

## SALINIZAÇÃO POR POTÁSSIO NA PRODUÇÃO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO SOB AMBIENTE PROTEGIDO

**RENAN LIMA DE SOUSA<sup>1</sup>; ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS<sup>2</sup>; POLIANA ROCHA D'ALMEIDA MOTA<sup>3</sup>; CAROLINE DE MOURA D'ANDRÉA MATEUS<sup>4</sup> E RAFAEL BARCELOS MENDONÇA<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Avenida Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: renann.agro@hotmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Avenida Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: rlvboas@fca.unesp.br

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Piauí, UFPI, Rua Dirce Oliveira, nº 3397, Ininga, CEP 64048-550, Teresina, PI, Brasil. E-mail: poliana@ufpi.edu.br

<sup>4</sup>Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Avenida Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: caroline\_mateus@hotmail.com

<sup>5</sup>Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Avenida Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: rafael.irrigacao@gmail.com

### 1 RESUMO

Objetivou-se com a pesquisa avaliar doses de potássio na produção de pimentão, cultivar 'Gaston', e efeitos no extrato de solução do solo, utilizando extratores. Instalou-se a pesquisa na estufa agrícola do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Botucatu, tendo sido as plantas conduzidas em vasos. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, quatro repetições, testando quatro doses de K<sub>2</sub>O (363 kg ha<sup>-1</sup>, 726 kg ha<sup>-1</sup>, 1088 kg ha<sup>-1</sup> e 1451 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas via fertirrigação por gotejamento. Foram avaliados: a condutividade elétrica e concentração de íons específicos da solução do solo extraída semanalmente, altura das plantas e produção. Os extratores permitiram monitoramento eficiente e houve diferença significativa entre os tratamentos. O aumento da concentração de sais na solução do solo reduziu a altura das plantas, número de frutos e a produção. A dose, além da calagem, que proporcionou maior produção de frutos foi: 363 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com 39,2 t ha<sup>-1</sup>, apresentando condutividade elétrica média ao longo do ciclo de 1,7 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 111 mg L<sup>-1</sup> no extrato de solução do solo.

**Palavras chave:** *Capsicum annuum* L., fertirrigação, extrator de solução, solução do solo, salinização

**SOUSA, R. L.; VILLAS BÔAS, R. L.; MOTA, P. R. D.; MATEUS, C. M. D.; MENDONÇA, R. B.**

## EFFECTS OF POTASSIUM SALINIZATION IN THE PRODUCTION OF FERTIRRIGATED RED PEPPERS UNDER GREEN HOUSE

### 2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate potassium doses in the production of sweet pepper, 'Gaston' cultivar, and effects on soil solution extract, using extractors. The research was installed in the greenhouse of the Department of Soils and Environmental Resources of São Paulo State University "Júlio de Mesquita Filho" - Botucatu Campus, and the plants were carried in pots. The experimental design was a randomized block design, with four replicates, using four doses of K<sub>2</sub>O (363 kg ha<sup>-1</sup>, 726 kg ha<sup>-1</sup>, 1088 kg ha<sup>-1</sup> and 1451 kg ha<sup>-1</sup>) applied via drip fertirrigation. Electrical conductivity and specific ion concentration of soil solution extracted weekly, plant height and yield were evaluated. The extractors allowed efficient monitoring and there was significant differences across treatments. Increase in salt concentration in the soil solution reduced plant height, number of fruits and yield. The dose, in addition liming, that provided the highest fruit yield was: 363 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O with 39.2 t ha<sup>-1</sup>, with an average electrical conductivity over the cycle of 1.7 dS m<sup>-1</sup> and concentration of 111 mg L<sup>-1</sup> in soil solution extract.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L., fertirrigation, solution extractor, soil solution, salinization

### 3 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é a quinta hortaliça mais cultivada no Brasil tanto em campo como em ambiente protegido e apresenta produção média de 37 toneladas por hectare (REIFSCHNEIDER; RIBEIRO, 2004; AGRIANUAL, 2017).

Nas últimas décadas, o sistema de produção de oleráceas tem adotado várias tecnologias visando otimizar a produtividade e homogeneizar a oferta (REZENDE et al., 2005). Dentre elas, é possível citar o cultivo em estufa agrícola objetivando reduzir os efeitos da variabilidade ambiental e incidência de pragas e doenças, o cultivo em vaso para reduzir a ocorrência de nematóides e maior controle do meio que a planta irá se desenvolver, a fertirrigação que permite atender a demanda nutricional da cultura de forma parcelada e o uso de técnicas que possibilitam o monitoramento do solo com tomada de decisões rápidas, como é o caso

dos extratores de solução do solo. Todas essas tecnologias podem, desde que utilizadas de forma correta, viabilizar o uso eficiente da água e nutrientes e, conseqüentemente, maior retorno financeiro (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2007).

Dentre as várias técnicas de extração de solução do solo está o uso de extratores a vácuo, onde a partir da solução extraída é possível determinar a condutividade elétrica (salinidade) e a concentração de íons específicos como nitrato, potássio, sódio e cálcio, por exemplo (LIMA, 2009).

Em diferentes faixas de condutividade, cada cultura apresenta sua tolerância relativa à salinidade (VILLAS BÔAS et al., 2007). Esta é variável em função do genótipo, fatores edafoclimáticos e fontes de salinização (OLIVEIRA, 2012). Medeiros et al. (2002), ao avaliarem a tolerância à salinidade do pimenteiro em estufa agrícola estimaram limiar de 1,81 dS m<sup>-1</sup>.

No entanto, Marcussi, Godoy e Villa Boas (2004) obtiveram maior desenvolvimento das plantas com condutividade de até 2,3 dS m<sup>-1</sup>. Medeiros, Duarte e Dias (2009) e Medeiros, Duarte e Silva (2012), trabalhando com pepino e tomate respectivamente, constataram que as culturas ofereceram maior tolerância em condições de salinidade ocasionada pela adição de fertilizantes.

Cada nutriente tem seu papel específico no metabolismo das plantas e podem advir desequilíbrios fisiológicos quando um deles não está em quantidade necessária à planta ou quando ocorre interação negativa entre os nutrientes (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Porém, os sinais de desequilíbrio nutricional (excesso ou falta) são o fim de uma série de acontecimentos que se iniciam com uma lesão molecular, evoluindo para alteração subcelular e celular e por fim ao conjunto de células do tecido vegetal, tornando o sintoma visível e podendo aparecer em folhas ou frutos (MALAVOLTA, 2006).

Em estudo realizado por Marcussi (2005), Abrahão (2015) e Oliveira et al. (2016), dentre outros, é notório que o potássio é o nutriente mais requisitado pela cultura do pimentão. No solo, o potássio movimenta-se por fluxo de massa e difusão e é absorvido pelas raízes na forma iônica.

Segundo Silva et al. (2001), o potássio influencia tanto em características químicas como físicas no pimentão e seu manejo adequado durante a fertilização da cultura é primordial para alcançar elevada produtividade e frutos de qualidade (CHARTZOULAKIS; KLAPKI, 2000). Por competir com o sítio de absorção do cálcio e do magnésio, doses excessivas podem resultar em menor produtividade e qualidade dos frutos devido à dificuldade de absorção de água pelas raízes, gerada pelo desbalanço nutricional (MARCHNER, 1995).

Portanto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a salinização por potássio

na produção de plantas de pimentão do cultivar 'Gaston' em vaso e ambiente protegido e os efeitos no extrato da solução do solo obtido por meio de extratores.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em estufa agrícola (7 m de largura por 24 m de comprimento, coberta por filme plástico de 150 micras, com janelas superiores e cortinas laterais para ventilação e temperatura, laterais de tela branca e nebulizadores), localizada no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Botucatu (São Paulo, Brasil), sob coordenadas geográficas 22°50'51.6" de latitude Sul e 48°26'06.0" de longitude Oeste, com altitude de 830m.

O cultivar 'Gaston' foi o selecionado para ser avaliado e verificar sua resposta à salinidade, por ser o mais utilizado entre os produtores de pimentão da região. Foram adquiridas mudas com aproximadamente 16 cm de altura, variando de 7 a 8 folhas. Foram transplantadas duas mudas por vaso, sendo desbastada a menos vigorosa com 30 dias após transplântio (DAT), dando início então ao programa de fertirrigação e aplicação dos tratamentos.

O solo utilizado para preenchimento dos vasos de 25 L foi de textura arenosa, devidamente corrigido após análise química, elevando a saturação por base para 70%. Após preenchimento, os vasos foram distribuídos no interior da estufa agrícola com espaçamento duplo de 0,5 m entre vasos do mesmo bloco e 1,2 m entre blocos, totalizando 23.529 plantas por hectare.

O experimento avaliou quatro doses de potássio distribuídas em blocos casualizados, com quatro repetições e cada

parcela com dois pontos de amostragem (2 vasos de 25 litros), totalizando assim 16 parcelas e 32 vasos.

Na Tabela 1 encontram-se as descrições de cada tratamento baseado na curva de absorção de nutrientes para o

pimentão fertirrigado (TRANI; TIVELLI; CARRIJO, 2011), conforme Tabela 2. Para os nutrientes que não foram pesquisados, foi aplicado 100% da recomendação. O experimento foi implantado em 01/03/2016 e finalizados em 12/10/2016 aos 225 DAT.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos utilizados no experimento, cultura do pimentão.

TRATAMENTO	DOSE (kg ha <sup>-1</sup> )
1) 70% de K <sub>2</sub> O	363
2) 140% de K <sub>2</sub> O	726
3) 210% de K <sub>2</sub> O	1088
4) 280% de K <sub>2</sub> O	1451

**Tabela 2.** Curva de absorção de nutrientes utilizada como referência na cultura do pimentão.

Desenvolvimento do pimenteiro dias após transplântio (DAT)	Quantidade de nutriente por dia				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
	Kg ha <sup>-1</sup>				
1 a 35	0,05	0,01	0,08	0,03	0,04
36 a 55	0,35	0,06	0,78	0,23	0,14
56 a 70	1,16	0,24	2,24	0,69	0,50
71 a 85	1,32	0,22	2,60	0,67	0,70
86 a 100	2,63	0,77	4,80	1,93	1,05
101 a 120	2,73	0,60	5,50	0,80	0,75
121 a 140	3,75	1,10	4,85	1,00	0,72
141 a 180	2,00	0,90	3,60	1,20	0,90
Total por hectare	295,0	90,0	514,0	139,0	103,0

Fonte: Trani, Tivelli e Carrijo (2011, p. 23).

Para encontrar a necessidade nutricional por planta, uma vez que o experimento foi realizado em vasos, foi considerada a densidade de 16.667 plantas por hectare, obtida a partir do espaçamento mais usual entre os produtores de pimentão em campo e também citado por Trani, Tivelli e Carrijo (2011): 1,2 m x 0,5 m.

Os fertilizantes utilizados na solução nutritiva foram: cloreto de cálcio como fonte de Ca (27,2% de Ca), cloreto

de potássio (pó branco) como fonte de K (60% de K<sub>2</sub>O), nitrato de amônio como fonte de N (33% de N) e MAP purificado como fonte de P (60% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% de N), sendo que as aplicações ocorriam semanalmente. Para os micronutrientes foram realizadas pulverizações foliares periódicas.

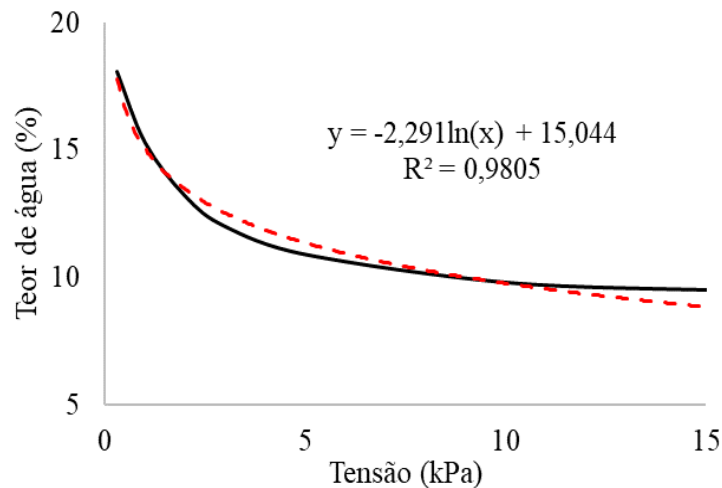
O sistema de irrigação localizada adotado foi por gotejo, provido de botões gotejadores de 4 L h<sup>-1</sup> derivados em quatro

flechas, para cada vaso. As doses foram injetadas individualmente e, para a troca entre os tratamentos durante a fertirrigação, foram utilizados registros de esfera devidamente identificados. Na injeção de fertilizantes, o sistema adotado foi o tanque de derivação. Esse sistema consiste em um tanque fechado o qual a solução nutritiva concentrada é diluída e carreada ao sistema de irrigação à medida que é forçada a passagem do fluxo de água pelo mesmo.

Para controle da irrigação foi utilizado o princípio da tensiometria

mediante a curva de retenção de água do solo. Partindo do princípio de que quanto mais disponível a água estiver, menos esforço a planta realizará para extraí-la e que o pimenteiro, conduzido em casa de vegetação, permite esgotamento de até 30% da água do solo sem refletir em perdas de produção (TEODORO; OLIVEIRA; MINAMI, 1993), estabeleceu-se como indicativo da necessidade de irrigação a tensão de 10 kPa (12,75% de água no solo), por meio da curva de retenção de água ajustada pela equação logarítmica presente na Figura 1.

**Figura 1.** Curva de retenção de água no solo.



O acompanhamento da tensão da água no solo foi realizado com a instalação de tensiômetros de cápsula porosa, a 0,2 m de profundidade possibilitando a realização de leituras diárias com o auxílio de um tensímetro digital e, assim, a verificação da necessidade de irrigação ou não.

Para o monitoramento da solução do solo foram utilizados extratores de solução em três repetições de cada tratamento, a 0,2 m de profundidade que, semelhante ao tensiômetro, conta com uma cápsula porosa na extremidade. A extração de solução ocorria 24 horas após a aplicação das doses via fertirrigação, sendo o vácuo padronizado a todos os extratores e realizado com auxílio de uma seringa plástica de 60 mL, deixando permanecer

até que ocorresse o acúmulo de pelo menos 10 mL de solução (tempo de aproximadamente 4 horas). Após decorrido o tempo, a solução era extraída e analisada em laboratório com medidores portáteis de condutividade elétrica e íons específicos. A partir dos dados de cada leitura era feita a adequação do manejo ou até mesmo a suspensão temporária da fertirrigação, quando necessário.

As soluções extraídas eram armazenadas em tubetes de 15 mL e levadas ao laboratório para análise de condutividade elétrica e íons específicos de potássio com o auxílio de medidores portáteis da marca Horiba®. Semanalmente, antes de cada leitura, os aparelhos eram calibrados com solução de

1,41 dS.m<sup>-1</sup> para o condutivímetro e soluções de 150 mg L<sup>-1</sup> e 2000 mg L<sup>-1</sup> de K para o leitor de íon específico. No intervalo entre as leituras, o eletrodo de cada medidor portátil foi lavado com água destilada e seco cuidadosamente com papel toalha.

A altura da planta foi medida uma vez por mês, no intervalo dos 60 DAT aos 200 DAT. Foi utilizada uma fita métrica rígida (trena) dispendo a sua extremidade na base da planta rente ao solo posicionada verticalmente no sentido do topo da planta, sendo considerado como ponto de leitura, em centímetros, a última inserção foliar do ramo mais alto.

Na contabilização da produção, o ponto de colheita adotado foi o aparecimento da primeira faixa vermelha. Em todos os frutos colhidos foram analisados o peso, o tipo comercial (diâmetro), o comprimento, a quantidade por planta e a presença de algum defeito que o classificasse como não comercial.

O peso foi contabilizado fruto a fruto, em laboratório, com o auxílio de uma balança digital com duas casas decimais após a virgula e devidamente nivelada. Para a identificação do tipo foi utilizado o classificador de frutos desenvolvido pela GREENPACK® com os

calibres padrão CEAGESP para hortigranjeiros variando do tipo 4 ao tipo 11, de acordo com o diâmetro máximo de circunferência. Para o comprimento dos frutos, utilizou-se um paquímetro digital com uma casa decimal. Os frutos que apresentaram diâmetro menor que 49 mm, queimadura do sol ou ocorrência de podridão estilar foram classificados como não comerciais.

Todos os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão pelo programa SISVAR 5.6.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise da solução do solo: condutividade elétrica (CE)

Todos os valores de CE da solução do solo apresentaram diferença significativa entre as doses. O tratamento de menor dose foi o que apresentou menor valor de CE, verificando-se aumento linear em relação aos demais tratamentos. Nas Tabelas 3, 4 e 5 estão os resultados da análise ao longo do ciclo em função dos tratamentos.

**Tabela 3.** Condutividade elétrica da solução do solo dos 43 DAT aos 99 DAT.

Tratamentos	43	50	57	65	71	78	85	92	99 DAT
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )								
K <sub>2</sub> O 70%	0,7	0,7	0,9	1,3	1,5	1,3	1,5	1,8	2,6
K <sub>2</sub> O 140%	0,8	0,9	1,1	1,6	1,9	1,4	2,1	2,5	3,3
K <sub>2</sub> O 210%	1,1	1,2	1,4	1,8	2,1	1,9	2,8	2,9	3,6
K <sub>2</sub> O 280%	1,8	1,4	1,6	1,9	2,3	2,2	3,0	3,4	4,2
CV (%)	20,4	8,9	14,0	11,5	8,3	7,3	7,9	7,9	3,7
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	85,8	99,2	99,9	95,1	98,7	94,5	94,9	98,2	97,6

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 4.** Condutividade elétrica da solução do solo dos 106 DAT aos 162 DAT

Tratamentos	106	113	120	127	134	141	148	155	162
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )									
K <sub>2</sub> O 70%	2,2	2,9	3,3	1,8	2,1	1,4	1,5	1,6	2,2
K <sub>2</sub> O 140%	3,0	3,7	4,1	2,7	2,9	2,1	2,2	2,3	3,9
K <sub>2</sub> O 210%	3,3	4,2	4,9	2,9	3,6	2,7	2,6	2,7	4,3
K <sub>2</sub> O 280%	3,9	5,0	5,4	3,7	4,1	3,2	3,0	3,1	4,8
CV (%)	1,7	4,0	3,8	8,8	4,5	6,4	6,3	4,8	3,2
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	98,1	99,1	99,3	95,2	98,5	99,0	98,5	97,4	88,5

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 5.** Condutividade elétrica da solução do solo dos 169 DAT aos 225 DAT.

Tratamentos	169	176	183	190	197	204	211	218	225
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )									
K <sub>2</sub> O 70%	2,8	2,7	1,3	0,8	1,1	1,2	1,5	1,4	1,1
K <sub>2</sub> O 140%	3,5	3,4	1,4	0,9	1,3	2,3	2,9	2,3	1,8
K <sub>2</sub> O 210%	4,3	4,4	1,6	1,2	1,8	2,8	3,5	2,7	2,2
K <sub>2</sub> O 280%	4,7	4,9	1,8	1,4	2,4	3,3	4,2	3,5	2,7
CV (%)	8,6	3,2	8,1	16,3	4,5	4,5	2,5	7,0	12,9
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	99,1	98,3	97,4	91,9	97,3	95,2	96,3	98,6	99,3

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F.

Quando se avalia a média de 27 leituras realizadas ao longo do ciclo da cultura nota-se que o valor médio observado foi de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (70% de K<sub>2</sub>O), 2,3 dS m<sup>-1</sup> (140% de K<sub>2</sub>O), 2,8 dS m<sup>-1</sup> (210% de K<sub>2</sub>O) e 3,2 dS m<sup>-1</sup> (280% de K<sub>2</sub>O) sendo que a dose de 70% de K<sub>2</sub>O foi a que mais se aproximou do limiar de CE no extrato de solução do solo e onde se obteve maior produtividade (Tabela 10).

Para atender tais parâmetros recomendados, assim que o tratamento de 70% atingia valores iguais ou superiores à literatura, era suspensa a fertirrigação ou, em casos mais críticos, realizava-se a lixiviação como por exemplo aos 120 e 176 DAT.

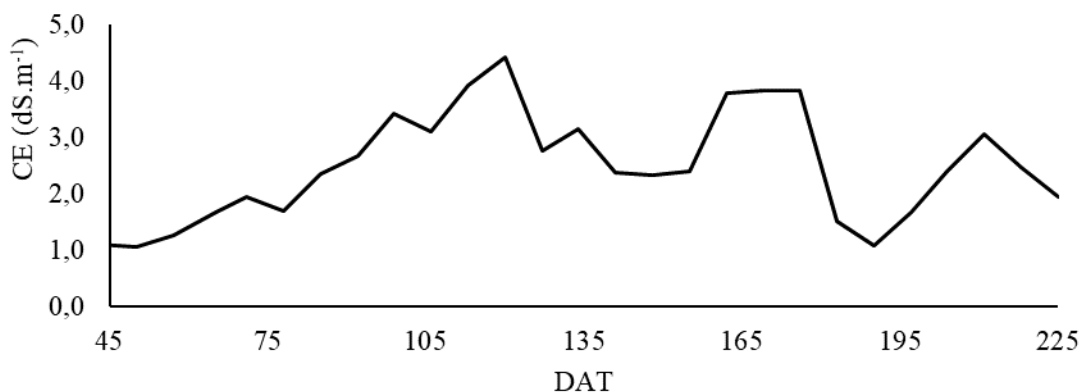
Os frutos do pimenteiro ‘Gaston’, sob as dadas condições de cultivo, apresentaram ponto de colheita 60 a 70 dias após surgimento (3 cm de tamanho). Em estudos realizados por Marti e Mills (1991) foi relatado que frutos pendentes, à medida que se aproximam da maturação, reduzem a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, aumentam a CE da solução do solo pelo acúmulo de sais no solo, como ocorre, por exemplo, aos 71, 120 e 176 DAT.

Na Figura 2 fica mais evidente o efeito e a importância da lixiviação (aos 120 e 176 DAT). Também como medida de controle da CE, a fertirrigação foi suspensa aos 99, 120, 134, 169, 176 e 211 DAT. Essa necessidade de lixiviação ou

suspensão da aplicação de fertilizantes foi associada ao manejo e, como já descrito por Grangeiro e Cecílio Filho (2004), a curva de absorção de nutrientes é um referencial de acordo com o estágio de

desenvolvimento da planta, mas nem sempre sua necessidade é igual à quantidade que deve ser aplicada, pois a demanda nutritiva pode variar pelos mais diversos fatores.

**Figura 2.** CE média da solução do solo em função das doses de K ao longo do ciclo.



Sonneveld e Voogt (2009) observaram que nem sempre o aumento da CE tem efeito negativo. Valores mais elevados de CE para esses autores promoveram aumento da vida de prateleira do pepino, morango e pimentão, por exemplo. Entretanto, é necessário ponderar entre a qualidade de frutos ou máxima produtividade, uma vez que com aumento da CE acima do limiar de salinidade da cultura, há perdas de produtividade.

## 5.2. Análise da solução do solo: concentração de íons específicos

Desempenhando importante papel na fisiologia bioquímica do pimenteiro, o potássio é o nutriente mais requerido pela cultura e a análise desse íon na solução do solo está nas Tabelas 6, 7 e 8.

**Tabela 6.** Íons de potássio na solução do solo dos 43 DAT aos 99 DAT.

Tratamentos	43	50	57	65	71	78	85	92	99 DAT
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	
	Concentração de K (mg L <sup>-1</sup> )								
K <sub>2</sub> O 70%	54	40	23	47	41	39	20	34	43
K <sub>2</sub> O 140%	70	83	55	83	61	55	53	57	62
K <sub>2</sub> O 210%	97	100	70	105	96	79	75	102	122
K <sub>2</sub> O 280%	127	125	109	122	115	109	96	117	233
CV (%)	5,8	2,0	8,4	8,2	9,8	7,2	7,4	7,4	5,0
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	98,0	96,4	97,3	92,1	98,6	98,2	98,6	96,6	90,2

DAT: dias após transplante; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F.



**Tabela 7.** Íons de potássio na solução do solo dos 106 DAT aos 162 DAT.

Tratamentos	106	113	120	127	134	141	148	155	162
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
Concentração de K (mg L <sup>-1</sup> )									
K <sub>2</sub> O 70%	25	38	60	56	160	123	177	217	240
K <sub>2</sub> O 140%	53	75	110	106	267	240	393	437	453
K <sub>2</sub> O 210%	95	137	257	193	517	483	550	803	820
K <sub>2</sub> O 280%	197	421	597	427	643	587	850	1533	1567
CV (%)	12,7	12,2	11,4	10,0	8,6	7,8	7,6	5,7	10,7
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	91,0	80,9	87,7	88,9	97,5	97,3	98,4	93,2	92,7

DAT: dias após transplantio; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 8.** Íons de potássio na solução do solo dos 169 DAT aos 225 DAT.

Tratamentos	169	176	183	190	197	204	211	218	225
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
Concentração de K (mg L <sup>-1</sup> )									
K <sub>2</sub> O 70%	260	267	147	73	170	170	190	140	133
K <sub>2</sub> O 140%	480	487	307	143	360	343	353	337	260
K <sub>2</sub> O 210%	967	970	380	203	537	600	597	510	363
K <sub>2</sub> O 280%	1600	1500	417	317	683	710	710	713	537
CV (%)	12,4	9,2	9,9	11,4	2,5	4,9	4,4	7,5	15,1
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	95,9	97,0	90,8	97,9	99,6	97,9	98,2	99,9	98,8

DAT: dias após transplantio; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F.

Houve diferença significativa na concentração de íons em função das doses de K, de forma linear, sendo os valores médios: 111 mg L<sup>-1</sup> (70% de K<sub>2</sub>O), 214 mg L<sup>-1</sup> (140% de K<sub>2</sub>O), 364 mg L<sup>-1</sup> (210% de K<sub>2</sub>O) e 562 mg L<sup>-1</sup> (280% de K<sub>2</sub>O).

Os tratamentos com 70% e 140% de K<sub>2</sub>O foram os que mais se aproximaram da faixa proposta por Oliveira et al. (2013). Estes autores revelam que a concentração ótima de K em extratos de solução do solo deve estar entre 160 e 268 mg L<sup>-1</sup>. Porém, considerando-se o manejo, a cultura, condições de cultivo e variações climáticas durante a pesquisa, a concentração mais indicada de K na solução do solo e que

permitiu maior produtividade foi 111 mg L<sup>-1</sup>.

Avaliando-se a concentração de íons de cálcio (100% da recomendação da curva de absorção) nas doses de K, como previsto, não houve diferença estatística significativa entre os valores, ficando em torno de 589 mg L<sup>-1</sup>. Porém, mesmo que de forma homogênea, também pode ter contribuído para o incremento da CE e projetado maior estresse à planta.

### 5.3. Altura da planta

Na Tabela 9 podem ser observados os resultados da análise de altura da planta em função dos tratamentos.

**Tabela 9.** Altura média da planta em função dos tratamentos com potássio.

Tratamentos	62 DAT	93 DAT	123 DAT	154 DAT	185 DAT
	Altura da planta (cm)				
K <sub>2</sub> O 70%	73,8	77,9	83,0	85,6	90,8
K <sub>2</sub> O 140%	74,0	78,5	83,1	85,4	90,5
K <sub>2</sub> O 210%	70,9	74,1	77,8	80,1	84,9
K <sub>2</sub> O 280%	70,9	73,8	77,0	79,3	84,0
CV (%)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,3
Regressão	ns	ns	L *	L *	L *
R <sup>2</sup> (%)	-	-	83,7	86,8	86,9

DAT: dias após transplantio; L: Regressão linear; \*: significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

Apesar de não ocorrer diferença estatística nas duas primeiras medições, é possível observar que as plantas submetidas à dose 140% (726 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) cresceram mais em relação aos demais tratamentos até os 93 DAT. Posteriormente, aos 154 DAT e 185 DAT, o tratamento com dose 70% (363 kg ha<sup>-1</sup> de K) foi o que demonstrou maior crescimento; este, quando comparado ao tratamento de 280% (1.451 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O), apresentou valores inversamente proporcionais.

Tal comportamento pode estar associado ao acúmulo de sais de K no solo e aumento da CE. Dias, Cheyi e Duarte (2003) relataram que esse acúmulo de sais dificulta a absorção de água pela redução do potencial osmótico e interfere

diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Os valores encontrados estão dentro da faixa referenciada na literatura, de acordo com Fontes, Dias e Graça (2005) e Charlo et al. (2011). Dependendo das condições ambientais, material genético, ciclo e manejo das plantas, os valores podem variar de 50 cm a 200 cm de altura. Dias (2000) avaliando crescimento e produção de pimenteiro em estufa agrícola, obteve altura máxima de 90 cm.

#### 5.4. Produção de frutos

Dentre as avaliações de produção realizadas destacaram-se a quantidade de frutos por planta, a produção em kg/planta e t ha<sup>-1</sup>. Seguem na Tabela 10 os dados de produção em função da dose.

**Tabela 10.** Análise da quantidade e qualidade de frutos em função dos tratamentos.

Tratamentos	FPP	PMF	PP	PH	TIPO	CMF
		g	kg	t ha <sup>-1</sup>		mm
K <sub>2</sub> O 70%	12,0	155,1	1,7	39,2	7,1	109,9
K <sub>2</sub> O 140%	11,0	116,2	1,3	31,1	6,4	102,3
K <sub>2</sub> O 210%	10,0	122,8	1,2	27,8	6,7	104,4
K <sub>2</sub> O 280%	9,0	123,5	1,1	26,6	6,6	101,6
CV (%)	12,7	10,7	9,2	11,3	5,1	5,2
Regressão	L *	Q *	L *	L *	ns	ns
R <sup>2</sup> (%)	97,6	85,4	87,5	87,1	-	-

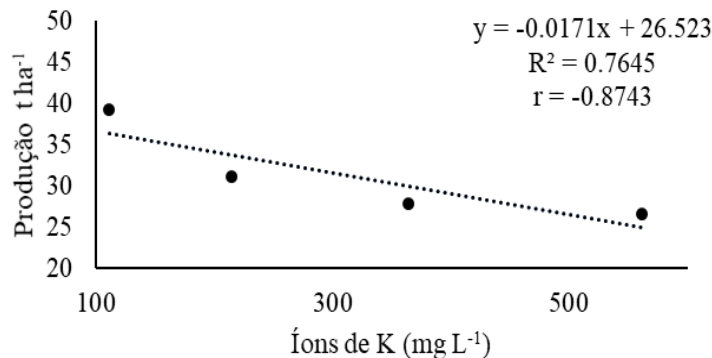
FPP: frutos por planta; PMF: peso médio do fruto; PP: produção por planta; PH: produção em toneladas por hectare; CMF: comprimento médio do fruto; L: Regressão linear; \*: Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

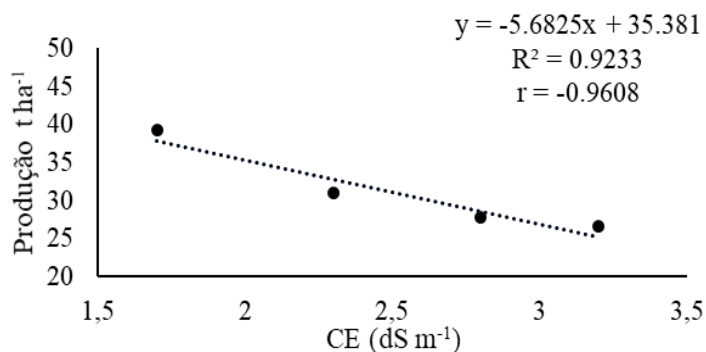
Assim como nas demais análises realizadas no experimento e expostas até aqui, a dose de 70%, foi a que proporcionou melhores resultados. Villas Bôas et al. (2007) mencionam que sistemas de fertirrigação melhoram significativamente a eficiência e aproveitamento dos nutrientes, sendo possível atender as necessidades da planta com uma menor quantidade de fertilizante quando comparado à adubação convencional. Como o experimento foi contemplado com a fertirrigação por gotejo, alia-se mais uma justificativa para a melhor produção com as doses de 70%.

A produção por planta está em acordo com Oliveira et al. (2013) que obtiveram melhor produção (1,4 kg/planta) tendo como manejo da fertirrigação a

condutividade e íons na solução do solo. Os autores ainda destacam a complexidade de comparar a produção entre pesquisas com o pimenteiro em virtude da grande variação do manejo utilizado pelos autores.

Avaliando o efeito da salinidade proveniente de fertilizantes, no pimenteiro, Leonardo et al. (2007) correlacionam menor pagamento e peso médio dos frutos com o aumento da CE, podendo as perdas chegarem de 55% a 58%. Comparando os dados de produção da menor dose, em t ha<sup>-1</sup>, com as demais, as perdas variaram de 30% a 44% com o acréscimo da quantidade de fertilizante, sendo mais severa na maior dose. Nas Figura 3 e 4 pode-se observar facilmente a correlação da produtividade (t ha<sup>-1</sup>) em função da concentração de íons de K e CE no solo.

**Figura 3.** Correlação da produção com a concentração de íons de potássio na solução do solo.

**Figura 4.** Correlação da produção de pimentão com a CE da solução do solo.

Houve correlação negativa muito alta entre os íons de K e Produção e entre a condutividade elétrica e a produção ocorreu correlação negativa quase perfeita segundo classificação de Hopkins (2000), ou seja, a produtividade cai quando é aumentada a CE ou a concentração de K em mg L<sup>-1</sup> na solução do solo.

Estas informações demonstram a resposta produtiva do pimenteiro 'Gaston' em função da CE e concentração de íons de K e a importância do monitoramento eficiente desses parâmetros para se alcançar êxito quando se trata de fertirrigação em ambiente protegido.

Associando os dados de produção, é possível verificar que quando o pimenteiro é submetido à salinidade na solução solo por fertilizante, sua resposta produtiva é afetada em número de frutos por planta e no peso médio dos frutos. Considerando as condições estresse nutricional a produtividade máxima foi de

46,5 t ha<sup>-1</sup>, valor este dentro da faixa de 25 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup> obtida por Nunes Júnior (2013).

## 6 CONCLUSÃO

Houve diferença significativa entre os tratamentos.

O aumento da salinidade, acima do tolerado pela cultura, ocasiona perdas de produção significativas.

O monitoramento da fertirrigação por extratores de solução do solo é uma alternativa viável à cultura do pimenteiro em ambiente protegido.

A dose que proporcionou maior produção de frutos foi: 363 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com 39,2 t ha<sup>-1</sup>, apresentando condutividade elétrica média ao longo do ciclo de 1,7 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 111 mg L<sup>-1</sup> no extrato de solução do solo.

## 7 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, C. **Fontes potássicas na produção do pimenteiro em substrato fertirrigado.** 2015. Tese (Agronomia - Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127719>. Acesso em: 29 maio 2017.

AGRIANUAL 2017. **Anuário da Agricultura Brasileira.** São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 482 p. 2017.

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

CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA, S. F.; CASTOLDI, R.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T.; BARBOSA, J. C. Growth analysis of sweet pepper cultivated in coconut fiber in a greenhouse. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 316-323, 2011.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 86, p. 247-260, 2000.

DIAS, E. N. **Absorção de nutrientes, crescimento vegetativo e produção de frutos maduros de pimentão, em estufa**. 2000. Tese (Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000. Disponível em: <http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/EMERSON%20NOGUEIRA%20DIAS.PDF>. Acesso em: 01 maio 2017.

DIAS, N. S.; CHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. (Série Didática, 13).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Plantas, 2006.

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**, Brasília, v. 23, p. 275-280, 2005.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de nutrientes pela melancia sem sementes, híbrido Palomar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, 2004. 1 CD-ROM

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**, 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 15 jun. 2017.

NUNES JÚNIOR, E. S. **Fertirrigação nitrogenada e potássica no cultivo do pimentão em ambiente protegido**. 2013. Tese (Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2013.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BÔAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 73-82, 2007.

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

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLA BOAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e P pela planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 41-51, jan./abr. 2004.
- MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 642-650, set./dez. 2005.
- MARTI, H. R.; MILLS, H. A. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 14, n. 11, p. 1165-1175, 1991.
- MEDEIROS, J. F.; CRUCIANI, D. E.; FOLEGATTI, M. V.; MIRANDA, N. O. Tolerância do pimentão à salinidade sob cultivo protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 200-210, 2002.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino à salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 406-410, 2009.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 2, p. 344-351, 2012.
- OLIVEIRA, F. A. **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação**. Tese (Doutorado em Ciências – Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, Nov. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141543662013001100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662013001100004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 10 maio 2017.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SOUZA, M. S. Eficiência da fertirrigação nitrogenada e potássica na produção de pimentão cultivado em ambiente protegido. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 3, p. 293-301, 2016.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. C. **Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum spp.*)**. Brasília, DF: Embrapa, 2004.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G.; COSTA, C. C.; FELTRIM, A. L. Viabilidade econômica das culturas de pimentão, repolho, alface, rabanete e rúcula, em cultivo consorciado, na primavera-verão, Jaboticabal, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 23-37, 2005.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; GIMENES, FERNANDES, H.; 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.

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

TEODORO, R. E. F.; OLIVEIRA, A. S.; MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p.237-243, 1993.

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

VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SOUZA, T. R.; MOTA, P. R. D'A.; **Manejo da fertirrigação em hortaliças**. Botucatu: Editora, [2007]. Disponível em: [http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_1/mini05.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/mini05.pdf). Acesso em: 04 jun. 2017.