

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO E SALINIDADE DO SOLO NO CRESCIMENTO DA CULTURA DA BETERRABA

Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p230-241/2015>

ALEXSANDRO O. DA SILVA¹, ÊNIO F. F. E SILVA², ANTÔNIO E. KLAR³

RESUMO: Com o aumento da população mundial e a escassez dos recursos naturais, o uso eficiente dos fertilizantes torna-se necessário para uma agricultura intensiva. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Rural da UNESP, no Município de Botucatu-SP. Os tratamentos foram provenientes da combinação dos fatores salinidade do solo (CE: 1,0; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 dS m⁻¹), manejo da fertirrigação (M₁=tradicional e M₂=com controle da concentração iônica da solução do solo) e cultivares de beterraba (C1=Early Wonder e C2=Itapuã), em um esquema fatorial 5x2x2, com 4 repetições, em um delineamento em blocos. Durante todo o cultivo, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura, diâmetro do pecíolo, comprimento e diâmetro das raízes das plantas. A variável altura de plantas apresentou comportamento diferenciado de acordo com o manejo da fertirrigação estudado, além de apresentar sensibilidade a elevados níveis de condutividade elétrica no solo. O diâmetro das raízes apresentou reduções de 3,55 e 2,48 mm para C1 e C2, respectivamente, a cada aumento unitário da condutividade elétrica (CE) para M1. Com base na relação funcional de melhor ajuste entre o diâmetro das raízes e a condutividade elétrica em M2, obteve-se o diâmetro máximo estimado em 90,78 mm para C1 e 94,67 mm para C2.

PALAVRAS-CHAVE: *Beta vulgaris* L.; solução do solo, condutividade elétrica.

MANAGEMENT OF FERTIGATION AND SOIL SALINITY ON BEET CROP GROWTH

ABSTRACT: With the increase in world population and scarcity of natural resources, efficient use of fertilizers becomes necessary for intensive agriculture. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Agricultural Engineering, UNESP in Botucatu-SP. The treatments were derived from the combination of the soil salinity (E.C: 1.0, 3.0, 6.0, 9.0 and 12.0 dS m⁻¹), Fertigation management (M1 =traditional and M2 = with control of the ionic concentration of the soil solution) and beet cultivars (C1= Early Wonder and C2 = Itapuã) in a 5x2x2 factorial design with four replications in a randomized block design. Throughout the cultivation, the following variables were evaluated: height, stem diameter, length and diameter of plant roots. The height of the plant presented differently according to the Fertigation management and sensitive to levels of electrical conductivity in the soil. The diameter of the roots showed reductions of 3.55 and 2.48 mm for C1 and C2, respectively, every unit increase in electrical conductivity (EC) to M1. Based on the functional relationship of the best adjustment between the diameter of the roots and electrical conductivity in M2 gave an estimated maximum diameter of 90.78 mm to 94.67 mm for C1 and C2.

KEYWORDS: *Beta vulgaris* L.; soil solution electrical conductivity

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e a perspectiva de escassez dos recursos naturais, é necessário o desenvolvimento de uma agricultura intensiva e sustentável em seus diferentes

¹ Engº Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural, FCA-UNESP/Botucatu – SP, Fone: (14) 3811-7165, alexsandro_oliveira01@hotmail.com

² Engº Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE/Recife – PE, enio.silva@deagri.ufrpe.br

³ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Rural, FCA-UNESP/Botucatu – SP, klar@fca.unesp.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 12-3-2014

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 19-9-2014

aspectos, na qual os produtos químicos e fertilizantes minerais sejam usados com o objetivo de aumentar a produção de alimentos com o mínimo de impactos no ambiente. Dentre os meios para o uso eficiente de fertilizantes, está a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes solúveis através do sistema de irrigação, tornando-se uma prática comum na agricultura irrigada moderna (MEDEIROS et al., 2012a; HASSANLI et al., 2010). Em ambientes protegidos, a fertirrigação é amplamente utilizada em cultivo de olerícolas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Porém, ao contrário do cultivo em campo, os solos em ambiente protegido não sofrem a ação de chuvas para a lixiviação dos sais, comportando-se assim de maneira semelhante às regiões semiáridas do País. Tal situação pode causar problemas de salinidade pelo excesso de fertilizantes neste tipo e cultivo (SILVA et al., 2013b).

Uma das práticas que vêm destacando-se para o controle da salinidade provocada pelo excesso de sais fertilizantes, é o monitoramento de íons na solução do solo, devido à possibilidade da manutenção da estabilidade dos fertilizantes através da condutividade elétrica (CE). Alguns métodos de campo foram desenvolvidos com a finalidade de serem mais ágeis no processo de extração. Um dos principais equipamentos utilizados pela sua rapidez de reposta e facilidade de manuseio é o extrator de cápsulas porosas, que extrai solução do solo no local de desenvolvimento da planta (QUEIROZ et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011). Além do uso de métodos para prevenir a salinização de solos em ambiente protegido, deve-se adotar o uso de culturas mais tolerantes à salinidade do solo nos momentos em que a condutividade elétrica esteja alta devido aos ciclos sucessivos de cultivo aplicando fertilizantes, sendo a tolerância das culturas a CE variável para cada cultura (SILVA et al., 2013a; ELOI et al., 2011; MEDEIROS et al., 2009). A beterraba adapta-se perfeitamente em condições de excesso de sais no solo, produzindo rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo quando não se pode manter a salinidade do solo no nível de tolerância das plantas mais sensíveis (CHEN & JIANG, 2010; HASSANLI et al., 2010). Quanto à tolerância à salinidade, a beterraba de mesa (hortícola) é classificada como moderadamente tolerante, produzindo normalmente até a CE de 4,0 dS m⁻¹ (AYERS & WESTCOT, 1991). Portanto, são necessários estudos sobre cultivos opcionais em ambientes protegidos com problemas de salinização para o fornecimento de informações básicas, visando ao manejo da fertirrigação e ao controle da salinidade.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de níveis de salinização do solo e o controle da fertirrigação, com auxílio de extratores de cápsulas porosas, no desenvolvimento vegetativo da cultura da beterraba sob ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, no município de Botucatu-SP, de latitude sul 22°57'34", longitude oeste 48°31'20" e altitude de 830 m. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999). O volume de solo utilizado foi extraído da camada de 0 - 30 cm, onde amostras foram previamente preparadas para a realização das análises química e físico-hídrica (Tabela 1), no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UNESP/FCA.

TABELA 1. Propriedades químicas determinadas antes da salinização do solo e parâmetros físicos e hídricos do solo. **Chemical properties determined before soil salinization and physical parameters of the soil and water.**

pH	CE	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	dS m ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			-----			(%)
5,1	0,32	11	6	0,6	22	7	26	29	55	53
Granulometria			Parâmetros físico-hídricos							
Areia	Silte	Argila	dg	ds	P	Cc	PMP			
-----g Kg ⁻¹ -----			-----g cm ⁻³ -----		(%)	-----g g ⁻¹ -----				
395,5	138,1	466,4	2,77	1,28	53,9	0,28	0,14			

M.O = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTC = complexo de troca catiônica; V (%) = saturação por bases. dg- densidade das partículas; ds - densidade do solo; P - porosidade total; Cc -capacidade de campo; PMP - ponto de murcha permanente

O solo foi peneirado em malha de 4 mm e armazenado em tulha no qual foi realizada calagem com calcário dolomítico (32% de CaO, 14% de MgO e PRNT=84%), elevando a saturação de bases a 80%, conforme recomendações de TRANI et al. (1998). O solo foi acondicionado, em vasos de 14 L, de formato cilíndrico, com 30 cm de diâmetro e 33 cm de altura. Os vasos foram perfurados e providos de um sistema de drenagem em sua parte inferior com 3 cm de brita nº1 e manta poliéster. Os tratamentos constituíram-se da combinação dos fatores salinidade do solo medidas por meio do extrato de saturação do solo (1,0; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 dS m⁻¹); manejo da fertirrigação (M₁=tradicional e M₂=com controle da concentração iônica da solução do solo) e duas cultivares de beterraba (C1=Early Wonder e C2=Itapuã) em um esquema fatorial 5x2x2. A salinização do solo foi realizada conforme realizado por MEDEIROS et al. (2012b), a partir da aplicação de fertilizantes e sais específicos (TRANI et al., 1998) diluídos conforme metodologia proposta por RICHARDS (1954) e verificado através do extrato de saturação do solo. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 80 parcelas experimentais.

Durante o cultivo, os tipos de fertilizantes utilizados para o manejo da fertirrigação foram: nitrato de potássio (KNO₃⁻), cloreto de potássio (KCl) e fosfato monoamônico (MAP), baseando-se nas aplicações de adubação total para a cultura da beterraba, conforme TRANI et al. (1998): 120 kg ha⁻¹ de N; 360 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 210 kg ha⁻¹ de K₂O. A aplicação dos fertilizantes foi realizada via água de irrigação com auxílio do injetor Venturi, sendo o manejo diferenciado para os tratamentos M₁ e M₂; para o tratamento M₁, utilizou-se da curva de absorção de nutrientes pela cultura, para o cálculo da quantidade e proporção de fertilizantes, sendo a frequência da fertirrigação para este tratamento a mesma da irrigação. Para o tratamento M₂, empregou-se inicialmente a mesma recomendação do manejo M₁; porém, a partir de 10 dias após o transplântio (DAT) não foi preestabelecida a frequência nem a proporção dos fertilizantes utilizados neste manejo. A fertirrigação só era realizada quando a condutividade elétrica na solução do solo estava, em média, 20% abaixo dos níveis iniciais de salinização do solo para cada tratamento, sendo esta cessada quando a condutividade se encontrava, em média, 20% acima dos mesmos níveis iniciais; portanto, a concentração iônica total da solução do solo controlou o manejo da fertirrigação, sendo tal metodologia utilizada por SILVA et al. (2013a) e ELOI et al. (2011).

O transplântio foi realizado no dia 28-11-2011, 30 dias após a semeadura, colocando-se duas mudas por vaso, sendo elas uniformes, com 9 cm de altura e quatro pares de folhas. As mudas tiveram 100% de pegamento, sendo feito o desbaste aos 8 dias após o transplântio (DAT), deixando-se uma planta por parcela. Até os 10 DATs a irrigação foi suficiente apenas para promover o pegamento, não sendo realizados eventos de fertirrigação. O espaçamento entre os vasos foi de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras. As medições da altura das plantas foram realizadas em intervalos de cinco dias, em todas as plantas, até o final do ciclo da cultura, com auxílio de uma trena graduada, tomando-se como referência superior a folha mais alta e como referência inferior a superfície do solo. O diâmetro do pecíolo foi medido semanalmente com paquímetro digital, em três folhas por planta, calculando-se a média das mesmas, sendo também avaliados ao final do ciclo o diâmetro e o comprimento da raiz.

A quantificação dos efeitos do manejo da fertirrigação e as cultivares sobre as variáveis analisadas foram feitas por meio da análise de variância, cujo efeito dos tratamentos foi estudado por meio da análise de regressão. Na análise de regressão, foram testados os modelos linear e polinomial de 2º grau. As equações de regressão foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, a 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste F, e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2008). Também foi feita a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura apresentou para o manejo tradicional da fertirrigação um aumento progressivo da salinidade do solo para todos os tratamentos, enquanto para o manejo por controle da fertirrigação tentou-se controlar os níveis de condutividade elétrica na solução do solo (Tabela 2), conforme feito por ELOI et al. (2011).

TABELA 2. Valores médios de condutividade elétrica na solução do solo ao longo do ciclo de cultivo para a cultura da beterraba. **Average values of electrical conductivity in soil solution along the crop cycle for beet.**

CE (dS m ⁻¹)	DAT					
	1	15	29	36	43	50
M ₁ S ₁	1,32	0,44	3,01	2,48	4,14	3,11
M ₁ S ₃	2,53	1,64	4,36	4,25	4,40	5,11
M ₁ S ₆	3,74	2,43	9,50	9,36	10,88	10,39
M ₁ S ₉	5,53	3,74	11,81	12,78	11,30	16,25
M ₁ S ₁₂	9,12	5,10	12,54	13,41	13,83	14,04
M ₂ S ₁	1,32	1,67	2,83	3,27	2,97	5,49
M ₂ S ₃	2,53	1,97	4,26	4,27	5,09	5,41
M ₂ S ₆	4,96	3,73	6,51	7,74	7,01	6,75
M ₂ S ₉	5,53	9,09	7,40	10,17	12,19	10,9
M ₂ S ₁₂	10,17	11,53	10,63	11,16	12,99	13,82

M₁ - manejo da fertirrigação tradicional, M₂- manejo da fertirrigação por controle; S₁ a S₁₂ - Níveis de salinidade de 1 a 12 dS m⁻¹.

A altura média das plantas avaliadas ao longo do ciclo até o momento da colheita para a cultivar Early Wonder apresentou valores médios de 40 cm para o manejo tradicional (Figura 1A) e 42 cm para o manejo por controle (Figura 1B). A cultivar Itapuã apresentou crescimento semelhante entre os manejos estudados, e o tratamento S1, para o manejo tradicional (Figura 1C), apresentou a maior altura dentre as demais plantas. Por outro lado, no manejo controlado (Figura 1D), o tratamento S6 apresentou os maiores valores, atingindo em média 49 cm de altura, e possivelmente, a manutenção da condutividade elétrica próxima à tolerância da cultura colaborou para o aumento da altura das plantas. Estes resultados contrastam com os apresentados por BARCELOS (2010), que trabalhando com o uso da fertirrigação e com a cultivar Early Wonder, obteve valores médios de 32 a 34 cm ao final do ciclo.

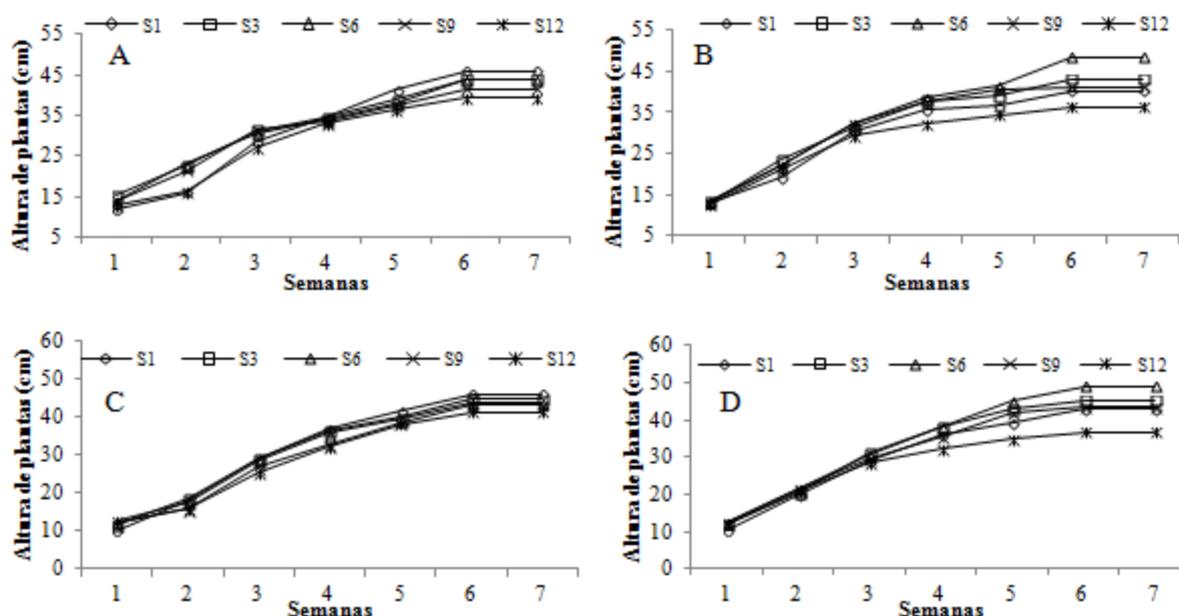


FIGURA 1. Altura de plantas para os diferentes níveis de salinidade: (A) manejo tradicional de fertirrigação, e (B) manejo controlado de fertirrigação para a cultivar Early Wonder; (C) manejo tradicional da fertirrigação e (D) manejo por controle para a cultivar Itapuã. **Height of plants to different levels of salinity: (A) traditional management of fertigation and (B) controlled management of fertigation to grow Early Wonder (C) traditional management of fertigation and (D) management by control to cultivate Itapuã.**

No teste de médias para o fator manejo da fertirrigação e cultivares de beterraba, pode-se observar que os valores médios de altura de plantas determinados para cultivar Itapuã (C2) foram significativamente maiores do que os valores apresentados pela cultivar Early Wonder (C1) em quase todos os períodos de avaliação, excetuando-se aos 30 DATs (Tabela 3). Para os manejos da fertirrigação, as médias da variável altura de plantas com relação ao fator manejo por controle (M2) foram significativamente maiores aos 20 e 30 DATs do que os valores apresentados pelo manejo tradicional (M1). Esses resultados diferem das pesquisas realizadas por SILVA et al. (2013b) e ELOI et al. (2011) em que os manejos da fertirrigação para as culturas da berinjela e do tomate não apresentaram efeito significativo quando comparados; porém, deve-se ressaltar que existem diferenças na tolerância à salinidade para cada cultura, o que pode beneficiar plantas de maior tolerância quando submetidas a níveis controlados de salinidade do solo, quando estes níveis ainda são favoráveis ao seu desenvolvimento.

TABELA 3. Análise de comparação de médias da variável altura de plantas para as cultivares estudadas nos manejos de fertirrigação. **Analysis comparing the means of the variable height of plants for cultivars in different fertigation management.**

Cultivares	Altura das Plantas (cm)							
	20 DAT		30 DAT		40 DAT		50 DAT	
	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
Early Wonder	19,8 Aa	19,3Aa	34,3Aa	36,3Ba	37,9Aa	38,3Aa	41,5Aa	41,8Aa
Itapuã	17,35Ab	20,8Ba	34,7Aa	35,4Aa	39,5Ab	40,5Ab	43,1Ab	43,6Ab
D.M.S	2,02	2,02	1,53	1,53	1,37	1,37	1,32	1,32

Letras diferentes e minúsculas na mesma coluna e letras diferentes e maiúsculas na mesma linha indicam diferenças entre as médias, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%; D.M.S=diferença mínima significativa; C1- Early Wonder; C2 - Itapuã

As análises de regressão para a variável altura de plantas em épocas de avaliação, demonstram que aos 20 DATs a altura das plantas apresentou para o manejo por controle, em

ambas as cultivares, o modelo polinomial quadrático com maiores valores alcançados próximos à salinidade de 6 dS m^{-1} (Figura 2A e 2B). Para o manejo tradicional, a cultivar Itapuã apresentou um modelo de regressão linear apresentando redução de $0,68 \text{ cm}$ para cada aumento unitário da condutividade elétrica do solo (CE), enquanto para a cultivar Early Wonder, o manejo por controle apresentou um modelo polinomial com os maiores valores próximos à salinidade de 6 dS m^{-1} .

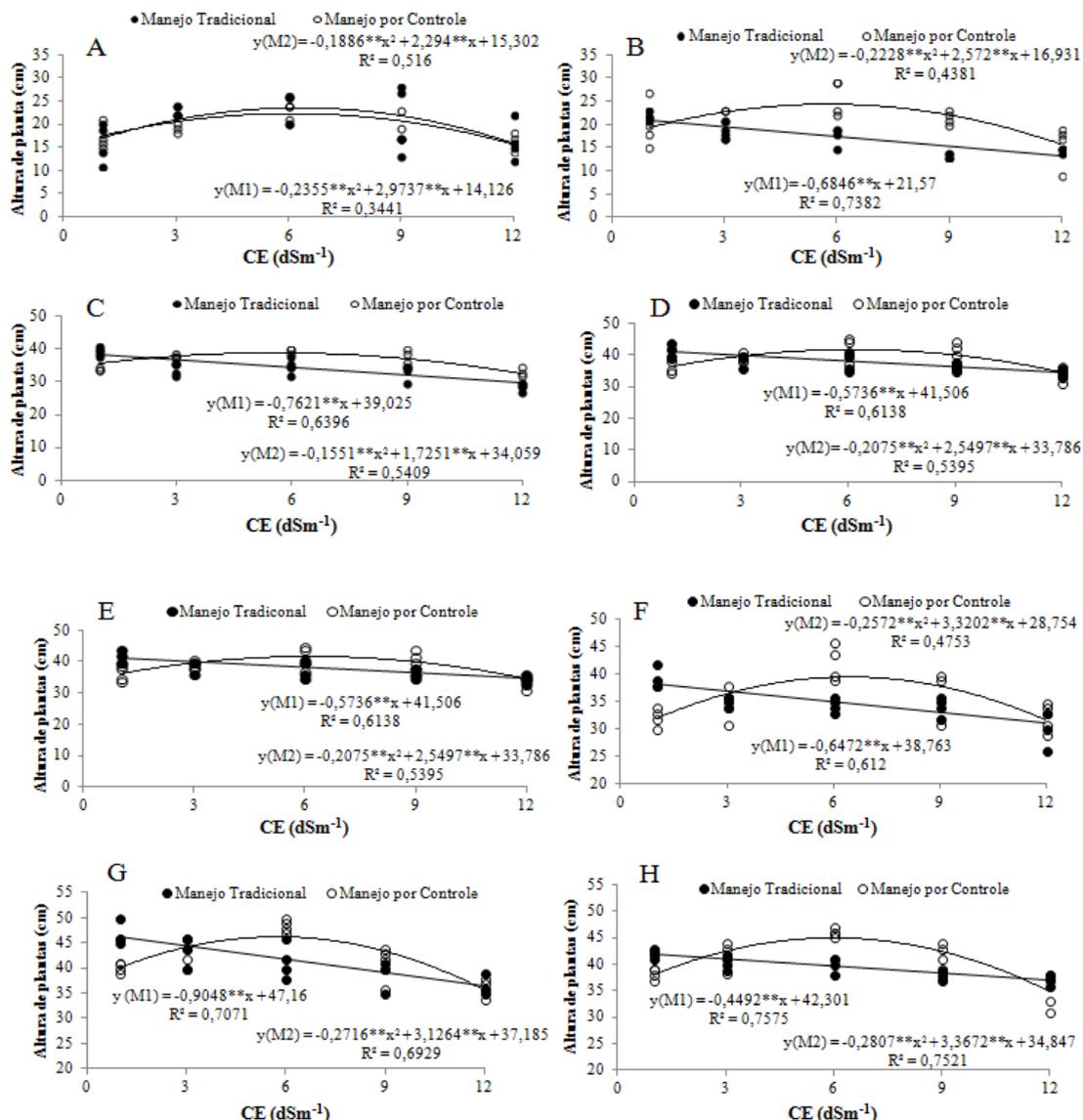


FIGURA 2. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para altura das plantas: cultivar Early Wonder aos 20 DATs (A), 30 DATs (C), 40 DATs (E), 50 DATs (G); cultivar Itapuã aos 20 DATs (B), 30 DATs (D), 40 DATs (F), 50 DATs (H). **Scattergram and fit equation for plant height: cultivating the Early Wonder in 20 DAT (A), 30 DAT (C), 40 DAT (E), 50 DAT (G); cultivar Itapuã aos 20 DAT (B), 30 DAT (D), 40 DAT (F), 50 DAT (H).**

** : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A partir dos 30 DATs até os 50 DATs, o manejo da fertirrigação tradicional apresentou ajuste linear nas regressões estudadas, apresentando decréscimo de $0,76 \text{ cm}$ aos 30 DATs, $0,57 \text{ cm}$ aos 40 DATs e $0,90 \text{ cm}$ aos 50 DATs para a cultivar Early Wonder, enquanto para a cultivar Itapuã apresentou decréscimo de $0,57 \text{ cm}$ aos 30 DATs, $0,64 \text{ cm}$ aos 40 DATs e $0,45 \text{ cm}$ aos 50 DATs para cada aumento unitário da salinidade do solo. O manejo por controle apresentou comportamento semelhante para ambas as cultivares, de acordo com o aumento da salinidade do solo, sendo o ajuste da regressão polinomial dos 30 DATs até os 50 DATs, onde os maiores valores encontrados para a cultivar Early Wonder ($45,60 \text{ cm}$ aos 50 DATs) e para a cultivar Itapuã ($44,95 \text{ cm}$ aos 50 DATs)

foram observados próximos à condutividade elétrica de 6 dS m^{-1} . Possivelmente, o efeito da salinidade nas plantas provocadas por sais fertilizantes é menor do que os efeitos provocados por águas salobras aplicadas na irrigação, o que aumenta a tolerância destas em ambiente protegido (MEDEIROS et al. 2010).

Na variável diâmetro do pecíolo observou-se valores semelhantes entre os tratamentos excetuando-se para a salinidade de 6 dS m^{-1} no manejo da fertirrigação por controle, que apresentou diferenças entre os manejos propostos (Figura 3). Esses resultados demonstram que a manutenção da condutividade elétrica em níveis abaixo de 6 dS m^{-1} pode ser benéfica para a cultura, como mostrado por SILVA et al. (2013a) em estudos sobre as relações hídricas da cultura da beterraba sob níveis de salinidade do solo, na qual a cultura da beterraba apresentou redução nas variáveis fisiológicas apenas na condutividade elétrica próxima a 6 dS m^{-1} .

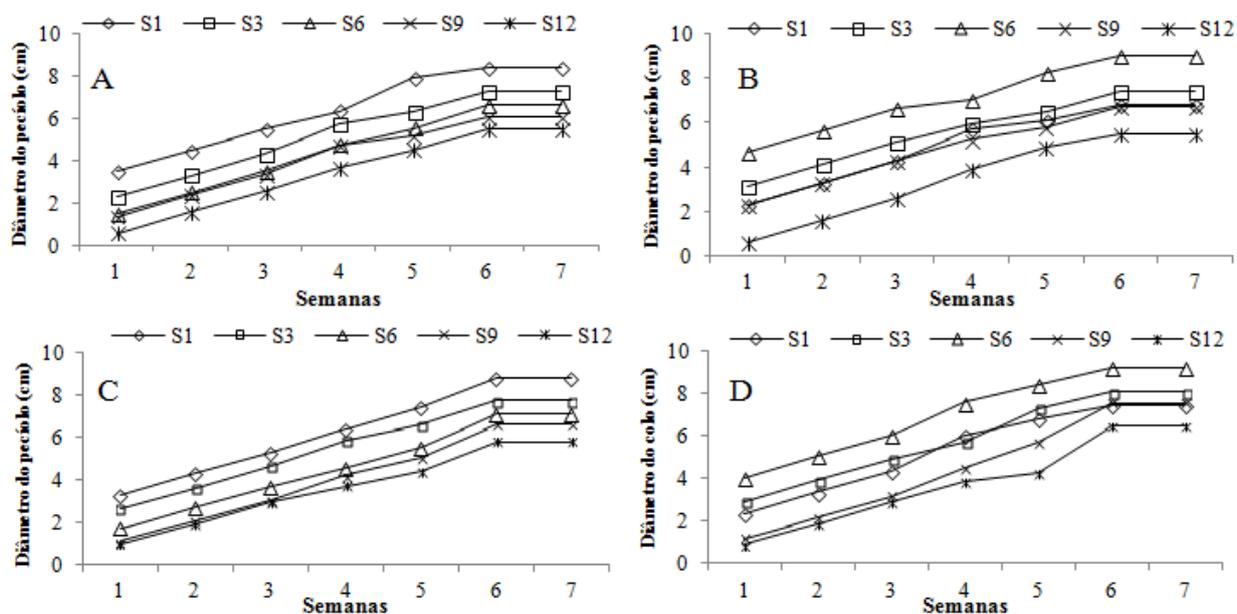


FIGURA 3. Diâmetro do pecíolo para diferentes cultivares de beterraba: manejo tradicional (A) e manejo controlado (B) de fertirrigação para a cultivar Early Wonder, manejo tradicional (C) e manejo controlado (D) da fertirrigação para a cultivar Itapuã. **Petiole diameter for different cultivars of beet traditional management (A) and controlled management (B) fertigation to cultivate Early Wonder, traditional management (C) and controlled management (D) of fertigation to cultivate Itapuã.**

Em relação ao teste de média para variável diâmetro do pecíolo nos fatores qualitativos estudados, o manejo da fertirrigação apresentou efeito significativo dentro de cada cultivar, para todas as épocas analisadas, no qual o manejo por controle apresentou médias superiores dentre os fatores estudados (Tabela 4). O fator cultivar apresentou efeito significativo apenas aos 50 DATs em que a cultivar Itapuã apresentou as maiores médias (7,30 e 7,80 cm) dentro de cada manejo da fertirrigação estudado em relação à cultivar Early Wonder. MEDEIROS et al. (2009), submetendo a cultura do pepino a manejos de fertirrigação, não observaram diferenças entre os manejos da fertirrigação estudados quando tais comparações foram relacionadas às características vegetais das plantas. Possivelmente, por ser a beterraba uma cultura que apresenta boa tolerância a níveis de sais moderados, como afirmam HASSANLI et al. (2010), em estudos sobre a influência de métodos de irrigação e qualidade da água na cultura da beterraba, a ação dos manejos da fertirrigação nas características vegetais desta cultura pode ser estudada com menor precisão, pois apenas em elevados níveis de salinidade do solo, as plantas podem apresentar alterações em suas características.

TABELA 4. Análise de comparação de médias para a variável diâmetro do pecíolo para as cultivares estudadas nos diferentes manejos de fertirrigação. **Analysis comparing averages for the diameter of the petiole to cultivars in different fertigation management.**

Cultivares	Diâmetro do pecíolo (cm)							
	20 DAT		30 DAT		40 DAT		50 DAT	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Ealy Wonder	3,8Aa	4,45Ba	5,05Aa	5,50Ba	5,75Aa	6,35Ba	6,75Aa	7,05Aa
Itapuã	3,7Aa	4,55Ba	4,95Aa	5,55Ba	5,80Aa	6,40Ba	7,3Ab	7,80Bb
D.M.S	0,34	0,34	0,32	0,32	0,29	1,37	0,12	1,32

Letras diferentes e minúsculas na mesma coluna e letras diferentes e maiúsculas na mesma linha indicam diferenças entre as médias, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%; D.M.S=diferença mínima significativa

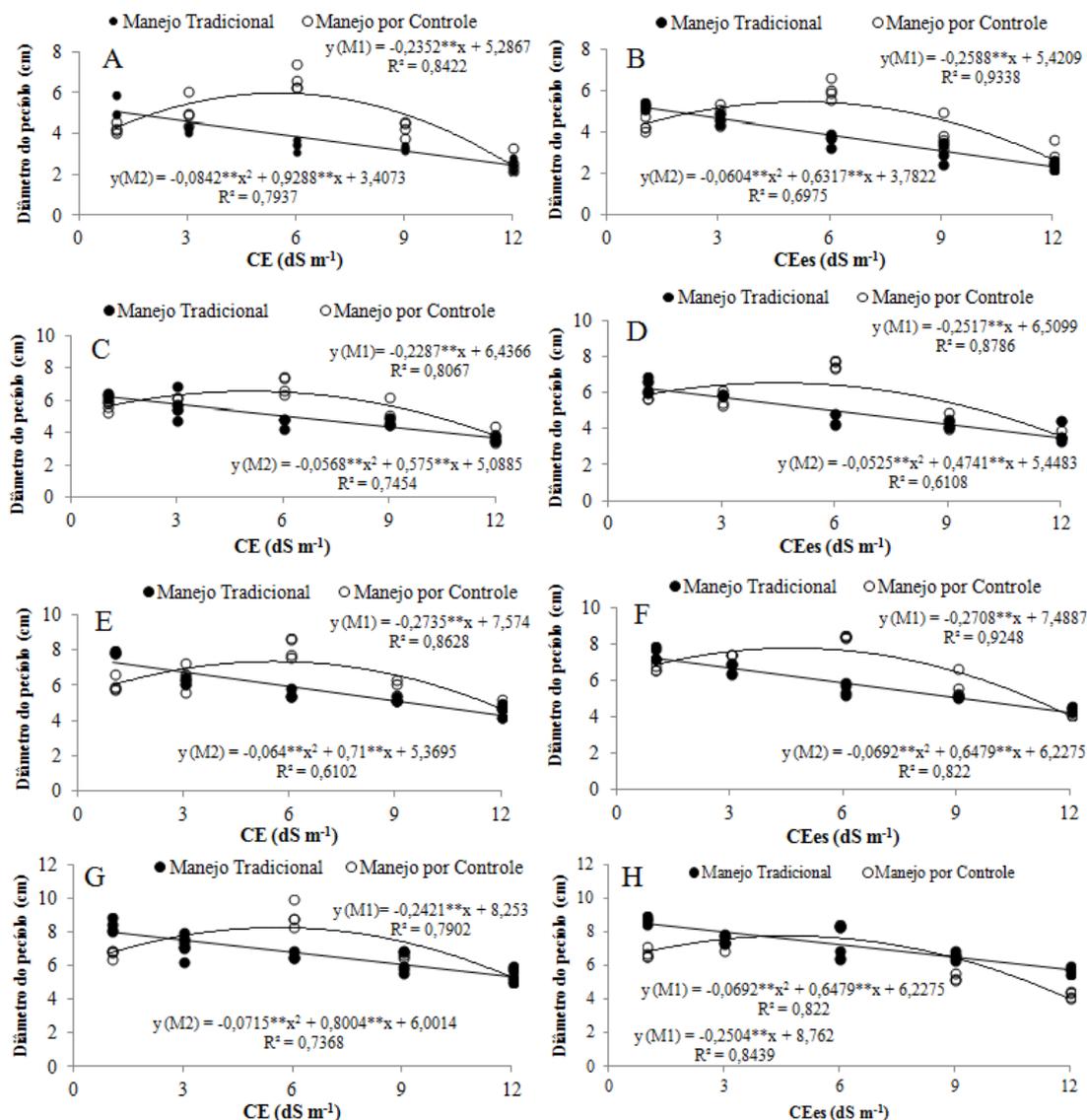


FIGURA 4. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para diâmetro do pecíolo: cultivar Early Wonder aos 20 DATs (A), 30 DATs (C), 40 DATs (E), 50 DATs (G); cultivar Itapuã aos 20 DATs (B), 30 DATs (D), 40 DATs (F), 50 DATs (H). **Scattergram and fit equation for the stalk diameter: Early Wonder grow at 20 DAT (A) 30 DAT (C) 40 DAT (E), 50 days (G); Itapuã grow at 20 DAT (B) 30 DAT (D), 40 DAT (F), 50 days (H).**

** : Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na literatura, não existem muitos trabalhos descrevendo avaliações sobre o diâmetro do pecíolo da cultura da beterraba, porém percebe-se pelos resultados (Figura 4) que houve influência significativa do fator salinidade no mesmo, devendo-se considerar esta variável importante para avaliações de crescimento. GUIMARÃES et al. (2002), estudando a produção de mudas de beterraba em diferentes métodos, observaram valores distintos do diâmetro do pecíolo, conforme o crescimento da planta em mudas produzidas em bandejas e em plantio direto, mostrando que essa variável pode representar situações de estresse para a cultura da beterraba. No manejo tradicional da fertirrigação, observou-se um ajuste linear para o diâmetro do pecíolo em todas as épocas analisadas (Figura 4), havendo a redução de 0,23 cm aos 20 DATs, 0,22 cm aos 30 DATs, 0,27 cm aos 40 DATs, 0,24 cm aos 50 DATs, na cultivar Early Wonder, para cada aumento unitário da condutividade elétrica. Para a cultivar Itapuã, o manejo da fertirrigação tradicional apresentou a redução de 0,25 cm aos 20 DATs, 0,25 cm aos 30 DATs, 0,27 cm aos 40 DATs e 0,25 cm aos 50 DATs. O manejo por controle apresentou modelo polinomial quadrático para ambas as cultivares, alcançando os maiores valores próximos à condutividade elétrica de 6 dS m^{-1} . Em estudos sobre o manejo da irrigação associada à cobertura morta vegetal, no cultivo da beterraba, CARVALHO et al. (2011) observaram que não houve interferência entre as diferentes coberturas mortas e lâminas de irrigação sob o acúmulo de nitrogênio no diâmetro do pecíolo das plantas, enquanto neste experimento, o diâmetro do pecíolo foi afetado de maneira significativa pelos níveis de condutividade elétrica presente no solo.

Observa-se para o teste de média, conforme Tabela 5, que a cultivar Itapuã (C2) apresentou as maiores médias dentre as variáveis estudadas, apresentando diferenças significativas quando submetidas ao manejo tradicional da fertirrigação (M1). Analisando-se o fator manejo da fertirrigação dentro de cada cultivar, observa-se que o manejo por controle (M2) apresentou os maiores valores dentre as variáveis, possivelmente porque o excesso de sais aplicados em M1 ocasionou a redução dos parâmetros de crescimento na cultivar Early Wonder (C1). TOPAK et al. (2011), avaliando a qualidade e a produção da cultura da beterraba sob diferentes regimes de irrigação, observaram uma redução nos parâmetros produtivos da cultura, mostrando a sensibilidade da cultura ao estresse hídrico.

TABELA 5. Análise de comparação de médias para as variáveis diâmetro e comprimento das raízes para as cultivares e manejos de fertirrigação estudados. **Analysis comparing averages for the diameter and length of the roots for the cultivars studied and fertigation management.**

Cultivar	Diâmetro da raiz (mm)		Comprimento da raiz (cm)	
	M1	M2	M1	M2
Early Wonder	70,1Aa	81,6Ba	9,30Aa	10,3Ba
Itapuã	85,7Ab	85,6Aa	10,6Ab	10,6Aa
D.M.S	4,12	4,16	0,53	0,53

Letras diferentes e minúsculas na mesma coluna e letras diferentes e maiúsculas na mesma linha indicam diferenças entre as médias, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%; D.M.S=diferença mínima significativa.

A função linear foi a que melhor se ajustou para o manejo tradicional da fertirrigação (M1), em ambas as cultivares, tendo para o diâmetro das raízes a redução 3,55 e 2,48 mm para as cultivares Early Wonder (Figura 5A) e Itapuã (Figura 5B), para cada aumento unitário da condutividade elétrica (CE). Para o comprimento da raiz, o manejo tradicional da fertirrigação apresentou redução de 0,32 e 0,33 cm para as cultivares Early Wonder (Figura 5C) e Itapuã (Figura 5D), para cada aumento unitário da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes). O manejo por controle da fertirrigação apresentou ajuste polinomial quadrático, observando-se o diâmetro máximo estimado em 90,78 mm para C1 e 94,67 mm para C2, correspondendo à salinidade do solo de 4,52 e 5,89 dS m^{-1} , respectivamente. Para a variável comprimento da raiz, o modelo quadrático ajustado apresentou a estimativa máxima de 11,36 cm para C1 e 11,55 cm para C2, nos níveis de salinidade do solo próxima a 6 dS m^{-1} .

Os modelos observados para cada manejo da fertirrigação e as respectivas respostas da cultura podem ser explicados pelo estresse salino ocorrido em forma de manejo adotado, uma vez que, em M1, aplicações excessivas de sais provocaram uma redução representativa nos tratamentos com maiores níveis de condutividade elétrica. Tais resultados diferem dos encontrados nos trabalhos de ELOI et al. (2011) e MEDEIROS et al. (2009), estudando as culturas do tomate e pepino onde não foram observadas diferenças significativas entre as variáveis estudadas nos diferentes manejos da fertirrigação. A diferença para isso, possivelmente, está relacionada aos níveis de condutividade elétrica estudados e, principalmente, à eficiência da marcha de absorção da cultura, pois se a marcha de absorção é precisa, M1 e M2 pouco se diferenciam em níveis de condutividade elétrica aproximados. Os valores de diâmetro da raiz estudados no presente estudo foram superiores aos encontrados por GHAMARNIA et al. (2012) em estudos sobre os métodos de irrigação e lâminas de água na cultura da beterraba, porém as diferentes condições e tratamentos utilizados podem ter causado tais diferenças.

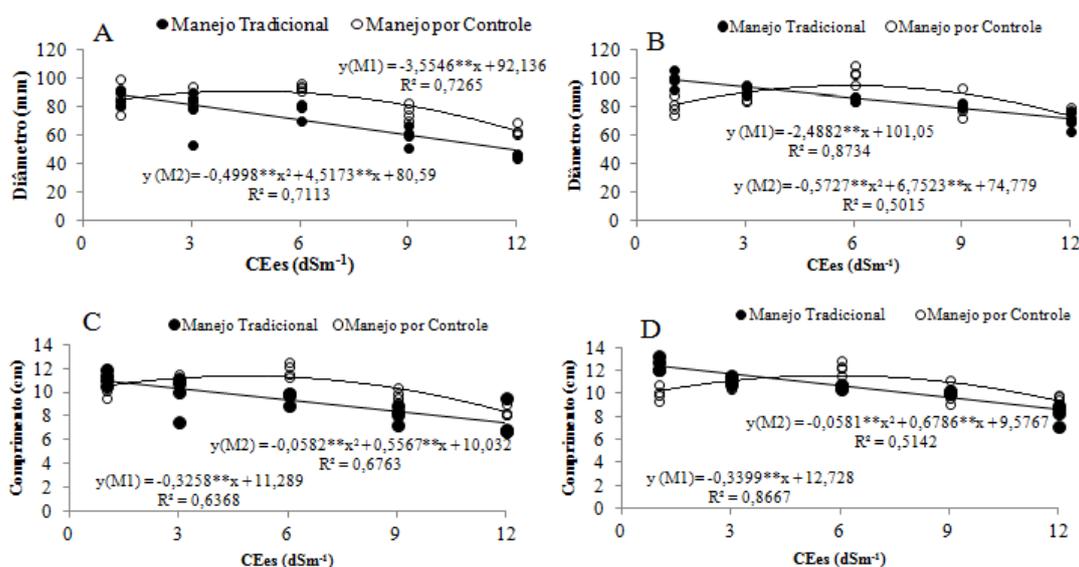


FIGURA 5. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para diâmetro e comprimento das raízes: cultivar Early Wonder (A) e (C); cultivar Itapuã (B) e (D), nos diferentes manejos da fertirrigação. **Scatterplot and fit equation for diameter and length of the roots: cultivar Early Wonder (A) and (C); cultivate Itapuã (B) and (D) in different management of fertigation.**

**: Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

CONCLUSÕES

- A altura de plantas da cultura da beterraba apresentou resultado diferenciado de acordo com o manejo da fertirrigação, além de apresentar sensibilidade a elevados níveis de condutividade elétrica no solo.
- A salinidade do solo apresentou respostas severas às variáveis de crescimento na cultura da beterraba. Os manejos da fertirrigação estudados apresentaram efeitos distintos, com relação ao diâmetro do pecíolo, em que os maiores valores (8,24 cm para a cultivar Early Wonder e 8,93 cm para a cultivar Itapuã) foram observados no manejo controlado da fertirrigação.

REFERÊNCIAS

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. Tradução: GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, S.A.V. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.
- BARCELOS, J. C. *Desempenho da beterraba 'Katrina' submetida a lâminas de água e doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação*. 2010. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciências do Solo)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- CARVALHO, D. F. OLIVEIRA NETO, D. H.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; ROUWS, J. R. C. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 269-277, 2011.
- CHEN, H.; JIANG, J. G. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Review*, Guelph, v.18, p. 309-319, 2010.
- GHAMARNIA, H.; ARJI, I.; SEPEHRI, S.; NOROZPOUR, S.; KHODAEI, E. Evaluation and comparison of drip and conventional irrigation methods on sugar beets in a semiarid region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Reston, v.138, 90-97, 2012.
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertigação em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.5, p.471-476, 2011.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Recife, v.6, p.36-41, 2008.
- GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 505-509, 2002.
- HASSANLI, A. M.; AHMADIRAD, S.; BEECHAM, S. Evaluation of the influence methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.97, p.357-362, 2010.
- MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n.1, p. 51-55, 2012a.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Eficiência do uso da 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, 2012b.
- MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTsal, 2010. 84-92p.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, p.406-410, 2009.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUARTE, S. N.; SILVA JÚNIOR, M. J.; CAMPELO, C. M. Calibração de extratores providos de cápsula porosa para o monitoramento da salinidade e da concentração de íons. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n.3, p.520-528, 2011.

- QUEIROZ, S. O. P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Metodologia para avaliação da salinidade do solo em ambiente protegido. *Irriga*, Botucatu, v.14, n.3, p.383-397, 2009.
- RICHARDS, L. A. (Ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, DC: United State Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA Agriculture Handbook, 60).
- SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F. TANAKA, A. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.17, n.11, p. 1143-1151, 2013a.
- SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.44, n.1, p. 150-158, 2013b.
- TOPAK, R.; SÜHERI, S.; ACAR, B. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey. *Irrigation Science*, Heidelberg, v. 29, p. 79-89, 2011.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; TAVARES, M.; AZEVEDO FILHO, J. A. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 3. ed. Instituto Agronômico, 1998. 285 p. (Boletim Técnico, 100).