

TROCAS GASOSAS DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO AMARELO SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE AIA

Elysson Marcks Gonçalves Andrade¹, Luderlandio de Andrade Silva², Romulo Carantino Lucena Moreira³, Saulo Soares da Silva⁴, Karoline Maria Mendes Dias⁵, Idelvan José da Silva⁶

RESUMO: O maracujazeiro amarelo destaca-se pelo retorno econômico no cultivo de plantas frutíferas, por outro lado, o excesso de sais no solo e na água é tido como fator limitante a produção agrícola. Portanto, é de grande relevância a busca por alternativas que diminuam os problemas ocasionados pela salinidade em mudas de maracujazeiro. Objetivou-se com esse trabalho avaliar as trocas gasosas de mudas de maracujazeiro sob estresse salino e doses de AIA. O experimento foi conduzido em ambiente protegido durante o período de abril a junho de 2016, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da UFCG, localizado no município de Pombal, PB. O delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com 4 repetições e uma planta por parcela. Os fatores correspondem a cinco níveis condutividade elétrica da água (CEa) (0,3 1,3, 2,3, 3,3 e 4,3 dS m⁻¹), associados a cinco doses de AIA (0, 50, 75, 100 e 150%). As mudas de maracujazeiro amarelo demonstraram sensibilidade na transpiração, condutância estomática e na fotossíntese líquida ao serem irrigadas com água de níveis elevados de condutividade elétrica aos 45 DAT. As doses de AIA não atenuaram o efeito do estresse salino nas trocas gasosas das mudas de maracujazeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis f. flavicarpa*, salinidade, auxina

GASEOUS EXCHANGES OF YELLOW PASSION FRUIT SEEDLINGS UNDER SALINE STRESS AND AIA DOSES

¹Professor, Doutor, Faculdade Santa Maria, FSM, Cajazeiras, PB, Brasil. Fone: 83 – 999000983. E-mail: marcksagro@gmail.com

² Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: luderlandioandrade@gmail.com

³ Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: romulocarantino@gmail.com

⁴ Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: saulosoares90@gmail.com

⁵ Discente do Curso de Agronomia da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, PB, Brasil. Fone: (83) 996126442 E-mail: karol_mendes_dias@hotmail.com

⁶ Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: idelvan3@hotmail.com

ABSTRACT: The yellow passion fruit stands out for its economic return in the cultivation of fruit plants, on the other hand, the excess of salts in the soil and in the water is considered as a limiting factor to agricultural production. Therefore, the search for alternatives that reduce the problems caused by salinity in passion fruit seedlings is of great relevance. The objective of this work was to evaluate the gas exchange of passion fruit seedlings under saline stress and AIA doses. The experiment was conducted in a protected environment from April to June 2016, at the Center for Science and Agri-Food Technology (CCTA) at the Federal University of Campina Grande, located in the municipality of Pombal, PB. The experimental design of randomized blocks, in a 5 x 5 factorial scheme, with 4 replications and one plant per plot. The factors correspond to five levels of electrical conductivity of water (CEa) (0.3, 1.3, 2.3, 3.3 and 4.3 dS m⁻¹), associated with five doses of AIA (indole acetic acid) (0, 50, 75, 100 and 150%). The yellow passion fruit seedlings showed sensitivity in transpiration, stomatal conductance and liquid photosynthesis when irrigated with water with high levels of electrical conductivity at 45 DAT. The doses of AIA did not attenuate the effect of saline stress on the gas exchange of yellow passion fruit seedlings.

KEYWORDS: *Passiflora edulis f. flavicarpa*, salinity, auxin

INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas em todo o mundo (FREIRE et al., 2014). Os efeitos mais marcantes da salinidade sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade iônica e no desequilíbrio da absorção dos nutrientes, provocando redução generalizada do seu crescimento (OULD AHMED et al., 2010).

A sensibilidade das culturas aos sais da água e do solo evidencia a necessidade de pesquisas que tenham como meta a obtenção de tecnologias viáveis para os produtores e que possam minimizar os efeitos deletérios da salinidade às plantas, já que é quase obrigatória, a utilização de águas salinas na agricultura em regiões semiáridas (SOUSA et al., 2012). Para a produção de mudas de boa qualidade, devem-se adotar tecnologias ou metodologias mais eficientes para o manejo adequado das mesmas. Nessa fase fenológica, as plantas podem ter seu crescimento inibido pela salinidade ou sodicidade e por outras limitações como a carência de água em termos de quantidade e de qualidade (NUNES et al., 2012).

As frutíferas tropicais, na sua grande maioria, são consideradas plantas sensíveis e moderadamente sensíveis à salinidade, nesse contexto, se insere o maracujazeiro amarelo que

além de ser exigente em água, conforme Ayers & Westcot (1999), é considerado sensível aos efeitos da salinidade. O maracujazeiro é uma frutífera bastante cultivada e explorada de norte a sul do território brasileiro, com bom retorno econômico (SANTOS et al., 2013). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011) em 2010 a produção brasileira chegou a 920.158 t de frutos em uma área plantada de 62.019 ha, com rendimento médio de 14.836 kg ha⁻¹.

Entretanto, apesar da expansão da área cultivada com maracujazeiro amarelo nos últimos anos, observa-se uma baixa produtividade nacional, que pode estar associada ao baixo investimento, a falta de novas tecnologias de produção, e principalmente devido ao cultivo com restrições climáticas e hídricas no Nordeste brasileiro (CAVALCANTE et al., 2009). Nesta região, o manejo do maracujazeiro amarelo depende da irrigação, em muitos casos efetuada com água possuindo alto teor de sais, o que pode induzir modificações fisiológicas e afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (CAVALCANTE et al., 2011).

Auxinas são substâncias essenciais no cultivo de plantas. Promovem modificações plásticas na parede celular vegetal durante o processo de divisão celular, permitindo a extensibilidade da célula. Podem também estimular várias respostas fisiológicas quando utilizadas na indução de raízes, folhas, gemas axilares ou apicais, embriões e calos (MERCIER, 2012). A principal auxina de ocorrência natural mais abundante e de maior relevância fisiológica é denominada ácido indol-3-acético (AIA). Gomes (2011), relata que uma das principais funções da auxina nos vegetais é a promoção da expansão celular, o que reflete no crescimento de vários órgãos e o crescimento do caule.

É importante fazer o uso de materiais com um bom potencial para tolerância ao estresse salino, e também se utilizar do manejo tanto da água quanto do solo para se diminuir aumento da concentração de sais no solo, e seus efeitos negativos sob as plantas, onde através do manejo juntamente com o uso de hormônios de crescimento como auxinas pode ajudar na redução dos danos causados, pelo fato da mesma promover a expansão celular. Diante disso, objetivou-se avaliar trocas gasosas de mudas de maracujazeiro sob estresse salino e doses de AIA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido durante o período de abril a junho de 2016, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de Pomba, PB; as coordenadas geográficas são de 6°48'16" S e 37°49'15" W e altitude média de 184 m.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 5, com 4 repetições e uma planta por parcela, sendo o primeiro fator referente a cinco níveis condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 (água de abastecimento), 1,3, 2,3, 3,3 e 4,3 dS m⁻¹), associados a cinco doses de AIA (ácido indol acético) (0, 50, 75, 100 e 150%).

As sementes utilizadas foram provenientes de um fruto de maracujazeiro-amarelo BRS gigante amarelo, e semeadas em bandejas de polietileno de 162 células e com capacidade de 0,3 dm⁻³, acondicionada com substrato comercial. Aos 30 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o transplante para os lisímetros/citropotes de 3,75 dm⁻³, em substrato composto por uma mistura de substrato comercial e casca de pinus, sendo as características químicas dispostas na Tabela 1, na proporção de 1:1. Durante as primeiras 48 horas após o transplante às plantas foram colocadas em capacidade de campo, logo depois desse período, iniciaram os tratamentos com estresse salino com irrigações diárias e com o hormônio AIA que foi aplicado quinzenalmente, sendo realizadas três aplicações durante a condução do experimento.

Aplicou-se o hormônio (AIA) aos 15, 30 e 45 DAT via foliar, devido ao seu transporte que se dá do ápice para base de maneira unidirecional. Utilizou-se na aplicação do AIA borrifadores para cada concentração estudada, sendo que cada planta foi isolada para que houvesse interferência entre os tratamentos. Às irrigações foram diárias, sempre ao final da tarde, de modo a deixar o solo com umidade próxima à capacidade campo, com base no método da lisimetria de drenagem, sendo a lâmina aplicada acrescida de uma fração de lixiviação de 10%. A coleta dos drenos deu-se a partir da captação do volume drenado em garrafas pet. O volume aplicado (Va) por recipiente foi obtido pela diferença entre a lâmina anterior (La) e a média de drenagem (D), dividido pelo número de recipientes (n) e a fração de lixiviação (FL), como indicado na equação 1:

$$Va = \frac{La - D}{n(1 - FL)} \quad (1)$$

Tabela 1. Características químicas do solo. Pombal, PB, 2016.

pH	C.E	P	N	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	(t)
CaCl ₂ 1:2,5	dS/m ⁻¹ 1:5	mg/dm ³	%				cmol _c /dm ³			cmol _c /dm ³	
6,96	0,74	68	2,34	4,30	2,68	2,20	5,35	0,00	0,00	14,52	11,85
(T)	V	m	ISNa	MO	P _{rem.}	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
cmol _c /dm ³		%		g kg ⁻¹				mg/dm ³			
14,52	100,00	0,00	1,38	38	-	-	-	-	-	-	-

O preparo das águas com os níveis de salinidade, foi de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg respectivamente, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, relação esta que reflete os íons predominantes em fontes hídricas em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003). Os sais foram pesados conforme tratamento, acrescentando água, até se obter o nível desejado de CE, os valores da CE eram conferidos por um condutivímetro portátil, com condutividade ajustada à temperatura de 25 °C. Foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais ($10 \text{ meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ de CEa) extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹ em que se enquadram os níveis estudados.

Após preparadas, as águas salinizadas foram acondicionadas em baldes plásticos com capacidade de 20 L, um para cada nível de CEa estudado, devidamente protegidos, com intuito de evitar a evaporação, e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade. Aos 45 DAT avaliou-se as trocas gasosas, mensurando-se: taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*) e a concentração interna de CO₂ (*Ci*), usando-se de um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro⁺). Os dados foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, aplicou-se testes de regressões lineares e quadráticas para os fatores estudados (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos na análise de variância (Tabela 2), observou-se que não houve efeito significativo da interação para nenhuma das variáveis estudadas. Quando estudados os fatores isolados, observa-se, que a transpiração, condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂ foram afetadas significativamente pela salinidade da água de irrigação conforme teste 'F' à níveis de de 1% probabilidade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis de trocas gasosas: concentração interna (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*) em função dos níveis de salinidade (NS) da água de irrigação e doses de AIA (ácido indol-3-acético) em mudas de maracujazeiro amarelo aos 45 dias após o transplante, Pombal, PB, 2016.

FV	GL	Quadrado Médio			
		<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>
Salinid. (S)	4	535,175 ^{ns}	1,18983*	0,01596*	24,817*
Doses (D)	4	2106,375 ^{ns}	0,23516 ^{ns}	0,00396 ^{ns}	12,702 ^{ns}
S x D	16	694,175 ^{ns}	0,07979 ^{ns}	0,00131 ^{ns}	14,257 ^{ns}
Bloco	3	1144,179*	4,04246*	0,06080*	28,698*
Resíduo	72	999,328	0,14546	0,00213	6,853
C.V. (%)		12,91	16,76	25,75	18,58
Média		244,8	2,27	0,18	14,08

**significativo a 1%, * significativo a 5%, ns = não significativo, GL= graus de liberdade, QM = Quadrado médio e CV=coeficiente de variação.

A irrigação com águas de níveis de salinidades crescentes influenciou as variáveis transpiração (E), condutância estomática (g_s) e taxa de assimilação de CO_2 (A) aos 45 DAT. O aumento da CEa afetou de forma negativa a E , de acordo com a equação de regressão (Figura 1A) percebe-se declínio na E de 5,04% por aumento unitário da CEa. Quando as plantas foram irrigadas com a CEa de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$ tiveram reduções nesta variável de 20,19% em relação as plantas irrigadas com água de menor CEa ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$). Devido às trocas gasosas serem reguladas pelos estômatos, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água, restringindo a entrada de CO_2 (MACHADO et al., 2005) podendo ser observada na redução da transpiração. Tal fato, ainda, pode ser relacionado com a necessidade da planta em regular a temperatura interna, para melhorar a absorção de nutrientes minerais, promovendo o desenvolvimento das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2013).

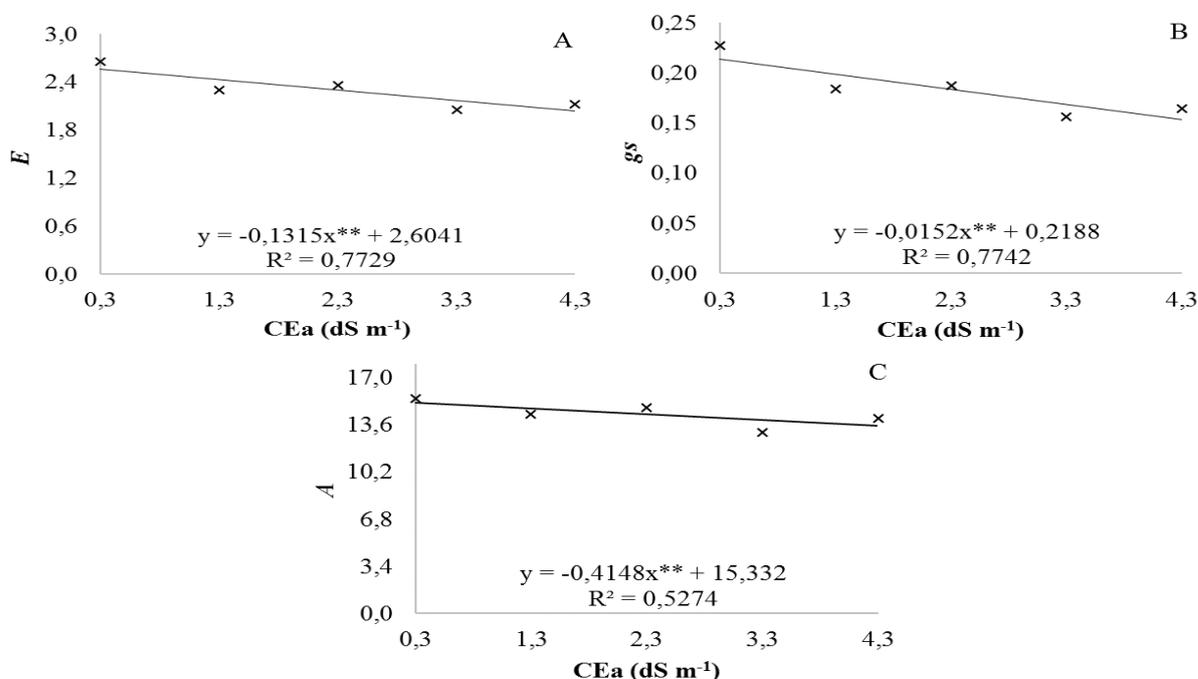


Figura 1. Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de mudas de maracujazeiro amarelo sobre estresse salino e doses de AIA aos 45 DAT.

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou a g_s (Figura 1B), nota-se comportamento linear decrescente, com 6,94% por aumento unitário da CEa. Constata-se que a diferença de quando se irrigou com água de $4,3$ e $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ foram de $0,1645$ a $0,227$ ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), respectivamente. Assim, reporta-se uma redução de 27,78% comparando à água de maior nível salino com a água de abastecimento. De acordo com Kusvuran (2012) a salinidade elevada da água de irrigação exerce efeito prejudicial no processo de abertura estomática das plantas, por aumentar a resistência à difusão de CO_2 , o que pode ser observado nas plantas irrigadas com a água de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$.

Em função da redução da transpiração e condutância estomática, a taxa de assimilação de CO₂ (Figura 1C) também foi comprometida pela irrigação com água de níveis salinos crescentes. Foi verificada redução na ordem de 3,3% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação. Ao comparar à água de maior CEa com a menor, os valores observados são 15,5 e 13,1 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), representando uma redução de 13,2%. Essa redução é consequência do estresse salino reduzir a taxa de assimilação líquida de CO₂, taxa de transpiração e condutância estomática em plantas glicófitas (FREIRE et al., 2012). Silva et al. (2010), ressalta que uma consequência indireta do fechamento estomático é a restrição à entrada de CO₂ nas células, o que poderia aumentar a susceptibilidade a danos fotoquímicos, pois baixas taxas de assimilação do CO₂ causam energia luminosa excessiva no FSII.

CONCLUSÕES

As mudas de maracujazeiro amarelo demonstraram sensibilidade na transpiração, condutância estomática e na fotossíntese líquida ao serem irrigadas com água de níveis elevados de condutividade elétrica aos 45 DAT.

As doses de AIA não atenuaram o efeito do estresse salino nas trocas gasosas das mudas de maracujazeiro amarelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I.
- CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 699-705, 2011.
- CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C. COSTA, A. P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 414-420, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039- 1042, 2011.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; VIEIRA, M. S. Crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e biofertilização em ambiente protegido contra perdas hídricas. **Holos**, v. 4, p. 55-68, 2012.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

GOMES, A. M. F. **Interações hormonais no crescimento de raízes de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. cv Micro-Tom) sob estresse osmótico**. Dissertação. Mestrado em Ciências. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Agropecuária, **Produção Agrícola Municipal 2010**. <http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm>>. 15 junho. 2016.

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**, v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1161-1170, 2005.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 4, p. 469-472, 2003.

MERCIER, H. Auxinas. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R.; Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1152-1158, 2012.

OULD AHMED, B. A.; INOUE, M.; MORITANI, S.; Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 1, p. 165–170, 2010.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. FAO Irrigation and Drainage, FAO, Rome, 48. 1992.

SANTOS, J. L. V.; RESENDE, E. D.; MARTINS, D. R.; GRAVINA, G. A.; CENCI, S. A.; MALDONADO, J. F. M. Determinação do ponto de colheita de diferentes cultivares de maracujá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 750–755, 2013.

SOUSA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5° ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.