

## PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE PLANTAS ORNAMENTAIS IRRIGADAS COM ÁGUAS SALOBRAS

F. Í. F. de Oliveira<sup>1</sup>, W. J. F. de Medeiros<sup>2</sup>, R. dos S. Braz<sup>2</sup>, C. F. de Lacerda<sup>3</sup>,  
M. da S. de S. Ribeiro<sup>4</sup>, E. V. de Oliveira

**RESUMO:** O comércio de flores e plantas ornamentais movimentava bilhões de dólares anualmente. No Brasil, esse segmento é uma atividade econômica e social importante, devido, às condições climáticas e a grande diversidade de espécies existentes, que favorece a produção durante o ano todo. Objetivou-se avaliar a influência da salinidade da água de irrigação e de diferentes modos de irrigação na produção de matéria seca de quatro espécies ornamentais. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na Universidade Federal do Ceará, município de Fortaleza, Ceará, Brasil. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições, com seis níveis de salinidade da água de irrigação nas parcelas (0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0 e 3,6 dS m<sup>-1</sup>), dois modos de irrigação nas subparcelas (irrigação localizada e irrigação não localizada) e quatro espécies ornamentais nas subsubparcelas (*Catharanthus roseus*; *Allamanda cathartica*; *Ixora coccinea* e *Duranta erecta*). Aos 60 dias após o início dos tratamentos salinos coletaram-se folhas, caule e raiz das plantas ornamentais, estas foram acondicionadas em sacos de papel identificados, e secas em estufa de circulação de ar forçado a 65°C. A maior produção de massa seca das plantas foi nos menores níveis salinos, no modo de irrigação localizada. A matéria seca das espécies ornamentais foi influenciada negativamente pelo incremento de sais na água de irrigação, com maior intensidade nas plantas irrigadas pelo modo não localizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estresse salino, biomassa, espécies ornamentais.

## PRODUCTION OF DRY MATTER OF ORNAMENTAL PLANTS IRRIGATED WITH SALINE WATER

<sup>1</sup> Doutorando, PPGCS/UFRPE. Recife – Pernambuco. Email: italooliveiraufpb@gmail.com;

<sup>2</sup> Doutorandos, PPGCS/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: juliamedeirosagro@gmail.com; regismta@bol.com.br;

<sup>3</sup> Doutor, Professor Associado, PPGEA/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: claudivan\_@hotmail.com;

<sup>4</sup> Doutoranda, PPGEA/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: sauderibeiro@hotmail.com;

<sup>5</sup> Mestranda, PPGEA/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: emanuellevictor@yahoo.com.br.

**ABSTRACT:** The trade in flowers and ornamental plants moves billions of dollars annually. In Brazil, this segment is an important economic and social activity, due to the climatic conditions and the great diversity of existing species, which favors production throughout the year. The objective of this study was to evaluate the influence of salinity of irrigation water and different irrigation modes on dry matter production of four ornamental species. The experiment was conducted in a protected environment, at the Federal University of Ceará, Fortaleza, State Ceará, Brazil. The treatments were distributed in randomized blocks, arranged in subdivided plots, with four replications, with six levels of irrigation water salinity in the plots (0.6, 1.2, 1.8, 2.4, 3.0 and 3.6 dS m<sup>-1</sup>), two irrigation modes in the subplots (localized irrigation and non-localized irrigation) and four ornamental species in the subsubplots (*Catharanthus roseus*, *Allamanda cathartica*, *Ixora coccinea* and *Duranta erecta*). The leaves, stem and root of the ornamental plants were collected 60 days after the beginning of the saline treatments and were conditioned in identified paper bags and dried in a forced circulation air oven at 65 °C. The highest dry mass production of the plants was in the lower saline levels, in the mode of localized irrigation. The dry matter of ornamental species was negatively influenced by the increase of salts in the irrigation water, with higher intensity in the plants irrigated by the non - localized mode.

**KEYWORDS:** Salt stress, biomass, ornamental species.

## INTRODUÇÃO

O segmento de ornamentais se consolida como uma importante atividade econômica para o Brasil, devido principalmente aos aspectos edafoclimáticos, que favorecem o cultivo de espécies de clima temperado e tropical. A região Nordeste, vem registrando taxas crescentes de crescimento no segmento de plantas ornamentais, com destaque para o Estado do Ceará, sendo o segundo maior exportador de rosas e flores tropicais do País (IBRAFLOR, 2017).

A região semiárida é caracterizada por baixo índice pluviométrico, altas temperaturas e distribuição irregular das chuvas, sendo uma região que sofre com a intensa evapotranspiração que provoca déficit hídrico, culminando com a escassez de água (Alvares et al., 2013). Assim, a utilização de águas com altos teores de sais dissolvidos para a produção de plantas com fins comerciais, como é o caso das plantas ornamentais, é uma estratégia necessária para o máximo aproveitamento hídrico na região. Porém, os aspectos fisiológicos, metabólicos e nutricionais

das plantas são afetados pelos efeitos do estresse salino (Larcher, 2006; Schossler et al., 2012), prejudicando a produção de biomassa das plantas (Fageria et al., 2010; Cavalcante et al., 2011).

Informações sobre o manejo da irrigação, mesmo quando se utilizam águas de baixa salinidade em plantas ornamentais são escassas. Embora existam espécies que se desenvolvem satisfatoriamente em condições salinas, a maioria das culturas se mostram sensíveis ao excesso de sais presentes na água de irrigação.

Dessa forma, surge a necessidade de novas abordagens nas pesquisas, devendo-se avaliar estratégias que possam resultar no melhor aproveitamento da terra e dos recursos hídricos com problemas de salinização. A pesquisa objetivou avaliar a influência da salinidade da água de irrigação e de diferentes modos de irrigação na produção de matéria seca de quatro espécies ornamentais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza, Ceará, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 03°45'S e 38°33'W. Para o monitoramento das condições meteorológicas, os dados de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade (foram consideradas as leituras de luminosidade entre 06:00 e 18:00 h), foram monitorados com um Data Logger (modelo Hobo® U12-012), instalado no centro do experimento, programado para registrar leituras a cada 30 minutos.

Durante a condução do experimento, foram monitoradas as condições meteorológicas com o auxílio de um *Data Logger* (modelo HOBOTM U12-012, Onset Computer Corporation), instalado no centro do experimento, programado para registrar os dados de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, a cada 30 minutos (foram consideradas as leituras de luminosidade entre 06:00 e 18:00 horas). A temperatura média do ar no interior da casa de vegetação variou de 28,6 a 30,6°C, enquanto a umidade relativa oscilou de 59,1 a 68,5% e a luminosidade, apresentou oscilação de 4.821,7 a 6.802,8 Lux.

Utilizou-se, como substrato, uma mistura de areia e húmus, na proporção de 2:1, respectivamente. O material foi caracterizado quimicamente quanto à fertilidade, e fisicamente quanto à textura, densidade e porosidade, empregando as metodologias descritas por EMBRAPA (2011), sendo os atributos apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do material utilizado como substrato

Atributos químicos		Atributos físicos	
pH em água (1:2,5)	6,30	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,32
P (mg kg <sup>-1</sup> )	337,0	Densidade de partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,52
K (cmolc kg <sup>-1</sup> )	1,44	Porosidade total (%)	48,0
Ca <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	6,50	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	781
Mg <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	6,30	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	139
Na <sup>+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,83	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	80
SB (cmolc kg <sup>-1</sup> )	15,1	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	48
Al <sup>3+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,20	Grau de Flocculação (%)	39,0
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,31	Índice de Dispersão (%)	61,0
T (cmolc kg <sup>-1</sup> )	17,4	Ucc (g kg <sup>-1</sup> )	122,5
V (%)	87,0	Upmp(g kg <sup>-1</sup> )	100,9
M. O. (g kg <sup>-1</sup> )	23,69	Ad (g kg <sup>-1</sup> )	21,6

SB – Soma de bases; T – Capacidade de troca catiônica; V – Saturação por bases; M. O. – Matéria orgânica; Ada – Argila dispersa em água; Ucc - Umidade ao nível de capacidade de campo; Upmp - Umidade do ponto de murchamento permanente; Ad – Água disponível.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em parcelas subsubdivididas, com quatro repetições, seis níveis de salinidade da água de irrigação (CEa) nas parcelas (0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0 e 3,6 dS m<sup>-1</sup>), dois modos de irrigação nas subparcelas (aplicação da água no substrato (irrigação localizada) e aplicação da água sobre as folhas das plantas (aspersão)) e quatro espécies ornamentais nas subsubparcelas (*C. roseus*; *A. cathartica*; *I.coccinea* e *D.erecta*), com 48 plantas em cada bloco, totalizando cento e noventa e duas unidades experimentais, compostas por uma planta por vaso.

Os níveis de CEa, foram obtidos pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) na proporção de 7:3 em água de poço. A água (A<sub>1</sub>), foi obtida adicionando-se água destilada à água do poço, até atingir a CEa desejada. A proporção dos sais utilizados é uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponível para irrigação na região Nordeste do Brasil (Medeiros, 1992).

A água de poço apresentou pH de 7,4; condutividade elétrica – CE = 0,92 dS m<sup>-1</sup>; razão de adsorção de sódio – RAS =  $Na^+ \{ [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0,5} \}^{-1} = 2,84 (mmol L^{-1})^{0,5}$ ; os teores catiônicos de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> com valores de 1,0, 2,5, 5,3 e 0,3 mmolc L<sup>-1</sup> e aniônicos de Cl<sup>-</sup>, HCO<sup>3-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> de 9,1, 0,2, 0,0 e 0,0 mmolc L<sup>-1</sup>.

As mudas foram obtidas de produtores idôneos, com 45 d de germinadas, registradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Foi realizada a padronização das plantas quanto à altura, diâmetro e número de ramos, buscando a maior uniformidade possível, depois foram transplantadas para vasos de material plástico, próprios para plantas ornamentais,

com volume de 7 L, contendo orifícios na extremidade inferior para promover a drenagem de eventuais excessos de água.

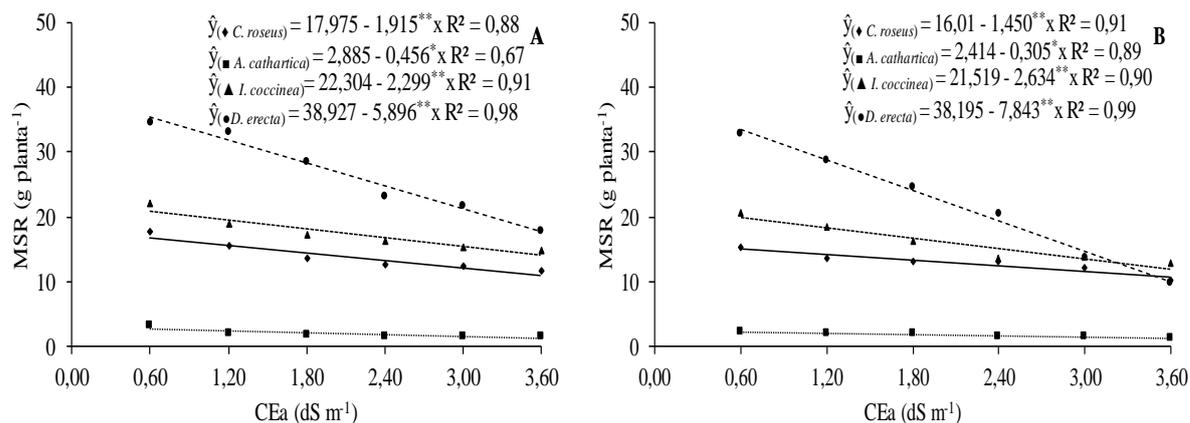
Os vasos foram dispostos sobre tijolos de 8 furos, preenchidos com uma camada de brita (3 cm de espessura) e o restante com substrato. Antes do transplante das mudas, e aos 30 e 45 d após o início dos tratamentos salinos, o substrato de cada vaso recebeu 1 g da formulação 10-10-10 (N-P-K) (Simões et al., 2002). Após o transplante, as plantas passaram por um período de aclimação de 15 dias, em que foram irrigadas com água não salina, para não comprometer seu estabelecimento. A quantidade de água foi aplicada objetivando proporcionar a livre drenagem, evitando-se o acúmulo excessivo de sais no substrato (Ayers & Westcot, 1999). Uma vez por semana, após o início da irrigação, foi fornecida uma fração de lixiviação de 0,15.

Aos 60 dias após o início dos tratamentos salinos, as plantas foram colhidas, para a determinação da produção de matéria seca. Após a colheita, as plantas foram particionadas em raiz, caule, folhas e flores para a quantificação da produção de massa fresca de cada órgão. As diferentes partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado, mantendo-se a temperatura na faixa de  $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras, até a manutenção de peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança analítica (0,01g), para aferição da matéria seca acumulada em cada parte da planta, e os valores expressos em gramas, seguindo o método proposto por Benincasa (1988).

Os dados foram submetidos à análise de variância, para avaliar os efeitos significativos dos fatores e de suas interações. As espécies e os modos de irrigação foram comparados através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e os efeitos quantitativos dos níveis de salinidade da água de irrigação foram testados por regressão, com o auxílio do software estatístico Sisvar<sup>®</sup>, versão 5.3 (Ferreira, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca da raiz (MSR) decresceu linearmente para todas as espécies ornamentais estudadas com o acréscimo da condutividade elétrica da água, nos dois modos de irrigação (Figuras 1A e 1B). Foram observados decréscimos lineares maiores na MSR das espécies *D. erecta*, *I. coccínea* e *C. roseus*, com o incremento da salinidade da água, independentemente do modo de irrigação utilizado. Já a espécie *A. cathartica*, mostrou-se mais tolerante aos efeitos dos sais, apresentando pequenos decréscimos, quando comparada as demais.

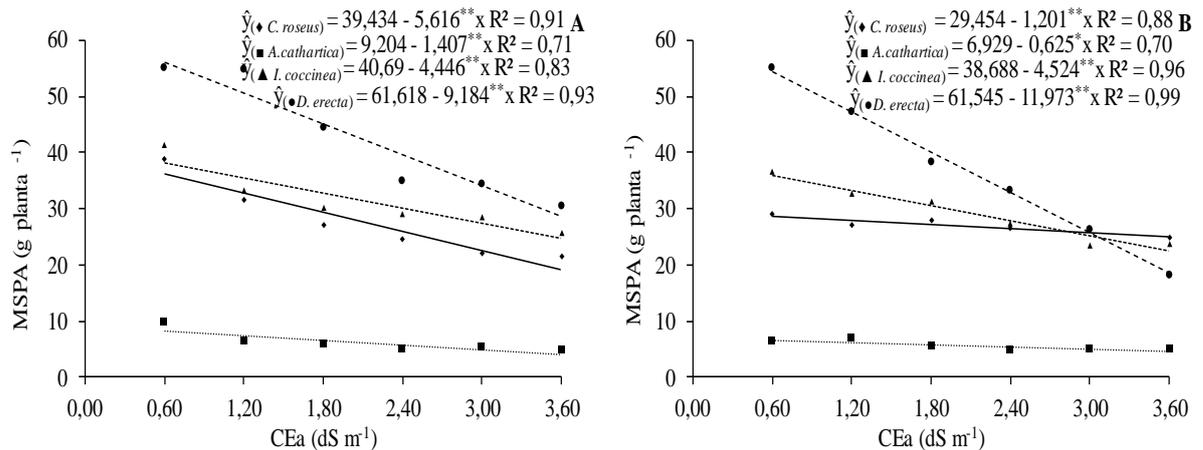


**Figura 1.** Massa seca radicular (MSR) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A) e não localizada (B).

Apesar de todas as espécies terem exibido perdas nesta variável, a espécie mais afetada foi a *D. erecta*, apresentando reduções acentuadas de MSR, tanto pelos efeitos da salinidade da água, como pelo modo de irrigação não localizado. Foram verificados decréscimos na massa seca radicular de 5,90 e 7,84 g para a espécie *D. erecta*; 2,30 e 2,63 g para a *I. coccinea*; 1,92 e 1,45 g para a *C. roseus* e 0,46 e 0,31 g para a espécie *A. cathartica*, com o aumento de uma unidade na condutividade elétrica da água de irrigação, quando submetidas aos modos de irrigação localizado (Figura 1A) e não localizado (Figura 1B), respectivamente.

Sabra et al. (2012), pesquisando os efeitos do estresse salino em três espécies ornamentais: *Echinacea pallida*, *Echinacea angustifolia* e *Echinacea purpurea*, constataram que os níveis de salinidade da água de 1,04, 5,50, 7,89, e 9,96 dS m<sup>-1</sup>, não comprometeram o crescimento das raízes das plantas, porém tiveram reduções na condutância estomática e nas taxas fotossintéticas com o aumento dos níveis salinos. Os autores relatam que a tolerância dessas espécies está associada, principalmente, com a maior capacidade de exclusão dos sais, dessa forma, os danos morfológicos causados pela salinidade foram menores.

As espécies estudadas exprimiram restrições acentuadas na massa seca da parte aérea (MSPA), semelhantemente à inibição da área foliar, quando as plantas foram expostas aos níveis crescentes de salinidade da água e aos diferentes modos de irrigação (Figuras 2A e 2B).



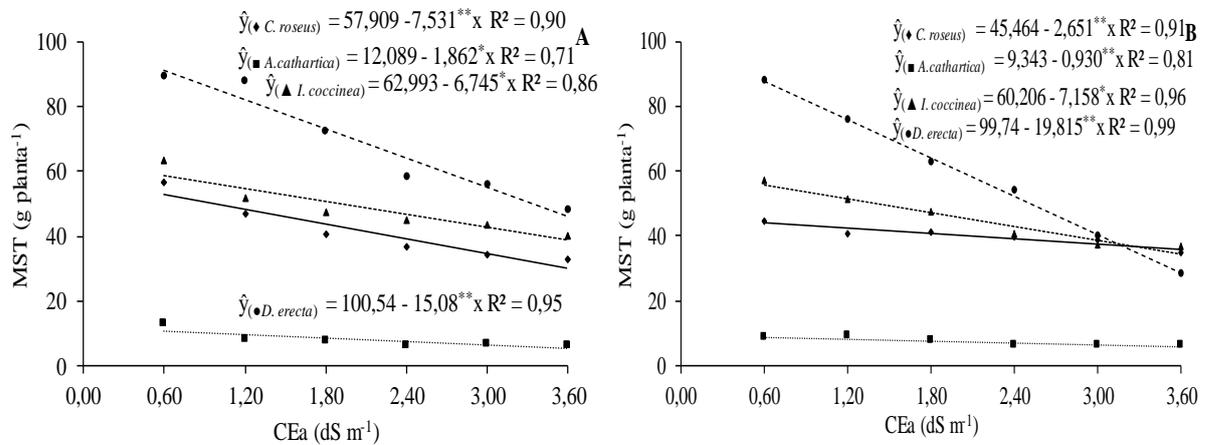
**Figura 2.** Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A) e não localizada (B).

Verificou-se reduções na MSPA de 9,18 e 11,97 g para a *D. erecta*; 4,45 e 4,52 g para a *I. coccinea*; 5,62 e 1,20 g para a *C. roseus* e 1,41 e 0,63 g para a *A. cathartica*, a cada incremento de 1,0 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica da água, associado aos modos de irrigação localizada e não localizada, respectivamente (Figuras 2A e 2B). Com isso, constata-se que a espécie que mais sofreu com o aumento da salinidade e o modo de irrigação não localizado foi a *D. erecta*, enquanto as demais também apresentaram reduções, porém inferiores a essa espécie, tendo a CEa como fator estressante principal, tendo em vista, que o modo de irrigação não localizado não intensificou as perdas em MSPA nas outras espécies.

Fageria et al. (2010), relatam que a parte aérea é constituída dos órgãos mais sensíveis à salinidade, seja a exposição ao estresse de curta ou longa duração. Em experimentos conduzidos em casa de vegetação, foram constatados que a massa seca da parte aérea é mais afetada, com reduções mais acentuadas do que a massa de raízes, conferindo a parte aérea maior sensibilidade à salinidade, podendo ser considerada como o parâmetro mais adequado para classificação de espécies tolerantes e susceptíveis à salinidade.

Valdés et al. (2014), em experimento com a ornamental *Euphorbia pulcherrima* Willd. (cv. Vermelho clássico) em vasos, constataram que as plantas quando submetidas aos níveis de CEa de 1,5; 2,0 e 2,5 dS m<sup>-1</sup> tiveram sua massa seca da parte aérea comprometida, exprimindo reduções pronunciadas, com valores na ordem de 29,4; 23,8 e 19,9 g, para os níveis salinos supracitados, enquanto o tratamento controle exibiu, em média, 38,4 g, totalizando perdas máximas em torno de 48%. Os autores, ainda reforçam que, a tolerância de plantas ornamentais aos sais presentes, seja no solo, ou na água de irrigação, é frequentemente determinada a partir da redução do crescimento da parte aérea, expondo que quanto menor for a redução, maior é a tolerância aos sais.

Semelhantemente, à massa seca total (MST) das espécies ornamentais, responderam aos efeitos da salinidade da água e dos modos de irrigação (Figuras 3A e 3B).



**Figura 3.** Massa seca total (MST) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A) e não localizada (B).

Foram detectadas inibições no incremento da biomassa seca total das plantas, quando expostas aos níveis crescentes de salinidade da água, associada aos diferentes modos de irrigação (Figuras 22A e 22B). Em geral, as plantas da espécie *D. erecta* exprimiram os maiores valores em biomassa seca total, enquanto a *A. cathartica* apresentaram os menores valores. Em média, foram constatadas reduções de 15,08 e 19,82 g para a *D. erecta*; e 1,86 e 0,93 g para a *A. cathartica*, a cada incremento de 1,0 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica na água de irrigação, associadas aos modos de irrigação localizada e não localizada, respectivamente.

Em algumas espécies vegetais, uma das primeiras respostas ao estresse salino é o fechamento dos estômatos, visto que, o aumento da salinidade ocasiona déficit hídrico pelo aumento da pressão osmótica no solo, com isso, ocorre uma redução na transpiração, ocasionando diminuição da capacidade fotossintética, pois o suprimento de CO<sub>2</sub> é comprometido, causando reflexos no crescimento (Taiz & Zeiger, 2013), conforme constatado nas variáveis biométricas (dados não mostrados), e evidentemente na produção de biomassa seca total.

A concentração elevada de íons na água de irrigação e conseqüentemente sua acumulação no substrato, pode ter ocasionado desbalanço iônico, causando toxicidade às plantas e decréscimo no crescimento e na produção de biomassa, por restringir à aquisição de elementos essenciais a nutrição da planta (Zapryanova & Atanassova, 2009). Quando a acumulação de íons, a exemplo do Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> se dá nas folhas, inibe a atividade de enzimas envolvidas nos processos fotossintéticos, comprometendo o metabolismo de carboidratos que irão refletir diretamente na produção de biomassa (Larcher, 2006).

## CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afeta negativamente a produção de matéria seca das plantas ornamentais.

Plantas que foram irrigadas pelo modo não localizado apresentaram maiores reduções na matéria seca de raiz.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 53 p.

BENINCASA, M. M. P. Análise do crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; SENA, G. S. A.; NUNES, J. C. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino na formação de mudas de pinhão-mansão. *Irriga*, v.16, n.3, p. 288-300, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011, 230p.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (ed.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010, cap. 13, p.205-218.

FERREIRA, D. F. SISVAR®: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.3. Lavras: DEX/UFLA, 2010. (Software estatístico).

IBRAFLOR. O mercado de flores no Brasil. Campinas, IBRAFLOR, 2015. Disponível em: <http://www.ibraflor.com/publicacoes>. Acesso em: 25 de junho de 2017.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: São Paulo, RiMa, 2006. 550p.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

SABRA, A.; DAAYF, F.; RENAULT, S. Differential physiological and biochemical responses of three *Echinacea* species to salinity stress. *Scientia Horticulturae*, v. 135, p. 23 – 31, 2012.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ALAN MARIO ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, v.8, n.15; p.1563-1578, 2012.

SIMÕES, F. C.; PAIVA, P. D. O.; NERI, G. J. O.; PAIVA, R. Noções básicas de jardinagem. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 5-41. (Boletim de extensão).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848 p.

VALDÉS, R.; MIRALLES, J.; FRANCO, J. A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; BAÑÓN, S. Using soil bulk electrical conductivity to manage saline irrigation in the production of potted Poinsettia. *Scientia Horticulturae*, v. 170, p. 1-7, 2014.

ZAPRYANOVA, N.; ATANASSOVA, B. Effects of salt stress on growth and flowering of ornamental annual species. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, special edition/online, p.177-179, 2009.