

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MULUNGU SUBMETIDA A ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO

FRANCISCO ROMÁRIO ANDRADE FIGUEIREDO¹; MARIA DE FÁTIMA QUEIROZ LOPES²; RONIMEIRE TORRES DA SILVA²; JACKSON SILVA NÓBREGA²; TOSHIK IARLEY DA SILVA³ E RISELANE DE LUCENA ALCÂNTARA BRUNO²

¹ Departamento de Ciências Vegetais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, Rua Francisco Mota, 572, Presidente Costa e Silva, 59625-900, Mossoró - RN, Brasil. E-mail: romarioagroecologia@yahoo.com.br

² Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Rodovia PB-079, 58397-000, Areia-PB, Brasil. E-mails: fatimaqueiroz0@gmail.com; ronimeiretorres@hotmail.com; jacksonnobreaga@hotmail.com; lanebruno.bruno@gmail.com

³ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, 36570-900, Viçosa - MG, Brasil. E-mail: iarley.toshik@gmail.com

1 RESUMO

O mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) é uma espécie florestal nativa da região Nordeste do Brasil, sendo utilizada para fins econômicos e medicinal. No entanto, o seu desempenho fisiológico pode ser comprometido por diversos fatores bióticos e abióticos, dentre estes, o estresse salino. Nesse sentido, a aplicação do ácido salicílico, fitohormônio de origem fenólica, torna-se uma estratégia promissora na busca de minimizar esses efeitos deletérios. Assim, o objetivou-se conhecer as respostas fisiológicas do mulungu irrigado com água salina associado a aplicação de ácido salicílico. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto 5x5, gerados a partir da matriz Composto Central de Box com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,5; 1,74; 4,75; 7,76 e 9,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições. Foram avaliadas as trocas gasosas, fluorescência e índice de clorofila aos 60 dias após a irrigação com água salina. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial. A salinidade da água de irrigação ocasiona efeitos deletérios nas trocas gasosas de *Erythrina velutina* Willd. Os índices de clorofila foram afetados positivamente pelos níveis salinos aplicados e a fluorescência inicial das plantas foi atenuada pela aplicação de ácido salicílico.

Palavras-chave: *Erythrina velutina* Willd, caatinga, salinidade, trocas gasosas

FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. F. Q.; SILVA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; AND BRUNO, R. A. L.
PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF MULUNGU SUBMITTED TO SALT STRESS AND APPLICATION OF SALICYLIC ACID

2 ABSTRACT

Mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) is a forest species native to the Northeast region of Brazil, being used for economic and medicinal purposes. However, its physiological performance can be compromised by several biotic and abiotic factors, among them, saline stress. That way, the application of salicylic acid, phytohormone of phenolic origin, becomes a promising strategy in the search to minimize these deleterious effects. Thus, the objective was to learn the physiological responses of mulungu irrigated with saline water associated with the application of salicylic acid. The design was a randomized complete block, in an incomplete factorial scheme, using the Box Central Composite (CCB) matrix with five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.5; 1.74; 4.75; 7.76 and 9.0 dS m⁻¹), and five salicylic acid doses (0.0, 0.29, 1.0, 1.71 and 2.0 mM), with four replicates. Gas exchange, fluorescence and chlorophyll indices were evaluated 60 days after irrigation with saline water. Data were submitted to analysis of variance by the F test, in cases of significance polynomial regression analysis was performed. The salinity of irrigation water causes deleterious effects on the gas exchange of *Erythrina velutina* Willd. The chlorophyll indices were positively affected by saline levels applied and the initial fluorescence of the plants was attenuated by the application of salicylic acid.

Keywords: *Erythrina velutina* Willd, caatinga, salinity, gas exchange

3 INTRODUÇÃO

O mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) é uma espécie arbórea endêmica da região Nordeste do Brasil, apresentando relevante importância econômica e medicinal, sendo utilizada no combate a tosse, asma, crises nervosas e dores musculares (SANTOS et al., 2013). Além disso, o mulungu é uma árvore com característica ornamental, sendo usada na arborização de ruas, jardins e alamedas (OLIVEIRA et al., 2012; LOPES et al., 2019).

No entanto, a salinidade seja dos solos ou mesmo da água de irrigação pode ser um dos fatores que limitam seu crescimento e desenvolvimento, principalmente nas regiões semiáridas. As baixas precipitações pluviométricas, drenagem insuficiente e a utilização de água de má qualidade induzem a formação de solos com alta concentração de sais nessas regiões (PEDROTTI et al., 2015).

Os efeitos da salinidade estão atrelados com a redução do potencial

osmótico do solo, limitando a absorção de água e influenciando negativamente nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta (GHEYI et al., 2016). Dentre os processos fisiológicos que podem ser afetados pelo excesso de sais, destaca-se a fluorescência da clorofila e as trocas gasosas (AYDIN; KANT; TURAN, 2012).

Diante dessa problemática, o uso de reguladores de crescimento vegetal é uma das técnicas que vem sendo utilizada para aumentar a tolerância das plantas a estresses, destacando-se o ácido salicílico (AS), um composto fenólico produzido naturalmente pela planta (KORDI; SAIDI; GHANBARI, 2013). Vários trabalhos foram desenvolvidos testando o efeito do AS em plantas sob estresse salino, a exemplo de: Parizi et al. (2011) em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), Bagherifard et al. (2015) em alcachofra (*Cynara Scolymus* L.) e Karlidag, Yildirim e Turan (2009) em plantas de morango (*Fragaria x ananassa* Duch).

Porém, são escassas as informações sobre os aspectos fisiológicos de plantas de

mulungu na fase de crescimento inicial e de técnicas que atenuem o efeito do estresse salino. Com isso, objetivou-se no presente trabalho conhecer as respostas fisiológicas de plantas de mulungu (*Erythrina velutina*) irrigadas com água salina, em associação com a aplicação de ácido salicílico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada no município de Areia, Paraíba, Nordeste do Brasil. No momento das leituras a temperatura e a umidade do ar apresentaram valores médios de 29,6 °C e 53,8%, respectivamente.

Para a formação das mudas, após a quebra de dormência em ácido sulfúrico concentrado por 30 minutos, três sementes foram semeadas por vaso, após a estabilização da emergência, foi realizado o desbaste deixando-se apenas a planta mais vigorosa. Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade de 1,8 dm³ contendo substrato formulado com solo, areia e esterco bovino na proporção de 3:1:1. O esterco bovino foi aplicado a fim disponibilizar gradativamente os nutrientes essenciais ao crescimento inicial das plântulas, visto que a ausência de algum nutriente poderia acarretar em déficit nutricional. Coletou-se uma amostra do substrato para a análise de fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas dos componentes do substrato usado no experimento.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O.	
--- mg kg ⁻³ ---			----- cmol _c dm ⁻³ -----								g kg ⁻¹
7,8	85,55	693,60	0,23	0,00	0,00	2,91	1,59	6,50	6,50	22,21	

SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; M.O.: Matéria orgânica.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto, com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,5; 1,74; 4,75; 7,76 e 9,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (AS - 0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela experimental, perfazendo nove combinações (tratamentos), geradas através da matriz Composto Central de Box (MATEUS; BARBIN; CONAGIN, 2001).

Para determinar a capacidade de campo cinco amostras do substrato foram secas em estufa à 105 °C, até atingir peso constante. Em seguida quantificou-se o volume de água necessário para saturar as amostras. Para monitorar a capacidade de campo, quatro vasos foram pesados antes de efetuar a irrigação, verificando-se, assim, a quantidade de água necessária para atingir

60% da capacidade de campo. A água com menor condutividade elétrica - CEa (0,5 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema de abastecimento da UFPB. Foi usada o tratamento com essa condutividade pelo fato de essa ser a condutividade da água usada no local onde foi desenvolvido o experimento e ser uma média da água da região de estudo. Na preparação das demais águas salinas foi adicionado NaCl à água de 0,5 dS m⁻¹, utilizando-se para aferição das CEa, um condutivímetro portátil microprocessado Instrutherm® (modelo CD-860). A dose máxima de CEa foi estabelecida foi definida de forma hipotética. Por se tratar de uma espécie nativa, definiu-se uma CEa elevada (9,0 dS m⁻¹), tendo em vista que espécies nativas, de modo geral, são menos suscetíveis à salinização, quando comparadas às espécies cultivadas. A aplicação dos tratamentos

iniciou-se após a emergência e desbaste das plantas por um período de 60 dias.

Para a preparação das doses de ácido salicílico (AS) utilizou-se água destilada, onde a quantidade referente a cada dose foi dissolvida em água quente (± 90 °C) e aplicadas via foliar com o auxílio de pulverizador manual. Foram realizadas três aplicações, distribuindo-se 35 mL por planta da calda, em intervalos de 15 dias. A dose máxima foi estabelecida de acordo com pesquisa na literatura, onde observou-se que a dose de 2,0 mM de ácido salicílico é uma dose satisfatória para atenuação do estresse salino sobre as plantas. Doses acima desta pode causar efeitos tóxicos em algumas espécies vegetais. As doses menores foram formadas a partir da dose mínima (0,0 mM) e máxima (2,0 mM) através da matrix Composto Central de Box. As aplicações de AS foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias após o início do estresse salino. Sendo realizadas três aplicações de ácido salicílico no decorrer do experimento. A irrigações e aplicação de AS foram realizadas diariamente ao final do dia.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas aos 60 dias após o início da irrigação com água salina (DAI), utilizando-se o analisador portátil de gás por infravermelho - IRGA (modelo LI-6400XT, LI-COR®, Nebraska, USA) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz acoplada de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sendo as medições aferidas entre as 9:00 e 10:00h. Foram mensuradas as variáveis: taxa de assimilação líquida do CO_2 ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($g_s - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração de CO_2 nos espaços intercelulares ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e

temperatura foliar (TF - °C) e a partir destas, calcularam-se a eficiência do uso da água (EUA - A/E), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA - A/ g_s) eficiência instantânea de carboxilação (EiC - A/ C_i).

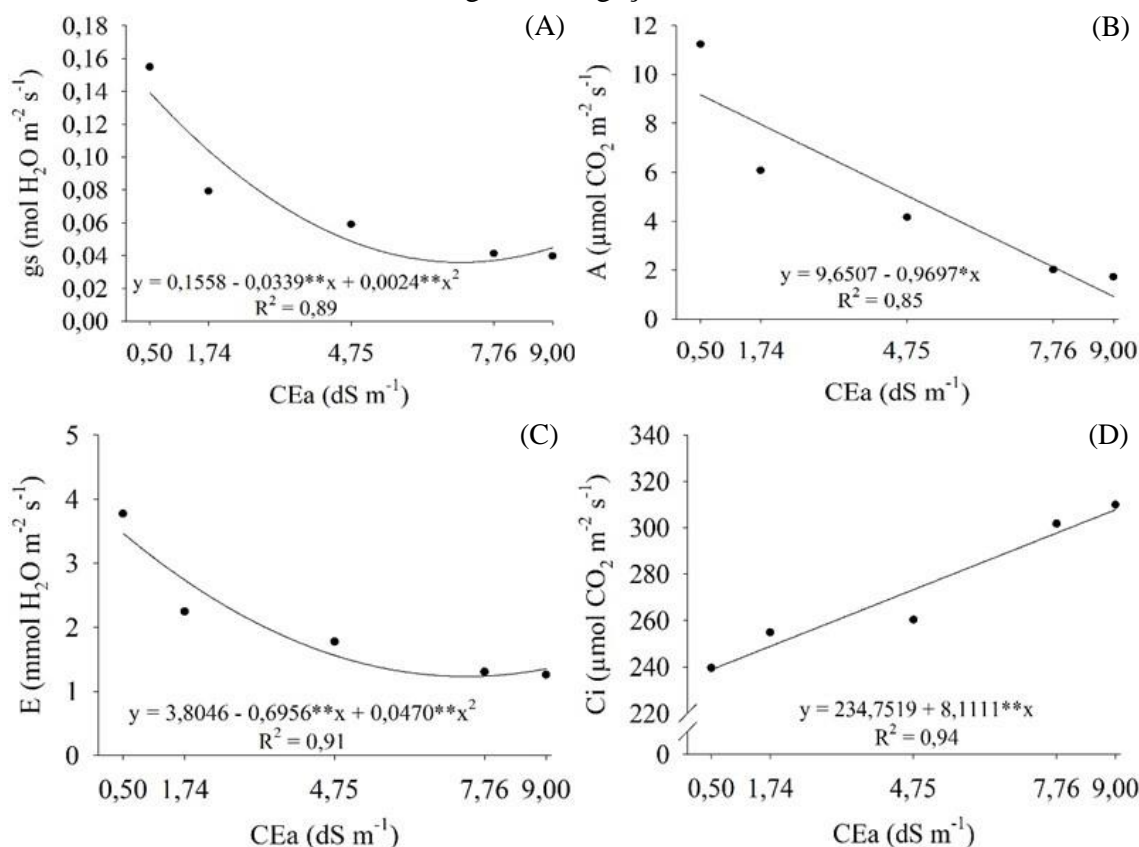
Para as avaliações das variáveis de fluorescência da clorofila *a* foi utilizado fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA). Pinças foliares foram colocadas por 30 minutos antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro. Foram mensuradas a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$), a razão F_v/F_0 e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m). As determinações do índice de clorofila *a*, *b* e total foram realizadas pelo método não destrutivo, utilizando-se clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS), sendo os valores dimensionados em índice de clorofila Falker (ICF).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade, nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico SAS® (CODY, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que a condutância estomática (g_s), assimilação líquida de CO_2 (A), transpiração (E) e a concentração intercelular de CO_2 (C_i) em plantas de mulungu (*Erythrina velutina*) foram influenciadas pela salinidade da água de irrigação, ao longo dos 60 DAI (Figura 1).

Figura 1. Condutância estomática – gs (A), taxa de assimilação líquida de CO₂ – A (B), transpiração – E (C) e concentração intercelular de CO₂ – Ci (D) em plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd) submetidas a diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.



Para a gs, constatou-se ser o nível de salinidade de 7,08 dS m⁻¹ o que proporcionou o maior decréscimo (74,1%) quando comparado ao tratamento controle (0,5 dS m⁻¹), com valores na ordem de 0,036 e 0,139 mol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente (Figura 1A). Esse comportamento possivelmente esteja relacionado ao mecanismo de aclimação da planta ao ser submetida a condições de estresse, visto que, sob essas condições, as plantas tendem a fechar seus estômatos, ocasionando redução na transpiração foliar e consequentemente, menor perda de água (TAIZ et al., 2017).

Nota-se que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) influenciou negativamente a assimilação líquida de CO₂, sendo registrada a menor taxa (0,923 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) na CEa de 9,0 dS m⁻¹, atingindo

decréscimos de 89,9% ao se comparar com o tratamento controle (9,165 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (Figura 1B). O excesso de sais pode afetar os vegetais de várias formas, uma delas é a redução do potencial osmótico, o qual compromete o status hídrico celular, proporcionando redução na condutância estomática e consequentemente restrição nas trocas gasosas, limitando os processos fotossintéticos (KUSVURAN, 2012).

Para a taxa de transpiração, observa-se que houve redução até a CEa de 7,4 dS m⁻¹, com decréscimo de 64,5% em relação a CEa de 0,5 dS m⁻¹ (Figura 1C). Essa redução pode ter ocorrido devido à limitação estomática constatada com o aumento dos níveis salinos, o que proporciona restrição à troca de gases entre as folhas e o ambiente (SILVA et al., 2010).

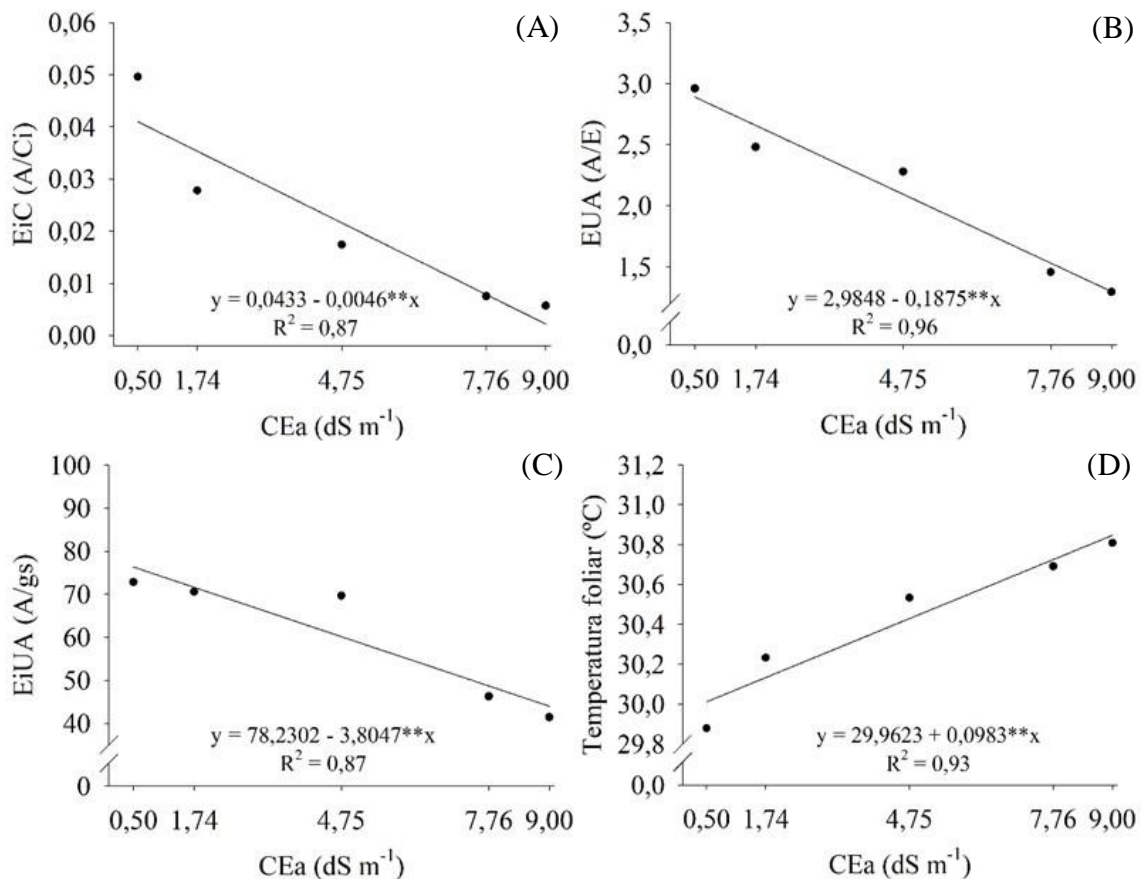
O excesso de sais na zona de desenvolvimento radicular ocasiona efeitos deletérios às plantas, proporcionando reduções na taxa de transpiração e no crescimento (SILVA et al., 2018).

O aumento dos níveis salinos foi diretamente proporcional a quantidade de CO_2 produzida nos espaços intercelulares, sendo registrado valores na ordem de 238,8 e 307,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para as CEa de 0,5 e 9,0 dS m^{-1} , respectivamente, com acréscimo de 22,4% (Figura 1D). Esse aumento possivelmente esteja relacionado a redução da taxa fotossintética, visto que, há um menor consumo de CO_2 pela Rubisco.

No entanto, esse incremento observado nas maiores concentrações salinas é equivalente ao encontrado em plantas C3, sugerindo que não houve limitação na disponibilidade de CO_2 para o processo fotossintético (TAIZ et al., 2017). Resultados semelhantes são descritos por Soares et al. (2018) em plantas de algodão irrigadas com águas salinas (*Gossypium hirsutum* L.).

A eficiência de carboxilação (EiC), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e a temperatura foliar foram influenciados negativamente pela salinidade da água de irrigação (Figura 2).

Figura 2. Eficiência de carboxilação – EiC (A), eficiência do uso da água – EUA (B); C, eficiência intrínseca do uso da água – EiUA (C) e temperatura foliar – TF (D) em plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.



A EiC apresentou comportamento semelhante ao da assimilação líquida de CO_2 , com os valores reduzindo linearmente

a medida que se elevaram os níveis salinos (Figura 2A). De acordo com Silva et al. (2015), decréscimos na EiC podem ocorrer

devido a reduções na taxa fotossintética, ocorrendo baixa disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco.

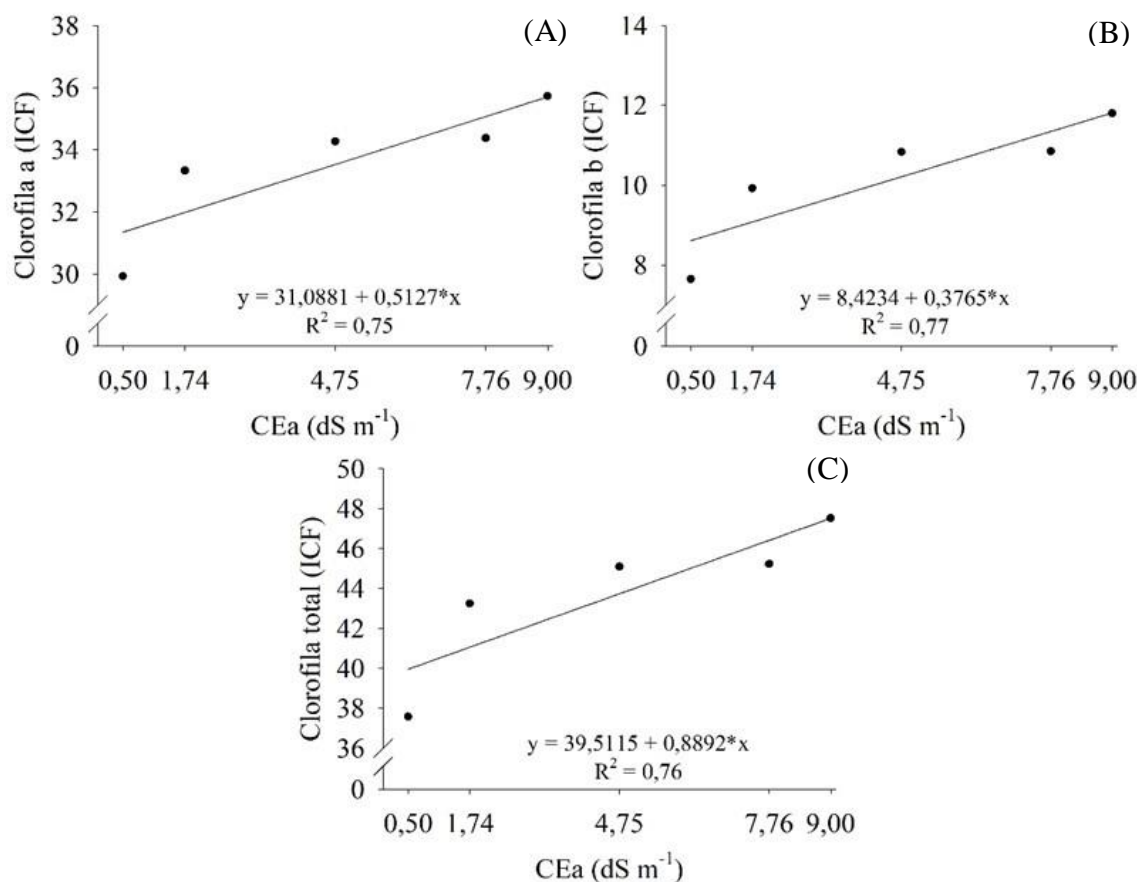
Pode-se observar que a EUA e a EiUA também reduziram linearmente com o aumento das CEa, com decréscimos de 55,1 e 42,4%, respectivamente, na CEa de 9,0 dS m⁻¹ (Figura 2B e 2C). Esses resultados podem ter ocorrido, em virtude da redução do potencial osmótico, dificultando as plantas a absorverem água, visto que a necessidade de consumo de água para produzir uma unidade de matéria seca depende de vários fatores, entre eles, a espécie, as condições ambientais e, principalmente, a disponibilidade hídrica (GARCIA et al., 2009). Igualmente, Nobre et al. (2014) avaliando o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (CEa) associada a doses de adubação em plantas de mamona (*Ricinus communis* L.), observaram que a eficiência de uso da água pela mamoneira cv. BRS Energia foi influenciada pelos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação com

declínio linear da EUA de 10,59% por aumento unitário da CEa.

Já a temperatura foliar ajustou-se a um efeito linear crescente, sendo observada a maior TF (30,8°C) na CEa de 9,0 dS m⁻¹ (Figura 2D). Tal aumento pode estar relacionado a limitação estomática e também aos decréscimos na taxa de transpiração observados no presente trabalho. Como se sabe, a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar, com isso, reduções na abertura estomática ocasionam decréscimos na taxa de transpiração, resultando no aumento da temperatura do tecido foliar (FEITOSA et al., 2016). Sousa et al. (2012) pesquisando plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), sob estresse salino e adubação fosfatada, também encontraram resultados semelhantes.

Os teores de clorofila *a*, *b* e total foram diretamente proporcionais aos níveis salinos, apresentando incrementos de 12,2; 27,1 e 15,9%, respectivamente, na CEa de 9,0 dS m⁻¹ em relação ao tratamento controle (0,5 dS m⁻¹) (Figura 3).

Figura 3. Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) em plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd) submetidas a diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

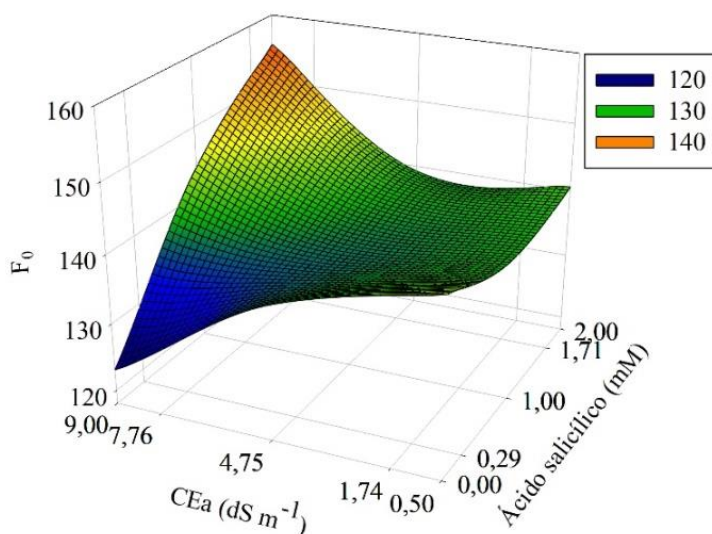


Geralmente, plantas que se desenvolvem em meios salinos têm sua atividade fotossintética afetada e, conseqüentemente, menores teores de clorofila (MENDONÇA et al., 2010; SILVA et al., 2016). Essa redução ocorre devido ao aumento da enzima clorofilase, a qual degrada as moléculas desse pigmento (FREIRE et al., 2013). Tais resultados diferem do observado no presente trabalho. Porém, resultados semelhantes foram

encontrados por Diniz Neto et al. (2014), ao observarem que níveis de salinidade acima de 2,67 dS m⁻¹ estimula a produção de clorofila total em mudas de oiticica (*Licania rigida* Benth).

Quanto a fluorescência inicial (F_0), houve interação significativa para os fatores CEa e ácido salicílico, onde os maiores índices foram observados na CEa de 9,0 dS m⁻¹ e aplicação de 2,0 mM de ácido salicílico (Figura 4).

Figura 4. Interação entre a salinidade da água de irrigação (CEa) e ácido salicílico (AS) para a fluorescência inicial (F_0) em plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd).

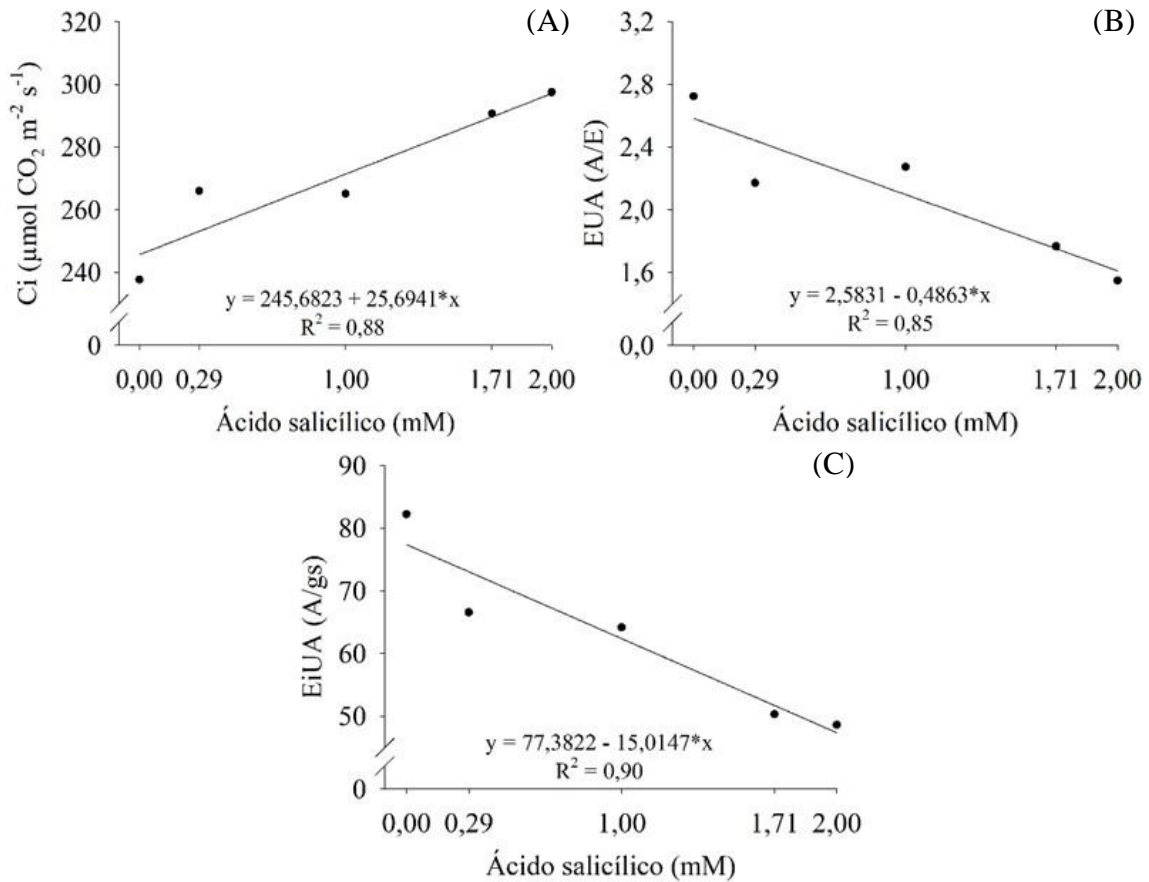


A absorção excessiva de íons como o Na^+ e o Cl^- ocasiona toxicidade a planta, provocando danos no aparato fotossintético, porém, a aplicação exógena de ácido salicílico em plantas sob estresse salino pode potencialmente aliviar os efeitos tóxicos desses elementos (HAYAT et al., 2010). A aplicação exógena de AS requer mais de 1 hora para atuar nos transportadores de Na^+ , sendo que sua ação ocorre nível pós-transcricional. Em concentrações fisiologicamente relevantes causa estresse moderado ao gerar H_2O_2 , que induz a ação do sistema de defesa antioxidante da planta, incluindo enzimas (superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase e glutathione peroxidase) e antioxidantes não enzimáticos (glutathione, ácido ascórbico, carotenoides e tocoferóis)

durante aclimação ao estresse salino (JAYAKANNAN et al., 2015).

Com relação aos efeitos do ácido salicílico (AS), observa-se que houve diferença significativa apenas para a concentração intercelular de CO_2 (C_i), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) (Figura 5). As doses de AS contribuíram para o aumento linear da C_i , com valores variando entre 245,7 e 296,9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ou seja, um aumento de 20,8% na concentração de 2,0 mM em relação ao tratamento controle (0,0 mM) (Figura 5A). Esse incremento pode ser em função do AS atuar na regulação estomática, favorecendo, assim, a entrada de CO_2 nas células (ARFAN; ATHAR; ASHRAF, 2007).

Figura 5. Concentração intercelular de CO₂ – Ci (A), eficiência do uso da água – EUA (B) e eficiência intrínseca do uso da água – EiUA (C) em plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd) sob aplicação de ácido salicílico.



As concentrações de AS testadas influenciaram negativamente na EUA e EiUA, ocasionando decréscimos de 37,5 e 38,7%, respectivamente, na concentração de 2,0 mM comparada com a de 0,0 mM (Figura 5B e 5C). De acordo com Yusuf et al. (2012), a aplicação do AS aumentou a taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e a eficiência do uso da água em plantas de mostarda sob estresse (*Brassica juncea* L.). Assim como Fariduddin et al. (2017) destacaram que a aplicação de AS em plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) sob estresse salino, promoveu aumentos de 45% na taxa fotossintética, 29% na condutância estomática, 39% na concentração interna de CO₂ e 42% na transpiração, fato não constatado em plantas de mulungu.

6 CONCLUSÃO

A salinidade da água de irrigação ocasiona efeitos deletérios nas trocas gasosas de *Erythrina velutina* Willd. A aplicação de ácido salicílico não foi responsiva aos efeitos danosos da salinidade hídrica, nas condições em que foi realizado o presente trabalho.

7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de

bolsas de estudos aos autores e alunos de Pós-Graduação do referido trabalho.

8 REFERÊNCIAS

ARFAN, M.; ATHAR, H. R.; ASHRAF, M. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 6, n. 6, p. 685-694, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.05.010>.

AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 7, n. 7, p. 1073-1086, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR10.274>

BAGHERIFARD, A.; BAGHERI, A.; SABOURIFARD, H.; BAGHERIFARD, G.; NAJAR, M. The effect of salicylic acid on some morphological and biochemistry parameters under salt stress in herb artichoke (*Cynara Scolymus* L.). **Research Journal of Fisheries and Hydrobiology**, Jordan, v. 10, n. 10, p. 745-750, 2015.

CODY, R. **An Introduction to SAS University Edition**. North Carolina: SAS Institute, 2015.

DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, J. C. A.; E. C. S. Mudanças de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 10-18, 2014.

FARIDUDDIN, Q.; KHAN, T. A.; YUSUF, M.; AAFAQUEE, S. T.; KHALIL, R. R. A. E. Ameliorative role of salicylic acid and spermidine in the presence of excess salt in *Lycopersicon esculentum*. **Photosynthetica**, Praga, v. 55, n. 3, p. 750-762, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0727-y>

FEITOSA, S. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; BRITO NETO, J. F. Fisiologia do *Sesamum indicum* L. sob estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 711-723, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n4p711-723>

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Estresse hídrico e salino na produção relativa e potencial de água na folha do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 470-480, 2009. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n4p470-480>

- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016.
- HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. **Environmental and Experimental Botany**, New York, v. 68, n. 1, p. 14-25, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005>
- JAYAKANNAN, M.; BOSE, J.; BABOURINA, O.; RENGEL, Z.; SHABALA, S. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. **Plant Growth Regulation**, Basel, v. 76, n. 1, p. 25-40, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-015-0028-z>
- KARLIDAG, H.; YILDIRIM, E.; TURAN, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 180-187, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162009000200006>
- KORDI, S.; SAIDI, M.; GHANBARI, F. Induction of drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) by salicylic acid. **International Journal of Agricultural and Food Research**, Ottawa, v. 2, n. 2, p. 18-26, 2013.
- KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal Agricultural Research**, Sapele, v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.5897/AJAR11.1783>
- LOPES, M. F. Q.; SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, R. T.; FIGUEIREDO, F. R. A.; BRUNO, R. L. A. Crescimento de *Erythrina velutina* Willd. submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 4, p. 31-38, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n4.a309>
- MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.4024/actascitechnol.v23i0.2795>
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050981850>
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 148-158, 2014.
- OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; DIÓGENES, F. E. P.; MEDEIROS FILHO, S. Alelopatia de extratos de diferentes órgãos de mulungu na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 3, p. 480-483, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000300020>

- PARIZI, M. D.; KALANTARI, K. M.; ENTESHARI, S.; BAGHIZADEH, A. Effect of salicylic acid and salt stress on Na and K content in *Ocimum basilicum* L. **Iranian Journal of Plant Physiology**, Teerã, v. 1, n. 3, p. 133-139, 2011.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; CÂNDIDO, W. S.; SILVA, A. C. Armazenamento e métodos para a superação da dormência de sementes de mulungu. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 171-178, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p171>
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. G. A. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha* plants. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 74, n. 10, p. 1130-1137, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.036>
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i4.3650>
- SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 776-781, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p776-781>
- SOARES, L. A. A.; FERNANDEZ, P. D.; LIMA, G. S.; SUASSUNA, J. F.; PEREIRA, R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 2, p. 239-248, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5935/1806-6690.20180027>
- SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

YUSUF, M.; FARIDUDDIN, Q.; VARSHNEY, P. AHMAD, A. Salicylic acid minimizes nickel and/or salinity-induced toxicity in Indian mustard (*Brassica juncea*) through an improved antioxidant system. **Environmental Science and Pollution Research**, Brussels, v. 19, n. 1, p. 8-18, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11356-011-0531-3>