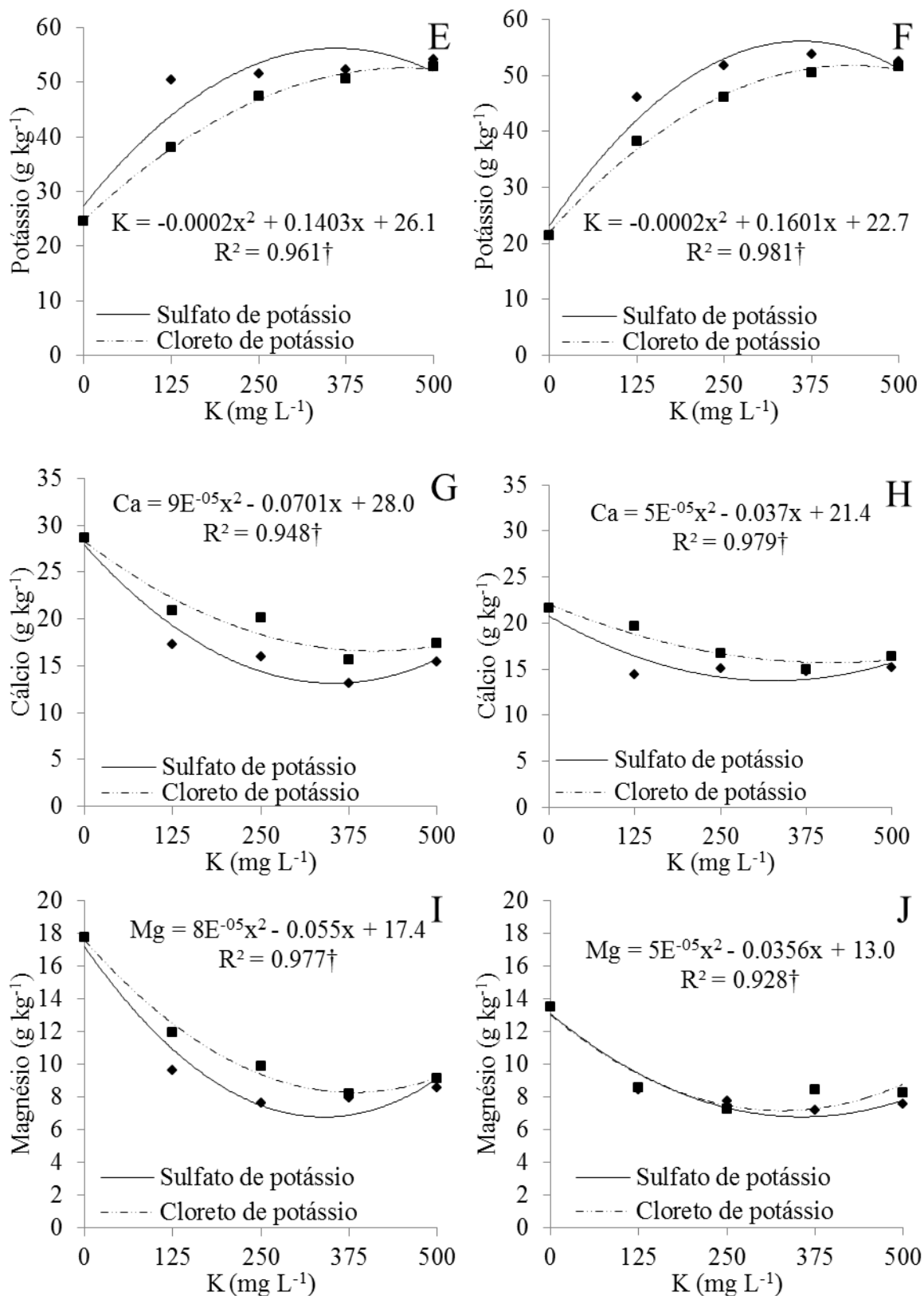
Fontes de potássio	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
K₂SO₄	45	3,4	51,08	15	7,7	3,50
KCl	46	3,2	46,61	17	8,1	2,95
Diferenças	n.s.	n.s.	-9%	n.s.	n.s.	-16%

n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Na figura 10 encontram-se as regressões polinomiais ajustadas as doses potássicas adicionais aplicadas para os teores de macronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 e aos 165 DAT, incluindo a dose 0, conforme proposto nas análises estatísticas, para o cálculo da dose ótima de K (Piepho et al., 2006).

Verificou-se que os teores foliares de todos os macronutrientes se encontram na faixa considerada adequada por Raij et al. (1997), com exceção do P aos 75 DAT. Faixas semelhantes, em g kg^{-1} , foram reportados por Reuter; Robson (1997): N = 40-60; P = 3,5-10; K = 40-60; Ca = 10-25; Mg = 3-10.





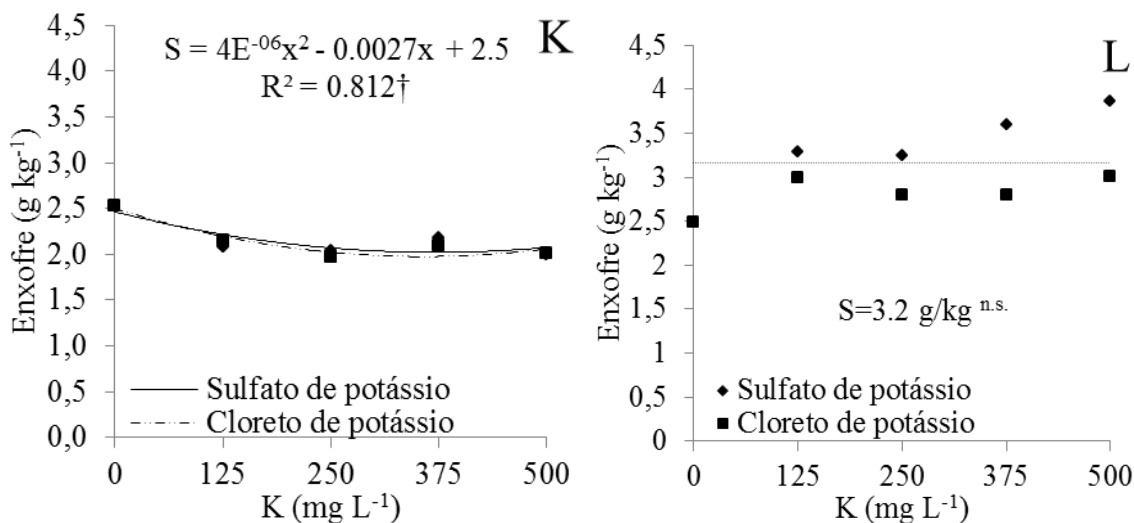


Figura 10. Teores de Nitrogênio (A; B), Fósforo (C; D), Potássio (E; F), Cálcio (G; H), Magnésio (I; J) e Enxofre (K; L) na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero em função de doses e fontes de K na solução nutritiva, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente. Botucatu, SP. 2015.

Observou-se que os teores médios de N estão dentro da faixa (30-60 g kg⁻¹) considerada adequada por Raij et al. (1997). Observaram-se maiores teores de N aos 165 DAT podendo ser explicado pelo aumento de N no substrato pela adubação realizada entre os 75 e 165 DAT, assim possivelmente ocorreu uma maior absorção pela planta. A regressão apresentou uma resposta quadrática entre os teores de N e as doses adicionais de K aplicadas. A derivada desta curva mostrou a dose ótima de 172,5 mg L⁻¹, sendo a responsável pelo maior teor de N na massa seca das folhas (48,3 g kg⁻¹) (Figura 10 B).

Observou-se que os teores foliares médios de P estão dentro da faixa (3-7 g kg⁻¹) considerada adequada por Raij et al. (1997), apenas aos 165 DAT, isto pode ter acontecido devido a pouca formação de raízes até os 75 DAT ocasionados pelo alto teor de K, principalmente pela fonte KCl, afetando a sua absorção. Porém, aos 165 DAT os teores de P na massa seca foliar das plantas aumentaram em relação aos 75 DAT. O teor de P em função das doses de K ajustou-se ao modelo quadrático da regressão, sendo a dose ótima de 250 mg L⁻¹, sendo a responsável pelo maior teor de P na massa seca das folhas igual a 3,5 g kg⁻¹. A partir da dose ótima o teor de P diminuiu com a maior dose potássica aplicada (Figura 10 C; D).

Na Figura 10 E; F observou-se que houve aumento dos teores de potássio na massa seca foliar das plantas com o aumento das doses de potássio aplicadas

por meio da solução nutritiva. Os teores foliares médios de K encontram-se dentro da faixa considerada ideal por Raij et al. (1997) ($40\text{--}60\text{ g kg}^{-1}$), sendo este o macronutriente encontrado em maior concentração nas folhas do pimenteiro, corroborando aos resultados de Marcussi (2005) que também verificou uma maior concentração média deste elemento ($50,5\text{ g kg}^{-1}$) na massa seca das folhas do pimenteiro fertirrigado aos 140 DAT. As regressões apresentaram respostas quadráticas entre os teores de potássio e as doses potássicas adicionais. A derivada da curva de regressão aos 75 DAT mostra que a dose de 350 mg L^{-1} foi responsável pela maior concentração desse nutriente ($50,6\text{ g kg}^{-1}$), enquanto que aos 165 DAT a dose de 400 mg L^{-1} , proporcionou um teor de $54,7\text{ g kg}^{-1}$, diferindo dos resultados encontrados usando o esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, no qual a dose responsável pela maior concentração aos 165 DAT aproximou-se da dose máxima de 500 mg L^{-1} , sendo responsável pelo mesmo valor do teor de potássio na massa seca foliar do pimenteiro ($54,4\text{ g kg}^{-1}$).

Essa diferença se deve a uma maior absorção do K para a formação e enchimento dos frutos, requerendo, portanto uma dose mais elevada na fase de frutificação. Marcussi (2005) também verificou que na folha da planta de pimentão, dentre os macronutrientes, o potássio foi o que apareceu com maior concentração, em todo o ciclo estudado da cultura, com média de $50,5\text{ g kg}^{-1}$ de massa seca, do transplantio até 140 dias após o transplante.

Verificou-se que houve resposta significativa para as diferentes fontes, no qual o K_2SO_4 proporcionou um maior teor de K na massa seca das folhas do pimenteiro quando comparado ao KCl, aos 75 e aos 165 DAT (Tabelas 9; 10). Esse fato pode ter ocorrido devido ao aumento da pressão osmótica na zona radicular das plantas ocasionado pelo alto poder salino do KCl, dificultando a absorção potássica em comparação ao uso do K_2SO_4 que apresenta uma salinidade mais baixa. Essa resposta pode ser observada também para os teores de Ca e de Mg, no qual observa-se que, mesmo não havendo diferença significativa entre as fontes, o KCl proporcionou maiores teores de Ca e Mg, aos 75 e 165 DAT quando comparado a aplicação do K_2SO_4 . Provavelmente refletido pelo aumento da absorção do potássio pela fonte K_2SO_4 , comprovando a competição entre esses cátions. De acordo com Marschner (1995) em altas concentrações externas, a interação cátion-ânion pode afetar a absorção de um íon que é absorvido mais lentamente do que outro, como, por exemplo, o SO_4^{2-} que deprime a absorção do K^+ , por ser mais móvel. Assim, observou-se que houve incremento do teor de K na massa seca das folhas

do pimenteiro até o ponto máximo da curva, verificando-se após, uma queda no teor, provavelmente pela inibição do K^+ pelo SO_4^{2-} , comprovando que a elevada concentração do fertilizante afeta a taxa do balanço cátion-ânion, ou ainda pelo efeito depressivo da salinidade ocasionado pelo KCl.

Verificou-se que houve ajustes ao modelo quadrático da regressão para os teores de Ca e de Mg em função das doses potássicas, aos 75 DAT e aos 165 DAT.

Observou-se que houve diminuição dos teores de Ca e Mg na massa seca das folhas do pimenteiro com o aumento das doses de K fornecido às plantas via solução nutritiva, aos 75 e aos 165 DAT, porém foi verificado que houve maiores decréscimos aos 165 DAT (Figura 10 G; H e I; J), provavelmente devido a maior quantidade de potássio no substrato e também pela maior absorção desse nutriente para o suprimento e translocação para os frutos, porém sem causar prejuízos no suprimento desses nutrientes para o pimenteiro, sendo que os seus teores permaneceram dentro da faixa considerada adequada ($10-35 \text{ g kg}^{-1}$ e $3-12 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) por Raij et al. (1997).

Segundo Jones Jr. (2005), o excesso de fertilizantes potássicos em solução nutritiva reduz a absorção de cálcio, pois o potássio é preferencialmente absorvido e transportado na planta em relação ao cálcio. O cálcio compete efetivamente com o magnésio, tornando sua taxa de absorção fortemente diminuída, isso se deve a alta energia de hidratação e ao maior tamanho do raio iônico do íon Mg^{2+} quando comparado com o íon Ca^{2+} . Por causa desta forte competição pode ser observada deficiência de magnésio em plantas em que foram aplicadas altas doses de fertilizantes potássicos e cálcicos (MARSCHENER, 1995). Já Forster e Mengel (1969), relatam que a baixa concentração do potássio em solução nutritiva possibilitou uma maior absorção de cálcio e magnésio, pois não houve competição entre os nutrientes pelo sítio de absorção. Esse fato pode ser confirmado no presente experimento quando verificado que na dose 0, tanto para os teores de cálcio como para os de magnésio, os valores sempre foram maiores quando comparados aos valores resultantes das doses crescente de potássio.

De acordo com a Figura 10 K; L, verificou-se que os teores foliares médios de S ($3,2 \text{ g kg}^{-1}$) apresentaram-se acima dos teores observados por Albuquerque et al. (2012), porém abaixo dos encontrados por Marcussi (2005). Os dados do presente estudo não corroboram aos de Albuquerque et al. (2012) que verificaram diminuição do teor de S com o aumento nas doses de K com o uso do KCl no cultivo do pimenteiro fertirrigado, sendo justificado pela inibição do S pelo Cl^- do fertilizante, corroborando com a afirmação de Malavolta et al. (2006). Porém, verificou-se que aos 75 DAT na dose 0 o valor encontrado

foi maior do que os valores obtidos com as aplicações das doses adicionais crescentes de K.

Observou-se no presente estudo que a ordem decrescente dos teores de macronutrientes na massa seca das folhas do pimenteiro híbrido Platero foi: $K > N > Ca > Mg > S > P$, concordando com os trabalhos de Marcussi (2005) que também verificou maior teor de K (média de $50,5 \text{ g kg}^{-1}$), seguido pelo N ($37,7 \text{ g kg}^{-1}$), Ca (24 g kg^{-1}), Mg ($9,6 \text{ g kg}^{-1}$), S ($4,8 \text{ g kg}^{-1}$) e P ($4,4 \text{ g kg}^{-1}$). No entanto Albuquerque et al. (2012) verificou que a média dos teores dos macronutrientes seguiu a seguinte ordem: $N (32,7 \text{ g kg}^{-1}) > K (13,3 \text{ g kg}^{-1}) > Mg (11,1) > Ca (4,9 \text{ g kg}^{-1}) > P (3,4 \text{ g kg}^{-1}) > S (2,7 \text{ g kg}^{-1})$, e Fontes et al. (2005) observaram acúmulo dos macronutrientes na massa seca da parte aérea do pimenteiro até aos 224 DAT, expressos em kg ha^{-1} : 247 de K, 193 de N, 114 de Ca, 42 de Mg, 23 de P, 23 de S, 1,2.

Nas Tabelas 11 e 12 encontram-se a análise de variância para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente.

Tabela 11. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Valores de F calculado					
Tratamentos	1,05 ^{n.s.}	2,41 ^{n.s.}	0,68 ^{n.s.}	4,09**	1,9 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	1,72 ^{n.s.}	6,64*	0,35 ^{n.s.}	20,14**	0,43 ^{n.s.}
Reg. Linear	1,03 ^{n.s.}	0,50 ^{n.s.}	3,97 ^{n.s.}	0,73 ^{n.s.}	4,08 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	1,74 ^{n.s.}	0,34 ^{n.s.}	0,07 ^{n.s.}	5,19*	0,38 ^{n.s.}
Fonte	3,13 ^{n.s.}	3,23 ^{n.s.}	0,03 ^{n.s.}	3,39 ^{n.s.}	1,80 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0,07 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}	0,31 ^{n.s.}	0,29 ^{n.s.}	0,13 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K					
Linear	0,29 ^{n.s.}	6,52**	0,35 ^{n.s.}	10,84**	2,71 ^{n.s.}
Quadrática	4,06 ^{n.s.}	3,36 ^{n.s.}	1,7 ^{n.s.}	23,03**	0,60 ^{n.s.}
C.V. (%)	7,3	15,8	13,7	18,3	11,7

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 12. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Valores de F calculado					
Tratamentos	0,80 ^{n.s.}	6,67**	2,54 ^{n.s.}	4,79**	2,06 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	0,27 ^{n.s.}	5,30*	1,70 ^{n.s.}	27,08**	0,17 ^{n.s.}
Reg. Linear	1,96 ^{n.s.}	4,80	10,89**	5,72*	12,82**
Reg. Quadrática	0,49 ^{n.s.}	1,49 ^{n.s.}	0,77 ^{n.s.}	0,61 ^{n.s.}	0,14 ^{n.s.}
Fonte	0,27 ^{n.s.}	0,66 ^{n.s.}	1,58 ^{n.s.}	1,29 ^{n.s.}	0,40 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0,38 ^{n.s.}	10,90 ^{n.s.}	0,75 ^{n.s.}	1,20 ^{n.s.}	0,41 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K					
Linear	1,60 ^{n.s.}	9,92**	0,86 ^{n.s.}	7,53*	6,10*
Quadrática	0,00 ^{n.s.}	1,11 ^{n.s.}	9,43**	28,18**	3,12 ^{n.s.}
C.V. (%)	7,0	7,8	12,2	18,4	23,9

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Observou-se efeito significativo do controle vs. tratamentos sobre os nutrientes Cu e Mn, aos 75 e aos 165 DAT. Não foi verificado significância para as diferentes fontes e interações, porém observou-se um ajuste quadrático para o Mn ($Mn = 0,0018x^2 - 1,0575x + 486,09$; $R^2 = 0,71$), aos 75 DAT considerando o esquema fatorial $4 \times 2 + 1$. Aos 165 DAT, as regressões apresentaram efeitos lineares para Fe ($Fe = 0,0727x + 104,25$; $R^2 = 0,73$) e Mn ($Mn = 0,1459x + 179,33$; $R^2 = 0,89$).

A adubação potássica adicional na solução nutritiva influenciou nos teores de Cu e Mn (Tabelas 13 e 14), porém verificou-se que não houve efeito significativo para as diferentes fontes potássicas sobre os micronutrientes aos 75 e aos 165 DAT (Tabelas 15 e 16).

Tabela 13. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
.....mg kg⁻¹.....					
Controle	86	5	101	559	131
K	81	7	108	368	137
Diferenças	n.s.	38%	n.s.	-34%	n.s.

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Tabela 14. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
Controle	81	12	139	358	232
K	83	13	127	225	247
Diferenças	n.s.	12%	n.s.	-37%	n.s.

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Incrementos de 38% e de 12% de Cu, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente, foram observados com a adubação potássica adicional na solução nutritiva em comparação ao controle que não apresentava adição de K. Por outro lado, para os teores de Mn observaram-se diminuições de 34% e 37% (Tabelas 13 e 14).

Tabela 15. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fontes de potássio	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
K₂SO₄	79	8	108	345	141
KCl	83	6	107	391	133
Diferenças	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Tabela 16. Valores médios para os teores dos micronutrientes na massa seca foliar em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fontes de potássio	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
K₂SO₄	82	13	131	215	254
KCl	84	13	123	235	239
Diferenças	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

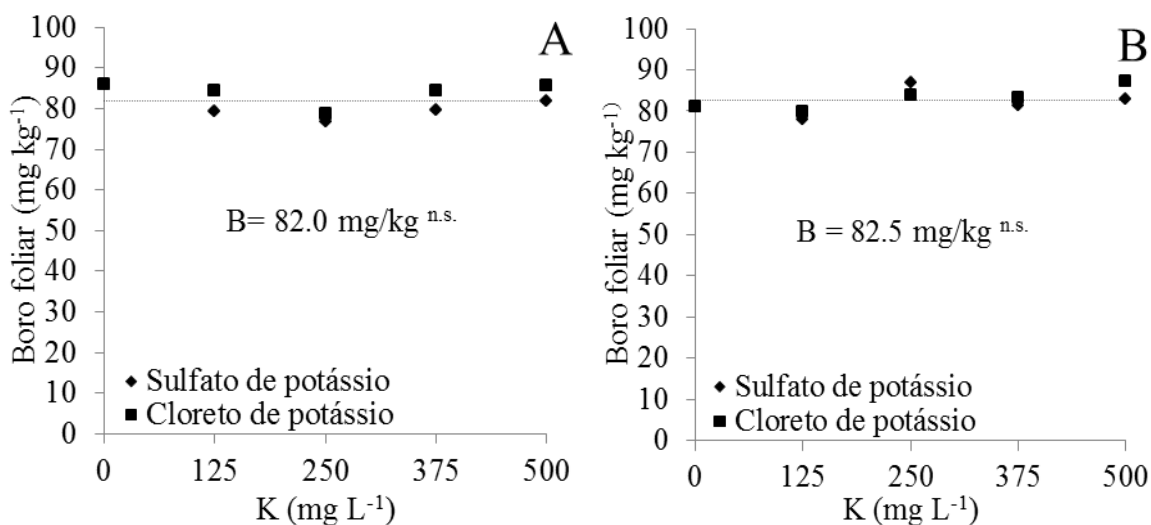
^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

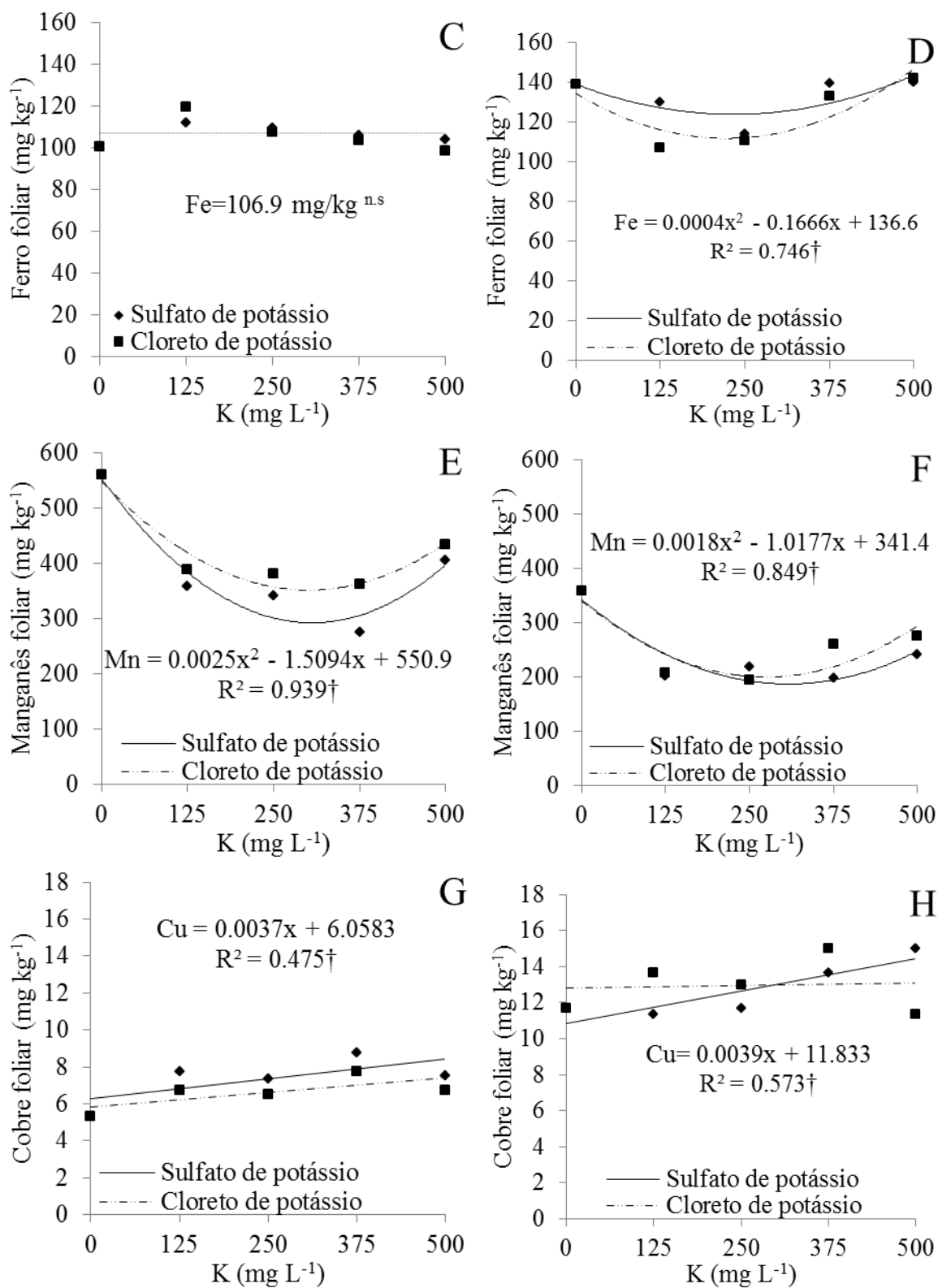
Na figura 11 encontram-se as regressões polinomiais ajustadas às doses potássicas adicionais para os teores de micronutrientes na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero. Conforme proposto nas análises estatísticas a dose 0 foi incluída para o cálculo da dose ótima de K (PIEPHO et al., 2006).

Verificou-se que não houve efeito significativo para os teores de B em função das doses potássicas aplicadas (Figura 11 A; B) e que os valores médios dos

teores foliares de B (82 mg kg^{-1}) encontrados foram acima da faixa ($25\text{-}75 \text{ mg kg}^{-1}$) considerada adequada por Malavolta et al. (1997), e também acima dos valores encontrados por Marcussi; Villas Bôas (2003) que foi de 43 mg kg^{-1} .

A Figura 11 C; D apresenta os teores de Fe aos 75 e aos 165 DAT em função das doses adicionais de potássio, respectivamente. Observou-se que aos 75 DAT as doses de potássio não influenciaram no teor de Fe na massa seca foliar das plantas, porém aos 165 DAT houve um ajuste quadrático da regressão. Os teores encontrados estão dentro da faixa considerada adequada ($60\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$) para o cultivo do pimenteiro de acordo com Malavolta et al. (1997). Mello et al. (2002) estudando a influência do boro na composição mineral do pimenteiro, encontrou valores maiores do teor de Fe em comparação a este trabalho igual a 284 mg kg^{-1} . Marcussi; Villas Bôas (2003) verificou acúmulo no teor de Fe na massa seca foliar até os 140 DAT de $73,4 \text{ mg/planta}$. Charlo et al. (2009), no cultivo do pimenteiro em substrato, observou teor de Fe nas folhas igual a $23,5 \text{ mg/planta}$ e Fontes et al. (2005) encontrou acúmulo de $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$.





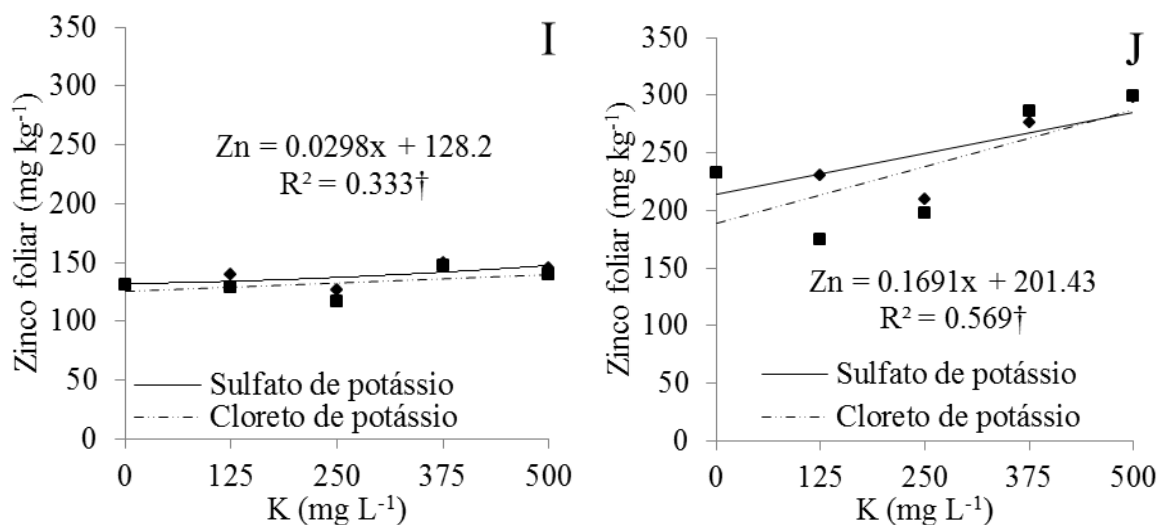


Figura 11. Teores de B (A;B), Fe (C;D), Mn (E;F), Cu (G;H) e Zn (I;J) na massa seca foliar das plantas do pimenteiro híbrido Platero, em função de doses e fontes de K na solução nutritiva, aos 75 e 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Verificou-se que os teores de Mn, aos 75 DAT, ficaram acima dos valores (50-250 mg kg⁻¹) considerados adequados por Malavolta et al. (1997), porém aos 165 DAT os valores diminuíram. As regressões apresentaram respostas quadráticas aos teores de Mn em função das doses potássicas adicionais (Figura 11 E; F). O Mn compete efetivamente com o Mg, diminuindo a sua taxa de absorção quando encontrado em grandes concentrações no substrato. Foi relatado também, que com o aumento das concentrações do manganês, o potássio tem sua absorção diminuída, mas bem menos do que o efeito sobre o magnésio (HEENAN; CAMPBELL, 1981). No entanto, no presente trabalho, não foi verificado essa competição.

Para os teores de Cu, observou-se um aumento linear com o aumento das doses adicionais de K, estando dentro da faixa (8-20 mg kg⁻¹) considerada adequada por Raij et al. (1997). Marcussi e Villas Bôas (2003) encontraram teor de Cu igual a 6 mg kg⁻¹ em pimenteiro híbrido Elisa. Enquanto, Lima et al. (2014) observaram valores maiores, entre 11,3 e 16,7 mg Cu kg⁻¹, estudando o efeito de lamina de água na absorção dos micronutrientes em pimenteiro híbrido Melina. Charlo et al. (2008) observaram absorção de 3,4 mg de Cu/planta.

Assim, como o Cu, o Zn também apresentou regressões lineares, sendo observado o aumento dos teores foliares de Zn com o aumento das doses adicionais de potássio aplicadas via solução nutritiva. Aos 75 DAT, os valores encontraram-se dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997), entre 20 e 200 mg kg⁻¹,

enquanto que aos 165 DAT, os teores aumentaram consideravelmente, quase dobrando o valor e muito acima da faixa recomendada e dos valores encontrados por Marcussi; Villas Bôas (2003) que variaram entre 79 e 124 mg kg⁻¹, e por Lima et al. (2014) que verificaram teores entre 39,67 e 56,67 mg kg⁻¹.

Nas Tabelas 17 e 18 encontram-se as análises de variância para teores de NO₃⁻ e K⁺ na solução extraída do substrato e na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente. Verificou-se que houve efeito significativo do controle vs. tratamentos para os teores de NO₃⁻ da solução do substrato, aos 75 DAT e de K⁺ aos 75 e 165 DAT. Observou-se que a regressão apresentou ajustes lineares da dose para os teores de K⁺ da solução do substrato ($K_{\text{subst.}} = 0,3345x + 53,542$; $R^2 = 0,92$) e da seiva ($K_{\text{seiva}} = 5,6989x + 6110,5$; $R^2 = 0,99$), aos 75 DAT e ajuste quadrático para K⁺ da solução do substrato ($K_{\text{subst.}} = 0,004x^2 - 1,0459x + 93,594$; $R^2 = 0,97$). Observou-se efeito da fonte sobre os teores de NO₃⁻ da solução do substrato, aos 75 DAT, e de K⁺ da solução do substrato, aos 165 DAT. No entanto, não foi observado efeito significativo para as interações fonte x doses.

Tabela 17. Valores de F calculado e coeficientes de regressão para os teores de NO₃⁻ e K⁺ da solução extraída do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO₃⁻ e K⁺ na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero (Nseiva e Kseiva), aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	Nsubst.	Ksubst.	Nseiva	Kseiva
Valores de F calculado				
Tratamentos	1,97 ^{n.s.}	39,33**	0,44 ^{n.s.}	1,66 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	6,22*	270,35**	0,26 ^{n.s.}	3,42 ^{n.s.}
Reg. Linear	3,41 ^{n.s.}	31,39**	0,29 ^{n.s.}	7,87*
Reg. Quadrática	0,94 ^{n.s.}	1,57 ^{n.s.}	0,02 ^{n.s.}	0,15 ^{n.s.}
Fonte	3,83*	3,55 ^{n.s.}	0,27 ^{n.s.}	0,25 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0,10 ^{n.s.}	1,93 ^{n.s.}	0,72 ^{n.s.}	0,47 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K				
Linear	1,03 ^{n.s.}	274,28**	0,00 ^{n.s.}	9,67**
Quadrática	5,24*	98,29**	0,48 ^{n.s.}	0,04 ^{n.s.}
C.V. (%)	26,6	13,7	4,0	20,8

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 18. Valores de F calculado e coeficientes de regressão para os teores de NO_3^- e K^+ na solução extraída do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero (Nseiva e Kseiva), aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	Nsubst.	Ksubst.	Nseiva	Kseiva
	Valores de F calculado			
Tratamentos	1,08 ^{n.s.}	30,6**	0,71 ^{n.s.}	1,57 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	3,45 ^{n.s.}	87,38**	0,69 ^{n.s.}	4,14 ^{n.s.}
Reg. Linear	3,09 ^{n.s.}	124,56**	0,72 ^{n.s.}	0,27 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	0,15 ^{n.s.}	10,87**	0,11 ^{n.s.}	1,02 ^{n.s.}
Fonte	2,04 ^{n.s.}	6,29*	1,24 ^{n.s.}	1,21 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0,23 ^{n.s.}	1,33 ^{n.s.}	0,55 ^{n.s.}	3,28 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K				
Linear	6,40*	200,85**	1,38 ^{n.s.}	3,77 ^{n.s.}
Quadrática	0,00 ^{n.s.}	2,39 ^{n.s.}	0,00 ^{n.s.}	2,7 ^{n.s.}
C.V. (%)	15,9	21,0	34,2	5,5

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

As Tabelas 19 e 20 apresentam os valores médios dos teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e teores de NO_3^- e K^+ na seiva da planta (Nseiva e Kseiva) aos 75 DAT e aos 165 DAT, respectivamente, em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero.

Verificou-se, aos 75 DAT, incremento de 15.706% para a adubação potássica adicional na solução do substrato em comparação ao controle, que apresentou 1 mg L⁻¹ de K^+ devido a adubação feita no preparo do substrato, e decréscimo de 14% para NO_3^- com a adubação potássica adicional na solução nutritiva em comparação a não adição desse nutriente ao longo do ciclo de cultivo, podendo inferir que a adubação potássica melhora a eficiência do uso do nitrogênio, resultando em menor concentração de nitrato residual no substrato. O K^+ é frequentemente o íon acompanhante do NO_3^- que é transportando a longas distâncias via xilema até os ramos superiores (MARSCHNER, 1995). Nas folhas o nitrato é reduzido e metabolizado em compostos orgânicos, enquanto que o potássio descende via floema como íon acompanhante do malato dos ramos até as raízes (BEN ZIONI et al, 1971).

Não foi observado efeito significativo do K^+ na solução nutritiva sobre os teores de NO_3^- e de K^+ na seiva das plantas, aos 75 e aos 165 DAT. Como a leitura

dos teores de nutrientes na seiva ocorre em tempo real, pode ser que o nitrato, no momento da coleta e leitura, já tenha sido metabolizado. Segundo, Koch e Mengel (1974), estudando a influência dos níveis de potássio no tempo e na absorção do nitrogênio com a utilização do isótopo N (^{15}N), observaram que plantas bem supridas com potássio absorveram mais nitrogênio e, converteram este mais rapidamente à proteína. O nitrato na planta é reduzido primeiramente para amina e depois incorporado como aminoácido para finalmente formar proteínas. Um baixo suprimento de K^+ restringe o transporte adequado de NO_3^- e inibe a formação das proteínas, levando ao acúmulo na planta de N-nitrato e N-amino solúvel. No entanto, para os teores de K^+ , apesar de não haver diferença significativa, observa-se valores médios maiores com a adubação potássica adicional na solução nutritiva em relação ao controle que também apresenta concentrações de K^+ na seiva devido à adubação inicial no momento do preparo do substrato, porém tanto o teor de K^+ da solução como o teor de K^+ da seiva diminui aos 165 DAT devido a maior translocação do K^+ para os frutos (Tabelas 19 e 20). Talvez a dificuldade de se encontrar diferença na seiva é que o potássio é responsável pelo turgor das células, portanto, baixo teor de K^+ afeta a turgescência da planta e consequentemente quanto menor a umidade maior será a concentração de sais no seu interior.

Tabela 19. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 75 DAT, em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	Nsubst.	Ksubst.	Nseiva	Kseiva
	mg L ⁻¹			
Controle	238,3	1,0	1410,5	6033,3
K	203,9	158,1	1331,5	7891,4
Diferenças	-14%	15706%	n.s.	n.s.

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Tabela 20. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 165 DAT, em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	Nsubst.	Ksubst.	Nseiva	Kseiva
	mg L ⁻¹			
Controle	907,5	0,5	3350,0	3100,0
K	1065,5	230,6	2909,4	5228,1
Diferenças	n.s.	46019%	n.s.	n.s.

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

As tabelas 21 e 22 apresentam os valores médios dos teores de NO_3^- e de K^+ na solução do substrato e na seiva das plantas em função das fontes potássicas aplicadas. Verificou-se que houve diferenças significativas para o NO_3^- na solução do substrato somente aos 75 DAT, sendo que o K_2SO_4 apresentou incremento de 9% em relação ao KCl, porém aos 165 DAT ocorre uma inversão de resultados, no qual o KCl apresenta valores maiores do que o K_2SO_4 . No entanto, verificou-se uma tendência de incrementos para ambas as fontes utilizadas. Esse aumento nos teores de NO_3^- aos 165 DAT pode ter ocorrido devido ao maior teor de N no substrato devido à adubação realizada ao longo do ciclo de cultivo e também pela diminuição da absorção ocasionada pela competição entre os ânions Cl^- e SO_4^{2-} .

Observou-se que também houve aumento nos teores de K^+ na solução do substrato aos 165 DAT alcançando valores de $254,9 \text{ mg L}^{-1}$ para a fonte K_2SO_4 e de $206,3 \text{ mg L}^{-1}$ para a fonte KCl, mostrando que possivelmente a planta possa ter atingido um equilíbrio, já que a solução aplicada tinha em média 250 mg L^{-1} de K.

Tabela 21. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ na solução do substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 75 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Fontes de potássio	Nsubst.	Ksubst.	Nseiva	Kseiva
	mg L^{-1}			
K_2SO_4	213,3	171,9	1329,2	7995,7
KCl	194,4	144,3	1333,8	7787,2
Diferenças	-9%	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Tabela 22. Valores médios para os teores de NO_3^- e K^+ no substrato (Nsubst. e Ksubst.) e para os teores de NO_3^- e K^+ na seiva das plantas (Nseiva e Kseiva), aos 165 DAT, em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

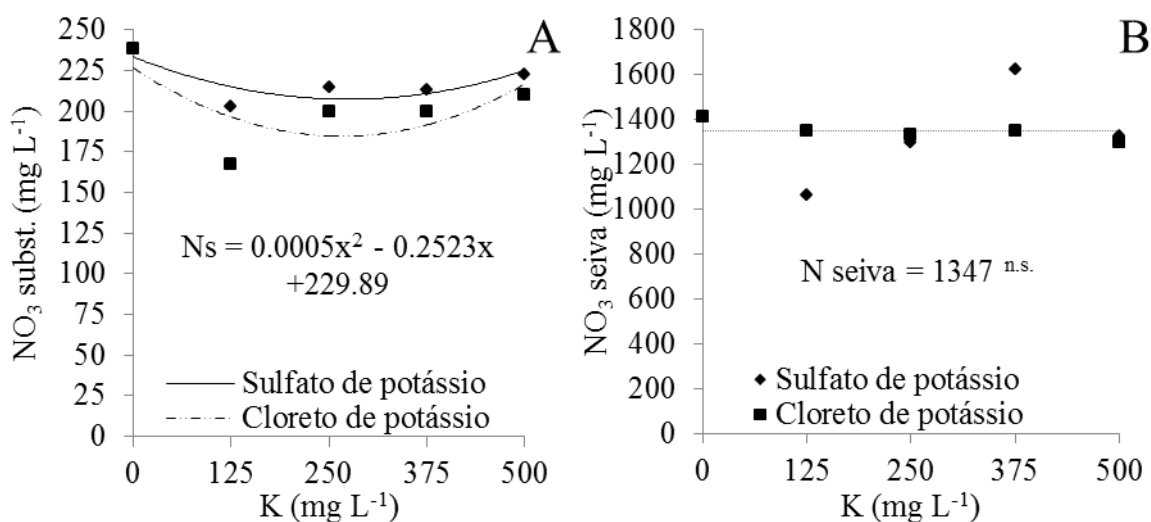
Fontes de potássio	Nsubst.	Ksubst.	Nseiva	Kseiva
	mg L^{-1}			
K_2SO_4	899,8	254,9	3106,3	5506,3
KCl	1231,3	206,3	2712,5	4950,0
Diferenças	n.s.	-19%	n.s.	n.s.

n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Nas Figuras 12 e 13 encontram-se as regressões polinomiais ajustadas as doses potássicas adicionais aplicadas para os teores de NO_3^- e K^+ da solução do substrato e para os teores de NO_3^- e de K^+ contidos na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente. Conforme proposto nas análises estatísticas o zero foi incluído como dose para o cálculo da dose ótima de K (PIEPHO et al., 2006).

Verificou-se que houve efeito significativo para o teor de NO_3^- na solução do substrato em função das doses adicionais de K aplicadas via solução nutritiva. A regressão apresentou um efeito quadrático aos 75 DAT, na qual se observou que houve menor concentração de nitrato no substrato com a dose de 250 mg L^{-1} , e aos 165 DAT, houve um ajuste linear para os teores de NO_3^- , podendo verificar aumento dos teores na solução do substrato com o aumento das doses potássicas, observado maiores valores com o uso do KCl, provavelmente devido ao aumento da pressão osmótica na zona radicular, dificultando a absorção do nitrogênio (Figuras 12 A e 13 A).

As figuras 12 C e 13 C apresentam ajustes lineares das doses no qual se observa aumento dos teores de K^+ na solução do substrato com o aumento das doses de K adicionais aplicadas por meio da solução nutritiva, aos 75 e aos 165 DAT, respectivamente, podendo ser observado uma tendência de valores maiores com o uso do K_2SO_4 . Verificaram-se também concentrações maiores na solução do substrato aos 165 DAT, mostrando acúmulo de potássio na solução do substrato ao final do ciclo de cultivo.



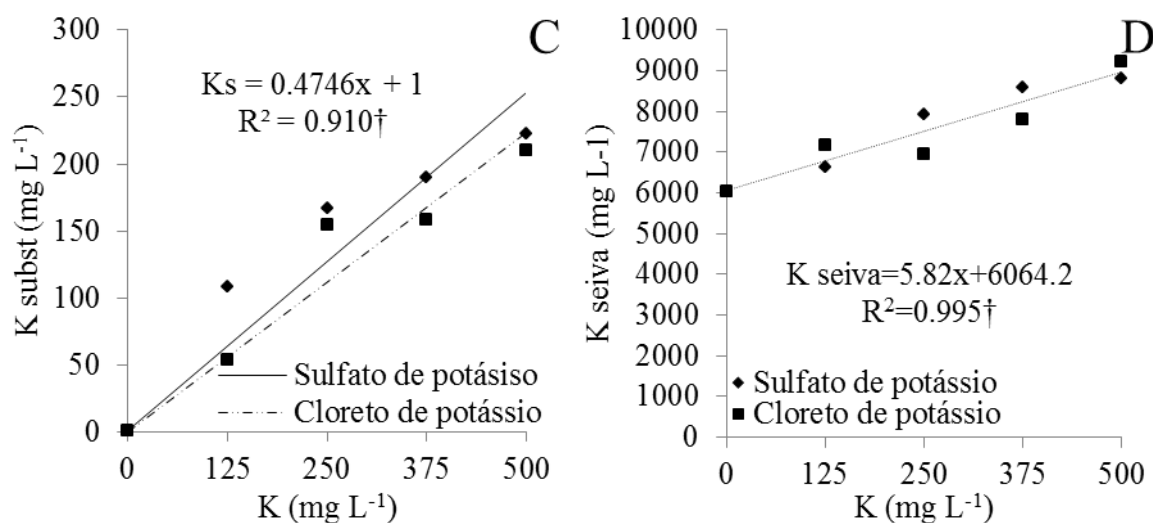


Figura 12. Concentrações, em mg L⁻¹, de NO₃⁻ (A; B) e de K⁺ (C; D) na solução do substrato e na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT, em função das doses e fontes de K da solução nutritiva. Botucatu, SP. 2015.

A Figura 12 D apresenta um ajuste linear das doses de K sobre o teor de K⁺ na seiva das plantas, aos 75 DAT, ou seja, com o aumento das doses adicionais de K houve aumento crescente nos teores de K⁺ na seiva do pimenteiro híbrido Platero, variando de 6000 a 10000 mg L⁻¹, valores muito acima dos encontrados por Hochmuth (1994), no qual verificou teores entre 3000-3200 mg L⁻¹ de K⁺ quando as plantas apresentavam frutos na metade do crescimento correspondendo aproximadamente aos 75 DAT do presente trabalho. No entanto, não foi verificado efeito significativo sobre os teores de K⁺ aos 165 DAT (Figura 13 D) e sobre os teores de NO₃⁻ na seiva das plantas (Figuras 12 B e 13 B). Porém, os valores dos teores de NO₃⁻ na seiva estão abaixo dos valores citados por Hartz et al. (1994) (3101-3987 mg L⁻¹), provavelmente pela diminuição da absorção de nitrogênio que pode ter sido causada pelo antagonismo dos íons SO₄²⁻ e Cl⁻ ou também pela salinidade do KCl. Esse fato pode ser comprovado pela elevada concentração do NO₃⁻ existente na solução do substrato.

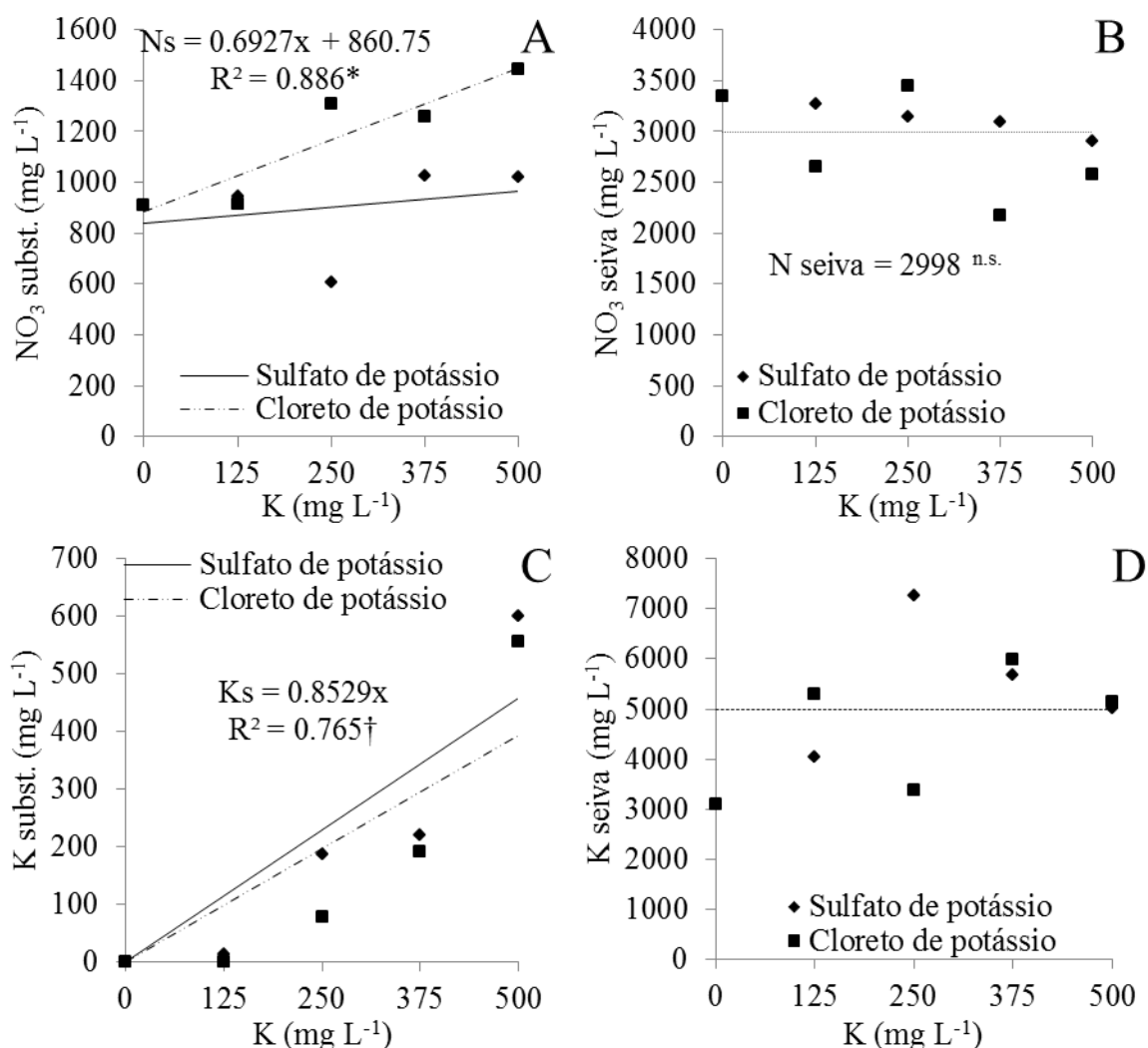


Figura 13. Concentrações, em mg L^{-1} , de NO_3^- (A; B) e de K^+ (C; D) na solução do substrato e na seiva das plantas do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT, em função das doses e fontes de K da solução nutritiva. Botucatu, SP. 2015.

Na Tabela 23 encontra-se a análise de variância para o índice SPAD aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT. Verificou-se efeito significativo do controle vs. tratamentos sobre o índice SPAD em todos os períodos avaliados com exceção dos 30 DAT. Não houve diferenças significativas entre as fontes e interações fontes x doses, porém foi observado um ajuste linear para dose aos 105 DAT sobre o índice SPAD ($\text{SPAD}_4 = -0,0097x + 60,788$; $R^2 = 0,72$).

Tabela 23. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para o índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6 avaliado aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em folhas de plantas do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3	SPAD 4	SPAD 5	SPAD 6
Valores de F calculado						
Tratamentos	1.03 ^{n.s.}	2.45*	6.05**	2.84*	1.42 ^{n.s.}	1.59 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	3.22 ^{n.s.}	15.97**	33.15**	5.42*	5.83*	7.39*
Reg. Linear	0.74 ^{n.s.}	0.32 ^{n.s.}	3.49 ^{n.s.}	10.72**	2.44 ^{n.s.}	0.01 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	1.73 ^{n.s.}	0.18 ^{n.s.}	2.18 ^{n.s.}	3.86 ^{n.s.}	1.19 ^{n.s.}	0.16 ^{n.s.}
Fonte	0.16 ^{n.s.}	1.43 ^{n.s.}	3.74 ^{n.s.}	0.46 ^{n.s.}	0.25 ^{n.s.}	0.00 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0.41 ^{n.s.}	0.31 ^{n.s.}	1.63 ^{n.s.}	0.67 ^{n.s.}	0.54 ^{n.s.}	1.73 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K						
Linear	3.81 ^{n.s.}	12.57**	34.13**	14.61**	8.24**	5.05*
Quadrática	2.06 ^{n.s.}	5.41*	7.68*	1.01 ^{n.s.}	0.14 ^{n.s.}	4.22 ^{n.s.}
C.V. (%)	11,4	8,3	6,1	4,2	5,9	11,8

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Na Tabela 24 estão apresentados os valores médios do índice SPAD aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT em função da adubação potássica adicional na solução nutritiva. Verificou-se que houve incrementos nos índices SPAD em todos os períodos avaliados com exceção dos 30 DAT, período no qual a planta ainda usava a reserva de K do substrato, não diferindo dos outros tratamentos. Os valores menores do índice SPAD observados com a adubação potássica adicional na solução nutritiva podem ter ocorrido provavelmente pela baixa absorção de N, ocasionado pela competição entre o sulfato e o cloreto ou também pela salinidade ocasionada pelo KCl, como ocorreu igualmente sobre os teores de NO_3^- na solução do substrato e na seiva.

Para as diferentes fontes potássicas não foi observado efeitos significativos sobre o índice SPAD, conforme apresentado na Tabela 25.

Tabela 24. Valores médios para o índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6 avaliado aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em folhas de plantas do pimenteiro híbrido Platero, em função da adubação potássica na solução nutritiva. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4	SPAD5	SPAD6
Controle	35,3	54,7	55,7	60,7	57,9	54,7
K	39,1	49,0	46,1	57,8	53,9	47,7
Diferenças	^{n.s.}	-10%	-17%	-5%	-7%	-13%

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Tabela 25. Valores médios para o índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6 avaliado aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em folhas de plantas do pimenteiro híbrido Platero em função de fontes de K na solução nutritiva. Botucatu, SP. 2015.

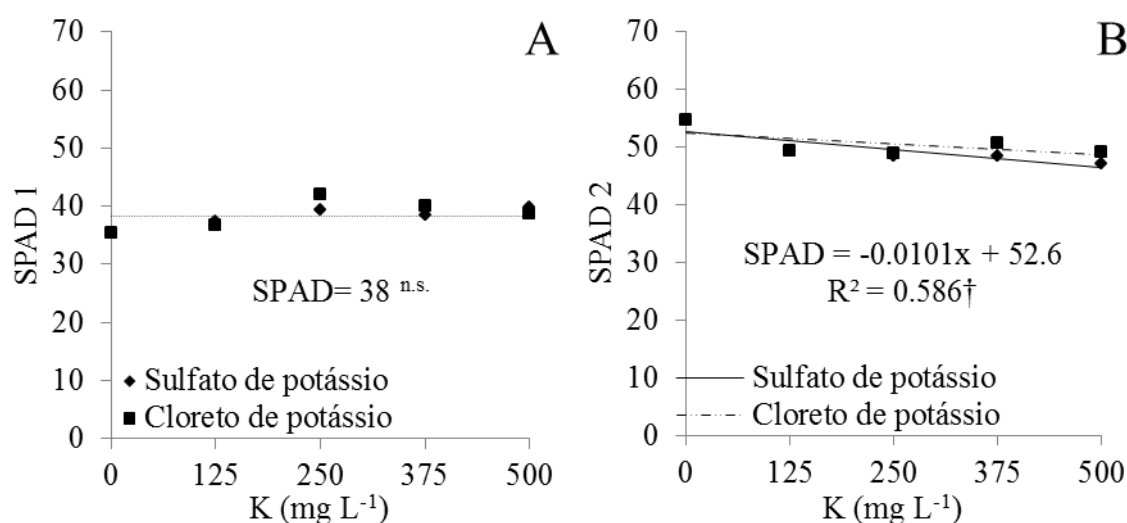
Fontes de potássio	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4	SPAD5	SPAD6
K ₂ SO ₄	38,8	48,4	45,1	58,0	54,2	47,7
KCl	39,3	49,5	47,0	57,5	53,6	47,7
Diferenças	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

As fontes potássicas utilizadas a partir das doses de 125, 250, 375 e 500 mg L⁻¹ não ajustaram a regressões polinomiais, conforme apresentado na Tabela 23, dessa forma o zero foi incluído como dose de acordo com Piepho et al., 2006.

Na Figura 14 encontram-se as regressões polinomiais ajustadas as doses potássicas adicionais aplicadas para o índice SPAD dos períodos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, incluindo a dose 0.

Verificou-se que em todos os períodos, com exceção dos 30 DAT, as regressões apresentaram ajustes lineares, diminuindo os valores médios do índice SPAD com o aumento das doses potássicas adicionais aplicadas. Como o índice SPAD é uma medida indireta da clorofila e está relacionado indiretamente com o teor de N nas folhas, esse decréscimo é devido a baixa absorção de N pelas plantas, que pode ter sido ocasionada pelo alto índice salino do fertilizante KCl e/ou pelo antagonismo dos íons SO₄²⁻ e Cl⁻. Esses resultados não corroboram aos resultados encontrados por Marcussi et al. (1994) que observaram aumento linear do índice SPAD com o aumento das doses de K.



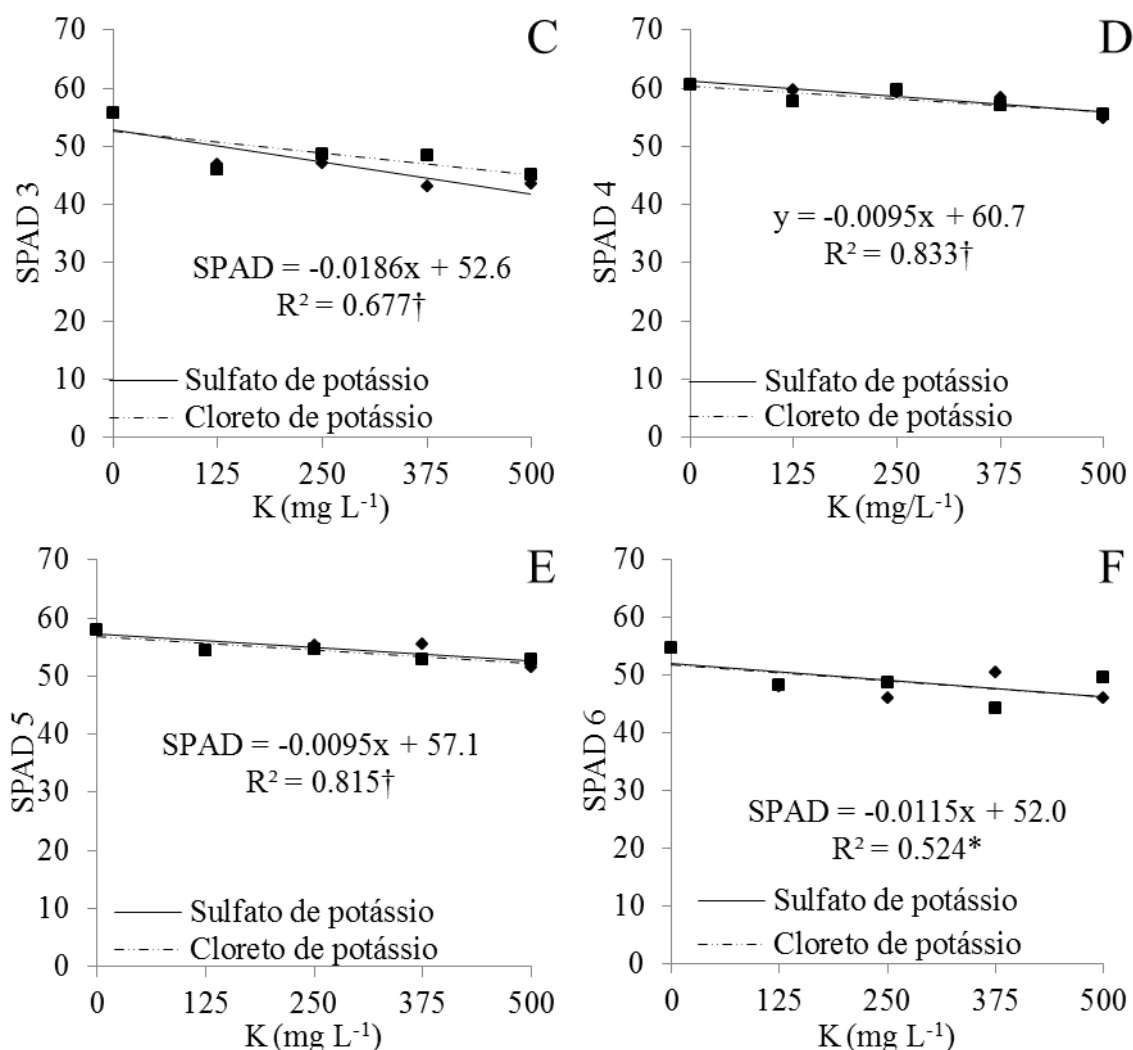


Figura 14. Índice SPAD 1, 2, 3, 4, 5 e 6, aos 30; 45; 75; 105; 135; 165 DAT, em função das doses adicionais de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Na Tabela 26 encontram-se os valores de F resultantes da análise de variância para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro. Adicionalmente também constam os valores de F para as regressões, considerando o zero como uma dose de K.

Tabela 26. Valores de F calculado e coeficientes da regressão para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro, em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Fatores de variação	Nft	Pt	Mft	Nfc	Pc	Mfc	Pnc	Comp.	Diam.
Valores de F calculado									
Tratamentos	1.77 ^{n.s.}	1.7 ^{n.s.}	1.99 ^{n.s.}	3.81*	1.76 ^{n.s.}	1.17 ^{n.s.}	0.88 ^{n.s.}	1.6 ^{n.s.}	0.48 ^{n.s.}
Contr. vs. Trat.	8.67**	10.3**	0.62 ^{n.s.}	13.8**	9.15**	0.01 ^{n.s.}	3.59 ^{n.s.}	1.13 ^{n.s.}	0.08 ^{n.s.}
Reg. Linear	0.59 ^{n.s.}	0.33 ^{n.s.}	7.31*	0.01 ^{n.s.}	1.94 ^{n.s.}	3.58 ^{n.s.}	2.23 ^{n.s.}	3.02 ^{n.s.}	0.45 ^{n.s.}
Reg. Quadrática	1.61 ^{n.s.}	1.72 ^{n.s.}	0.25 ^{n.s.}	2.97 ^{n.s.}	1.27 ^{n.s.}	0.41 ^{n.s.}	0.60 ^{n.s.}	0.00 ^{n.s.}	1.15 ^{n.s.}
Fonte	0.63 ^{n.s.}	0.10 ^{n.s.}	0.01 ^{n.s.}	6.19*	0.09 ^{n.s.}	2.64 ^{n.s.}	0.22 ^{n.s.}	5.06*	0.42 ^{n.s.}
Fonte × Dose	0.38 ^{n.s.}	0.26 ^{n.s.}	1.33 ^{n.s.}	2.48 ^{n.s.}	0.24 ^{n.s.}	0.65 ^{n.s.}	0.1 ^{n.s.}	0.34 ^{n.s.}	0.41 ^{n.s.}
Regressões incluindo o zero como dose de K									
Linear	7.48*	4.49 ^{n.s.}	4.94*	7.82*	2.20 ^{n.s.}	1.43 ^{n.s.}	5.58*	0.06 ^{n.s.}	0.4 ^{n.s.}
Quadrática	4.98*	10.18**	0.45 ^{n.s.}	12.05**	11.67**	0.42 ^{n.s.}	0.88 ^{n.s.}	2.85 ^{n.s.}	0.13 ^{n.s.}
C.V. (%)	24,1	19,6	14,5	16,1	19,8	15,2	41,1	6,3	8,0

G.L. = Graus de liberdade dos fatores de variação;

^{n.s.}, ** e * referem-se a não significativo, significativo à 1% e 5%, respectivamente.

Verificou-se que houve efeito significativo entre o controle (sem adubação adicional de K) e os tratamentos nos quais houve adubação potássica adicional (independente da dose ou da fonte) para o número de frutos totais e comerciais e para a produção total e comercial, ou seja, independente da dose ou fonte de K, a aplicação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero possibilitou incrementos positivos para essas variáveis, conforme pode ser observado na Tabela 27.

Tabela 27. Valores médios para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro em função da adubação potássica na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Tratamentos	Nft	Pt	Mft	Nfc	Pc	Mfc	Pnc	Comp.	Diâm.
		kg/planta	kg		kg/planta	kg	kg/planta	cm	cm
Controle	8,8	1,3	0,1	6,0	1,0	0,2	0,2	10,2	6,5
K	14,8	1,9	0,1	9,2	1,5	0,2	0,4	10,6	6,4
Diferenças	69%	52%	^{n.s.}	53%	48%	^{n.s.}	^{n.s.}	^{n.s.}	^{n.s.}

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Com a adubação potássica adicional na solução nutritiva, foi observado maior número de frutos totais por planta (14,8), enquanto que sem a presença de K aplicado adicionalmente durante o ciclo de cultivo, apenas 8,8 de frutos totais por planta foram verificados, resultando em incremento de 69%. Para o número de frutos comerciais a presença de potássio adicional também contribuiu para o aumento dessa variável, resultando em incremento de 53%. Para a produção total e comercial, a adubação potássica adicional na solução nutritiva resultou em incrementos de 52% e 48%, respectivamente, comparativos ao controle. Isso leva a considerar a importância da adubação potássica na produção de frutos de pimentão, pois a escassez na suplementação de K para as plantas cultivadas em hidroponia ou em substrato ocasiona danos à produção (SONNEVELD; VOOGT, 1981; VOOGT, 1988; KREIJ, 1999).

Para a massa de frutos totais e comerciais, comprimento e diâmetro, não houve efeito significativo entre o controle e a aplicação adicional de K. Marcussi et al. (2004) e Nannetti et al. 2000 também não encontraram diferenças significativas entre as doses crescentes de K aplicadas no cultivo do pimentão fertirrigado. Porém, Melo et al. (2009) observaram diferenças significativas entre os tratamentos, no qual os maiores valores médios dos frutos, 9,98 cm de comprimento e 6,25 cm de diâmetro, foram verificados nas doses entre 6,45 e 6,98 g de K₂O por planta.

Foi observado na Tabela 28 que não houve efeito significativo das diferentes fontes potássicas utilizadas no experimento, quanto à produção total e comercial, corroborando aos resultados obtidos por Stanley; Jewell (1989) que avaliaram diferentes fontes e doses de K na cultura da batata.

Tabela 28. Valores médios para número de frutos totais (Nft), produção total (Pt), massa de frutos totais (Mft), número de frutos comerciais (Nfc), produção comercial (Pc), massa de frutos comerciais (Mfc), produção não comercial (Pnc), comprimento e diâmetro em função de fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Fontes de potássio	Nft	Pt	Mft	Nfc	Pc	Mfc	Pnc	Comp.	Diâm.
		kg/planta	g		kg/planta	g	kg/planta	cm	cm
K ₂ SO ₄	14	1,9	130	8	1,5	180	0,4	10,9	6,5
KCl	15	2,0	130	10	1,6	160	0,4	10,3	6,3
Diferenças	n.s.	n.s.	n.s.	18%	n.s.	n.s.	n.s.	-6%	n.s.

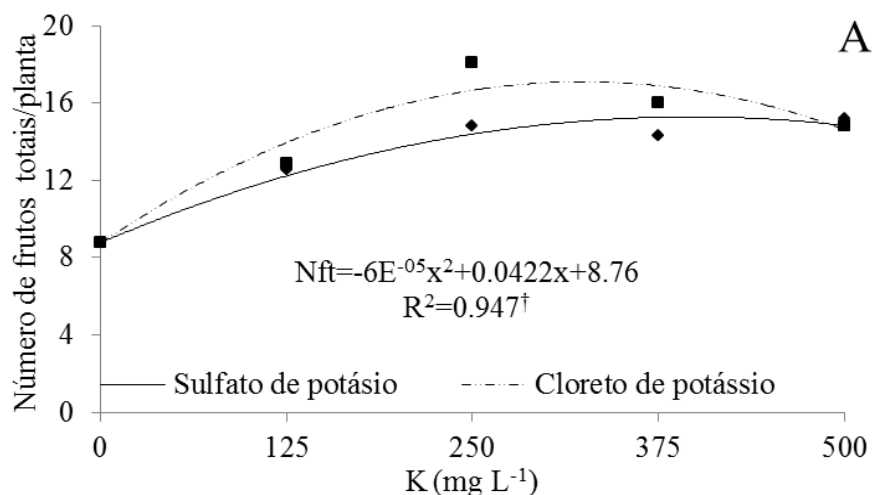
n.s. refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

Para o número de frutos comerciais houve um incremento de 18% quando usada a fonte de KCl, porém foram observados frutos de menor comprimento quando comparados a fonte de K_2SO_4 .

De acordo com a análise de variância as fontes utilizadas a partir das doses de 125, 250, 375 e 500 $mg\ L^{-1}$, não ajustaram a regressões polinomiais (Tabela 26). No entanto, conforme proposto nas análises estatísticas, o zero foi incluído como dose para o cálculo da dose ótima de K (Piepho et al., 2006) uma vez que o intervalo entre os valores da dose mínima (125 $mg\ L^{-1}$) e da dose máxima (500 $mg\ L^{-1}$) são grandes.

Nas Figuras 15 e 16 encontram-se as regressões polinomiais ajustadas as doses potássicas adicionais aplicadas para número de frutos totais e comerciais, produção total e comercial e massa de frutos totais e comerciais, incluindo a dose 0.

Foi observado que para número de frutos total por planta (Figura 15 A) e número de frutos comerciais por planta (Figura 16 A) as regressões apresentaram respostas quadráticas, independente da fonte utilizada que não apresentou efeito significativo quando considerada a dose 0 como um tratamento. As derivadas destas curvas mostram as doses ótimas de K igual a 351 $mg\ L^{-1}$ e 314 $mg\ L^{-1}$, respectivamente, sendo estas responsáveis pelos maiores números de frutos totais (16) e comerciais (10) por planta. Esses resultados corroboram aos de Marcussi et al. (2004) que verificaram que o maior valor médio do número de frutos por planta (15) não corresponde a maior dose de K aplicada. Melo et al. (2009) observaram que com o aumento das doses de K, houve aumento do número de frutos de pimentão, sendo o maior valor médio encontrado com a dose de 10 g de K/planta. Albuquerque (2010) também observou aumento no número de frutos com o aumento da dose de K aplicada no cultivo de pimentão fertirrigado.



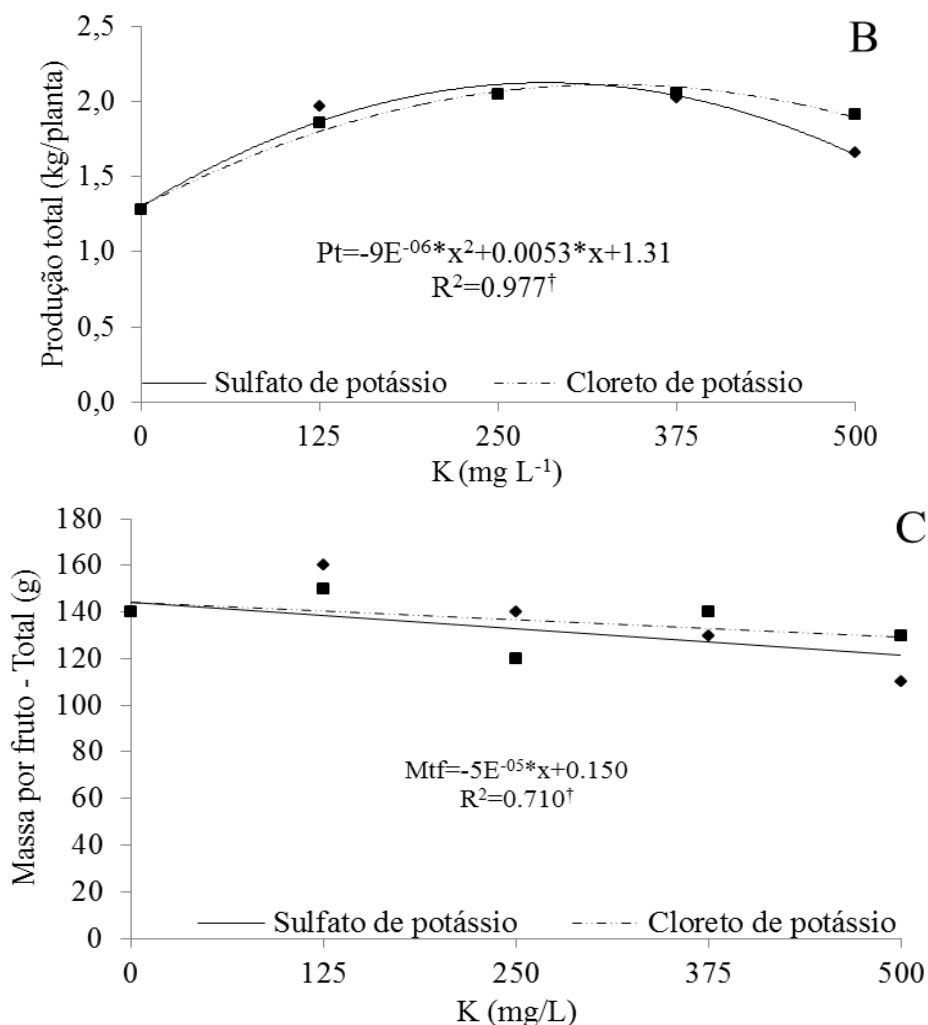


Figura 15. Número de frutos totais por planta (A), produção total (kg/planta) (B) e massa de frutos totais (g) (C) em função das doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

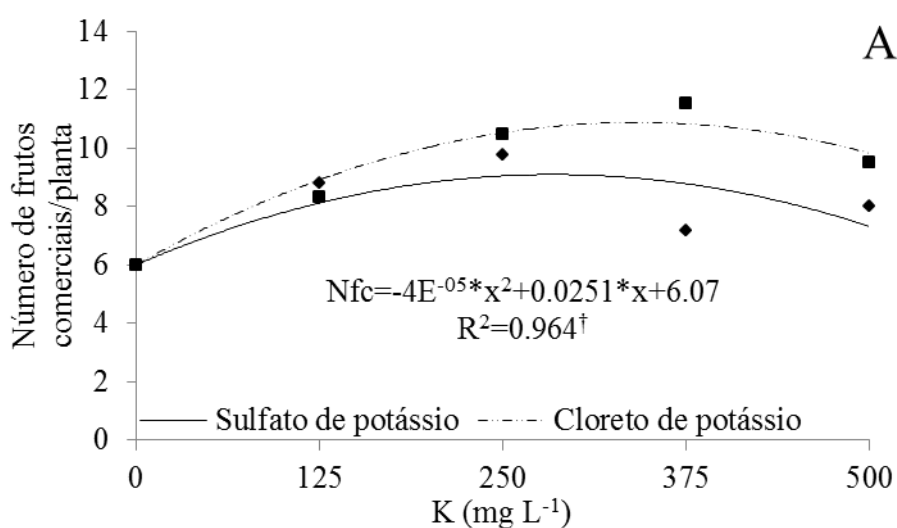
Nas Figuras 15 B e 16 B encontram-se as regressões quadráticas entre a produção total e comercial e as doses de K na solução nutritiva, independente da fonte utilizada. Pela derivada da equação foi estimada que a dose máxima de 300 mg L⁻¹ proporcionou a máxima produção total e comercial igual a 2,11 e 1,71 kg de frutos/planta, respectivamente. Os frutos classificados como não comerciais corresponderam, na média, 19% do total dos frutos colhidos, entre eles frutos com defeitos graves (queimado, murcho e/ou com podridão), defeitos leves (manchado e/ou deformado) e frutos com comprimento menor do que 8,0 cm e diâmetro menor do que 4,0 cm.

Observou-se ainda nas Figuras 15 B e 16 B que a partir da dose ótima estimada de K, houve um decréscimo da produção total e comercial, mostrando o efeito deletério do excesso de K aplicado no substrato por meio de solução nutritiva no

cultivo do pimenteiro híbrido Platero. O presente trabalho concorda com Moreno et al. (1996) que verificaram que com o aumento do suprimento de K, houve diminuição da produção e incremento do teor de potássio no solo, promovendo o risco de salinização e ocasionando o decréscimo na produção após o pico de máximo para estas variáveis.

A queda na produção pode ser explicada pela alta demanda energética que a planta precisa fazer para o ajuste osmótico e para a absorção de água e nutrientes, o que poderia ser convertida em produção (TAIZ; ZEIGER, 2009). No entanto, Marcussi et al. (2004) verificaram aumento linear na produção dos frutos de pimentão com o aumento das doses de K aplicadas via fertirrigação, obtendo o valor máximo com a maior dose aplicada (13,3 g/planta de K), assim como Hassan; Ramlan (1994) que verificaram incremento linear na produção de frutos com o aumento dos teores de potássio no solo.

A variação de produção obtida entre as doses pode ser explicada, principalmente, pelo peso médio dos frutos, sendo que o mesmo não pode ser afirmado em relação ao comprimento e diâmetro que não variaram significativamente entre os tratamentos. Na Figura 15 C tem-se o modelo linear que se ajustou aos dados da massa média total dos frutos em função das doses adicionais de K. O aumento das doses de K promoveu o decréscimo dessa variável, corroborando aos resultados de Albuquerque (2010). Observou-se que um maior número de frutos totais resulta em frutos de massa e tamanhos menores, pois ocorre uma maior competição entre os assimilados produzidos, influenciando na produção final.



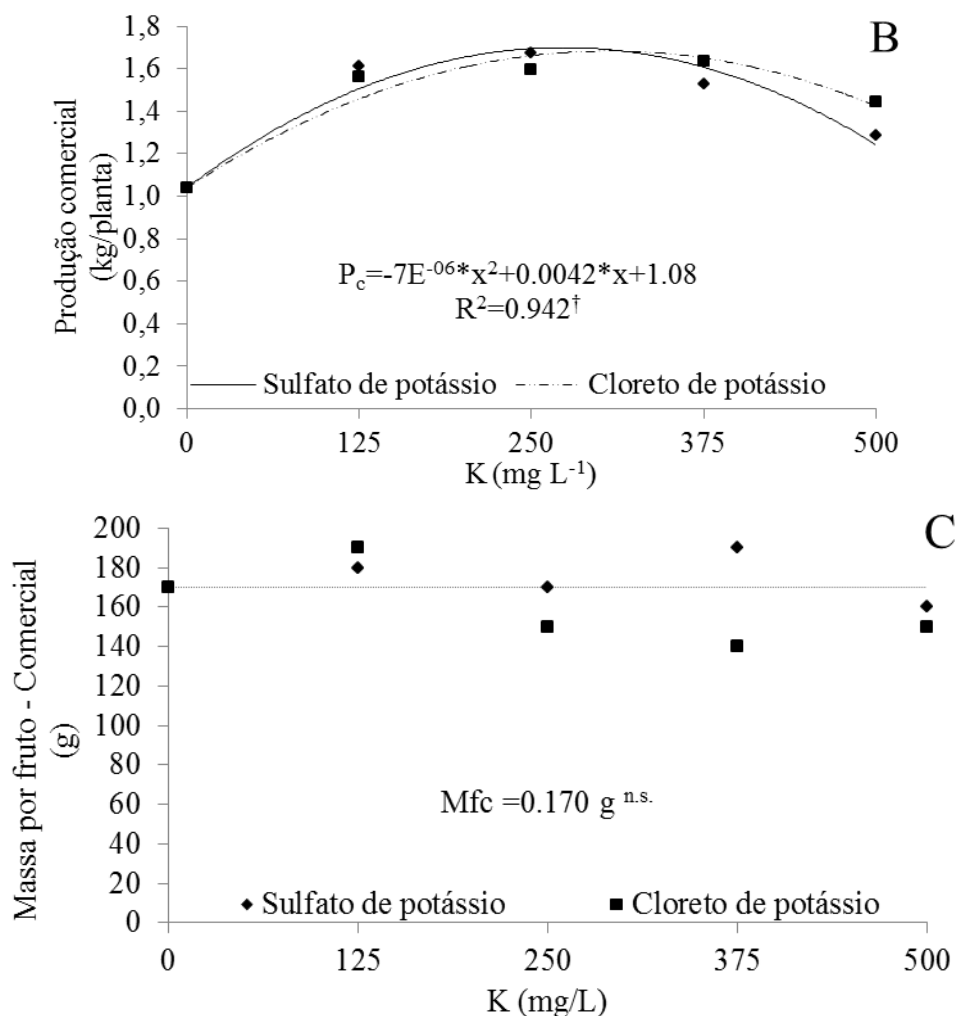


Figura 16. Número de frutos comerciais por planta, produção comercial (kg/planta) e massa de frutos comerciais (g) em função das doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero. Botucatu, SP. 2015.

Nas Tabelas 29 e 30 estão apresentadas as correlações entre as variáveis produção comercial (P_c), nitrogênio foliar (N_{foliar}), potássio foliar (K_{foliar}), fósforo foliar (P_{foliar}), cálcio foliar (Ca_{foliar}), magnésio foliar (Mg_{foliar}), enxofre foliar (S_{foliar}), nitrato na solução do substrato ($N_{\text{sub.}}$), potássio na solução do substrato ($K_{\text{sub.}}$), nitrato na seiva das plantas (N_{seiva}) e potássio na seiva das plantas (K_{seiva}), em função das doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT e aos 165 DAT, respectivamente.

Verificou-se correlações significativas entre os teores foliares de K, Ca, Mg e S aos 75 DAT (Tabela 29) e entre os teores foliares de K, Ca e Mg aos 165 DAT (Tabela 30), podendo ser observado que o aumento da absorção do potássio diminui a

absorção desses nutrientes, com exceção do teor foliar de S que obteve uma correlação positiva com o teor foliar de K aos 165 DAT, indicando aumento em relação aos 75 DAT.

Foram observadas também correlações significativas entre o teor foliar de K e os teores de K na solução do substrato e na seiva das plantas do pimenteiro aos 75 DAT (Tabela 29), indicando que a metodologia proposta, análise da solução do substrato e da seiva como métodos alternativos e práticos, tem uma boa exatidão em relação à metodologia mais usual (análise foliar). Aos 165 DAT também verificou correlação significativa entre o teor foliar de K e o teor de K na solução do substrato, mostrando que o aumento do potássio na solução aumenta a sua absorção pela planta, reforçando a correlação positiva entre os métodos utilizados (Tabela 30).

Na Tabela 30 verificou-se correlação significativa entre o teor foliar de N e o teor de K na solução do substrato, indicando que o aumento de potássio na solução do substrato diminui a absorção foliar no nitrogênio, provavelmente devido ao antagonismo dos íons SO_4^{2-} e Cl^- oriundos dos fertilizantes utilizados na solução nutritiva.

As Tabelas 31 e 32 apresentam as correlações entre nitrogênio foliar (Nfoliar), índice SPAD, nitrato na solução do substrato (Nsubst) e nitrato na seiva (Nseiva) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT e aos 165 DAT, respectivamente.

Verificou-se que não houve correlação significativa entre o N foliar e o índice SPAD, aos 75 e aos 165 DAT, isto se deve ao fato do nitrogênio apresentar absorção de luxo, enquanto que a clorofila, determinada indiretamente pelo clorofilômetro, não aumenta a partir de certo valor no qual a planta não consegue mais incorporá-la. Vários trabalhos na literatura na qual houve correlação significativa entre teor foliar de N e índice SPAD ocorreram em um estágio nos quais ambas as variáveis eram crescentes.

Era de se esperar correlação significativa entre o teor foliar de N e o teor de NO_3^- na seiva, o que não foi observado, tanto aos 75 como aos 165 DAT. Uma hipótese para justificar este resultado seria que enquanto o teor foliar representa o que a planta incorporou de nitrogênio ao longo de um período, a análise da seiva é uma medida instantânea do que a planta está absorvendo naquele momento da avaliação (Tabelas 31 e 32).

Também não foi verificada correlação significativa entre o teor de NO_3^- na seiva e o teor de NO_3^- na solução do substrato, apesar da seiva poder ser considerada uma extensão da solução do substrato. Como houve no experimento doses

elevadas de K, isto pode ter levado a um estresse na planta, promovendo o fechamento estomático e consequentemente a seiva presente na planta não refletiu a solução do solo (Tabelas 31 e 32).

No entanto, conforme apresentado na Tabela 31, observou-se correlação significativa entre o teor foliar de N e o teor de NO_3^- na solução do substrato aos 75 DAT. A diminuição dos teores de nutrientes na solução do substrato pode ocorrer de duas maneiras: pela lixiviação podendo proporcionar o arraste de sais longe do alcance da planta e uma segunda situação seria a diminuição da concentração em função do aumento da absorção pela planta. Esse segundo efeito é mais intenso quanto mais restrito for o volume de substrato explorado. Portanto, no presente trabalho, no qual as plantas se desenvolveram em um sistema fechado sem que houvesse lixiviação, a principal causa dessa correlação negativa observada entre essas variáveis se deve a absorção do N pela planta de pimentão.

Tabela 29. Correlações de Pearson (r) entre produção comercial (PC), nitrogênio foliar (Nfoliar), potássio foliar (Kfoliar), fósforo foliar (Pfoliar), cálcio foliar (Cafoliar), magnésio foliar (Mgfoliar), enxofre foliar (Sfoliar), nitrato na solução do substrato (Nsubst), potássio na solução do substrato (Ksubst), nitrato na seiva (Nseiva) e potássio seiva (Kseiva), em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

	PC	Nfoliar	Kfoliar	Pfoliar	Cafoliar	Mgfoliar	Sfoliar	Nsubst	Ksubst	Nseiva	Kseiva
PC	1	0.355 ^{n.s.}	0.624 ^{n.s.}	-0.841**	-0.651 ^{n.s.}	-0.752*	-0.681*	-0.649 ^{n.s.}	0.690*	-0.229 ^{n.s.}	0.172 ^{n.s.}
Nfoliar		1	-0.047 ^{n.s.}	-0.340 ^{n.s.}	0.170 ^{n.s.}	0.030 ^{n.s.}	-0.369 ^{n.s.}	-0.786*	0.122 ^{n.s.}	-0.453 ^{n.s.}	-0.266 ^{n.s.}
Kfoliar			1	-0.791*	-0.944**	-0.970**	-0.864**	-0.130 ^{n.s.}	0.975**	-0.141 ^{n.s.}	0.739*
Pfoliar				1	0.717*	0.848**	0.884**	0.507 ^{n.s.}	-0.863**	0.181 ^{n.s.}	0.449 ^{n.s.}
Cafoliar					1	0.965**	0.725*	0.1906 ^{n.s.}	-0.919**	-0.053 ^{n.s.}	-0.738*
Mgfoliar						1	0.855**	0.258 ^{n.s.}	-0.970**	0.060 ^{n.s.}	-0.696*
Sfoliar							1	0.403 ^{n.s.}	-0.931**	0.330 ^{n.s.}	-0.566 ^{n.s.}
Nsubst								1	-0.309 ^{n.s.}	0.185 ^{n.s.}	0.044 ^{n.s.}
Ksubst									1	-0.124 ^{n.s.}	0.733*
Nseiva										1	0.279 ^{n.s.}
Kseiva											1

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade; * 5 % de significância; ** 1 % de significância

Tabela 30. Correlações de Pearson (r) entre produção comercial (PC), nitrogênio foliar (Nfoliar), potássio foliar (Kfoliar), fósforo foliar (Pfoliar), cálcio foliar (Cafoliar), magnésio foliar (Mgfoliar), enxofre foliar (Sfoliar), nitrato na solução do substrato (Nsubst), potássio na solução do substrato (Ksubst), nitrato seiva (Nseiva) e potássio seiva (Kseiva), em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

	PC	Nfoliar	Kfoliar	Pfoliar	Cafoliar	Mgfoliar	Sfoliar	Nsubst	Ksubst	Nseiva	Kseiva
PC	1	0.370n.s.	0.652n.s.	0.687*	-0.644n.s.	-0.750*	0.388n.s.	0.168n.s.	0.249n.s.	-0.225n.s.	0.550n.s.
Nfoliar		1	-0.380n.s.	0.586n.s.	0.262n.s.	0.116n.s.	-0.220n.s.	-0.327n.s.	-0.685*	0.214n.s.	-0.099n.s.
Kfoliar			1	0.265n.s.	-0.913**	-0.914**	0.778*	0.469n.s.	0.856**	-0.316n.s.	0.604n.s.
Pfoliar				1	-0.496n.s.	-0.430n.s.	0.362n.s.	0.042n.s.	-0.184n.s.	0.183n.s.	0.066n.s.
Cafoliar					1	0.788*	-0.730*	-0.397n.s.	-0.736*	0.150n.s.	-0.535n.s.
Mgfoliar						1	-0.812**	-0.456n.s.	-0.645n.s.	0.182n.s.	-0.435n.s.
Sfoliar							1	0.291n.s.	0.590n.s.	-0.128n.s.	0.371n.s.
Nsubst								1	0.549n.s.	-0.251n.s.	-0.245n.s.
Ksubst									1	-0.321n.s.	0.488n.s.
Nseiva										1	-0.516n.s.
Kseiva											1

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade; * 5 % de significância; **1 % de significância

Tabela 31. Correlação de Pearson (r) entre nitrogênio foliar (Nfoliar), índice SPAD, nitrato na solução do substrato (Nsubst) e nitrato seiva (Nseiva) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 75 DAT. Botucatu, SP. 2015.

	Nfoliar	SPAD 3	Nsubst	Nseiva
Nfoliar	1	0.019 ^{n.s.}	-0.786*	0.623 ^{n.s.}
SPAD 3	0.01932 ^{n.s.}	1	0.132 ^{n.s.}	0.361 ^{n.s.}
Nsubst	-0.78643*	0.132 ^{n.s.}	1	-0.256 ^{n.s.}
Nseiva	0.62325 ^{n.s.}	0.361 ^{n.s.}	-0.256 ^{n.s.}	1

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade; * 5 % significância

Tabela 32. Correlação de Pearson (r) entre nitrogênio foliar (Nfoliar), índice SPAD, nitrato na solução do substrato (Nsubst) e nitrato seiva (Nseiva) em função de doses e fontes de K na solução nutritiva para o cultivo do pimenteiro híbrido Platero, aos 165 DAT. Botucatu, SP. 2015.

	Nfoliar	SPAD 6	Nsubst	Nseiva
Nfoliar	1	-0.043 ^{n.s.}	-0.327 ^{n.s.}	0.214 ^{n.s.}
SPAD 6	-0.043 ^{n.s.}	1	-0.207 ^{n.s.}	0.520 ^{n.s.}
Nsubst	-0.327 ^{n.s.}	-0.207 ^{n.s.}	1	-0.251 ^{n.s.}
Nseiva	0.214 ^{n.s.}	0.520 ^{n.s.}	-0.251 ^{n.s.}	1

^{n.s.} refere-se a valores não significativos à 5% de probabilidade

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A composição da solução nutritiva refletiu na relação entre os nutrientes, afetando a absorção destes;
- A absorção de potássio está relacionada com o período de crescimento e desenvolvimento do pimenteiro. Pode-se observar que houve uma relação muito próxima entre a produção e a absorção potássica;
- O monitoramento da CE extraída da solução do substrato por meio de cápsulas porosas permite evitar possíveis processos de salinização, bem como excessos ou deficiências nutricionais;
- O monitoramento e avaliação nutricional do potássio no pimenteiro por meio da análise da solução do substrato e da seiva apresentaram correlação positiva e boa exatidão em relação à metodologia usual (análise foliar), podendo ser usadas como medidas alternativas e práticas no manejo da fertirrigação, bem como prever o que poderá ocorrer ao longo do ciclo de cultivo.

7 CONCLUSÕES

- A dose de 300 mg L^{-1} de potássio, independente da fonte utilizada, proporcionou maior produção total e comercial do pimenteiro híbrido Platero;
- A condutividade elétrica no tratamento com KCl atingiu valor de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ enquanto que com o K_2SO_4 o valor máximo foi de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$;
- A aplicação de KCl promoveu aumento do número de frutos em relação ao K_2SO_4 , no entanto, para produção total e comercial, massa média dos frutos e diâmetro não foram observadas diferenças significativas;
- Folhas amostradas no tratamento com K_2SO_4 apresentaram, tanto aos 75 como aos 165 DAT, maior teor de potássio na folha e aos 165 DAT maior teor de S;
- Houve maior concentração de NO_3^- na solução do substrato no tratamento com K_2SO_4 em relação ao KCl, aos 65 DAT, e aos 165 DAT maior teor de K^+ na solução do substrato nesta mesma fonte, quando comparada ao KCl;
- Ocorreram correlações positivas entre teor de potássio foliar x potássio na solução do substrato x potássio na seiva;
- Correlações negativas foram observadas entre o teor de K^+ foliar x teor de NO_3^- na solução do substrato e entre o teor de nitrogênio foliar e NO_3^- na solução do substrato;
- Mesmo mantendo a aplicação da mesma solução nutritiva com valores idênticos de CE, a solução do solo varia amplamente quando da colheita de frutos e,

consequentemente, menor dreno de nutrientes pela planta, podendo creditar que a produção pendente influencia na absorção dos nutrientes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C. **Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para o cultivo do de mini tomate em substrato**. 2011. 86 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2011.

ADAMS, P. Effect of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. **Journal of Horticulture Science**, London, v. 66, n. 2, p. 201-207.1991.

ADAMS, P.; HO, L.C. Effect of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. **Journal of Horticulture Science**, London, v. 64, n. 6, p. 725-732, 1989.

ADAMS, P.; HO, L.C. Effects of salinity on calcium transport in tomato (*Lycopersicon esculentum*). In: VAN BEUSICHEM, M.L. (ed.) **Plant Nutrition – physiology and application**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 469-472. 1990.

ADAMS, P.; HO, L.C. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *Journal Horticulture Science*. v.67, p. 827-839. 1992.

ALBUQUERQUE, F.S. **Lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo de pimentão fertirrigado na região metropolitana do Recife**. 2010. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2010.

ALBUQUERQUE, F.S.; SILVA, E.F.F.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, A.E.R. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 681-687. 2012.

ALLAKHVERDIEV, S.I.; SAKAMOTO, A.; NISHIYAMA, Y.; MURATA, N. Inactivation of photosystems I and II in response to osmotic stress in *Synechococcus*: contribution of water channels. **Plant Physiology**, v. 122, p.1201–1208. 2000b.

ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1999. 347 p.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p. 215-219, nov. 1999.

ANDRIOLO, J. L.; WITTER, M.; ROSS, T. D.; GODÓI, R. S. dos. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com reutilização da solução nutritiva drenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p.485-489, jul./set. 2003.

BEN ZIONI, A.; VAADIA, Y.; LIPS, S.H. Nitrate uptake by roots is regulated by nitrate reduction products of the shoot. **Physiology Plant**. v.34, p.288-290. 1971.

BENZIONI, A.; GOLAN, R. 1992. Effect of potassium on fruit quality of peppers growing in greenhouses. In: Mizrahi et al. Eds. Scientific activities 1990- 1991. **The institute of applied research**, Ben Gurion University, Israel.

BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, L.E. Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. **Agronomy Journal**, v. 67, n.2, p. 185–191.1975.

BRASIL. **Métodos para análise de substratos para plantas e condicionadores de solos** Diário Oficial da União, nº 99, seção 1, pág. 8-9 de 24/05/2007. 2007.

BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; FURLANI JUNIOR, E.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Perspectiva de uso de métodos diagnósticos: medida indireta da clorofila. In: PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D.W.; CORREIA, M.A.R.; SOUZA, H.A. **Nutrição mineral de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundunesp, 2008. p.135-160.

CADAHÍA, C. Fertirrigacion. Aspectos basicos. In: _____. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. p. 63-79.

CADAHÍA, C.; LUCENA, J. J. Diagnóstico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. 3. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. p. 183-257.

CAÑADAS, J. J. M. Sistemas de cultivo en substrato: a solución perdida y com recirculación del lixiviado. In: MILAGROS, M. F.; GÓMEZ, I. M. C. (ed.). **Cultivos sin suelo II**. Curso Superior de Especialización. 2 ed. Almería: DGIFA-FIAPA-Caja Rural de Almería. 1999, p. 173-205.

CARRIJO, O. A; VIDAL, M. C; REIS, N. V. B; SOUZA, R. B; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 5-9, jan./mar. 2004.

CEAGESP. **Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo**. Disponível em: <http://www.alimentares.com/pimentas/_file/norma_pimentoes.pdf>. Acesso em 02/04/2013.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C. et al. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 4, p. 589-593, out/dez. 2007.

CHARLO, H. C. de; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 155-159, abr./jun. 2009.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4ª ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1987. 337p.

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, Botucatu, SP, v. 14, n.1, p. 1-11, jan./mar. 2009.

DAVENPORT, J. R. Potassium and Specific Gravity of Potato Tubers. **Better Crops**, v.84, p.14-15. Georgia, 2000.

DEGRAAF, R.; ESMEIJER, M.H. Comparing calculated and measured water consumption in a study of the (minimal) transpiration of cucumbers grown on rockwool. **Acta Horticulturae**, Vol.458, pp. 103-112. 1998.

DE KREIJ, C., VOOGT, W.; BAAS, R. (1999). Nutrient solution and water quality for soilless cultures. Brochure 196. Research Station for Floriculture and glasshousevegetables (PBG) Naaldwijk, The Netherlands.

DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

DIAS, N.S.; CHEYL, H.R.; DUARTE, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003 (Série Didática, 013).

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; TELES FILHO, J. F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. I: efeitos sobre o meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 208-218, 2006.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; TELES FILHO, J. F.; YOSHINAGA, R. T. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, v. 12, n. 1, p. 135-143, 2007.

DUMAS, Y.; DADOMO, M.; DI LUCCA, G.; GROLIER, P. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **Journal Science Food Agriculture**, v. 83, n. 5, p. 369-382, abr. 2003.

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

FAQUIN, V; FURTINI NETO, A. E; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.

FERNANDEZ, M. M.; GOMES, I. M. C. (Ed.). **Cultivos sin suelo II**. Almeria: Direccion General de Investigacion y Formacion Agraria de la Junta de Andalucia/FIAPA/Caja Rural de Almeria, 1999. 590 p.

FERREIRA, M. M. M.; FONTES, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 106-112, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 242 p.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; BOARETTO, R. M.; BOARETTO, A. E. Calibration of cardy-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 8-11, 2005.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 21, p. 47-50. 1997.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E.N.; GRAÇA, R.N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 275-280, 2005.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; MANTOVANI, E. C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertirrigation. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 575-580. 2000.

FORSTER, H.; MENGEL, K. The effect of a short-term interruption in the K supply during the early stage on yield formation, mineral content and soluble amino acid content. **Zeitung Acker-u. Pflanzenbau**, Berlin, v. 130, n. X, p. 203-213. 1969.

FREIRE, F.M.; MASCARENHAS, M. H. T.; VIANA, M. C. M.; GONÇALVES, L. D.; LARA, J. F. R.; ANDRADE, C. L. T.; PURCINO, H. M. A. Produtividade, teor de nitrato na seiva da nervura central e de nitrogênio total nas folhas de alface em resposta a doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 74-78, 2008.

GERENDÁS, J.; PIEPER, I. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. In: HORST, W.J.; SCHENK, M.K.; BÜRKERT, A.; CLAASSEN, N.; FLESSA, H.; FROMMER, W.B.; GOLDBACH, H.; OLFS, H.W.; RÖMHELD, V.; SATTELMACHER, B.; SCHMIDHALTER, U.; SCHUBERT, S.; WIRÉN, N.V. & WITTERNMAYER, L., eds. **INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM**, 14., Hannover 2001. Proceedings. Kluwer Academic Publishers, 2001 Plant Nutrition Development Plant Soil Science, v.92, p.716-717, 2001.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. BULL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 6, p. 1049-1056, 2003.

GODOY, L. J. G.; SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L. Perspectivas de uso de métodos diagnósticos alternativos: análise de seiva e medida indireta da clorofila. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/FUNDUNESP, 2010. p. 135-184.

GOTO, R.; ROSSI, F. Cultivo do pimentão em estufa. Viçosa:cpt, 1997. 66p.

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. **Teores de colorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo**. Campinas: Bragantia, v. 58, n. 1, p. 209-216. 1999.

HAO, X.; PAPADOPOULOS, A. P.; DORAIS, M.; EHRET, D. E.; TURCOTTE, G.; GOSSELIN, A. Improving tomato fruit quality by raising the EC of NFT nutrient solutions and calcium spraying: effects on growth, photosynthesis, yield and quality. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 511, p. 213–224. 2000.

HARTZ, T.K., MIYAO, E.M.; MULLEN, R.J.; CAHN, M.D.; VALENCIA, J.G.; BRITTAN, K.L. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *Journal American Soc. Horticulture Science*. v. 124, p. 199-204. 1999.

HASSAN, S.A.; RAMLAN, Z. A. Influence of potassium fertilizer and mulching on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulture*, n.369, p.311-318, 1994.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C.; CARTER, O.G. Inheritance of tolerance to high manganese supply in soybean. **Crop Science**, v.21, p. 625-627.1981.

HERNANDO, V.; CADAHÍA, C. El análisis de savia como índice de fertilización. Estudio comparativo con el análisis foliar. **Manuales de Ciencia Actual** C.S.I.C., 1973, n.7, 167p.

HOCHMUCH, G. J. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole SAP quick tests. **HortTechnology**, Alexandria, v. 4, n. 3, p. 218-222, 1994.

IEA. **Instituto de Economia Agrícola**. Disponível em:
<<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em 12/01/2015.

JIMENEZ, S.; ALÉS, J.I.; LAO, M.T.; PLAZA, B., PÉREZ, M. Evaluation of nitrate quick test to improve fertigation management. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v.37, p. 2461-2469, 2006.

JONES JÚNIOR, J. R. **Hidroponics**: a practical guide for soilless grower. Boca Raton: CRC Press, 2005, 423 p.

KOCH, K.; MENGEL, K. The influence of the level of potassium supply to young tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.) on short-term uptake and utilisation of nitrate nitrogen. **Journal Science Food Agriculture**, v. 25, p. 465-471. 1974.

KREIJ, C. de. Production, blossom-end rot, and cation uptake of sweet pepper as affected by sodium, cation ratio, and EC of the nutrient solution. *Gartenbauwissenschaft*, v.64, p.158-164. 1999.

LI, Y. L.; STANGHELLINI, C. Effect of EC and transpiration on production of greenhouse tomato. **Scientia Horticulturae**, Wageningen, Netherlands, v. 88, n. 1, p. 11-29, mar. 2001.

LIMA, G.S.; SOUSA, A. de P.; BROETTO, F.; TEIXEIRA, R.P.; CORREIA, J. de S. Absorção de micronutrientes em plantas de pimentão submetidas a diferentes lâminas de irrigação. II **INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING**. Fortaleza. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a195>>. p. 1454-1462. 2014.

LIZ, R. S. de; CARRIJO, O. A. **Substrato para produção de mudas e cultivo de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 83 p.

LOCASCIO, S. J.; OLSON, S. M.; RHOADS, F. M. Water quantity and time of N and K application for trickle-irrigated tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v. 114, n. 2, p. 265-268, mar. 1989.

LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. **Doenças do pimentão: diagnose e controle**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003. 96 p.

LOPEZ, C. C.; ALONSO, E. E. Calculo y preparación de disoluciones fertilizantes. In: LOPEZ, C.C. (Ed.). **Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Mundi-Prensa. 1998, p. 125-172.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 630 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C. G.; OLIVEIRA, A . S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARCUSSI, F.F.N.; VILLAS BÔAS, R.L. **Teores de micronutrients no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação**. Irriga, Botucatu, v. 8,. n.2, p. 120-131, mai-ago, 2003.

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

MARCUSSI, F.F.N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.5, n.3, p.642-650. 2005.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.46, p. 467-472, 1995.

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

MARTI, H. R., MILLS, H.A. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. **Journal Plant Nutrition**, v.14(11), p. 1165-1175. 1991.

MARTINEZ, H. E. P. 2002. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. Viçosa: UFV, 2002. 61p.

MARTINEZ, H. E. P.; BARBOSA, J. G. Substratos para hidroponia. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200/201, p.81-89. 1999.

MELO, A.S. de; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D. de M.; SILVA JUNIOR, C.D. da; FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n.1, janeiro-maço.p. 17-21. 2009.

MELLO, S.C.; DECHEN, A.R.; MINAMI, K. Influência do boro no desenvolvimento e na composição mineral do pimentão. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 20, n. 1, p. 99-102, março. 2002.

MINOLTA CAMERA Co. Ltd. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments, 1989. 22p.

MOREIRA, M. A.; VIDIGAL, S. M. **Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura do repolho**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 5 p. (Circular técnica).

MORENO, D.A.; PULGAR, G.; VÍLLORA, G.; ROMERO, L. Effect of N and K on fruit production and leaf levels of Fe, Mn, Zn, Cu and B and their biochemical indicator in capsicum plants. **Phyton**, v.59, n.1-2, p.1-12, 1996.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ARAÚJO, R. F. Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 335-340, 2011.

MORENO, D.A.; PULGAR, G.; VÍLLORA, G.; ROMERO, L. Effect of N and K on fruit production and leaf levels of Fe, Mn, Zn, Cu and B and their biochemical indicator in capsicum plants. **Phyton**, v.59, n.1-2, p.1-12, 1996

NANNETTI, D.C.; SOUZA, R.J.; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.843-844, 2000.

NEGREIROS, M.Z. **Crescimento, partição de matéria seca, produção e acúmulo de macronutrientes de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em cultivo podado e com cobertura morta**. 1995. 187p (Tese doutorado). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

OLSEN, J.K.; LYONS, P.J.; KELLY, M. Nitrogen uptake and utilization by bell pepper in subtropical Australia. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.1, p.177-193, 1993.

PANIQUE, E.; KELLING, K. A.; SCHULTE, E. E.; HERO D. E.; STEVENSON, W. R.; JAMES, R. V. Potassium Rate and Source Effects on Potato Yield, Quality, and Disease Interaction. **American Potato Journal**, E.U.A., v.74, p.379-398, 1997.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: Situação atual e perspectivas para o future. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11 -154.

PAULETTI, V.; MENARIM, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v.5, n.1-2, p.15-20, 2004.

PHENE, C. J.; DAVIS, K. R.; HUTMATMACHER, R. B.; BAR-YOSEF, B.; MEEK, D. W.; MISAKI, J. Effects of high frequency surface and surface drip irrigation on root distribution of sweet corn. **Journal of Irrigation Science**. Berlin, v. 12, n. 3, p. 135-140. 1991.

PIEPHO, H.P.; WILLIAMS, E.R.; FLECK, M. A note on the analysis of designed experiments with complex treatment structure. **Horticulture science**, v.41, p. 446-452. 2006.

PURQUEIRO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (Eruca sativa Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 119p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico. IAC**. n.100, p.1-285. 1997.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). **Capsicum, pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2000. 113 p.

REIS JÚNIOR, R. A.; FONTES, P. C. R. Morfologia e partição de assimilados na batateira em função de época de amostragem e de doses de potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 795-799, 1999.

SALOMÃO, L. C. **Determinação do tempo de vácuo, momento de coleta e posicionamento de extratores de cápsulas porosas em solo arenoso**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

SHABALA, S. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. **Annals Botanic**, v.92, p. 627-634. 2003.

SILVA, E.F.de **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão usando extratores de solução de solo**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado em agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; FERNANDES, H.G.; SCIVITTARO, W.B. Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1085-1089, 2001.

SYNGENTA. 2013. Disponível em:

<http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/vegetais/Pages/pimenta-o-hibrido-platero.aspx>. Acesso: 02/10/2012

SONNEVELD, C.; VOOGT, S.J. Nitrogen, potash and magnesium nutrition of some vegetable fruit crops under glass. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.29, p. 129-139. 1981.

SONNEVELD, C.; WELLES, W. H. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. **Plant and Soil**, New York, v. 111, n. 1, p. 37-42. 1988.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. Nutrient solutions for vegetables and flower grow in water or substrates. 10 ed. Naaldiwijk, **The Netherlands: Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldiwijk**. 1994.

SONNEVELD, C. Fertigation in the greehouse industry. In: Proc. of the Dahlia Greidinger Internacional Symposium on Fertigation. Thecnion – Israel Institute of Technology, Haifa, 25 March-1 April, 121-140. 1995.

SONNEVELD, C.; VOOGT, W. Plant Nutrition of greenhouse crops. Dordrecht: Springer, 2009. 423 p.

SONNEVELD, C.; VOOGT, W. Determination of micro nutrients by water extraction and interpretation of the analytical data. **Acta Horticulture**. v.819, p. 89-98. 2009.

STANGHELLINI, C.; VAN MEURS, W. T. M.; CORVER, F.; VAN DULLEMEN, E.; SIMONSE, L. Combined effect of climate and concentration of the nutrient solution on a greenhouse tomato crop. II: Yield quantity and quality. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 458, p. 231-237. 1998.

STANLEY, R.; JEWELL, S. The influence of source and rate of potassium fertilizer on the quality of potatoes for french fry production. **Potato Research**, v. 32, p. 439-446. 1989.

SUNDSTROM, F.J.; CARTER, S.J. Influence of K and Ca on quality and yield of Watermelon. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.108, n.5, p.879-881, 1983

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TIVELLI, S. W. A cultura de pimentão. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Orgs.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. p. 225-226.

TIVELLI, S. W. **Sistemas de cultivo na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) vermelho em ambiente protegido**. 1999. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S.W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2^a ed.rev. atual. 2011. 51 p. (Série tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196).

VILLAS BÔAS, R. L., BULL, L. T., FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. coord. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999, p. 293-319.

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

VOOGT, W. K/Ca ratios with butterhead lettuce grown in recirculating water pp. 469-482. **Proceedings of 7th International Cong. Soilless Culture**. p.469-482. 1988.

VOOGT, W. Potassium Management of Vegetables Under Intensive Growth Conditions. In: **Potassium for Sustainable Crop Production**. N. S. Pasricha & S. K. Bansal SK (eds.), International Potash Institute, Bern, Switzerland. 2002. p. 347-362.

WOLT, J.D. **Soil solution chemistry: applications to environmental Science na agriculture**. New York: Wiley, 1994. 345 p.

ZEHLER, E. et al. **Sulfato de potássio e Cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 11 p.

ZORNOZA, P.; CASELLES, J.; CARPENA, O. Influence of light and $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ratio on nutrients uptake by pepper plants in sand culture. **Soiless Culture**, v. 4, p. 65-75. 1988.