



Associação
Brasileira de
Irrigação e
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING
XXVI CONIRD - CONGRESSO
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

CONCENTRAÇÃO DE ÍONS E PROLINA EM PLANTAS ORNAMENTAIS IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA

F. Í. F. de Oliveira¹, W. J. F. de Medeiros², C. F. de Lacerda³, C. H. C. de Sousa⁴,
A. L. R. Neves⁴, A. de A. Ribeiro⁵

RESUMO: A salinidade da água de irrigação provoca efeitos danosos às plantas, reduzindo o seu crescimento e desenvolvimento, principalmente nas espécies com menor tolerância a salinidade. Em vista disso, objetivou-se avaliar os teores de íons (Cl, Na, K) e prolina em plantas ornamentais cultivadas sob estresse salino. A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido em Fortaleza, Ceará, Brasil. O delineamento utilizado foi blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições, 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⁻¹) e 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*). O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu maior acumulação de íons, tanto nos caules, quanto nas folhas das plantas ornamentais, principalmente, quando irrigadas pelo modo de irrigação não localizado. O acúmulo de íons em caules e folhas de plantas ornamentais provoca aumento nos teores de prolina. A espécie *Duranta erecta* foi a que apresentou a maior concentração de íons de cloro, sódio e prolina nas folhas.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrientes minerais, estresse salino, modo de irrigação, ornamentais.

CUMULATION OF IONS AND PROLINA IN ORNAMENTAL PLANTS IRRIGATED WITH SALINE WATER

ABSTRACT: The salinity of the irrigation water causes harmful effects to the plants, reducing their growth and development, especially in the species with less tolerance to salinity. The objective of this study was to evaluate the levels of ions (Cl, Na, K) and proline in ornamental plants cultivated under salt stress. The research was carried out in a protected environment in

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

² Doutoranda, PPGCS/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: juliamedeirosagro@gmail.com;

³ Doutor, Professor Associado, PPGEA/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: claudivan_@hotmail.com;

⁴ Doutores, PPGEA/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: sousaibiapina@yahoo.com.br; leilaneves7@hotmail.com;

⁵ Doutorando, PPGEA/UFC. Fortaleza – Ceará. Email: alburibeiro@hotmail.com

the municipality of Fortaleza, State of Ceará, Brazil. The design was randomized blocks, arranged in sub - divided 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⁻¹), two irrigation modes in the subplots (localized irrigation and non-localized irrigation) and four ornamental species in the subsubparcels (*Catharanthus roseus*; *Allamanda cathartica*; *Ixora coccinea* and *Duranta erecta*). The increase in the salinity of the irrigation water promoted a greater accumulation of ions, both in the stalks and in the leaves of ornamental plants, especially when irrigated by the non-localized irrigation mode. The accumulation of ions in stalks and leaves of ornamental plants causes increase in the contents of proline in the leaves. The species *Duranta erecta* presented the highest concentration of chlorine, sodium and proline ions in the leaves.

KEYWORDS: Mineral nutrients, salt stress, irrigation mode, ornamentals.

INTRODUÇÃO

Estima-se que o mercado mundial de plantas ornamentais movimente entre 250 e 400 bilhões de dólares ao ano (Chandler e Sanchez, 2012). No Brasil o agronegócio de flores e plantas ornamentais, tem grande potencial de crescimento devido à diversidade de clima, solo e flora, fatores que contribuem para a expansão, possibilitando o cultivo de diversas espécies de plantas nativas e exóticas, com destaque para algumas regiões do Estado do Ceará (IBRAFLOR, 2017).

O Ceará está inserido na região semiárida, onde a água de irrigação nem sempre apresenta condições favoráveis ao cultivo, devido aos altos teores de sais dissolvidos, que causam efeitos nocivos ao solo, principalmente pelas alterações em suas propriedades químicas e físicas. A salinidade é também um dos principais estresses abióticos limitantes ao crescimento e a produção das culturas, afetando a agricultura em todo o mundo (Acosta-Motos et al., 2015;).

Contudo, as espécies vegetais apresentam diferentes respostas aos efeitos dos sais (García-Caparrós et al., 2016), conferindo-as diferentes níveis de tolerância à salinidade e permitindo, em alguns casos, sua sobrevivência e produção. Portanto, a utilização de águas salinas na agricultura deve ser precedida de estudos científicos que mostrem seu impacto sobre a quantidade e qualidade dos produtos agrícolas, buscando encontrar genótipos mais tolerantes e técnicas adequadas para atenuar os efeitos do estresse salino sobre as plantas.

Considerando o crescimento e a importância da horticultura ornamental, e que o grau de tolerância à salinidade varia entre espécies, cultivares e até mesmo com a forma de

fornecimento da água de irrigação, fazem-se necessários estudos, com espécies que possam apresentar mecanismos de tolerância aos sais presentes na água de irrigação. Assim, objetivou-se avaliar o impacto da salinidade e diferentes modos de irrigação sobre os teores de íons e de prolina em quatro espécies ornamentais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, do tipo casa de vegetação, entre setembro e novembro de 2015, na área experimental da Estação Agrometeorológica, do Departamento de Engenharia Agrícola, no Campus Universitário do Pici, Universidade Federal do Ceará, município de Fortaleza, Ceará, Brasil. Durante a condução do experimento, foram monitoradas as condições meteorológicas com o auxílio de um *Data Logger* (modelo HOB0® U12-012, Onset Computer Corporation), instalado no centro do experimento. 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 de 4.821,7 a 6.802,8 Lux.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições, seis níveis crescentes de salinidade da água de irrigação nas parcelas (0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0 e 3,6 dS m⁻¹), dois modos de irrigação nas subparcelas (aplicação da água sem molhar as folhas (irrigação localizada) e aplicação da água com regador manual, molhando as folhas das plantas (irrigação não localizada)) e quatro espécies ornamentais nas subsubparcelas (*Catharanthus roseus*; *Allamanda cathartica*; *Ixora coccinea* e *Duranta erecta*), totalizando cento e noventa e duas unidades experimentais, em que cada unidade experimental foi composta por uma planta por vaso.

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), foram obtidos pela dissolução dos sais de cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) na proporção de 7:3 em água de poço artesiano. A água de CEa de 0,6 dS m⁻¹ 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).

As mudas foram obtidas de produtores idôneos, com 45 dias de germinadas, registradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 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, com

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

Os vasos foram preenchidos com uma camada de brita, com 3 cm de espessura para facilitar a drenagem e o restante com substrato e dispostos sobre plataformas (0,19 × 0,19 × 0,09 m). O substrato utilizado foi uma mistura de areia e húmus, na proporção de 2:1, respectivamente. Antes do transplântio das mudas, e aos 30 e 45 dias 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). Para essas adubações, foram pesados 250 g da formulação, que posteriormente foi macerado e dissolvido em água, até completar o volume de 12,5 L. A solução foi agitada constantemente, e cada vaso recebeu 50 mL da solução.

Após o transplântio, as plantas passaram por um período de aclimação de 15 dias, em que foram irrigadas com água não salina, para não comprometer seu estabelecimento. O ensaio teve duração de 60 dias, contados a partir do início da aplicação dos tratamentos salinos. A quantidade de água foi aplicada objetivando proporcionar a livre drenagem, evitando o acúmulo excessivo de sais no substrato. Uma vez por semana, após o início da drenagem, foi fornecida uma fração de lixiviação de 0,15.

Aos 60 dias após o início dos tratamentos salinos foram coletadas amostras de folhas e caules e utilizadas para a determinação dos teores de potássio, cloro, sódio e prolina. As amostras coletadas foram envolvidas em papel alumínio, e levadas para o liofilizador. Após liofilizadas, pesaram-se 0,5 g de cada amostra e o material foi macerado para obtenção do pó. Em seguida, esse material (pó) foi repassado para tubos de ensaio, onde foram adicionados 25 mL de água deionizada. As amostras foram agitadas e incubadas por 1 hora em banho maria a $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo agitadas a cada 15 minutos. Logo depois, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 15 minutos, sendo o sobrenadante coletado e filtrado em papel filtro qualitativo (poros com \varnothing de 14 μm) e armazenado em frascos a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Os teores de sódio e potássio no extrato foram determinados por fotometria de chama segundo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997) e os de cloreto conforme Gaines et al. (1984). A concentração de prolina foi estimada com base em uma curva padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de prolina, conforme metodologia de Bates et al. (1973).

Os dados foram tabulados e 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 utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e os efeitos quantitativos dos níveis de salinidade da água de irrigação foram testados por regressão, utilizando o teste F, para verificar a significância dos efeitos ortogonais, admitindo-se erro de

até 5% de probabilidade, com o auxílio do software estatístico SISVAR[®], versão 5.3 (Ferreira, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Cl⁻ nos caules e nas folhas das plantas ornamentais foram influenciados pela CEa e pelos modos de irrigação, expressando incrementos desse micronutriente nos órgãos de todas as espécies ornamentais estudadas (Figura 1). Para os caules, foram verificados aumentos nos teores de Cl⁻, independente do modo de irrigação utilizado. Entretanto, a espécie *C. roseus* se destacou, expressando os maiores teores, principalmente, nas plantas cultivadas no modo não localizado, enquanto as espécies *A. cathartica* e *D. erecta* apresentaram os menores valores.

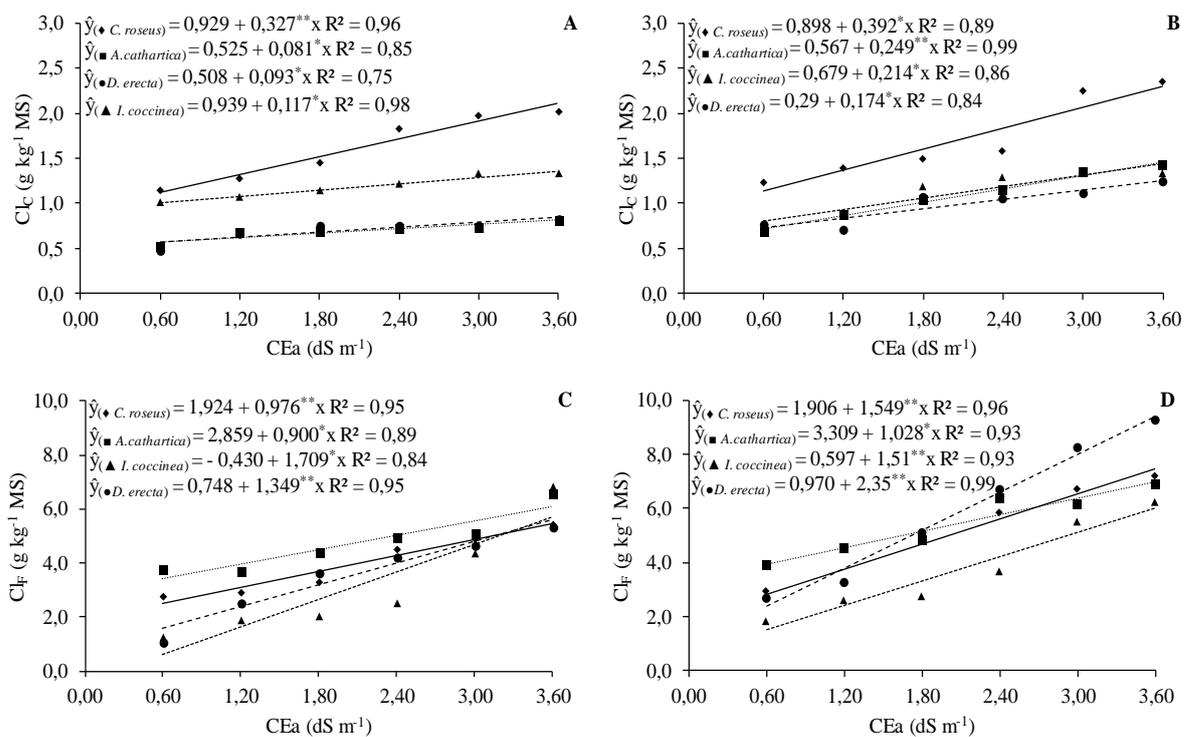


Figura 1. Teor de cloro nos caules (Cl_C) e nas folhas (Cl_F) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A e C) e não localizada (B e D), respectivamente.

Nas folhas, também ocorreram aumentos substanciais dos teores de Cl⁻, em consequência do aumento da CEa. As espécies ornamentais *A. cathartica* e *D. erecta* apresentaram os maiores teores de íons Cl nas folhas, nos modos de irrigação localizada e não localizada, respectivamente (Figura 3C e 3D). Já no caule das espécies supracitadas, os teores de Cl foram inferiores aos das demais espécies. Foram verificados incrementos nos teores foliares de cloro

de 0,90 e 1,35 g kg⁻¹, para a espécie *A. cathartica* e *D. erecta*, a cada aumento de 1,0 dS m⁻¹ na CEa, quando as plantas foram irrigadas de modo localizado e de 1,03 e 2,35 g kg⁻¹, para o modo não localizado, respectivamente.

Semelhantemente aos resultados obtidos, Cai et al. (2014) pesquisando os efeitos da salinidade da água de irrigação em variedades de rosas de jardim (*Rosa × hybrida* L.), e Niu et al. (2010) estudando variedades de pimentas (*Capsicum annum* L) sob irrigação com água salina, também constataram acréscimos nas concentrações de Cl⁻ nos tecidos foliares, com o aumento da CEa. Em geral, o estresse salino induz o aumento do Cl⁻ nas plantas, sobretudo, nas folhas, como observado em diversas espécies ornamentais (Cassaniti et al., 2009; Niu et al., 2010; Cai et al., 2014). Gómez-Bellot et al. (2013) relatam que, elevadas concentrações de Cl⁻ na parte aérea provocam efeitos tóxicos direto sobre a fisiologia da planta.

Os teores de Na⁺ no caule das também exprimiram incrementos com o aumento da CEa, associado aos diferentes modos de irrigação (Figura 2). As espécies *C. roseus* e *D. erecta* apresentaram os maiores teores de sódio no caule, em comparação as demais espécies, com acréscimos de 0,36 e 0,68 g kg⁻¹ para a *C. roseus* e 0,32 e 0,43 g kg⁻¹ para a *D. erecta*, a cada aumento de 1,0 dS m⁻¹ na CEa, quando as plantas foram cultivadas sob irrigação localizada e não localizada, respectivamente (Figura 2A e 2B).

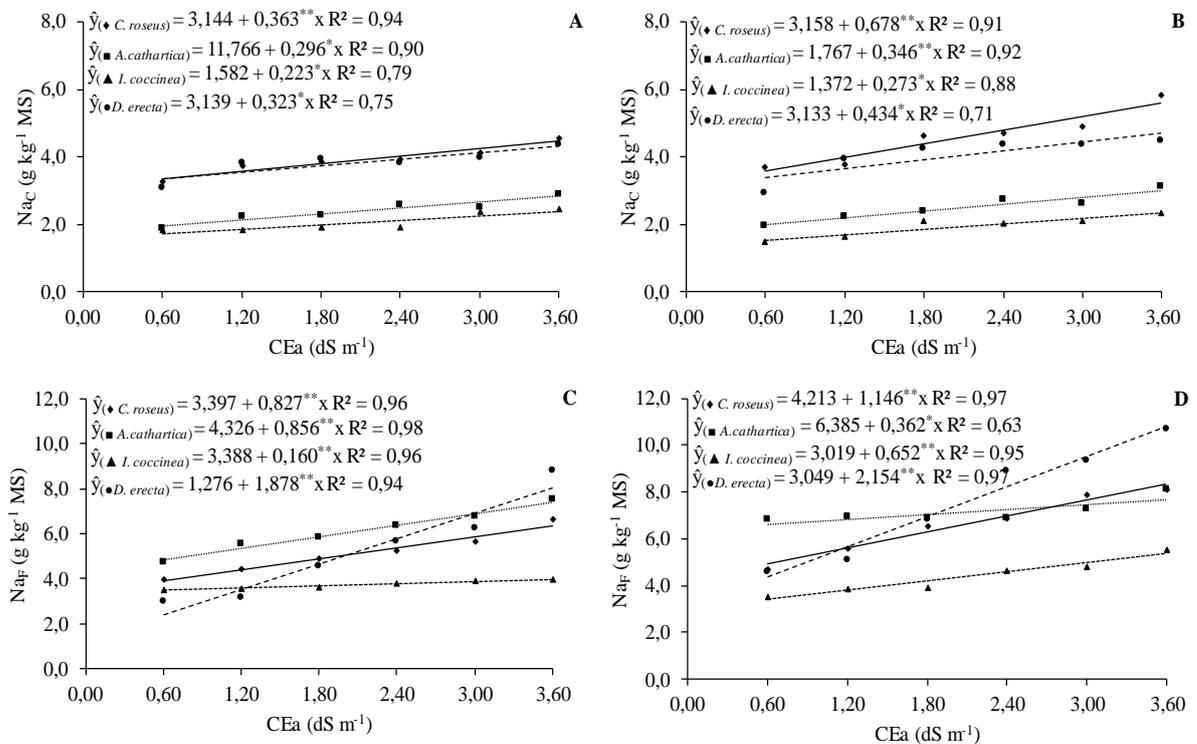


Figura 2. Teor de sódio nos caules (Na_C) e nas folhas (Na_F) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A e C) e não localizada (B e D), respectivamente.

Os teores foliares de Na^+ nas espécies ornamentais, também exprimiram aumentos substanciais com o aumento da CEa, sobretudo, no modo de irrigação não localizado, possivelmente, devido ao contato direto dos sais de Na^+ presentes na água de irrigação com as folhas. Constatou-se que as plantas de *I. coccinea* mesmo expressando acréscimos relativo de 13,78 e 57,36% de Na^+ atrelado ao incremento da CEa, quando irrigadas pelo modo localizado e não localizado, respectivamente, ainda assim, apresentaram os menores valores de Na^+ nos tecidos foliares, quando comparado as outras espécies ornamentais estudadas.

Cassaniti et al. (2009) estudando as respostas de arbustos ornamentais à salinidade da água de irrigação constataram que, o aumento dos teores foliares de Cl^- e Na^+ estão correlacionados com a redução do crescimento das plantas, ocorrendo uma maior incidência de lesões necróticas nas folhas com o aumento da salinidade da água. García-Caparrós et al. (2016) pesquisando os mecanismos de tolerância de plantas ornamentais verificaram que a salinidade desencadeou diferentes respostas, sobretudo, nos teores de Na^+ nos tecidos foliares.

Os teores de potássio nos caules das plantas ornamentais apresentaram incrementos de forma linear, com valores de 1,89; 2,76; 0,47 e 1,56 g kg^{-1} de matéria seca, a cada aumento de 1,0 dS m^{-1} na CE da água de irrigação, para as espécies *C. roseus*, *A. cathartica*, *I. coccinea* e *D. erecta* submetidas ao modo de irrigação localizado (Figura 3A), respectivamente; para as mesmas espécies quando irrigadas pelo modo não localizado os acréscimos foram de 3,10; 2,20; 0,71 e 1,10 g kg^{-1} de matéria seca, respectivamente (Figura 3B).

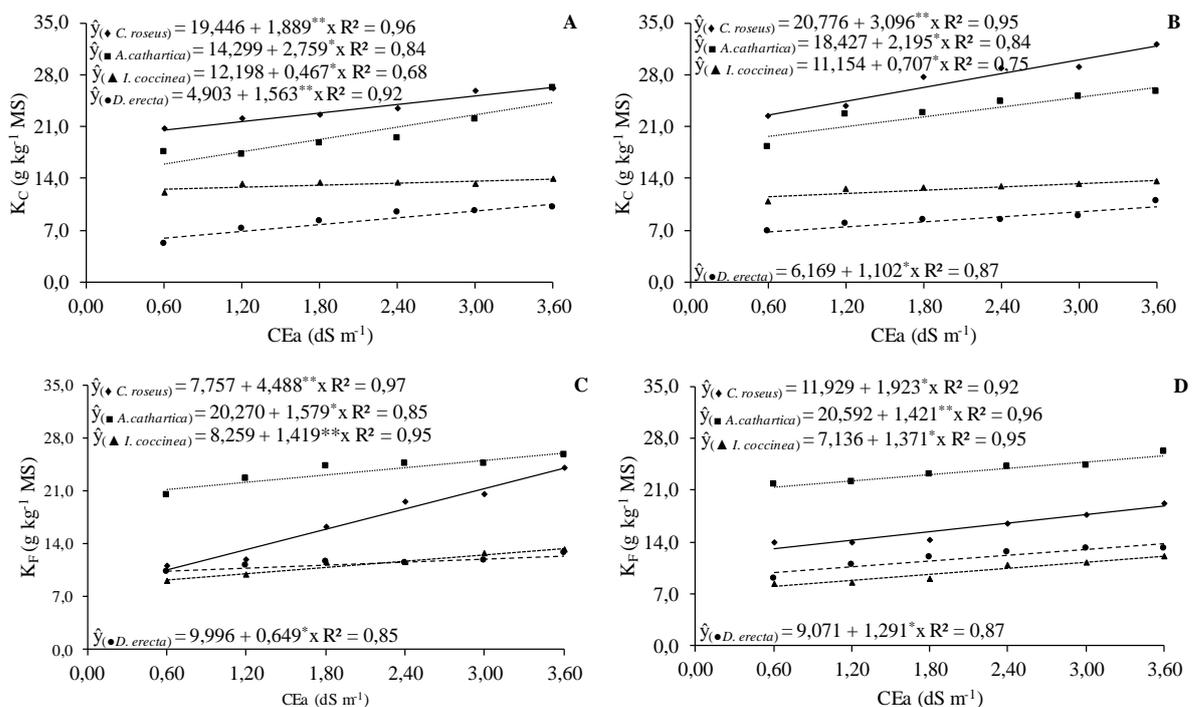


Figura 3. Teor de potássio nos caules (K_C) e nas folhas (K_F) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A e C) e não localizada (B e D), respectivamente.

Para os teores de potássio nas folhas, os incrementos foram de 4,49; 1,58; 1,42 e 0,65 g kg⁻¹ de matéria seca, a cada aumento de 1,0 dS m⁻¹ na CE da água de irrigação, para as espécies *C. roseus*, *A. cathartica*, *I. coccinea* e *D. erecta*, respectivamente, quando submetidas ao modo de irrigação localizado (Figura 3C); quando essas mesmas espécies foram irrigadas pelo modo não localizado os aumentos foram de 1,92; 1,42; 1,37 e 1,29 g kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente (Figura 3D).

O aumento linear nos teores de K⁺, pode ser atribuído ao efeito da concentração, já que com o aumento da CEa as plantas reduziram seu crescimento. O K⁺ e o Na⁺ podem ser transportados pelas mesmas proteínas, assim altas concentrações de Na⁺ pode inibir a concentração de K⁺ nas folhas (Shabala, 2013). A relação entre a concentração de Na⁺ e K⁺ no citosol é considerado componente chave para a resistência das plantas ao estresse, devido ao papel essencial do K⁺ como ativador enzimático no citosol, portanto altos teores de Na⁺ podem inibir a ativação de enzimas essenciais funcionamento celular (Morgan et al., 2014).

Os teores de prolina nos caules das plantas ornamentais sofreram incrementos lineares, com o aumento da CEa, com valores de 0,76; 0,75; 0,48 e 1,16 μmol g⁻¹ de matéria seca, a cada aumento de 1,0 dS m⁻¹ na CEa, para as espécies *C. roseus*, *A. cathartica*, *I. coccinea* e *D. erecta* submetidas ao modo de irrigação localizado (Figura 4A), já quando essas mesmas espécies foram irrigadas pelo modo não localizado os acréscimos foram de 0,55; 0,79; 0,74 e 1,38 μmol g⁻¹ de matéria seca, respectivamente (Figura 4B).

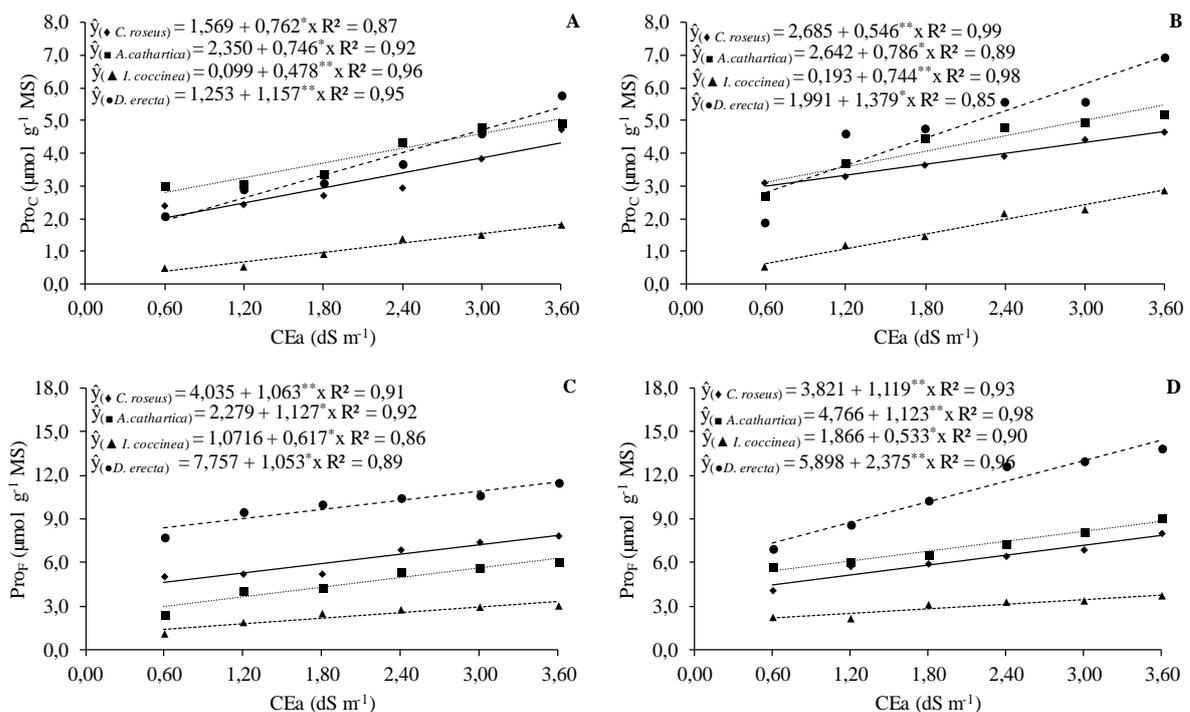


Figura 4. Teor de prolina nos caules (Proc) e nas folhas (ProF) de plantas ornamentais, submetidas à irrigação com águas salinas e modos de irrigação localizada (A e C) e não localizada (B e D), respectivamente.

Para os teores de prolina nas folhas, os incrementos foram de 1,06; 1,13; 0,62 e 1,05 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de matéria seca, a cada aumento de 1,0 dS m^{-1} na CEa, para as espécies *C. roseus*, *A. cathartica*, *I. coccinea* e *D. erecta* submetidas ao modo de irrigação localizado (Figura 4C), e quando as espécies foram irrigadas pelo modo não localizado os aumentos foram de 1,12; 1,12; 0,53 e 2,38 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de matéria seca, respectivamente (Figura 4D).

As plantas podem usar a prolina para realizar o ajuste osmótico em condições salinas, conseguindo manter um nível relativo de água nas folhas (Acosta-Motos et al., 2015). A acumulação de solutos orgânicos, como a prolina tem uma função osmoprotetora, protegendo as plantas de subprodutos tóxicos produzidos em condições de baixos teores de água, proporcionando a eliminação de radicais livres, além de ser uma fonte de C e de N para as células quando as condições se tornarem favoráveis.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu maior acumulação de íons e prolina, nas plantas ornamentais, principalmente, quando irrigadas pelo modo de irrigação não localizado.

A espécie *Duranta erecta* foi a que apresentou maior concentração de íons cloro, sódio e prolina nas folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MOTOS, J. R.; DIAZ-VIVANCOS, P.; ÁLVAREZ, S.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. Physiological and biochemical mechanisms of the ornamental *Eugenia myrtifolia* L. plants for coping with NaCl stress and recovery. *Planta* v. 242, n. 4, p.829-849, 2015.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, J. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, v. 39, p. 205-207, 1973.

CAI, X.; NIU, G.; STARMAN, T.; HALL, C. Response of six garden roses (*Rosa* \times *hybrida* L.) to salt stress. *Scientia Horticulturae*, v. 168, p. 27-32, 2014.

CASSANITI, C.; LEONARDI, C.; FLOWERS, T. J. The effect of sodium chloride on ornamental shrubs. *Scientia Horticulturae*, v.122, p. 586-593, 2009.

CHANDLER, S. F.; SANCHEZ, C. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. *Plant Biotechnology Journal*, v. 10, n. 8, p. 891-903, 2012.

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

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. *Agronomy Journal*, v. 76, p. 371-374, 1984.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LLANDERAL, A.; PESTANA, M.; CORREIA, P. J.; LAO, M. T. Tolerance mechanisms of three potted ornamental plants grown under moderate salinity. *Scientia Horticulturae*, v.201, p.84-91, 2016.

GÓMEZ-BELLOT, M. J.; ÁLVAREZ, S.; BAÑÓN, S.; ORTUÑO, M. F.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Physiological mechanisms involved in the recovery of *Euonymus* and *Laurustinus* subjected to saline waters. *Agricult. Water Management*, v.128, p.131-139, 2013.

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

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

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.

MORGAN, S. H.; MAITY, P. J.; GEILFUS, CHRISTOPH-MARTIN; LINDBERG, S.; MÜHLING, K. H. Leaf ion homeostasis and plasma membrane H⁺-ATPase activity in *Vicia faba* change after extra calcium and potassium supply under salinity. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.82, p. 244-253, 2014.

NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S.; CALL, E.; BOSLAND, P. W.; ULERY, A.; ACOSTA, E. Responses of eight chile peppers to saline water irrigation. *Scientia Horticulturae*, v. 126, n. 2, p. 215-222, 2010.

SHABALA, S. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. *Annals of Botany Company*, v.112, n. 7, p. 1209-1221, 2013.

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).