



TROCAS GASOSAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO ASCÓRBICO

Thiago Filipe de Lima Arruda¹, Edmilson Júnio Medeiros Caetano², Luana Lucas de Sá Almeida Veloso³, Geovani Soares de Lima⁴, Carlos Alberto Vieira de Azevedo⁴, Lucyelly Dâmela Araújo Boborema⁵

RESUMO: Objetivou-se com a pesquisa avaliar trocas gasosas das plantas de maracujazeiro-azedo irrigadas com águas salinas e aplicação de ácido ascórbico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Campina Grande – PB, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2×3, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e três concentrações de ácido ascórbico (0, 0,8, e 1,6 mM) com três repetições. A aplicação foliar de ácido ascórbico, nas concentrações de 0,8 e 1,6 mM atenuou os efeitos deletérios do estresse salino até a CEa de 0,8 dS m⁻¹, sobre a transpiração e a concentração interna de CO₂ das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 90 dias após o transplântio (DAT).

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis*, salinidade, atenuante.

GAS EXCHANGE OF SOUR PASSION FRUIT CULTIVATED UNDER SALINE STRESS AND ASCORBIC ACID

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate gas exchange in passion fruit plants irrigated with saline water and ascorbic acid application. The experiment was carried out in a greenhouse in Campina Grande - PB, using a randomized block design, in a 2×3 factorial scheme, with two levels of electrical conductivity of irrigation water - CEa (0.8 and 3.8 dS m⁻¹

¹ Pesquisador, CAPES/UFCG/PPGEA, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB. Fone: (83) 99840-8028, e-mail: thiago.filipe.la@hotmail.com

² Mestrando em Irrigação e Drenagem, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

³ Bolsista Pós-Doutorado Júnior do CNPq, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

⁴ Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

⁵ Mestranda em Irrigação e Drenagem, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

¹) and three concentrations of ascorbic acid (0, 0.8, and 1.6 mM) with three replicates. The foliar application of ascorbic acid, at concentrations of 0.8 and 1.6 mM, attenuated the deleterious effects of salt stress up to an CEa of 0.8 dS m⁻¹, on transpiration and the internal concentration of CO₂ in passion fruit plants -sour, 90 days after transplanting (DAT).

KEYWORDS: *Passiflora edulis*, salinity, attenuates.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo é uma planta nativa da América do Sul, especificamente Brasil, Argentina e Paraguai, que pertence à família Passifloraceae e possui 16 espécies diferentes, das quais 144 são encontradas no Brasil, que é o maior produtor e exportador mundial de maracujá (FIGUEIREDO et al., 2016).

O maior produtor da fruta no Brasil é o Nordeste, respondendo por cerca de 69,6% de toda a produção nacional (476.006 toneladas), no entanto, em termos de rendimento, esta região produz apenas 12.540 kg ha⁻¹ em média, abaixo dos 19.130 kg ha⁻¹ verificados na região sul do país (IBGE, 2021).

Devido à baixa precipitação anual do Nordeste, o uso de água salina como alternativa para a irrigação de frutas e hortaliças irrigadas está sendo uma prática comum (PINHEIRO et al., 2018). No entanto, uma quantidade excessiva de sais na água pode prejudicar o desenvolvimento e a produção de culturas, devido ao potencial osmótico reduzido na solução do solo, toxicidade iônica e desequilíbrios nutricionais causados pelo acúmulo excessivo de íons nos tecidos vegetais, principalmente cloro e sódio (GADELHA et al., 2017; WANI et al., 2019).

O uso de ácido ascórbico (AsA) contribui na melhoria e estabelecimento do estande e a resistência das plantas à perda de água e salinidade (FAROOQ et al. 2013; BAIG et al. 2021). Com isso, objetivou-se com a pesquisa avaliar as trocas gasosas das plantas de maracujazeiro-azedo irrigadas com águas salinas e aplicação de ácido ascórbico.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada durante os meses de janeiro a maio de 2022, em ambiente protegido (casa de vegetação) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade

Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba - PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar do local do experimento estão dispostos na Figura 1.

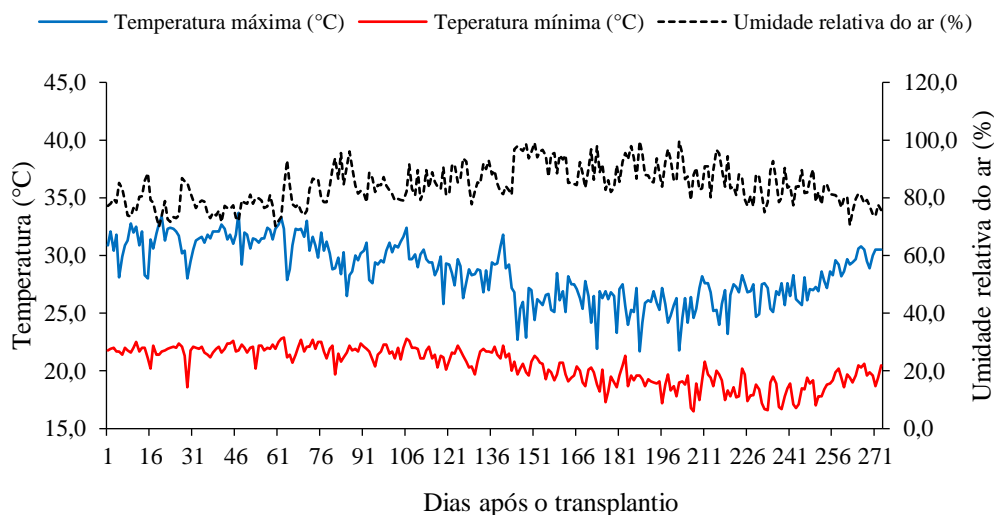


Figura 1. Temperatura máxima, mínima e, umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento.

Utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×3 , sendo, dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m^{-1}) e três concentrações de ácido ascórbico – AsA (0; 0,8 e 1,6 mM), com três repetições e uma planta por parcela.

Os níveis salinos foram baseados em estudo realizado por Andrade et al. (2019). As águas salinas foram preparadas mediante adição de sais NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ na água de abastecimento local, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1 de Na, Ca e Mg respectivamente, que representa a composição média das águas do semiárido nordestino.

As concentrações de ácido ascórbico foram baseadas no estudo de Fatah & Sadek (2020), preparadas a partir da diluição do ácido ascórbico em água destilada. A concentração de 0 mM foi composta apenas água destilada.

As mudas de maracujazeiro-azedo, foram formadas em condições de casa de vegetação, irrigadas com água de abastecimento local ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) por um período de 70 dias. Antes do semeio, as sementes de maracujazeiro-azedo foram embebidas nas soluções de ácido ascórbico (0; 0,8 e 1,6 mM) por um período de 24h, no escuro.

Aos 70 dias após o semeio (DAS), as mudas foram transplantadas para vasos adaptados a lisímetros de drenagem, com capacidade de 251 kg, preenchidos com uma camada de 1,0 kg

de brita seguido de 250 kg de Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa, procedente do município de Lagoa seca – PB. Os atributos físico-químicos do solo (Tabela 1) foram analisados conforme Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0 - 0,30 m, utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas								
pH H ₂ O	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmol _c kg ⁻¹					
4,93	9,3	10,7	0,2	0,51	1,77	1,60	2,64	0,51
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
1,15	7,23	0,38	7,05	76,09	16,45	7,46	13,07	5,26

MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com CaOAc 0,5 M pH 7,0; PST - Percentagem de sódio trocável; CE_{es} – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas; * - Capacidade do campo; ** - Ponto de murchamento.

A irrigação com água salina iniciou-se aos 18 DAT, realizada a cada 3 dias de forma manual, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. O volume de água aplicado foi determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimado pelo balanço hídrico acrescido da fração de lixiviação de 0,15, aplicada a cada 30 dias para evitar acúmulo excessivo de sais.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram realizadas conforme recomendação de Cavalcante (2008) para maracujá. Ureia, fosfato monoamônio e cloreto de potássio foram utilizados como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio.

As trocas gasosas foram quantificadas pela condutância estomática- gs (mol H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), e a concentração interna de CO₂ - Ci (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), aos 90 dias após o transplante (DAT), entre 6h e 9h na folha totalmente expandida situadas no terço superior, utilizando um analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System® (ADC Bio Scientific Limited, UK) LCPro+ com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e fluxo de ar de 200 mL min⁻¹.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, foram submetidos ao teste de Tukey (em nível de 0,05 de probabilidade) de comparação de médias, desdobrando-se a interação sempre que a mesma for significativa a 5% utilizando-se do software estatístico SISVAR. Todos os dados foram transformados em \sqrt{x} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância houve efeito significativo da interação entre os níveis de salinidade da água e das concentrações de ácido ascórbico (AsA) para a condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ (*Ci*) e taxa de assimilação de CO₂ (*A*) das plantas de maracujazeiro-azedo.

Tabela 2. Resumo do teste F para a Condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ (*Ci*) e taxa de assimilação de CO₂ (*A*) do maracujazeiro azedo irrigado com diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e aplicação foliar de ácido ascórbico, aos 90 dias após o transplântio.

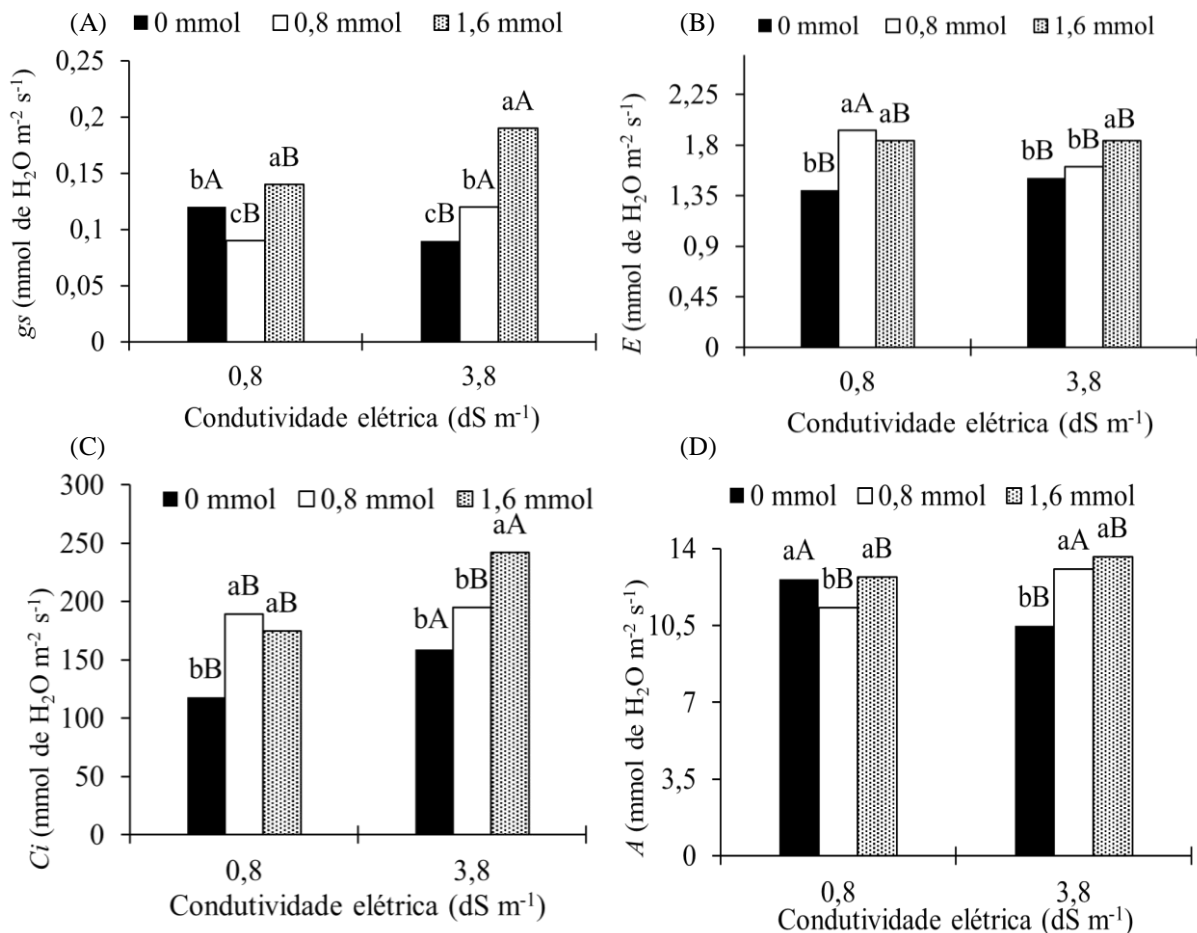
Fonte de variação	GL	Teste F			
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>A</i>
Condutividade elétrica (CEa)	1	*	*	**	ns
Ácido ascórbico (AsA)	2	**	**	**	**
Interação (CEa x AsA)	2	**	**	*	**
Bloco	2	ns	ns	ns	ns
Resíduo	10	-	-	-	-
CV (%)		7,99	4,78	9,11	4,67

ns, *, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

O ácido ascórbico, nas concentrações de 0,8 e 1,6 mmol, atenuou os efeitos da salinidade nas plantas de maracujazeiro-azedo irrigadas com CEa de 3,8 dS m⁻¹, aumentando a condutância estomática. As plantas submetidas a CEa de 3,8 dS m⁻¹ e concentração de 0,0 mM reduziram a condutância estomática.

Para a transpiração (Figura 2C) e concentração interna de CO₂ – (*Ci*) (Figura 2C), a irrigação com água de 0,8 dS m⁻¹ associada a aplicação foliar de 0,8 e 1,6 mM de AsA proporcionou os maiores valores (1,93 e 1,84 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹) para transpiração (189,33 e 174,66 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹) para a concentração de CO₂ respectivamente. No entanto, as plantas submetidas a condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹, a aplicação de 1,6 mM de AsA proporcionou o maior valor para transpiração (1,84 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e para concentração de CO₂ (242 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹).

A taxa de assimilação de CO₂ aumentou nas concentrações de 0,0 e 1,6 mmol de ácido ascórbico e na condutividade elétrica da água de irrigação de 0,8 dS m⁻¹. Já na condutividade elétrica da água de irrigação de 3,8 dS m⁻¹, a taxa de assimilação de CO₂ diminuiu na concentração de 0,0 mM de ácido ascórbico e aumentou na concentração de 0,8 mM.



Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Condutância estomática – gs (A), transpiração – E (B), concentração interna de CO₂ – Ci (C) e taxa de assimilação de CO₂ – A (D) das plantas de maracujazeiro azedo em função da interação das condutividades elétrica da água e concentração de ácido ascórbico, aos 90 dias após o transplantio.

Os estudos de Bezerra et al. (2018), Dias et al. (2018) e Silva et al. (2018) constataram que a condutividade elétrica da água de irrigação influenciou negativamente as trocas gasosas nas culturas da goiabeira, aceroleira e gravioleira, respectivamente, levando a uma redução.

Isso ocorre devido à redução na capacidade de absorção de água, resultando no fechamento imediato dos estômatos, diminuição da disponibilidade de dióxido de carbono e danos aos componentes fotossintéticos (SÁ et al., 2015).

CONCLUSÕES

As concentrações de 0,8 e 1,6 mM de ácido ascorbico aumentaram a condutância estomática nas plantas cultivadas sob condutividade elétrica da água de irrigação de 3,8 dS m⁻¹. A aplicação foliar de ácido ascorbico, nas concentrações de 0,8 e 1,6 mM atenua os efeitos deletérios do estresse salino até a CEA de 0,8 dS m⁻¹, sobre a transpiração e a concentração

interna de CO₂ das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 90 dias após o transplante. O aumento da salinidade da água de irrigação diminuiu a condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂ das plantas de maracujazeiro-azedo.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de auxílio financeiro para condução da pesquisa, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – PPGEA/UFCG pelo local do desenvolvimento da pesquisa, e pela concessão de bolsa de pesquisa ao nível de mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S. DE; LIMA, V. L. A. DE; SILVA, S. S. DA; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R. DA. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 945-951, 2019.
- BAIG, Z., N. KHAN, S. SAHAR, S. SATTAR E R. ZEHRA. Efeitos do condicionamento fisiológico de sementes com ácido ascórbico para mitigar o estresse salino em três cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Acta Ecológica Sinica**, v. 41, n. 5, p. 491–8, 2021.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. L.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente & Água**, v. 13 n. 3, e. 2130, 2018.
- CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**. 3. ed. Recife, PE: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N. QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO. (Org.). **Manejo da salinidade na 33 agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza: INCT Sal, 2016. p. 151-162

FAROOQ, M., M. IRFAN, T. AZIZ, I. AHMAD E SA CHEEMA. O condicionamento de sementes com ácido ascórbico melhora a resistência do trigo. 2013.

FATAH, E. M. A.; SADEK, K. A. Impact of Different Application Methods and Concentrations of Ascorbic Acid on Sugar Beet under Salinity Stress Conditions. **Alexandria Journal of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 1, p. 31-44, 2020.

FIGUEIREDO, D. A. F.; PORDEUS, L. C. M.; PAULO, L. L.; BRAGA, R. M.; FONSÊCA, D. V.; SOUSA, B. S.; COSTA, M. J. C.; GONÇALVES, M. C. R.; OLIVEIRA, K. H. D. Effects of bark flour of *Passiflora edulis* on food intake, body weight and behavioral response of rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, n. 5, p. 595-600, 2016.

GADELHA, C. G.; MIRANDA, R. DE S.; ALENCAR, N. L. M.; COSTA, J. H.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Exogenous nitric oxide improves salt tolerance during establishment of *Jatropha curcas* seedlings by ameliorating oxidative damage and toxic ion accumulation. **Journal of Plant Physiology**, v.212, n. 5, p. 69-79, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2021. Disponível em: <gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso: 14 mar. 2023.

PINHEIRO, F. W. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P; ALMEIDA, L. L. DE S; MELO, E. N DE.; BONIFÁCIO, B. F. Crescimento de mudas de aceroleira" CMI 102" irrigadas com águas salinizadas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2632 – 2643, 2018.

SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; COSTA, J. D.; ARAÚJO, J. L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Revista Irriga**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.

SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V.; SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 776-781, 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa, 2017, 573p.

WANI, A. S.; AHMAD, A.; HAYAT, S.; TAHIRA, I. Epibrassinolide and proline alleviate the photosynthetic and yield inhibition under salt stress by acting on antioxidant system in mustard. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 135, n. 2, p. 385-394, 2019.