

TROCAS GASOSAS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Francisco Wesley Alves Pinheiro¹, Geovani Soares de Lim², Hans Raj Gheyi², Lauriane Aleida dos Anjos Soares³, Charles Macedo Felix⁴, Sabrina Gomes de Oliveira⁴

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos das estratégias de irrigação com águas salinas e doses de potássio sobre as trocas gasosas das plantas maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’. A pesquisa foi desenvolvida na fazenda experimental do CCTA/UFCG em São Domingos, PB, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 6×2 , cujos tratamentos consistiram de seis estratégias de irrigação com águas salinas (irrigação com água de baixa salinidade durante todo ciclo de cultivo - SE; irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa - VE; de floração - FL; de frutificação - FR; nas fases sucessivas vegetativa/floração VE/FL; vegetativa/frutificação – VE/FR) e duas doses de potássio (60 e 100% da recomendação), com quatro repetições e x plantas por parcela. Foi utilizado dois níveis de condutividade elétrica da água, sendo o maior nível salino de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, em alternância com água de baixa salinidade ($1,3 \text{ dS m}^{-1}$), em diferentes fases fenológicas da cultura. Os maiores valores de condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO_2 , foram obtidos nas plantas cultivadas sob irrigação com água de menor condutividade elétrica. A adubação potássica não influenciou de forma significativa as variáveis estudadas. Não houve efeito da interação entre os fatores estratégias de irrigação com águas salinas e doses de potássio sobre as variáveis analisadas, aos 360 dias após o transplantio.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis*, Fotossíntese, salinidade

GASEOUS EXCHANGES OF PASSION FRUIT UNDER IRRIGATION STRATEGIES WITH SALINE WATER AND POTASSIUM FERTILIZATION

¹ Discente do Curso de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: wesley.ce@hotmail.com

² Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone (83) 99945-9864. E-mail: geovani.soares@pq.cnpq.br; hans@pq.cnpq.br

³ Profa Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58840-000, Pombal, PB. E-mail: lauriane.soares@pq.cnpq.br

⁴ Discente do Curso de Agronomia, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58840-000, Pombal, PB. E-mail: Sabrina.oliveira02@outlook.com

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of irrigation strategies with saline water and potassium doses on the gas exchange of 'BRS GA1' passion fruit plants. The research was carried out at the experimental farm of CCTA/UFCG in São Domingos, PB, using a randomized block design in a 6×2 factorial scheme, whose treatments consisted of six irrigation strategies with saline water (low salinity water irrigation). during the entire cultivation cycle - SE; irrigation with high salinity water in the vegetative phase - VE; flowering - FL; fructification - FR; in the successive vegetative/flowering phases VE/FL; vegetative/fruited - VE/FR) and two doses of potassium (60 and 100% of the recommendation), with four replicates ex plants per plot. Two levels of electrical conductivity of water were used, the highest salt level being 4.0 dS m^{-1} , alternating with low salinity water (1.3 dS m^{-1}), in different phenological stages of the crop. The highest values of stomatal conductance, transpiration and CO_2 assimilation rate were obtained in plants grown under irrigation with water with lower electrical conductivity. Potassium fertilization did not significantly influence the studied variables. There was no effect of the interaction between the strategic factors of irrigation with saline water and potassium doses on the analyzed variables, 360 days after transplanting.

KEYWORDS: *Passiflora edulis*, Photosynthesis, salinity

INTRODUÇÃO

A cultura do maracujazeiro-azedo pertence à família Passifloraceae, gênero *Passiflora* e é constituído de 530 espécies, das quais 150 são nativas do Brasil e, destas, 60 produzem frutos comestíveis. O maracujá tem grande importância social e econômica gerando emprego e renda colocando o Brasil como maior produtor e consumidor mundial (CAVALCANTE et al., 2019; IBGE, 2019), com rendimento médio no Brasil de aproximadamente $14 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (IBGE, 2020). Apesar de ser uma fruteira cultivada na região Nordeste, a escassez de água de baixa condutividade elétrica se tornou um problema para o desenvolvimento da agricultura irrigada, sendo comum a ocorrência de fontes de água com concentração elevada de sais, principalmente sódio e quando em excesso podem ocasionar estresse osmótico às plantas, reduzindo a disponibilidade de água, resultando no fechamento estomático, e conseqüentemente, redução da disponibilidade de dióxido de carbono, com danos ao aparato fotossintético (SOUZA et al., 2018). O estresse salino induz o fechamento estomático e, conseqüentemente, reduz a condutância estomática, com alterações na concentração intercelular de CO_2 na câmara subestomática e causa redução da transpiração, o que resulta em diminuição da taxa fotossintética (ARIF et al., 2020). A limitação das trocas gasosas, pelo fechamento estomático,

resulta em desequilíbrio entre a fase fotoquímica e o metabolismo do carbono, devido à diminuição da difusão do CO₂ (TAIZ et al., 2017). Desta forma se faz necessário o desenvolvimento de estratégias que possibilitem o uso destes recursos, destaca-se a irrigação com águas salinas variando-se os estádios de desenvolvimento da cultura e a adubação potássica. O potássio (K) é vital para fotossíntese e formação e translocação de carboidratos (DIAS et al., 2019). Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo cultivado sob estratégias de irrigação com águas salinas e adubação potássica.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no período de agosto de 2019 a outubro de 2020 na fazenda experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, pertencente ao Centro de Ciências Tecnologia Agroalimentar- CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em São Domingos, PB.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso em esquema fatorial 6 × 2 relativos as estratégias de irrigação com águas salinas (irrigação com água de baixa salinidade durante todo ciclo de cultivo - SE; irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa - VE; de floração - FL; de frutificação - FR; nas fases sucessivas vegetativa/floração VE/FL; vegetativa/frutificação – VE/FR) e duas doses de potássio (60 e 100% de da recomendação de COSTA et al., 2008), com quatro repetições, perfazendo o total de 48 unidades experimentais, cada parcela foi constituída por 4 plantas uteis. A dose de 100% correspondeu a 345 g de K₂O planta⁻¹ ano⁻¹.

No estabelecimento das estratégias de manejo utilizou-se dois níveis de salinidade, expressos em termos de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), uma de baixa salinidade (1,3 dS m⁻¹) e a outra com alta CEa (4,0 dS m⁻¹), nas seguintes fases de desenvolvimento da cultura: VE – Do transplântio até o surgimento do primórdio floral; FL – Do surgimento do primórdio floral e o total desenvolvimento do botão floral (antese); FR – Da fecundação do botão floral até o surgimento dos frutos com manchas amarelas entremeadas; SE - Irrigação com água de baixa salinidade durante todo o ciclo de cultivo.

Foram utilizadas sementes de maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’. Para formação das mudas foram semeadas duas sementes em sacolas plásticas com dimensões de 15 × 20 cm, preenchidas com substrato, constituído de 84% de solo, 15% de areia autoclavada e 1% de

esterco bovino curtido. Aos 61 dias após o semeio (DAS), foi realizado o transplante para a área no campo. Iniciou-se o manejo de irrigação com águas salinas aos 50 DAT.

No preparo do solo foi realizada uma aração seguido de gradagem, visando o destorroamento e nivelamento da área. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico de textura areia franca. Antes do transplante das mudas em campo, fez-se coleta de amostras de solo na área experimental na camada de 0-40 cm que posteriormente foram misturadas para formar uma amostra composta, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme a metodologia propostas por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (camada 0-40 m) da área experimental

pH H ₂ O (1:2,5)	MO dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	Características químicas					Al ³⁺	H ⁺
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	cmol _c kg ⁻¹		
7,82	0,81	10,60	0,30	0,81	2,44	1,81	0,00	0,00	
.....Características químicas.....		Características físicas.....						
CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)		
1,52	5,36	6,67	15,11	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²	
				820,90	170,10	9,00	12,87	5,29	

pH – Potencial hidrogeniônico, 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⁺ + H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ¹umidade do solo na capacidade de campo; ²umidade do solo no ponto de murchamento permanente.

As dimensões da cova foram de 40 × 40 × 40 cm. Após a abertura das covas, realizou a adubação com 20 L de esterco bovino e 50 g de superfosfato simples (18% de P₂O₅ e 20% de Ca²⁺), conforme recomendação de Costa et al. (2008). Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, utilizando-se como fonte de nitrogênio a ureia (45 % de N) e como fonte de potássio o cloreto de potássio (60% de K₂O). Na fase de formação da cultura, utilizou-se 65 g de N por planta e nas fases de floração e frutificação foram aplicados 160 g de N por planta. Na dose de 100% de potássio foram aplicados 65 g de K₂O por planta na fase vegetativa e na fase de floração e frutificação 280 g de K₂O por planta.

A aplicação de micronutrientes foi realizada quinzenalmente aplicando-se um composto de Dripsol micro (Mg²⁺ = 1,1%; Boro = 0,85%; Cobre (Cu-EDTA) = 0,5%; Ferro (Fe-EDTA) = 3,4%; Manganês (Mn-EDTA) = 3,2%; Molibdênio = 0,05%; Zinco = 4,2%) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar nas faces adaxial e abaxial.

O espaçamento utilizado foi de 3 m entre fileiras e 3 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira vertical com arame liso n° 14. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuada a poda da gema apical, visando à emissão dos ramos secundários, onde foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,10 m. Após os ramos secundários atingirem tal comprimento, foi efetuada uma nova poda da gema apical destes, visando à

emissão dos ramos terciários, os quais foram conduzidos até 30 cm do solo formando uma cortina. Ao longo da condução do experimento foi realizado à eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura.

A água de irrigação do tratamento de menor nível de condutividade elétrica (1,3 dS m⁻¹) foi proveniente de um poço artesiano situado na área experimental; a água no nível de CEa de 4,0 dS m⁻¹ foi preparado dissolvendo NaCl sem iodo na água de poço (CEa de 1,3 dS m⁻¹). No preparo da água de irrigação do maior nível de salinidade, foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais, conforme a Eq. 1:

$$C(\text{mmol}_c\text{L}^{-1}) = 10 \times \text{CEa} (\text{dS m}^{-1}) \quad (1)$$

Em que: C = Concentração de sais na água de irrigação (mmol_c L⁻¹); CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

No preparo da água de irrigação do maior nível de salinidade, foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais: C (mmol_c L⁻¹) = 10 × CEa (dS m⁻¹).

O sistema de irrigação adotado foi o localizada por gotejamento, utilizando-se tubos de PVC de 32 mm na linha principal e tubos de polietileno de baixa densidade, de 16 mm nas linhas laterais com gotejadores de vazão 10 L h⁻¹. Em cada planta foram instalados, dois gotejadores autocompensantes (modelo GA 10 Grapa), cada um a 15 cm do caule. As plantas foram irrigadas diariamente, às 07:00 horas da manhã, com fornecimento de água, conforme estratégia adotada, sendo a lâmina estimada com base na evapotranspiração da cultura, de acordo com Bernardo et al. (2013), considerando-se a Eq. 2:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (1)$$

Em que: ET_c - evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹; ET_o - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, mm d⁻¹; e K_c - coeficiente de cultivo, adimensional.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada diariamente a partir de dados climáticos coletados na Estação Meteorológica de São Gonçalo, localizada no município de Sousa – PB, sendo os dados utilizados para determinação a ET_o pelo método de Penman-Monteith. Utilizou-se o coeficiente de cultivo de 0,4 (de 50-113 DAT), 0,8 (de 114-198 DAT) e 1,2 (de 199-253 DAT), de acordo com Nunes et al. (2017).

As trocas gasosas foram mensuradas através da condutância estomática (*g_s*) (mol H₂O m⁻² s⁻¹), a transpiração (*E*) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) (μmol m⁻² s⁻¹) e a concentração interna de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹) (*C_i*), na terceira folha contada a partir do ápice dos ramos frutíferos, usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste ‘F’. Nos casos de significância, usou-se o teste Scott-Knott (p<0,05) para as

estratégias de manejos da salinidade e teste de Tukey ($p < 0,05$) para as doses de potássio, utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

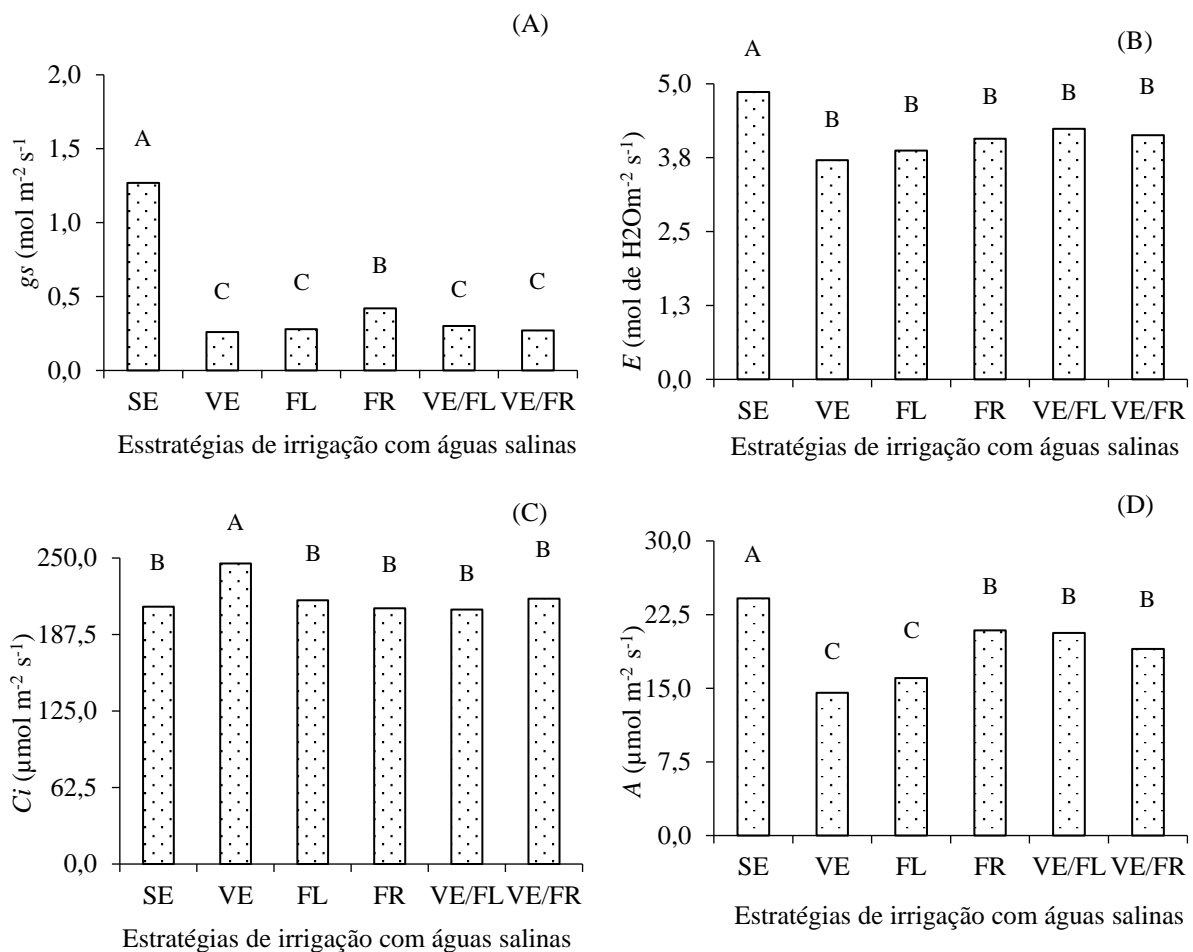
Verifica-se efeito significativo das estratégias de irrigação com águas salinas (EMI), sobre a condutância estomática (g_s), a transpiração (E), a concentração intercelular de CO_2 (C_i), a taxa de assimilação de CO_2 (A), do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ (Tabela 1). As doses de potássio e a interação entre os fatores (EMI \times DK) não influenciaram de forma significativa nenhuma das variáveis analisadas das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 360 dias após o transplântio (DAT).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração intercelular de CO_2 (C_i), taxa de assimilação de CO_2 (A), do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ cultivado sob estratégias de irrigação com águas salinas (EMI) e doses de potássio (DK), aos 360 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		g_s	E	C_i	A
Estratégias de irrigação com águas salinas (EMI)	5	1,25**	1,26*	1616,73*	97,61**
Doses de K (DK)	1	0,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	481,33 ^{ns}	48,68 ^{ns}
Interação (EMI \times DK)	5	0,01 ^{ns}	0,26 ^{ns}	928,98 ^{ns}	13,27 ^{ns}
Blocos	2	0,02 ^{ns}	1,07 ^{ns}	6405,19 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Resíduo	22	0,006	0,45	580,61	10,17
CV (%)		16,82	16,17	11,08	16,61

^{ns}, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

As estratégias de irrigação com águas salinas (EMI) afetaram significativamente a g_s das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 1A). As plantas cultivadas com água de menor condutividade elétrica, obtiveram a maior condutância estomática, diferindo-se de forma significativa das demais estratégias (VE, FL, FR, VE/FL e VE/FR), que apresentaram valores de g_s em média de $1,27 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Em condições de estresse salino as plantas induz o fechamento dos estômatos, como estratégia para aumentar a resistência estomática ao fluxo de vapor de água das folhas para a atmosfera, e manter o potencial de água na folhas e evitar a desidratação das células-guarda, que resulta na restrição do fluxo normal de CO_2 para a carboxilação (SILVA et al., 2015). A transpiração do maracujazeiro-azedo (Figura 1B), também foi afetada significativamente pelas estratégias de irrigação com águas salinas. As plantas sob irrigação com águas salinas nas fases VE, FL, FR, VE/FL e VE/FR obtiveram menores valores de E , diferindo-se de forma significativa das cultivadas sob o menor nível de condutividade elétrica da água (SE).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Figura 1. Condutância estomática – g_s (A), transpiração E (B) concentração intercelular de CO_2 C_i (C), e taxa de assimilação de CO_2 A (D) do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ em função das estratégias de irrigação com águas salinas, aos 360 dias após o transplantio.

Para concentração intercelular CO_2 C_i (Figura 1C), verifica-se que as plantas submetidas à irrigação com água de elevada salinidade na fase VE, foi superior estatisticamente em relação as cultivadas sob estratégias de irrigação (SE, FL, FR, VE/FL E VE/FR). De acordo com Freire et al. (2014) o aumento de C_i no interior das folhas indica que o CO_2 não foi usado para síntese de açúcares no processo fotossintético, indicando que algum fator não estomático interferiu nesse processo acarretando em aumento a resistência à difusão de CO_2 para a camada subestomática. A taxa de assimilação de CO_2 A do maracujazeiro-azedo (Figura 1D), também foi afetada significativamente pelas estratégias de irrigação com águas salinas. As plantas sob irrigação com águas salinas nas fases VE e FL obtiveram menores valores de A , diferindo-se da estratégia SE, FR, VE/FL E VE/FR. Contudo, ao comparar as plantas que receberam irrigação com água de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ nas fases FR, VE/FL e VE/FR, constata-se que não houve diferenças significativas entre si.

CONCLUSÕES

Os maiores valores de condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO₂, são obtidos nas plantas cultivadas sob irrigação com água de menor condutividade elétrica. A adubação potássica não influenciou de forma significativa as variáveis estudadas. Não houve efeito significativo da interação entre os fatores estratégias de irrigação com águas salinas e doses de potássio sobre as variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS

- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. de P.; SILVA, S. S. da; OLIVEIRA, S. G. de. Gas exchanges and growth of sesame (*Sesamum indicum*, L.) cultivated under saline waters and nitrogen-potassium fertilizers. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 9, p.1526-1532, 2019.
- ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 15, n. 6, p.64-77. 2020.
- CAVALCANTE, N. R.; VIANA, A. P.; ALMEIDA FILHO, J. E.; PEREIRA, M. G.; AMBRÓSIO, M.; SANTOS, E. A.; SOUSA, C. M. B. Novel selection strategy for half-sib families of sour passion fruit *Passiflora edulis* (Passifloraceae) under recurrent selection. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. 2-12. 2019.
- COSTA, A. de F. S. da; et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2008.56 p. (Incaper. Documentos, 162).
- SILVA, F. G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 946-952, 2015.
- SOUZA, L. P.; GEOVANI, S. de L.; HANS, R. G.; NOBRE, R. G.; LAURIANE, A. dos A. S. Emergence, growth, and production of colored cotton subjected to salt stress and organic fertilization. **Revista caatinga**, v. 31, p. 719, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPH, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ed., Artmed. 2017.