



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

ELYSSON MARCKS GONÇALVES ANDRADE

**ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NO
CULTIVO DE MARACUJAZEIRO AMARELO**

**CAMPINA GRANDE- PB
JUNHO - 2018**

ELYSSON MARCKS GONÇALVES ANDRADE

Engenheiro Agrônomo

**ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NO
CULTIVO DE MARACUJAZEIRO AMARELO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadores: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes Lima
Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

CAMPINA GRANDE- PB

JUNHO – 2018

D585t Andrade, Elysson Marcks Gonçalves.
Águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no cultivo de maracujazeiro amarelo / Elysson Marcks Gonçalves Andrade. – Campina Grande, 2018.
104 f.: il.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Antunes de Lima, Geovani Soares de Lima".
Referências.

1. *Passiflora edulis* f. . 2. Flavicarpa. 3. Enzima antioxidante. 4. Salinidade. I. Lima, Vera Lúcia Antunes de. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.776.3(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

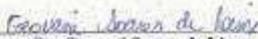
ELYSSON MARCKS GONÇALVES ANDRADE

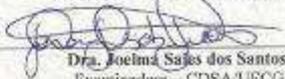
“ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO
EM MARACUJAZEIRO AMARELO”

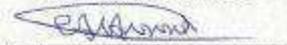
APROVADO: 15 de junho de 2018

BANCA EXAMINADORA


Dra. Vera Lucia Antunes de Lima
Orientadora - UFCG


Dr. Geovani Soares de Lima
Orientador - UAEA/CTRN/UFCG


Dra. Joeline Sales dos Santos
Examinadora - CDSA/UFCG


Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Examinadora - UAEA/CTRN/UFCG


Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
Examinadora - UAGRA/CCTA/UFCG


Dr. João Batista dos Santos
Examinador - UAGRA/CCTA/UFCG

Ao meu avô, Luis Irineu (in memoriam), ao meu tio, Laelson (in memoriam) e ao meu tio Erinaldo (in memoriam).

MINHA HOMENAGEM

A minha namorada, Roneiza Soares e meus irmãos, Érika Layany, Évyla Layssa, Éva Lívyá, Éllen Letícia e Elder Marcos e a meus demais familiares e amigos, pelo incentivo nos estudos e colaboração com minha formação.

OFEREÇO

A meus pais, Marcos Laeldeis de Andrade e Maria Elinete Gonçalves Monteiro.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, única fonte de sabedoria e por tudo de melhor que me tem destinado;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

A minha orientadora, Prof^a. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, pela orientação, dedicação, amizade e pela paciência e pela motivação para o engrandecimento pessoal e profissional;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, pela oportunidade, dedicação, incentivo, orientação, amizade, paciência, compreensão e motivação para o engrandecimento pessoal e profissional;

Aos examinadores Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira, a Profa. Dra. Lauriane Almeida, a Profa. Dra. Joelma Sales e ao Prof. Dr. João Batista, por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho;

A todos os professores da pós-graduação em Engenharia Agrícola do (CTRN/UFCG) e do curso de Agronomia do (CCTA/UFCG) dos quais fui aluno, pelos conselhos, esforços, ensinamentos, motivação, empenho e conhecimentos;

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação, Maria Aparecida, Gilson e Roberto, pela atenção e ajuda sempre que precisei;

Aos amigos Guilherme, Adaan, Saulo, Rômulo, Wesley, Leandro, Jônatas, Janivan, Eduardo, Alberto, Narcísio e Júnior pela colaboração, incentivo e ajuda nos momentos em que precisei;

A todos os colegas e amigos da Pós-graduação, em especial: Aaron, Abel, Allan, Antônio, Joel, Kalyne, Klebson, Lenildo, Luís Augusto, Flávio, Márcio, Maycon, Michelle, Renan, Salatiel, Samuel, Silvanete, Sonivagno, Tainara, Viviane, Mariana, Danielle, Jailton, Jean e Felipe pelos bons momentos de convivência e grandiosa amizade;

Aos professores, desde o ensino básico até o ensino médio, onde tudo começou;

Em especial a minha namorada, Roneiza Soares, pelo apoio, incentivo, carinho, amor e por me fazer feliz;

A meus tios e toda a minha família, pela ajuda, incentivo e confiança durante minha formação;

A todos que fizeram parte da minha vida nesses últimos anos e todos àqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste sonho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA	14
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MARACUJAZEIRO	18
3.2 SALINIDADE EM MARACUJAZEIRO AMARELO	20
3.3 PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO EM PLANTAS	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	24
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	24
4.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	24
4.4 PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS SALINAS, APLICAÇÃO DE H ₂ O ₂ E IRRIGAÇÃO.....	26
4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS	27
4.5.1 Crescimento	27
4.5.2 Trocas gasosas	28
4.5.3 Fluorescência da clorofila a	28
4.5.4 Teores de clorofila e carotenóides	28
4.5.5 Produção e seus componentes	28
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
CAPÍTULO II - MORFOFISIOLOGIA DO MARACUJAZEIRO AMARELO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA E APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	36
1 INTRODUÇÃO	39
2 MATERIAIS E MÉTODOS	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	54

CAPÍTULO III - RENDIMENTO QUÂNTICO, PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E FITOMASSAS DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE H₂O₂	57
1 INTRODUÇÃO	60
2 MATERIAIS E MÉTODOS	62
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
CONCLUSÕES	77
CAPÍTULO IV - PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MARACUJAZEIRO AMARELO CULTIVADO COM ÁGUA SALINA E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	81
1 INTRODUÇÃO	84
2 MATERIAIS E MÉTODOS	86
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS	101

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.....	25
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.....	43
Tabela 2: resumo teste F para as variáveis taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), transpiração (<i>E</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>ci</i>), eficiência instantânea da carboxilação (EICI) e eficiência instantânea no uso da água (EiUA), do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 61 e 96 dias após o transplantio.....	46
Tabela 3: resumo do teste F para as variáveis de crescimento, diâmetro do caule (DC) e número de folha (NF) do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e sob aplicação de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) aos 35, 73 e 105 dias após o transplantio (DAT).....	49
Tabela 4: resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc) do diâmetro do caule (DC), do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nos períodos de 8 a 35; 8 a 73 e 8 a 105 dias após o transplantio –DAT.	51

CAPÍTULO III

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.....	64
Tabela 2: resumo do teste de F para a fluorescência inicial (<i>F_o</i>), variável (<i>F_v</i>) e máxima (<i>F_m</i>), eficiência quântica do PSII (<i>F_v/F_m</i>), clorofila <i>a</i> (<i>Cl a</i>), <i>b</i> (<i>Cl b</i>), carotenoides (<i>Car</i>) aos 186 DAT e para fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e total (FST) aos 205 DAT do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂	67

CAPÍTULO IV

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.....	87
Tabela 2: resumo teste F para as variáveis número de frutos por planta (NFP), peso de frutos por planta (PFP), diâmetro polar do fruto (DPF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), espessura da casca do fruto (ECF) e espessura da polpa do fruto (EPF), do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplantio.....	89
Tabela 3: resumo teste F para as variáveis potencial hidrogênioônico (pH), acidez total titulável (ATT) e vitamina C (VIT C) do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplantio.....	94

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1:** taxa de assimilação de CO_2 - A (A), transpiração - E (B), e condutância estomática - g_s (C) do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas -CEa e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 61 dias após o transplantio (DAT).....47
- Figura 2:** diâmetro do caule - DC (A) do maracujazeiro amarelo, em função da irrigação com águas salinas -CEa, aos 73 e 105 dias após o transplantio -DAT e o número de folhas (B) em função da interação entre os níveis de CEa e concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 35 DAT.....50
- Figura 3:** taxa de crescimento absoluto para diâmetro de caule - TCAdc do maracujazeiro amarelo, em função da irrigação com águas salinas - CEa, no período de 8 a 105 DAT.....52

CAPÍTULO III

- Figura 1:** fluorescência inicial - F_0 (A) e variável - F_v (B) do maracujazeiro amarelo, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação - CEa e fluorescência variável - F_v (C) em função das concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 , aos 186 dias após o transplantio.....68
- Figura 2:** fluorescência máxima - F_m do maracujazeiro, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (B), aos 186 dias após o transplantio.....69
- Figura 3:** rendimento quântico do fotossistema II - F_v/F_m do maracujazeiro em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (B), aos 186 dias após o transplantio.....71
- Figura 4:** conteúdo de clorofila a - Cl a (A) clorofila b - Cl b (B) do maracujazeiro, em função da salinidade da água de irrigação - CEa e conteúdo de clorofila b - Cl b em função das concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (C), aos 186 dias após o transplantio.....72
- Figura 5:** teores de carotenoides - Car nas folhas de maracujazeiro amarelo, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (B), aos 186 dias após o transplantio.....74
- Figura 6:** fitomassa seca das folhas - FSF (A) do caule - FSC (B) e total - FST (C) do maracujazeiro amarelo, em função da salinidade da água de irrigação - CEa, aos 205 dias após o transplantio.....76

CAPÍTULO IV

- Figura 1:** número de frutos por (A) e peso total de frutos (B) do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplantio.....91
- Figura 2:** diâmetro polar (A) e equatorial do fruto (DEF) (B), espessura da polpa (EPF) (C) e da casca do fruto (D) do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplantio.....92
- Figura 3:** potencial hidrogênioônico (A), acidez total titulável (ATT) (B) e teores de vitamina C (VIT C) (C) de frutos de maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.....96

Figura 4: potencial hidrogênico (pH) (A), acidez total titulável (ATT) (B) e teores de vitamina C (VIT C) (C) de frutos de maracujazeiro amarelo sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.....98

ANDRADE, E. M. G. **Águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no cultivo de maracujazeiro amarelo**. 2018. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

A cultura do maracujazeiro apresenta grande importância socioeconômica para a região semiárida do Nordeste brasileiro. Entretanto, nessa região, a salinidade da água e do solo tem afetado a produção agrícola das culturas. Dessa forma, tem-se a necessidade de busca por alternativas que atenuem os efeitos do estresse salino sobre as culturas agrícolas, entre elas, o maracujazeiro amarelo. Pelo exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o crescimento, índices fisiológicos, produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro amarelo, cultivado sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do CTRN/UFCG, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4 com três repetições, cujos os tratamentos consistiram da combinação de quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 20, 40 e 60 µM). Avaliaram-se as trocas gasosas: concentração interna de CO₂, taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática, eficiência no uso da água, eficiência instantânea da carboxilação e eficiência intrínseca do uso da água, aos 61 e 96 dias após o transplântio (DAT). O crescimento do maracujazeiro foi determinado através do diâmetro do caule aos 35, 73 e 105 DAT; número de folhas, aos 35 e 73 DAT e as taxas de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule nos períodos de 8 – 35; 8-73 e 8-105 DAT e após o final do ciclo, mensurou-se a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e total (FST). Aos 186 DAT, analisou-se a fluorescência da clorofila *a*: (fluorescência inicial, fluorescência máxima, fluorescência variável e eficiência quântica do fotossistema II) e os pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*) e carotenoides (Car). Ao final do ciclo (aproximadamente 205 DAT), avaliou-se a produção, determinando-se: o número de frutos por planta, peso médio dos frutos e o peso total de frutos por planta. Também avaliou-se a caracterização física dos frutos, determinando os atributos externos (diâmetro equatorial e longitudinal e a espessura da casca e da polpa) e internos (pH da polpa, acidez titulável (AT) e vitamina C). O aumento da salinidade da água de irrigação causou redução nas trocas gasosas do maracujazeiro amarelo, aos 61 e 96 DAT, sendo afetadas a taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática e eficiência intrínseca da carboxilação e também diminuiu o diâmetro do caule aos 35, 73 e 105 DAT e a taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule no período de 8 a 105 DAT. O incremento nas concentrações de peróxido de hidrogênio não exerceu influência sobre as trocas gasosas e o crescimento do maracujazeiro amarelo. Ocorreu interação significativa entre os fatores salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio sobre o número de folhas, aos 35 DAT. A irrigação com água de CEa a partir de 1,4 dS m⁻¹ comprometeu a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos e a produção de fitomassa do maracujazeiro amarelo. A aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração de 20 µM promoveu os maiores valores para fluorescência variável e máxima e conteúdo de carotenoides constituindo-se como alternativa para aclimação do maracujazeiro. O fornecimento de H₂O₂ em concentração superior a 20 µM intensificou o estresse salino sobre o maracujazeiro. O incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação afetou negativamente produção e a qualidade física e química dos frutos de maracujazeiro amarelo, sendo o número de frutos e o peso total de frutos por planta, as variáveis mais comprometidas aos 205 DAT. Há interação significativa entre os níveis de salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a variável diâmetro polar do fruto, aos 205 dias após o transplântio. A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nas

concentrações de 27,5 e 41,5 μM , fornecem os maiores valores de acidez total titulável e vitamina C, respectivamente, aos 205 DAT.

Palavras-chaves: *Passiflora edulis* f. Flavicarpa. Enzima antioxidante. Salinidade.

ANDRADE, E. M. G. **Salt waters and foliar application of hydrogen peroxide in the cultivation of yellow passion fruit.** 2018. 104 f. Thesis (Doctoral in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The passion fruit culture has great socioeconomic importance for the semi-arid region of the Brazilian Northeast. However, in this region, the salinity of water and soil has affected the agricultural production of crops. Thus, there is a need to search for alternatives that attenuate the effects of saline stress on agricultural crops, among them, yellow passion fruit. The objective of this study was to evaluate the growth, physiological indexes, production and post-harvest quality of yellow passion fruit cultivated under different levels of irrigation water salinity and exogenous application of hydrogen peroxide. The research was conducted in a greenhouse of the CTRN / UFCG, using the experimental design a randomized complete block design in a 4 x 4 factorial scheme with three replications. The treatments consisted of the combination of four levels of electrical conductivity of the water (0.7, 1.4, 2.1 and 2.8 dS m⁻¹) and four concentrations of hydrogen peroxide (0, 20, 40 and 60 µM). Gaseous exchanges: CO₂ internal concentration, CO₂ assimilation rate, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency and intrinsic water use efficiency were evaluated at 61 and 96 days after transplanting (DAT). The passion fruit growth was determined by stem diameter at 35, 73 and 105 DAT; number of leaves at 35 and 73 DAT and absolute and relative growth rates of stem diameter in the periods of 8-35; 8-73 and 8-105 DAT and after the end of the cycle, dry leaf biomass (FSF), stem (FSC) and total (FST) were measured. At 186 DAT, the fluorescence of chlorophyll a was analyzed (initial fluorescence, maximum fluorescence, variable fluorescence and quantum efficiency of photosystem II) and the photosynthetic pigments: chlorophyll a (Cl a), b (Cl b) and carotenoids (Car). At the end of the cycle (approximately 205 DAT), the production was evaluated, determining: number of fruits per plant, average fruit weight and total fruit weight per plant. The physical characterization of the fruits was also evaluated, determining the external attributes (equatorial and longitudinal diameter and the thickness of the peel and pulp) and internal attributes (pulp pH, titratable acidity (TA) and vitamin C). The increase in the salinity of the irrigation water caused a reduction in the gas exchange of yellow passion fruit at 61 and 96 DAT, being the rate of assimilation of CO₂, perspiration, stomatal conductance and intrinsic efficiency of carboxylation affected, and also reduced the diameter of the stem at 35 , 73 and 105 DAT and the absolute growth rate of stem diameter in the period from 8 to 105 DAT. The increase in the concentrations of hydrogen peroxide had no influence on the gas exchange and the growth of yellow passion fruit. There was a significant interaction between irrigation water salinity and hydrogen peroxide concentrations on leaves at 35 DAT. Irrigation with CEa water from 1.4 dS m⁻¹ compromised photochemical efficiency, photosynthetic pigments and phytomass production of yellow passion fruit. The application of hydrogen peroxide in the concentration of 20 µM promoted the highest values for variable and maximum fluorescence and carotenoid content constituting as an alternative for acclimatization of passion fruit. The supply of H₂O₂ in a concentration greater than 20 µM intensified saline stress on passion fruit. The increase in salinity levels of irrigation water affected negatively the production and physical and chemical quality of yellow passion fruit, being the number of fruits and the total weight of fruits per plant, the variables most affected to 205 DAT. There is a significant interaction between irrigation water salinity levels and hydrogen peroxide concentrations over the variable polar diameter of the fruit, at 205 days after transplanting. The foliar application of hydrogen peroxide at the

concentrations of 27.5 and 41.5 μM , gives the highest titratable total acidity and vitamin C, respectively, at 205 DAT.

Key-words: *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*. Antioxidant enzyme. Salinity.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies frutíferas cultivadas no Brasil, destaca-se o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*) sendo seu maior produtor e consumidor mundial, cujo beneficiamento dos seus frutos é responsável pelo agronegócio do terceiro suco mais produzido no país (FREIRE *et al.*, 2014), destacando-se como um dos principais exportadores de suco, ao lado da Colômbia e do Equador (MARTINS *et al.*, 2007).

Com expressiva importância socioeconômica para quase todos os Estados brasileiros a níveis de pequeno e médio produtor (VIANA *et al.*, 2012; FREIRE *et al.*, 2015), devido às condições edafoclimáticas favoráveis para o seu crescimento, desenvolvimento e produção (MENDONÇA *et al.*, 2006), gerando em torno de seis empregos por hectare, sendo dois diretos e quatro indiretos (COSTA; ALVES; COSTA, 2005),

No Brasil, as regiões detentoras da maior produção de maracujá são a Nordeste, Sudeste e Sul, destacando-se os Estados da Bahia, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e Sergipe (GARCÊZ, 2012). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2014), no ano de 2013 a produção nacional foi equivalente a 838.244 toneladas em uma área correspondente a 57.277 hectares, representando 74,21% da produção nacional, sendo a região Nordeste a maior produtora com 622.036 toneladas e uma produtividade de 14,63 t ha⁻¹. Entretanto, o Estado da Paraíba registrou uma produtividade 33% inferior à nacional (8,8 t ha⁻¹).

As reduções na produtividade do maracujazeiro na região semiárida do Nordeste brasileiro, estão associadas ao manejo da cultura do maracujazeiro amarelo ser dependente da irrigação, em muitos casos efetuada com água com alto teor de sais, o que pode induzir modificações fisiológicas, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2011). Dentre os prejuízos ocasionados pela salinidade destaca-se a redução no crescimento e produtividade das culturas, devido à diminuição do potencial osmótico na solução do solo podendo, também, ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, em razão da acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais, especialmente cloro e sódio (SANTANA *et al.*, 2003).

Contudo, a intensidade com que o estresse salino afeta as plantas depende de outros fatores, como: espécie, cultivar, tipos de sais, intensidade e duração do estresse, manejo cultural e da irrigação, condições edafoclimáticas e adubação (MUNNS; TESTER, 2008). Desta forma, as águas salinas podem ser utilizadas para irrigação de culturas durante certa fase de

desenvolvimento, com pouca ou nenhuma redução no seu rendimento (ASHRAF; HARRIS, 2004); sua utilização, porém, requer melhorias no manejo da água e do solo, além do cultivo de culturas tolerantes à salinidade (LACERDA *et al.*, 2003).

Segundo Ayers; Westcot (1999), o maracujazeiro-amarelo é sensível aos sais, apresentando declínio produtivo quando a condutividade elétrica do ambiente radicular atingir valores superiores a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. Freire *et al.* (2014) avaliando os efeitos da salinidade hídrica quando associada a aplicação de biofertilizante e cobertura morta na cultura do maracujazeiro amarelo, verificaram reduções da condutância estomática, atividade fotoquímica do fotossistema II e da fotossíntese líquida das plantas sob estresse salino. Já Ribeiro *et al.* (2014) constataram que a irrigação com água salina superior a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu significativamente a altura, número de folhas, massa seca da parte aérea e da raiz do maracujazeiro-amarelo.

Segundo Gondim *et al.* (2011), uma das alternativas que pode minimizar o efeito do estresse salino nas plantas é a aclimação, que consiste em um processo de exposição prévia de um indivíduo a um determinado tipo de estresse, provocando mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse. Dentre os processos de aclimação ao estresse salino, tem-se a utilização de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) de forma exógena, em quantidades pequenas nas plantas, que surge como uma alternativa promissora de aclimação das plantas ao estresse salino. Silva *et al.* (2016), observaram em trabalho sobre métodos de aplicação de diferentes concentrações de H_2O_2 em milho sob estresse salino, que a aplicação de H_2O_2 na semeadura, e através da pulverização foliar, foi promovida a aclimação de plantas de milho à salinidade da água de irrigação na fase inicial de crescimento.

Contudo, não existem relatos na literatura se a aplicação com H_2O_2 também é capaz de induzir aclimação do maracujazeiro nas fases iniciais de crescimento e muito menos na fase de produção. Dessa forma, considerando a sensibilidade da cultura do maracujazeiro a salinidade e importância socioeconômica que a cultura exerce nas áreas cultivadas, devem ser intensificadas pesquisas que minimizem os efeitos do estresse salino sobre a cultura, favorecendo o cultivo em áreas com problemas de salinidade, principalmente em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento, os índices fisiológicos, a produção e a qualidade pós-colheita do maracujazeiro amarelo, cultivado sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar as alterações na morfofisiologia, produção e qualidade pós-colheita dos frutos do maracujazeiro amarelo, ocasionadas pela irrigação com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio;

2. Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos e a fluorescência quântica do fotossistema II do maracujazeiro amarelo cultivado sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio;

3. Identificar o nível de salinidade da água de irrigação tolerado pelo maracujazeiro amarelo, sem perda significativa da produção de frutos por meio da redução relativa.

4. Constatar a concentração de peróxido de hidrogênio que atenua os efeitos ocasionados pela salinidade da água de irrigação em plantas de maracujazeiro amarelo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MARACUJAZEIRO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) é uma planta originária da América Tropical, com aproximadamente 150 espécies nativas do Brasil, sendo intensamente cultivada em países de clima tropical e subtropical (FALEIRO; FARIAS NETO; RIBEIRO JÚNIOR, 2008). Essa cultura, pertence à classe Magnoliopsida, à ordem Malpighiales, à família Passifloraceae e ao gênero Passiflora. Este gênero, por sua vez, compreende mais de 500 espécies, mas apenas cerca de 20 variedades são edíveis (MALACRIDA; JORGE, 2012).

O Brasil é tido como o centro de origem da espécie *Passiflora edulis* e de muitas outras espécies da família Passifloraceae (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010; PACHECO *et al.*, 2014). Morgado *et al.* (2013) destaca que as espécies de maracujá oriundas dessa família, ocorrem praticamente em todo o território brasileiro; entretanto, poucas delas são caracterizadas. Segundo (VANDERPLANK, 2000), as espécies originárias do Brasil podem ser utilizadas como alimentos, remédios e ornamentos.

O maracujazeiro é uma planta trepadeira sub-lenhosa, expandindo-se, geralmente, mediante gavinhas axilares, de crescimento rápido e contínuo, podendo atingir de 5 a 10 m de comprimento (GRECO, 2014). De acordo Manica (1997), seu ciclo de vida médio varia de 3 a 6 anos, sendo que a cultura apresenta grande vigor vegetativo. O sistema radicular das plantas é axial ou pivotante, com 70 a 85% das raízes secundárias distribuídas até os primeiros 40 cm de profundidade do solo (SOUSA *et al.*, 2002). Já o caule tem secção circular, é lenhoso e bastante lignificado, diminuindo o teor de lignina à medida que se aproxima do ápice da planta (GRECO, 2014).

As folhas são alternas, raramente opostas, inteiras, incisas, lobadas ou partidas, e apresentam na axila, além de uma gavinha, uma gema florífera e uma gema vegetativa (CUNHA; BARBOSA; FARIA, 2004). As flores são hermafroditas, actinomorfas, isoladas ou aos pares, situadas nas axilas das folhas e, frequentemente, agrupadas em inflorescências racemosas, pseudo-racemosas ou fasciculadas. Já o fruto, é uma baga de forma subglobosa ou ovóide que está fixado, através de um pedúnculo, com epicarpo (casca) às vezes lignificado (GRECO, 2014).

De acordo com Ataíde; Oliveira; Ruggiero (2012) no Brasil, o cultivo comercial tem sido feito com as espécies *Passiflora edulis* (maracujazeiro-amarelo), *Passiflora edulis* Sims

(maracujazeiro-roxo) e *Passiflora alata* centis (maracujazeiro-doce). Entretanto, a espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* é a mais amplamente cultivada devido à qualidade dos seus frutos, sabor apreciado por muitos consumidores e por incentivo da agroindústria, correspondendo a 95% dos pomares brasileiros (BERNACCI; MELETTI; SOARES-SCOTT, 2003). Estima-se que mais de 60% da produção brasileira de maracujá amarelo seja destinada ao consumo *in natura* e o restante destinado às indústrias de processamento, sendo o suco o principal produto (CLARO; MONTEIRO, 2010). Segundo Oliveira *Et al* (2012) as principais utilizações do fruto do maracujazeiro no processo produtivo são: a sua comercialização *in natura* e o seu beneficiamento em indústrias de sucos.

Santos (2015) afirma que a cultura do maracujá vem ocupando um lugar de destaque na fruticultura, representando uma boa opção entre as frutas por oferecer o mais rápido retorno econômico, bem como, a oportunidade de uma receita melhor distribuída durante o ano. Segundo IBGE (2013) o maracujazeiro é uma das culturas que contribuem para a condição do país como grande produtor de frutas, sendo a produção estimada em 920.000 toneladas, com área cultivada correspondente a 62.200 hectares por ano. Silva (2009) destaca que a produtividade média é de aproximadamente catorze toneladas por hectare, havendo potencial para produção de trinta a trinta e cinco toneladas por hectare.

A região Nordeste é a maior produtora de maracujazeiro amarelo do Brasil, porém, sua produtividade é baixa comparada aos Estados da região Sudeste (IBGE, 2015). No Estado da Paraíba, a produção no ano de 2014 foi de 7248 toneladas, os principais municípios produtores foram: Araruna, Nova Floresta, Pocinhos, Algodão de Jandaíra, Picuí, Lagoa Seca e Cuité. A produtividade do Estado, por sua vez, foi de 8,88 toneladas por hectare, considerada baixa em relação a produtividade nacional (IBGE, 2015). Essa baixa produtividade pode estar relacionada ao baixo investimento, a falta de novas tecnologias de produção, e principalmente ao cultivo com restrições climáticas e hídricas no Nordeste brasileiro (CAVALCANTE; CAVALCANTE, 2006).

Segundo Gondim (2010), o maracujazeiro amarelo exerce expressiva importância social à região Nordeste, como uma alternativa econômica de exploração agrícola em pequenas propriedades familiares, e como atividade de ocupação da mão-de-obra agrícola familiar. Para o mesmo autor, a exploração dessa cultura constitui-se numa alternativa viável para a agricultura do semiárido paraibano voltada, especialmente, para a agricultura familiar, devido às condições edáficas e climáticas serem favoráveis ao desenvolvimento e produção.

3.2 SALINIDADE EM MARACUJAZEIRO AMARELO

Em regiões semiáridas, a salinidade pode ser agravada por outros estresses ambientais, incluindo baixa disponibilidade de água, altas temperaturas e elevada evapotranspiração (VIÉGAS *et al.*, 2001). De acordo com Cavalcante *et al.* (2006), em áreas produtoras no semiárido, não obstante a demanda evaporativa superar o suprimento hídrico ao solo por precipitações pluviométricas e/ou irrigações suplementares, a qualidade das águas que podem ser usadas na irrigação nem sempre é adequada, pois além da salinidade aumentar ao longo do tempo, muitas vezes, o cultivo é feito em solos que não possuem condições físicas para lixiviação dos sais com as chuvas do período das águas e aeração suficiente à expansão radicular.

O estresse salino, por sua vez, é tido como um dos principais fatores do ambiente a limitar a produção das culturas, reduzindo o crescimento das plantas, inicialmente devido aos efeitos osmóticos, causando deficiência hídrica, seguida pelos efeitos do excesso de íons e, por fim, prejudicando o balanço da absorção de nutrientes essenciais (DIAS; BLANCO, 2010; PATEL *et al.*, 2010; MARSCHNER, 2012).

Nos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, as principais áreas produtoras de maracujá, caracterizam-se pela alta evaporação, uso inadequado da drenagem e até mesmo a utilização de água proveniente de mananciais que apresentam condutividade elétrica superior a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, que podem provocar modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas, comprometendo o crescimento, floração, qualidade do fruto, redução do ciclo da cultura e produtividade (SILVA *et al.*, 2009; GURGEL *et al.*, 2010; NEVES *et al.*, 2010).

Existe divergência em relação a tolerância do maracujazeiro a salinidade, pois de acordo com Ayers; Westcot (1999) essa cultura é sensível a salinidade, tendo redução da sua produção quando a condutividade elétrica do ambiente radicular atinge valores superiores a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. Corroborando com esses autores, Soares *et al.* (2006), constataram decréscimo significativo na produção do maracujazeiro amarelo, quando as plantas foram irrigadas com águas de salinidade superior a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que as salinidades variaram de 1,0 a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, contendo Na:Ca:Mg, na proporção equivalente 7:2:1.

Por outro lado, Cavalcante *et al.* (2002), após irrigação com água de 0,5; 1,5 e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, Soares *et al.* (2002) com águas de 1,0 a $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ e Macedo (2006) com água de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$, concluíram que a cultura tinha tolerância moderada a salinidade. Esses autores afirmam

que os efeitos da salinidade da água se intensificam com a idade, pois, aos 32 e 77 dias após a germinação, os níveis limiares foram, respectivamente, de 5,61 e 2,73 dS m⁻¹.

De qualquer forma, a tolerância da cultura e os efeitos provocados pela salinidade, estão sendo constatados em diversas pesquisas. Em trabalho sobre emergência do maracujazeiro amarelo sobre estresse salino em diferentes substratos, Ribeiro *et al.* (2016) concluíram que as sementes de maracujazeiro amarelo toleraram a salinidade até 1,5 dS m⁻¹. Estudando o crescimento de genótipos de maracujazeiro amarelo sob condições de salinidade, Bezerra *et al.* (2016) constataram que em condições de alta salinidade o crescimento dos genótipos estudados foi reduzido.

Araújo *et al.* (2013), em pesquisa sobre produção de mudas de maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas, observaram que, a partir da concentração 1,2 dS m⁻¹, ocorreu redução do índice de velocidade de emergência e do crescimento inicial avaliado pela altura, diâmetro do caule, número de folhas, matérias frescas e secas da parte aérea. Bezerra *et al.* (2014) avaliando a aplicação de água salina e nitrogênio na emergência e biomassa do maracujazeiro amarelo, concluíram que o acréscimo da salinidade da água eleva a condutividade elétrica do extrato de saturação e reduz o pH do substrato, a emergência de plântulas e o acúmulo de biomassa das mudas.

Com o intuito de avaliar a qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas, Dias *et al.* (2012) verificaram que o aumento da concentração salina da água de irrigação provocou perdas da produção e das qualidades físicas dos frutos do maracujazeiro amarelo, sendo mais drástico na condutividade superior a 2,5 dS m⁻¹. Viana *et al.* (2012) estudando o efeito da salinidade na produção de maracujazeiro amarelo, concluíram que água de condutividade elétrica maior que 2,5 dS m⁻¹ afeta significativamente a produção do maracujazeiro-amarelo.

Dias *et al.* (2011), avaliando a produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas, concluíram que o aumento da condutividade elétrica das águas de irrigação comprometeu a capacidade produtiva do maracujazeiro amarelo, em termos de número de frutos colhidos e produção por planta, sendo os maiores declínios registros nas plantas irrigadas com águas de condutividade elétrica igual e superior a 2,5 dS m⁻¹.

Nessas condições, 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 sobre às plantas, já que

é quase obrigatória a utilização de águas salinas na agricultura em regiões semiáridas (SOUSA *et al.*, 2012).

3.3 PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO EM PLANTAS

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) consiste numa espécie reativa de oxigênio (EROS), capaz de oxidar lipídios de membranas, desnaturar proteínas e reagir com DNA, provocando mutações (SCANDALIOS, 2002). Também é considerada uma molécula sinalizadora que pode auxiliar as espécies na aclimação de um estresse abiótico, o que consiste de um processo no qual a exposição prévia de um indivíduo a determinado tipo de estresse, provoca mudanças metabólicas responsáveis pelo aumento de sua tolerância a nova exposição ao estresse. Quando essa exposição prévia é feita com um estresse diferente do segundo, diz-se que esta aclimação induziu uma tolerância cruzada (TAIZ; ZEIGER, 2009; PANG; WANG, 2008). Mittler (2011) relata que o H_2O_2 , em pequenas concentrações, funciona como um importante sinalizador intracelular para a ativação de respostas ao estresse e de vias de defesas do vegetal, promovendo a tolerância cruzada.

Veal; Day; Morgan (2007) e Forman *et al.* (2010) afirmam que a pré-exposição de plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores, tais como o H_2O_2 , pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento metabólitos e/ou enzimas antioxidativas) e, portanto, resultar em um melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo.

Gondim *et al.* (2011) destaca que o processo de aclimação a determinadas condições de estresse se constitui numa alternativa para aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas às condições adversas. Com esse intuito, Carvalho *et al.* (2011) em trabalho sobre aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H_2O_2 , concluíram que baixas doses de H_2O_2 foram suficientes para induzir os sistemas de defesa antioxidativos, de modo a minimizar os efeitos deletérios da salinidade.

Trabalhando com pré-tratamento de plântulas de arroz utilizando H_2O_2 em solução nutritiva, Azevedo Neto *et al.* (2005) constataram que o H_2O_2 induziu a aclimação, conferindo maior tolerância à salinidade. Efeitos semelhantes foram verificados por Uchida *et al.* (2002), em pesquisa realizada com arroz.

Em pesquisas realizadas com plantas provenientes de sementes pré-tratadas com H₂O₂ e submetidas a salinidade, Gondim *et al.* (2010), utilizando milho e Wahid *et al.* (2007), utilizando trigo, constataram que o pré-tratamento proporcionou tolerância a salinidade. Já Gondim *et al.* (2011) observaram que a pulverização foliar de plantas de milho com H₂O₂ induziu a aclimação das plantas ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no crescimento.

Pelo exposto, percebe-se que a aplicação de H₂O₂ por diferentes métodos tem demonstrado eficiência no processo de aclimação de plantas a estresses ocasionados pela salinidade. Todavia, não há relatos na literatura sobre a utilização de H₂O₂ através da aplicação exógena na cultura do maracujazeiro, sendo de fundamental importância a realização de estudos, no intuito de viabilizar alternativas que contribuam para a mitigação dos problemas ocasionados pela salinidade na cultura.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi conduzida sob condições de casa-de-vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande - PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 7°15'18" latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550m. Segundo a classificação climática de Köppen aplicada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), o clima de Campina Grande – PB é do tipo CSa, que significa um clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com arranjo fatorial 4 x 4, cujos os tratamentos resultaram da combinação entre quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação -CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0; 20; 40 e 60 µM), com três repetições, perfazendo um total de quarenta e oito unidades experimentais.

4.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram utilizadas sementes da variedade de maracujazeiro amarelo, conhecido vulgarmente como Guinezinho devido à pintas presentes na casca dos frutos, semelhantes às existentes nas penas de uma ave conhecida como galinha guiné (MEDEIROS *et al.*, 2016), essas sementes foram oriundas de frutos de um pomar comercial, obtidas de plantas submetidas à seleção massal no município de Nova Floresta – PB, sendo a padronização de plantas baseadas no vigor e sanidade.

Para obtenção das mudas foram semeadas 4 sementes em citropotes com capacidade de 6 dm³, preenchidos com substrato, constituído da mistura de 84% de solo, 15% de areia lavada e 1% de composto orgânico (húmus de minhoca) até a quantidade de 5,6 dm³. Após as emergências das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente (a que apresentava o maior vigor fisiológico), quando estas estavam com 10 cm de

altura. Ressalta-se que, desde o semeio, a irrigação foi realizada com a respectiva água salina. Já as distintas concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas e via foliar, pela pulverização das folhas nas faces adaxial e abaxial desde o período de formação das mudas.

Aos 65 dias após o semeio, momento no qual as plantas apresentavam aproximadamente 35 cm de comprimento do ramo principal, foram transplantadas para vasos adaptados, como lisímetros de drenagem com capacidade de 100 L de preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita, seguido de 100 kg de Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca - PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Claessen (1997).

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas									
pH	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST	CEes
(H ₂ O)	dag kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	.....(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	(dS m ⁻¹)	
(1:2, 5)									
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe	Umidade		AD	Porosidade	DA	DP
Areia	Silte	Argila	textural	33,42	1519,5		total	(kg dm ⁻³)	
				.....	kPa	.....	%	
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O – 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 utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas.
Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Cada lisímetro foi perfurado na base para permitir a drenagem e acoplada a um dreno transparente de 4 mm de diâmetro. A extremidade do dreno que ficou dentro do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo. Abaixo de cada dreno colocou-se uma garrafa plástica para a coleta de água drenada visando estimativa do consumo de água pela planta. O solo foi coletado no campo, na profundidade de 0-30 cm (horizonte A).

No cultivo foi estabelecido o espaçamento de 1,50 m entre fileiras e 2,20 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira com arame liso n° 14, instalado dentro da casa-de-

vegetação, a 2,40 m do piso e 1,60 m do solo do lisímetro. Essa espaldeira deu sustentação as plantas de maracujazeiro. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuado a poda da gema apical, visando a emissão dos ramos secundários, que foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,10 m.

Após os ramos secundários terem atingido tal comprimento, foi efetuada nova poda da gema apical, visando a emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até 30 cm do solo, onde os quais formaram uma cortina e emitiram as inflorescências, que originaram os frutos. Ao longo da condução do experimento foi realizada a eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura. Por se tratar de um ambiente fechado (casa-de-vegetação), a polinização foi realizada de forma artificial a partir das 12 horas.

A adubação foi realizada conforme São José (2000), aplicando-se 250 g de superfosfato simples e 100 g de cloreto de potássio e no início da floração, foi aplicado 150 g de superfosfato simples por planta. Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, conforme Santos (2001), utilizando como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio e como fonte de potássio o cloreto de potássio. Na fase vegetativa da cultura, utilizou-se a razão de 1N:1K tomando como referência 10 g de nitrogênio, a partir do início da floração a dose de N foi elevada para 20 g e a de K para 30 g, aumentando a relação N:K de 1:1,5.

4.4 PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS SALINAS, APLICAÇÃO DE H₂O₂ E IRRIGAÇÃO

Os diferentes níveis de salinidades da água (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, relação predominante em fontes de água comumente utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (MEDEIROS, 1992), ajustando-as às concentrações da água de abastecimento disponível.

No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 * \text{mmolc L}^{-1} = \text{CEa dS m}^{-1}$), extraída de Richards (1954). Após preparação e calibração da CEa, utilizando-se de um condutivímetro portátil, as águas foram armazenadas em vasos plásticos de 200 L de capacidade, um para cada nível de CEa, devidamente protegidas, de modo a se evitar a evaporação, a entrada e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade. Já a aplicação das diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio foi feita via pulverização foliar, realizada em intervalos de 15 dias, até a fase de

floração (momento no qual cada parcela possuía, pelo menos, uma flor aberta), utilizando-se um pulverizador costal.

Antes do transplântio foi determinado o volume de água necessária para o solo atingir a capacidade de campo, aplicando-se água de acordo com os tratamentos estabelecidos. Após o transplântio, a irrigação foi realizada diariamente às 17 horas, aplicando-se em cada lisímetro a água, conforme tratamento, de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo e evitar o acúmulo de sais no solo, sendo a quantidade a ser aplicada determinada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,15.

4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.5.1 Crescimento

O crescimento do maracujazeiro foi avaliado aos 35, 73 e 105 dias após o transplântio (DAT), através da determinação do diâmetro do caule (DC), utilizando-se de um paquímetro e o número de folhas (NF), por meio da contagem. Obtendo-se, a partir dos dados de diâmetro caulinar, as taxas de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc), adaptando-se procedimentos contidos em Benincasa (2003), conforme equação 1 e 2.

$$TCAdc = \frac{(DC_2 - DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$TCRdc = \frac{(\ln DC_2 - \ln DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

Em que:

TCAdc = taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (mm dia⁻¹),

DC₁ = diâmetro do caule (mm) no tempo t₁,

DC₂ = diâmetro do caule (mm) no tempo t₂,

TCRdc = Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (mm mm⁻¹ dia⁻¹),

ln = logaritmo natural

Ao final do ciclo (205 DAT) avaliou-se o acúmulo de fitomassa seca do caule (FSC), da folha (FSF) e a total (FST) das plantas de maracujazeiro. Para isso, realizou-se o corte do caule de cada planta rente ao solo e, posteriormente, colocou-se para secar em estufa com ventilação forçada de ar, a 65 °C, até a obtenção de massa constante.

4.5.2 Trocas gasosas

Determinaram-se as variáveis fisiológicas através da taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), concentração interna de CO₂ (*C_i*), a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) (*A/E*) e a eficiência instantânea da carboxilação (EICI) (*A/C_i*), aos 61 e 96 dias após o transplântio (DAT), usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro⁺” da ADC BioScientific Ltda.

4.5.3 Fluorescência da clorofila *a*

Aos 186 DAT, foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*, mediante determinação da fluorescência inicial (*F_o*), fluorescência máxima (*F_m*), fluorescência variável (*F_v*) e a eficiência quântica potencial (*F_v/F_m*) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre as 7:00 e 8:00 horas da manhã, na folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta, utilizando-se fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II®.

4.5.4 Teores de clorofila e carotenóides

Aos 186 DAT, também foram determinados os teores de clorofila *a* e *b* (g m⁻²), seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), por meio de amostras de 5 discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice. A partir dos extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenóides nas soluções, por meio do espectrofotômetro, no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações: Clorofila *a* (Cl *a*) = 12,21 ABS₆₆₃ – 2,81 ABS₆₄₆; Clorofila *b* (Cl *b*) = 20,13 A₆₄₆ – 5,03 ABS₆₆₃; Carotenóides totais (Car) = (1000 ABS₄₇₀ – 1,82 Ca – 85,02 Cb)/198. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenóides nas folhas foram expressos em µm g⁻¹ de matéria fresca (µm g⁻¹ MF).

4.5.5 Produção e seus componentes

Ao final do ciclo (205 DAT), avaliou-se a produção, determinando-se o número de frutos por planta, peso médio dos frutos e o peso total de frutos por planta. Os frutos eram

colhidos à medida que ficava maduros. Também foi mensurado a caracterização física dos frutos, determinando os atributos externos (diâmetro equatorial e polar; espessura da casca e da polpa) e internos (pH da polpa, acidez total titulável (ATT) e vitamina C), empregando a metodologia adotada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2011). Quando ocorreu heterogeneidade nos dados, verificados através dos valores de coeficiente de variação, foi realizado análise exploratória dos dados, com transformação de dados em \sqrt{X} .

5 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. P. F. *et al.* Crescimento e composição mineral de mudas de maracujazeiro amarelo fertilizados com boro e potássio. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 2, 2010, p. 084-096.
- ARAÚJO, W. L. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigadas com água salina. **Agropecuária científica no semiárido**, Patos, v. 9, n. 4, 2013, p. 15-19.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, 1949, p.1-15.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, 2004, p. 3-16.
- ATAÍDE, E.M.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Florescimento e frutificação do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea* D. C. cultivado em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, 2012, p. 377-381.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. 1999. 153p.
- AZEVEDO NETO, A.D. *et al.* Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.10, 2005, p.1114- 1122.
- BERNACCI, L.C.; MELETTI, L.M.M.; SOARES-SCOTT, M.D. Sweet- passion-fruit: the autor, data and publication of the scientific name of *Passiflora alata* (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.5, n. 2, 2003, p. 355-356.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BEZERRA, J.D. *et al.* Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.4, 2016, p. 502-508.
- BEZERRA, M.A.F. *et al.* Água salina e nitrogênio na emergência e biomassa de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Agropecuária técnica**, v. 35, n. 1, 2014, p 150–160.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Boletim DPFS, EPE-MA, 15 – Pedologia, 8. I – Levantamento exploratório, reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II – Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: A/CONTAP/USAID/BRASIL. 1972. 683p.
- CARVALHO, F.E.L. *et al.* Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.4, 2011, p.416–423.

CAVALCANTE, L.F. *et al.* Maracujá-amarelo e salinidade. In: CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M. DE (ed.). **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. Jaboticabal: Funep, 2006, p. 91-114.

CAVALCANTE, L.F. *et al.* Resposta do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) ao manejo e salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 23, n. 1/2. 2002, p. 27-33.

CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, I.H.L. Uso da água salina na agricultura. In: **Algumas frutíferas e a salinidade**. Jaboticabal: Funep, 2006. 148p.

CAVALCANTE, L.F. *et al.* Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, supl. 1, 2011, p. 699-705.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, p.212, 1997. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

CLARO, R.M.; MONTEIRO, C.A. Renda familiar, preço de alimentos e aquisição domiciliar de frutas e hortaliças no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 44, n. 6, 2010, p.1014-1020.

COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.

COSTA, A.F.S.; ALVES, F.L.; COSTA, A.N. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N. (Ed). **Tecnologia para a produção do maracujá**. Vitória: INCAPER, 2005. p. 23- 53.

CUNHA, M.P.A.; BARBOSA, L.V.; FARIA, G.A. Botânica. In: LIMA, A.A.; CUNHA, M. P.A. **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 15-35.

OLIVEIRA, L.C. *et al.* Characterization and extraction of volatile compounds from passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) processing waste. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, 2012, p. 2280-2287.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In.: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, cap. 9, 2010, p.129-142.

DIAS, T.J. *et al.* Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, 2011, p. 644-651.

DIAS, T.J. *et al.* Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, 2012, p. 2905-2918.

- FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.E.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q. **Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios**. 1ª ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, 2011, p.1039-1042.
- FREIRE, J. L.O. *et al.* Teores de micronutrientes no solo e no tecido foliar do maracujazeiro amarelo sob uso de atenuantes do estresse salino. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, 2015, p. 65-81.
- FREIRE, J.L.O. *et al.* Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, 2014, p. 82-91.
- GARCÊZ, R.M, **Aspectos epidemiológicos do Cowpea aphid-borne mosaic virus em maracujazeiros e sua associação com a afidofauna**. Instituto Biológico, São Paulo, 2012. 82 f. Dissertação de Mestrado.
- GONDIM, F.A. *et al.* Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 373-38, 2011.
- GONDIM, F.A. *et al.* Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, n.2, 2010, p.103-112.
- GONDIM, S.C. **Insumos orgânicos e qualidade da água no maracujazeiro amarelo e na fauna edáfica**. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010. 178p. Tese de Doutorado.
- GRECO, S.M.L. **Caracterização físico-química e molecular de genótipos de maracujá azedo cultivados no Distrito Federal**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília-Brasília, 2014; 149p. Tese de Doutorado.
- GURGEL, M.T. *et al.* Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 01, 2010, p. 3-10.
- Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 533p. 1985.
- IBGE. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>. Acesso em: 18, outubro, 2013.
- _____. **Produção Agrícola Municipal**. Lavouras Permanentes 2015. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>. Acesso em 11 de fevereiro de 2016.
- _____. **Produção**. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/>. Acesso em 19 set. 2014.

LACERDA, C.F. *et al.* Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, 2003, p. 107-120.

MACEDO, J.P.S. **Desempenho do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina, em função do espaçamento, cobertura do solo e poda da haste principal**. Centro de Ciências Agrárias-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006. Trabalho de Conclusão de Curso.

MALACRIDA, C.R., JORGE, N. Yellow Passion Fruit Seed Oil (*Passiflora edulis* f. flavicarpa): Physical and Chemical Characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55. 2012, p.127-134.

MANICA, I. Maracujazeiro: Taxionomia-anatomia-morfologia. In: **Maracujá: Temas selecionados** 1) melhoramento, morte prematura, polinização, taxionomia. Porto Alegre: Cinco Continentes 1997, p.7-24.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: USA, Elsevier®, 2012. 651p.

MARTINS, R.N. *et al.* Maracujá (*Passiflora* spp). In: PAULA JÚNIOR, J.; VENZOM, M. **101 culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 503-507.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, S.A.S. *et al.* Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. **Irriga**, v. 21, 2016, p.779-795.

MENDONÇA, V. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v.19, n. 1, 2006, p. 65-70.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, v.7, n.9., 2002 p. 405-410.

MORGADO, M.A.D. *et al.* Estimação da área foliar por método não destrutivo, utilizando medidas lineares das folhas de espécies de *Passiflora*. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.5, 2013, p.662-667.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. v.59, n.1, 2008, p.651-681.

NEVES, A.L.R. *et al.* Monitoring soil coverage and yield of cowpea furrow irrigated with saline water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 01, 2010, p. 59-66.

PACHECO, C.A. *et al.* Physicochemical and sensory analyses of purple and yellow passion fruit. **International Research Journal of Horticulture**, v. 2, n.1, 2014, p. 1-5.

PANG, C.; WANG, B. Oxidative Stress and Salt Tolerance in Plants. **Progress in Botany**, [s.l], v. 69, 2008, p. 231–245.

PATEL, A. D.*et al.*. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biología**, Murcia, v. 32, 2010, p. 59-71.

RIBEIRO, A.A. *et al.* Efeito da salinidade no crescimento inicial do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* sims. f. flavicarpa deg.). **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 6, n. 3 2014, p. 37-44,.

RIBEIRO, A.A. *et al.* Emergência do maracujazeiro-amarelo sob estresse salino em diferentes substratos. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. v. 10, n. 1, 2016, p. 27-36.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.

SANTANA, M.J.*et al.* Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27. 2003, p. 433-450.

SANTOS, C. L. **Produtividade e qualidade dos frutos de progênies de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) adubadas com nitrogênio e potássio**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2015. 115p. Tese de Doutorado.

SANTOS, J.B. **Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio: magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo**. Universidade Federal da Paraíba, 2001. 88 f. Dissertação de Mestrado.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* **Maracujá: Práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2000. 316p.

SCANDALIOS, J.G. The rise of ROS. **Biochemical Science**, v.27, 2002, p.483-486.

SILVA, E.M.*et al.* Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 3, 2016, p. 01-07.

SILVA, E.N. *et al.* Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 05, 2009, p. 437-445.

SILVA, M.G.M. Seleção recorrente intrapopulacional no maracujazeiro amarelo: Alternativa de capitalização de ganhos genéticos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 01, 2009, p. 170-176.

SOARES, F.A.L. *et al.* Water salinity and initial development of yellow passion fruit. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, 2002, p. 491-497.

SOARES, F.A.L. *et al.* Produção do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2006, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. CD-Rom.

SOUSA, G.G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, 2012, p. 237-245.

BSOUSA, V. F. *et al.* Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicados por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n.1, 2002, p. 51-56.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, p. 819.

UCHIDA, A. *et al.* Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. **Plant Science**, v. 163, n. 03, 2002, p. 515-523.

VANDERPLANK, J. **Passion Flowers**, 3. Ed. Cambridge: The MIT Press, 224p. 2000.

VEAL, E.A.; DAY, A.M.; MORGAN, B.A. Hydrogen peroxide sensing and signaling. **Molecular Cell**, v.26, 2007, p.1-4.

VIANA, P.C. *et al.* Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de maracujazeiro-amarelo. **Agropecuária científica no semiárido**. v. 8, n. 1, 2012, p. 45-50.

VIÉGAS, R.A. *et al.* Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, 2001, p.216-222.

WAHID, A. *et al.* Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheatseedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 03, 2007, p. 283-294.

CAPÍTULO II

MORFOFISIOLOGIA DO MARACUJAZEIRO AMARELO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA E APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

MORFOFISIOLOGIA DO MARACUJAZEIRO AMARELO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA E APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar a morfofisiologia do maracujazeiro amarelo, cultivado sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do CTRN/UFMG, em Campina Grande – PB, utilizando-se lisímetros de drenagem preenchidos com Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 4, com três repetições, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 20, 40 e 60 µM). As distintas concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas e via foliar pela pulverização das folhas nas faces adaxial e abaxial. Avaliaram-se as trocas gasosas (concentração interna de CO₂, taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática, eficiência instantânea da carboxilação e eficiência instantânea do uso da água) aos 61 e 96 dias após o transplantio (DAT). O crescimento do maracujazeiro foi determinado através do diâmetro do caule aos 35, 73 e 105 DAT; número de folhas, aos 35 e 73 DAT e as taxas de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule nos períodos de 8 – 35; 8-73 e 8-105 DAT. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando o SISVAR. O aumento da salinidade da água de irrigação causou redução nas trocas gasosas do maracujazeiro amarelo, aos 61 e 96 DAT, sendo afetadas a taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática e eficiência intrínseca da carboxilação e também diminuiu o diâmetro do caule aos 35, 73 e 105 DAT e a taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule no período de 8 a 105 DAT. O incremento nas concentrações de peróxido de hidrogênio não exerceu influência sobre as trocas gasosas e o crescimento do maracujazeiro amarelo. Ocorreu interação significativa entre os fatores salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio sobre o número de folhas, aos 35 DAT.

Palavras-chaves: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. Enzima antioxidante. Salinidade.

MORPHOPHYSIOLOGY OF YELLOW PASSION FRUIT IRRIGATED WITH SALINE WATER AND EXOTIC APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the yellow passion fruit morphophysiology, cultivated under different levels of irrigation water salinities and exogenous application of hydrogen peroxide. The experiment was conducted in a greenhouse at the CTRN /UFCG, Campina Grande-PB municipality, using drainage lymphocytes filled with a Neo-Pollo Regollet Eutrophic with a sandy-loam texture. The experimental design was a randomized complete block design, in a 4 x 4 factorial scheme with three replications, with four levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.7, 1.4, 2.1 and 2.8 dS m⁻¹) and four concentrations of hydrogen peroxide (0, 20, 40 and 60 µM). The different concentrations of hydrogen peroxide were applied by imbibing the seed for a period of 24 hours and via the leaf by spraying the leaves on the adaxial and abaxial surfaces. Gaseous exchanges (internal CO₂ concentration, CO₂ assimilation rate, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency and intrinsic water use efficiency) were evaluated at 61 and 96 days after transplanting (DAT). The passion fruit growth was determined by stem diameter at 35, 73 and 105 DAT; number of leaves at 35 and 73 DAT and absolute and relative growth rates of stem diameter in the periods of 8-35; 8-73 and 8-105 DAT. The increase in the salinity of the irrigation water caused a reduction in the gas exchange of yellow passion fruit at 61 and 96 DAT, being the rate of assimilation of CO₂, perspiration, stomatal conductance and intrinsic efficiency of carboxylation affected, and also reduced the diameter of the stem at 35, 73 and 105 DAT and the absolute growth rate of stem diameter in the period from 8 to 105 DAT. The increase in the concentrations of hydrogen peroxide had no influence on the gas exchange and the growth of yellow passion fruit. There was significant interaction between irrigation water salinity x doses of hydrogen peroxide on the number of leaves at 35 DAT.

Key words: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. Antioxidant enzyme. Salinity.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f.) é originária da América Tropical, com mais de 150 espécies nativas do Brasil, intensamente cultivada em países de clima tropical e subtropical (FALEIRO; FARIAS NETO; RIBEIRO JÚNIOR, 2008). No Brasil, o maracujazeiro amarelo em 2016 foi cultivado em 49.889 ha, tendo sido colhido 703.489 t, com rendimento de 14,10 t/ha (IBGE, 2016), sendo o Brasil o maior produtor e consumidor mundial de maracujá, devido principalmente as condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo desta fruteira (JUNGHANS; JESUS, 2017).

Destacando-se com maior produção nacional: Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais e Pará (JUNGHANS; JESUS, 2017). O Estado da Paraíba, no ano de 2016, teve área colhida de 850 ha, produzindo 7.893 t, com rendimento de 9,29 t/ha (IBGE, 2016). Nos últimos anos, em função da sua relevância socioeconômica nas médias e pequenas propriedades, o maracujazeiro amarelo se concretizou como uma das mais importantes frutícolas brasileiras (FREIRE *et al.*, 2013).

No cultivo do maracujazeiro, a irrigação proporciona ganhos quantitativos e qualitativos, em razão de incrementos nos níveis de produtividade, uniformidade, continuidade de produção e melhorias nos atributos externos e internos dos frutos (Freire *et al.*, 2010). Entretanto, na região semiárida do Nordeste brasileiro, é comum a ocorrência de águas com elevados teores de sais, tornando-se um obstáculo para o estabelecimento dos cultivos nesta região (CAVALCANTE *et al.*, 2011), devido ao excesso de sais na água de irrigação ocasionar diversos efeitos sobre as plantas, destacando-se: o osmótico, proveniente da diminuição do potencial osmótico da solução do solo; o desbalanceamento nutricional, devido à elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes; e o efeito tóxico de íons, particularmente o cloro e sódio (BOSCO *et al.*, 2009).

Neste contexto, diversas pesquisas foram desenvolvidas e destacam os reflexos negativos da salinidade sobre a cultura do maracujazeiro, como por exemplo, Freire *et al.* (2012) em trabalho sobre o crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e biofertilização em ambiente protegido submetido a restrições hídricas, que constataram inibição do crescimento das plantas independentemente da adição de biofertilizante.

De forma semelhante, Freire *et al.* (2014), em pesquisa sobre rendimento quântico e trocas gasosas de maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta, observaram reduções da condutância estomática, taxa transpiratória, aumento da

concentração interna de CO₂ nas folhas e comprometimento da taxa de assimilação líquida. Contudo, em ambas as pesquisas desenvolvidas foi estudado apenas o efeito da água salina associada a utilização de biofertilizante. Desta forma, é de suma importância o desenvolvimento de estudos que tenham como propósito buscar outras alternativas, visando minimizar os efeitos negativos do uso de água com níveis elevados de sais sobre as culturas.

Dentre os mecanismos utilizados na atenuação do estresse salino sobre as plantas, destaca-se a aclimação, que consiste em um processo no qual a exposição prévia de um indivíduo a um determinado tipo de estresse provoca mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse (GORDIN *et al.*, 2011). Dessa forma, a aplicação exógena de pequenas concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) surge como alternativa na aclimação viável para minimização dos problemas ocasionados pelo estresse salino, pois pesquisas realizadas reportam ação benéfica da aplicação de pequenas doses de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), conforme relatam Azevedo Neto *et al.* (2005) em pré-tratamento de plântulas de milho, e Wahid *et al.* (2007) em pré-tratamento de sementes de trigo, na indução da tolerância a salinidade.

Na literatura não há relatos sobre a utilização de peróxido de hidrogênio na cultura do maracujazeiro amarelo. Assim, devido à importância socioeconômica da cultura nas diversas regiões produtoras do Brasil e os efeitos ocasionados pela salinidade, especialmente no Nordeste brasileiro, é fundamental a identificação de técnicas que favoreçam o seu cultivo em condição de semiárido. Pelo exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio sobre a morfofisiologia do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida sob condições de casa-de-vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada em Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas 7°15'18" latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550 m. Segundo a classificação climática de Köppen aplicada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), o clima de Campina Grande – PB é do tipo CSa, que significa um clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 4 x 4, cujos tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0; 20; 40 e 60 µM), com três repetições, perfazendo um total de quarenta e oito unidades experimentais. Os diferentes níveis de salinidades da água foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, predominante em fontes de água comumente utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (MEDEIROS, 1992), ajustando-as às concentrações da água de abastecimento disponível. As fontes dos sais utilizadas foram o cloreto de sódio, de cálcio e de magnésio.

No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 * \text{mmol}_e \text{ L}^{-1} = \text{CEa dS m}^{-1}$), extraída de Richards (1954). Após preparação e calibração da CEa, utilizando-se de um condutivímetro portátil, as águas foram armazenadas em vasos plásticos de 200 L de capacidade, um para cada nível de CEa, devidamente protegidos, de modo a se evitar a evaporação, a entrada e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade. Já as aplicações das diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio foram feitas via embebição de sementes na fase de formação de mudas (que não foi objetivo de estudo dessa pesquisa) e via pulverização foliar, nas faces adaxial e abaxial, realizada em intervalos de 15 dias, até a fase de floração (momento em que cada parcela possuía pelo menos uma flor aberta), utilizando-se um pulverizador costal.

Foram utilizadas sementes da variedade de maracujazeiro amarelo, tradicionalmente cultivado no município de Nova Floresta – PB; e conhecido vulgarmente como Guinezinho, devido a pintas presentes na casca dos frutos semelhantes às existentes nas penas de uma ave conhecida como galinha guiné (MEDEIROS *et al.*, 2016); essas sementes foram oriundas de

frutos de um pomar comercial, obtidas de plantas submetidas à seleção massal do referido município, sendo a padronização de plantas baseadas no vigor e sanidade.

Para obtenção das mudas foram semeadas 4 sementes em citropotes com capacidade de 6 dm³, preenchidos com substrato, proveniente da mistura de 84% de solo, 15% de areia lavada e 1% de composto orgânico (húmus de minhoca) até a quantidade de 5,6 dm³. Após emergências das plântulas, que ocorreu aos 7 dias após o semeio, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente (a que apresentava o maior vigor fisiológico), quando tinha atingido 10 cm de comprimento do ramo principal. Ressalta-se que, desde o semeio, a irrigação foi realizada com a respectiva água salina. Já as distintas concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas e via foliar pela pulverização das folhas nas faces adaxial e abaxial desde o período de formação das mudas.

Aos 65 dias após o semeio, momento em que as plantas tinham aproximadamente 35 cm de comprimento do ramo principal, foram transplantadas para vasos plásticos, adaptados como lisímetros de drenagem com capacidade de 100 L, preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita seguida de 100 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado, proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca - PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Claessen (1997).

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2, 5)	M.O. dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺(cmol _c kg ⁻¹)	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST (%)	CEes (dS m ⁻¹)
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe	Umidade		AD	Porosidade	DA	DP
Areia	Silte	Argila	textural	33,42	1519,5		total	(kg dm ⁻³)	
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O – 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 utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas.

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Cada lisímetro foi perfurado na base para permitir a drenagem, onde foi acoplado um dreno transparente de 4 mm de diâmetro, cuja extremidade dentro do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar sua obstrução com material de solo. Abaixo de cada dreno colocou-se uma garrafa plástica para a coleta de água drenada visando estimativa do consumo de água pela planta. O solo foi coletado no campo na profundidade de 0-30 cm (horizonte A).

No cultivo foi estabelecido o espaçamento de 1,50 m entre fileiras e 2,20 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira com arame liso n° 14, instalado dentro da casa-de-vegetação, a 2,40 m do piso e 1,60 m do solo do lisímetro. Essa espaldeira deu sustentação às plantas de maracujazeiro. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 1,70 m foi efetuada a poda da gema apical, visando à emissão dos ramos secundários, onde foram conduzidos um para cada lado na espaldeira até o comprimento de 1,10 m, momento no qual foi efetuada nova poda da gema apical, visando a emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até 30 cm do solo, os quais formaram uma cortina e emitiram as inflorescências, que originaram os frutos. Ao longo da condução do experimento foi realizada a eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura. Por se tratar de um ambiente fechado (casa -de -vegetação), a polinização foi realizada de forma artificial a partir das 12 horas.

Antes do transplante foi determinado o volume de água necessário para o solo atingir a capacidade de campo, aplicando-se água de acordo com os tratamentos estabelecidos. Após o transplante, a irrigação foi realizada diariamente às 17 horas, aplicando-se em cada lisímetro

a água, conforme tratamento, de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo a quantidade a ser aplicada determinada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,15.

A adubação foi realizada conforme São José (2000), aplicando-se em fundação 250 g de superfosfato simples e 100 g de cloreto de potássio, e em cobertura no início da floração (116 DAT), foram aplicados 150 g de superfosfato simples por planta. Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, também em cobertura, conforme Santos (2001), utilizando o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, como fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente. Na fase vegetativa da cultura, utilizou-se a razão de 1N:1K tomando como referência 10 g de nitrogênio, a partir do início da floração a dose de N foi elevada para 20 g e a de K para 30 g, aumentando a proporção N:K de 1:1,5.

Avaliaram-se os efeitos dos tratamentos sobre o maracujazeiro através das variáveis fisiológicas: taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), concentração interna de CO₂ (*C_i*), a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) (*A/E*) e a eficiência instantânea da carboxilação (EICI) (*A/C_i*), aos 61 e 96 dias após o transplante (DAT), usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda.

O crescimento do maracujazeiro foi avaliado aos 35, 73 e 105 DAT, através da determinação do diâmetro do caule (DC), utilizando-se um paquímetro e o número de folhas (NF), por meio da contagem, desconsiderando as folhas menores que 2 cm, obtendo-se, a partir destes dados as taxas de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc) nos intervalos de 8 a 35, 8 a 73 e 8 a 105 DAT, adaptando-se procedimentos contidos em Benincasa (2003), conforme as Equações 1 e 2.

$$TCAdc = \frac{(DC_2 - DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$TCRdc = \frac{(\ln DC_2 - \ln DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

Em que:

TCAdc = taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (mm dia⁻¹),

DC₁ = diâmetro do caule (mm) no tempo t₁,

DC₂ = diâmetro do caule (mm) no tempo t₂,

TCRdc = Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (mm mm⁻¹ dia⁻¹),

ln = logaritmo natural

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2011). Quando ocorreu heterogeneidade nos dados, verificados através dos valores de coeficiente de variação, foi realizada análise exploratória dos dados, com transformação de dados em \sqrt{X} .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 2 influência significativa dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre as variáveis taxa de assimilação de CO₂ e transpiração aos 61 e 96 DAT, a condutância estomática aos 61 DAT e eficiência instantânea da carboxilação aos 96 DAT; não constatou-se efeito significativo das concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), como também não foi verificado efeito significativo da interação entre os fatores (NS x H₂O₂) para as variáveis de trocas gasosas analisadas.

Tabela 2: resumo do teste F para as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ (*ci*), eficiência instantânea da carboxilação (EICI) e eficiência instantânea no uso da água (EiUA), do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 61 e 96 dias após o transplantio.

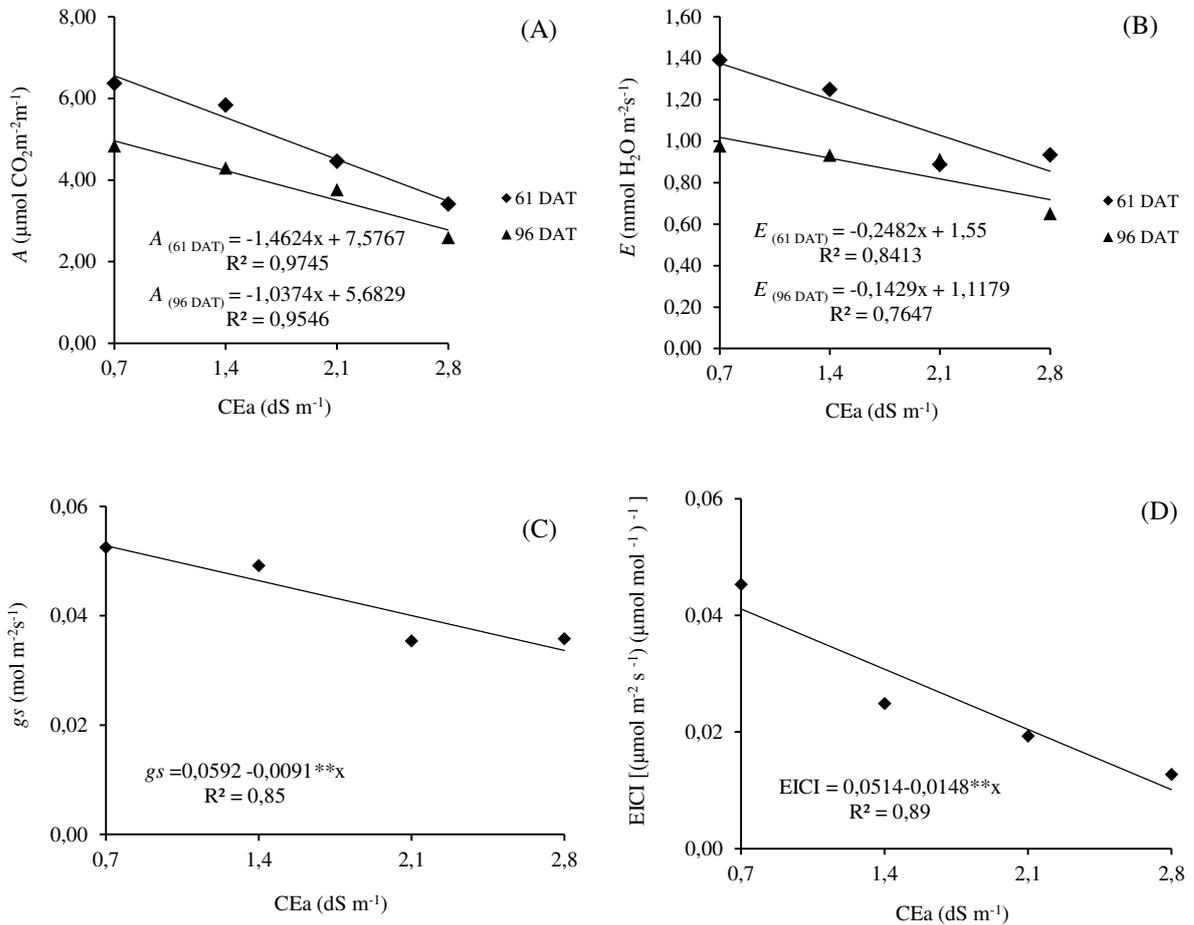
Fonte de Variação	Teste F													
	<i>A</i>		<i>E</i>		<i>ci</i>		<i>gs</i>		EUA		EICI		EiUA	
	Dias após o Transplantio													
	61	96	61	96	61	96	61	96	61	96	61	96	61	96
Níveis salinos (NS)	**	**	**	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Reg. Linear	**	**	**	*	ns	*	**	ns	ns	*	ns	**	ns	*
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Concentrações de H ₂ O ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	27,8	26,2	24,9	32,6	33,1	30,9	32,2	41,7	25,0	33,3	41,8 ¹	34,9 ¹	27,1	37,4

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$. ¹ valor ajustado a \sqrt{x} .

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

A irrigação, com água de níveis de salinidade crescentes, afetou negativamente a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a transpiração (*E*) aos 61 e 96 DAT; a condutância estomática (*gs*) aos 61 DAT e a eficiência intrínseca da carboxilação (EICI) do maracujazeiro amarelo aos 96 DAT. Conforme equação de regressão (Figura 1A, 1B, 1C e 1D) verificou-se resposta linear decrescente com redução de 19,31 e 18,26% na *A*; 16,02 e 12,79% na *E*; 15,38% na *gs* e 28,8% na EICI, por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, as plantas quando foram irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹, tiveram redução de 47,0 e 44,00% na *A*; 38,0 e 29,40% na *E*; 37,0% na *gs* e 75, 67% na EICI, em comparação com as plantas que receberam água de 0,7 dS m⁻¹.

Figura 1: taxa de assimilação de CO₂ - A (A) e transpiração - E (B) aos 61 e 96 DAT, condutância estomática - *g_s* (C) aos 61 DAT e eficiência intrínseca da carboxilação - EICI (D) aos 96 DAT, do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Essas diminuições podem ser reflexos do efeito osmótico ocasionado pelo excesso de sais na água de irrigação, promovendo aumento da concentração de sais no solo, o que dificulta a absorção de água pelas raízes das plantas, levando a planta de maracujazeiro a diminuir sua abertura estomática para evitar a perda de água, conseqüentemente, reduzindo a transpiração e também a taxa fotossintética. Em pesquisa sobre rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta, Freire *et al.* (2014) encontraram resultados contraditórios no início da fase de floração (92 DAT), sendo que o aumento da salinidade não exerceu influência sobre taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E) e condutância estomática (*g_s*). Em contrapartida, ao final do experimento, os mesmos autores registraram reduções nas variáveis citadas anteriormente à medida que elevou

a salinidade da água de irrigação, destacando que o estresse salino reduz a taxa de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática em maracujazeiro amarelo.

De acordo com Neves *et al.* (2009) a redução da condutância estomática pode ser decorrente do efeito osmótico, associado ao acúmulo de sais no solo, e também da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino. Com redução da condutância estomática, conseqüentemente, a taxa de assimilação líquida de CO₂ e taxa de transpiração serão afetadas, pois essas variáveis estão diretamente relacionadas. Silva *et al.* (2010) destaca 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.

No que diz respeito a eficiência intrínseca da carboxilação (EICI), por expressar relação entre a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a concentração interna de CO₂ (*C_i*), sua redução observada aos 96 DAT, pode ser justificada, apesar de não significativa, pela tendência de aumento da *c_i* de 169,91 para 221,91 μmol mol⁻¹ e redução de *A* de 4,83 para 2,58 μmol CO₂ m⁻² m⁻¹, à medida que aumentou a salinidade da água de irrigação. Freire *et al.* (2014) constataram aumento da *c_i* em plantas de maracujazeiro sobre estresse salino, numa avaliação ao final do experimento (214 DAT), atribuíram ser reflexo dos efeitos negativos da salinidade excessiva no metabolismo do carbono nas plantas. De acordo com Larcher (2006), valores elevados na *c_i* no interior das folhas indicam que o CO₂ não está sendo utilizado para a síntese de açúcares pelo processo fotossintético, com acúmulo deste gás, indica-se que algum fator não estomático está interferindo nesse processo.

Observa-se na Tabela 3, efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação (NS) sobre o diâmetro do caule aos 35, 73 e 105 DAT e sobre o número de folhas aos 35 DAT; entretanto, não constatou-se influência significativa das concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) sobre as variáveis avaliadas em nenhuma época de avaliação. Contudo, houve efeito significativo da interação entre os fatores (NS x H₂O₂) sobre o NF aos 35 DAT.

Tabela 3: resumo do teste F para ao diâmetro de caule (DC) e número de folha (NF) do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e sob aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) aos 35, 73 e 105 dias após o transplantio.

Fonte de variação	Teste F				
	DC			NF	
	Dias após o Transplantio				
	35	73	105	35	73
Níveis salinos (NS)	**	*	**	**	ns
Regressão Linear	**	*	**	ns	-
Regressão Quadrática	ns	ns	ns	**	-
Concentrações de H ₂ O ₂	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	ns	ns	**	ns
Bloco	**	ns	ns	*	ns
CV (%)	10,71	10,74	11,29	11,36	27,64

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$. ¹ valor ajustado a \sqrt{x} .

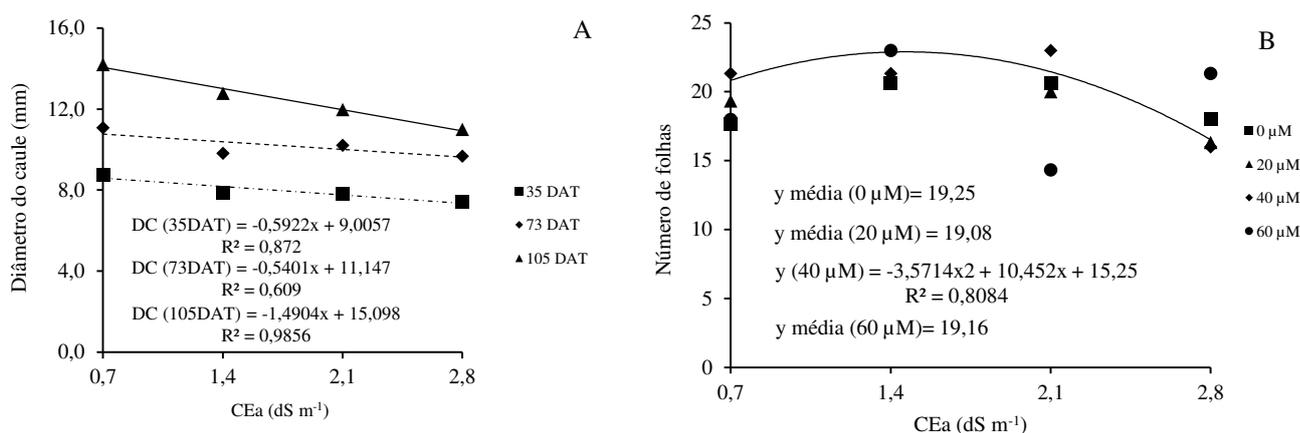
Fonte: dados da pesquisa, 2018.

O diâmetro do caule avaliado aos 35, 73 e 105 DAT, foi afetado negativamente pelo aumento dos níveis salinos da água de irrigação e, conforme equação de regressão (Figura 3A, 3B e 3C), constatou-se resposta linear decrescente com reduções de 6,58; 4,85 e 9,89%, respectivamente, ou seja, as plantas quando irrigadas com águas de 2,8 dS m⁻¹, tiveram reduções de 14,48; 10,53 e 22,3% em comparação com as plantas que receberam água de 0,7 dS m⁻¹. Essas reduções podem ser reflexos dos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, principalmente Na e Cl nas células e a redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, ou seja, efeitos diretos e indiretos (MARÇAL, 2011). Munns; Tester (2008) relatam que à medida que a salinidade do solo aumenta, a disponibilidade de água para a cultura diminui, havendo a necessidade de maior gasto metabólico de energia, na tentativa de maximizar a absorção de água do solo, inibindo o crescimento vegetativo das culturas, o que pode ter ocorrido com o maracujazeiro nesse estudo.

Oliveira *et al.* (2015) em trabalho avaliando a interação entre a salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, observaram diminuição no diâmetro caulinar das plantas à medida que se elevaram os níveis de salinidade da água de irrigação até 3,5 dS m⁻¹. O mesmo foi constatado por Cavalcante *et al.* (2005) em pesquisa sobre resposta do maracujazeiro amarelo à salinidade da água sob diferentes formas de plantio, utilizando níveis de salinidade de até 2,5 dS m⁻¹. Em trabalho sobre produção de mudas de

maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas (CEa variando de 0,3 a 3,2 dS m⁻¹), Araújo *et al.* (2013), também observaram diminuição do diâmetro caulinar à medida que aumentou a salinidade da água até 3,2 dS m⁻¹.

Figura 2: diâmetro do caule – DC (A) do maracujazeiro amarelo, em função da irrigação com águas salinas – CEa, aos 35, 73 e 105 dias após o transplântio e interação entre os níveis de CEa e concentrações de peróxido de hidrogênio para o número de folhas (B), aos 35 DAT.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Aos 35 DAT verifica-se, conforme equações de regressão (Figura 3B), efeito significativo apenas na concentração de 40 μM, cujo modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, obtendo-se o maior valor estimado para NF (22,892) quando as plantas foram irrigadas com água de 1,5 dS m⁻¹, a partir desse nível ocorreram reduções no NF do maracujazeiro. Deste modo, fica evidenciado que o efeito do estresse salino sobre o maracujazeiro foi intensificado à medida que se elevaram os níveis salinos da água de irrigação. Tal situação pode ser atribuída ao fato de que o peróxido de hidrogênio, em concentrações elevadas, pode promover estresse oxidativo sobre a cultura e, como consequência, ocasionar alterações na homeostase celular. Para as demais concentrações de peróxido de hidrogênio não foi possível o ajuste por nenhum modelo de regressão, contudo, obtiveram valores médios para NF de 19,25; 19,08 e 19,16 folhas, respectivamente, para as plantas cultivadas com 0, 20 e 60 μM.

Constata-se, com base nos resultados (Tabela 4), a ocorrência de efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre a TCAdc no período de 8 a 105 DAT. Para as concentrações de peróxido de hidrogênio não houve influência significativa sobre as TCAdc e

TCRdc nos períodos avaliados; como também não ocorreu interação significativa entre os fatores NS x H₂O₂ em nenhuma época de avaliação.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc) do diâmetro do caule (DC), do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nos períodos de 8 a 35; 8 a 73 e 8 a 105 dias após o transplântio.

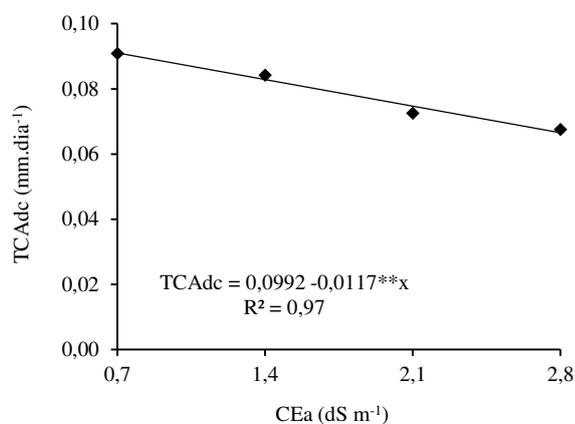
Fonte de variação	Teste F					
	TCAdc			TCRdc		
	Dias após o Transplântio					
	8 - 35	8 -73	8 -105	8 - 35	8-73	8-105
Níveis salinos (NS)	ns	ns	**	ns	ns	ns
Regressão Linear	ns	ns	**	ns	ns	ns
Regressão Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Concentrações de H ₂ O ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	29,92	21,34	18,86	26,53	17,63	14,74

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$. ¹ valor ajustado a \sqrt{x} .

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

A irrigação com águas salinas afetou de forma negativa a TCAdc do maracujazeiro no período de 8 a 105 DAT. Conforme equação de regressão (Figura 4) verifica-se resposta linear decrescente com redução de 11,8% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, as plantas quando irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹, tiveram diminuição de 27% na TCAdc, em comparação com as plantas que receberam CEa de 0,7 dS m⁻¹. Segundo Neves *et al.* (2008) o contato das raízes com o meio adversamente salino contribui para maior e mais rápida absorção de sais que provocam depressividade a todos os órgãos das plantas, inclusive o caule.

Figura 3: taxa de crescimento absoluto para diâmetro de caule – TCAdc do maracujazeiro amarelo, em função da irrigação com águas salinas – CEa, no período de 8 a 105 DAT.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Trabalhando com irrigação utilizando água salina em solo com biofertilizante bovino, no crescimento do maracujazeiro amarelo, Dias *et al.* (2013) verificaram que a taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule reduziu significativamente em condutividade elétrica da água de irrigação acima de 1,5 dS m⁻¹, até os 157 dias após o transplante. Mesquita *et al.* (2012) também constataram declínio das taxas de crescimento para diâmetro do caule de mudas de maracujazeiro à medida que aumentou a salinidade das águas de irrigação.

CONCLUSÕES

O incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação promove redução nas trocas gasosas aos 61 e 96 dias após o transplante, sendo a taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática e a eficiência instantânea da carboxilação às variáveis afetadas.

A irrigação com águas salinas inibe o crescimento em diâmetro do caule aos 35, 73 e 105 dias após o transplante e a taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule do maracujazeiro no período de 8 a 105 dias após o transplante.

As concentrações de peróxido de hidrogênio não exercem influência sobre a morfofisiologia do maracujazeiro amarelo.

A dose de 40 µM de H₂O₂ atenua os efeitos da salinidade da água de irrigação de até 1,5 dS m⁻¹ sobre o número de folhas do maracujazeiro amarelo.

Há interação significativa entre os fatores relacionados aos níveis de salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio apenas sobre o número de folhas aos 35 dias após o transplante.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, W. L. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigadas com água salina. **Agropecuária científica no semiárido**, Patos, v. 9, n. 4, 2013, p. 15-19.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, 1949, p.1-15.
- AZEVEDO NETO, A.D. *et al.* Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.10, 2005, p.1114- 1122.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BOSCO, M.R.O. *et al.* Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, 2009, p. 157-164.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Boletim DPFS, EPE-MA, 15 – Pedologia, 8. I – Levantamento exploratório, reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II – Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: A/CONTAP/USAID/BRASIL. 1972. 683p.
- CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32p.
- CAVALCANTE, L.F. *et al.* Resposta do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) ao manejo e salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 23, n. 1/2. 2002, p. 27-33.
- CAVALCANTE, L.F. *et al.* Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, supl. 1, 2011, p. 699-705.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, p.212, 1997. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- DIAS, T.J. *et al.* Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, 2011, p. 644-651.
- DIAS, T.J. *et al.* Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, 2012, p. 2905-2918.
- DIAS, T.J. *et al.* Irrigação com água salina em solo com biofertilizante bovino no crescimento do maracujazeiro amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, 2013, p. 1639-1652.
- FAGERIA, N.K.; SOARES FILHO, W.S.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Básicos e aplicados**. INCTSal, 2010, cap 13, p.205-216.

FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.E.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q. **Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios**. 1ª ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, 2011, p.1039-1042.

FREIRE, J. L.O. *et al.* Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, 2010, p. 102-110.

FREIRE, J.L.O.*et al.* Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, 2013, p. 57-70.

FREIRE, J. L.O. *et al.* Teores de micronutrientes no solo e no tecido foliar do maracujazeiro amarelo sob uso de atenuantes do estresse salino. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, 2015, p. 65-81.

FREIRE, J.L. O. *et al.* Crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e biofertilização em ambiente protegido contra perdas hídricas. **Holos**, v.4, 2012, p.55-68.

FREIRE, J.L.O. *et al.* Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v. 24, 2011, p. 82-91.

FREIRE, J.L.O. *et al.* Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, 2014, p. 82-91.

GORDIM, F.A. *et al.* Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 373-388, 2011.

IBGE - **Produção Agrícola Municipal**, 2016. Acessado em 14/04/2018.

Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 533p. 1985.

JUNGHANS, T.G.; JESUS, O.N. **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 341 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. Ed. Rima Artes e Textos, 2006. 532p.

MARÇAL, J.A. **Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica**. Areia, 2011, 80 f. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MENDONÇA, V. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v.19, n. 1, 2006, p. 65-70.

MESQUITA, F.O. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro amarelo submetidas à salinidade em solo com biofertilizante bovino. **Ciencia del Suelo**, v. 30, p. 31-41. 2012.

MORGADO, M.A.D. *et al.* Estimativa da área foliar por método não destrutivo, utilizando medidas lineares das folhas de espécies de Passiflora. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.5, 2013, p.662-667.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. v.59, n.1, 2008, p.651-681.

NAKATA, H.; COELHO, M.A. **Geografia geral**: Geografia física, geografia humana e geografia econômica. Ed. Moderna, São Paulo, 1978. 257p.

NEVES, A.L.R. **Irrigação do feijão-de-corda com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento e seus efeitos na planta e no solo**. Fortaleza: UFC, 2008. 119 f. Dissertação de Mestrado.

NEVES, A.L.R. *et al.* Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, 2009, p.873-881.

OLIVEIRA, F.A. *et al.* Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Com. Sci.**, v.6, 2015, p.471-478.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.

SANTOS, J.B. **Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio: magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo**. Universidade Federal da Paraíba, 2001. 88 f. Dissertação de Mestrado.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* **Maracujá**: Práticas de cultivo e comercialização. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2000. 316p. SILVA, E.N. *et al.* Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha* plants. **Journal of Arid Environments**, v. 74, 2010, p. 1130-1137.

WAHID, A. *et al.* Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheatseedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 03, 2007, p. 283-294.

CAPÍTULO III

**RENDIMENTO QUÂNTICO, PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E FITOMASSAS
DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE H₂O₂**

RENDIMENTO QUÂNTICO, PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS E FITOMASSAS DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE H₂O₂

Resumo: O sucesso do cultivo de maracujazeiro na região semiárida do Nordeste brasileiro está condicionado à capacidade da cultura em desenvolver-se sob condições de estresse salino, fazendo-se necessário identificar técnicas capazes de amenizarem os efeitos deletérios ocasionados pela irrigação com águas de elevada salinidade. Neste sentido, objetivou-se avaliar o rendimento quântico, os pigmentos fotossintéticos e as fitomassas do maracujazeiro amarelo, cultivado sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do CTRN/UFCG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4 com três repetições, os quais consistiram de quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 20, 40 e 60 µM). A irrigação com água de CEa a partir de 1,4 dS m⁻¹ comprometeu a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos e a produção de fitomassa do maracujazeiro amarelo. A aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração de 20 µM promoveu os maiores valores para fluorescência variável e máxima e conteúdo de carotenoides constituindo-se como alternativa para aclimação do maracujazeiro. O fornecimento de H₂O₂ em concentração superior a 20 µM intensificou o estresse salino sobre o maracujazeiro.

Palavras chave: *Passiflora edulis*. Peróxido de hidrogênio. Salinidade. Aclimação.

QUANTUM YIELD, PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND PHYTOMASS OF PASSION FRUIT UNDER SALT STRESS AND APPLICATION OF H₂O₂

Abstract: The success of passion fruit cultivation in the semi-arid region of northeastern Brazil is conditioned by the ability of the crop to develop under conditions of saline stress, as well as the development of techniques capable of mitigating the deleterious effects caused by irrigation with high salinity waters. In this sense, the objective of this work was to evaluate the quantum yield, photosynthetic pigments and phytomasses of yellow passion fruit, cultivated under different levels of irrigation water salinity and exogenous application of hydrogen peroxide. The research was conducted in a greenhouse of CTRN/UFCG. The experimental design was a randomized complete block design, in a 4 x 4 factorial scheme with three replications, which consisted of four levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.7, 1.4, 2.1 and 2, 8 dS m⁻¹) and four concentrations of hydrogen peroxide (0, 20, 40 and 60 µM). Irrigation with CEa water from 1.4 dS m⁻¹ compromised photochemical efficiency, photosynthetic pigments and phytomass production of yellow passion fruit. The application of hydrogen peroxide in the concentration of 20 µM promoted the highest values for variable and maximum fluorescence and carotenoid content constituting as an alternative for acclimatization of passion fruit. The supply of H₂O₂ in a concentration greater than 20 µM intensified saline stress on passion fruit.

Keywords: *Passiflora edulis*. Hydrogen peroxide. Salinity. Acclimatization.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo possui grande potencial de produção devido à grande diversidade a condições edafoclimáticas e diferentes ciclos de produção (SOUZA; RIBEIRO, 2016). Nativo da América tropical, ele é cultivado e processado em todos os países do mundo. No Brasil é cultivado de norte a sul, com produção total de 703.489 toneladas de frutas em uma área de 50.204 ha, destacando-se a região Nordeste como principal produtor deste fruto, com uma produção de 489.898 toneladas, sendo responsável por 69,64% da produção nacional (IBGE, 2016).

Apesar da representatividade produtiva desta cultura na região Nordeste, esta apresenta rendimento de 13,32 t ha⁻¹, inferiores aos obtidos nas regiões Sudeste e Centro-oeste com produtividades de 18,23 e 16,83 t ha⁻¹, respectivamente, evidenciando, com isto, o incremento produtivo advindo das tecnologias produtivas adotadas nestas regiões, bem como a necessidade de práticas que aperfeiçoem a produção no semiárido do Nordeste brasileiro (IBGE, 2016).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro é comum a ocorrência de águas com elevada concentração de sais, cuja composição varia de acordo com a geologia local e o tipo de fonte de água sendo encontradas, com facilidade, águas ricas em sódio, cálcio e magnésio. Além disso, à alta evapotranspiração e a baixa precipitação contribuem com o aumento na concentração salina destas águas. Em geral, a utilização de águas salinas provoca efeitos deletérios nas culturas, sendo o maracujá-amarelo considerado sensível à ação dos sais (AYERS; WESTCOT, 1999). De acordo com Freire *et al.* (2014) a utilização de águas salinas na irrigação do maracujazeiro amarelo pode levar a diminuição do crescimento da planta, no peso e no volume de polpa, murcha e, finalmente, queda de frutos, afetando a produtividade.

Desta forma, a utilização de estratégias capazes de amenizarem os efeitos decorrentes do estresse salino sobre a cultura do maracujazeiro amarelo é de suma importância, dentre elas destaca-se a aclimação induzida, que consiste em exposição prévia de um indivíduo a um determinado estresse, provocando mudanças metabólicas responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse (GONDIM *et al.*, 2011).

Uma alternativa, visando à aclimação induzida das plantas ao estresse salino, que recentemente vem ganhando destaque, é a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) cuja a aplicação de concentrações adequadas tem função sinalizadora intracelular para a ativação de respostas ao estresse (MITTLER, 2011). Resultados positivos da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio foram obtidos nas culturas do arroz (AZEVEDO NETO *et al.*, 2005;

CARVALHO *et al.*, 2011) e do milho (GONDIM *et al.*, 2010; GONDIM *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2016) submetidas ao estresse salino, reafirmando a capacidade desta ROS em induzir aclimação das plantas sob estresse.

Apesar da ação benéfica do peróxido de hidrogênio na indução da aclimação de plantas sob condições de estresse salino não há consenso sobre a concentração adequada, sobretudo, para a cultura do maracujazeiro amarelo. Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar o rendimento quântico, os pigmentos fotossintéticos e as fitomassas do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino e aplicação foliar de distintas concentrações de H₂O₂.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em lisímetros de drenagem sob condições de casa-de-vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 7°15'18" latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550 m. Segundo a classificação climática de Köppen aplicada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), o clima de Campina Grande – PB é do tipo CSa, que significa um clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 4 x 4, cujos os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação -CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentração de peróxido de hidrogênio (0; 20; 40 e 60 µM), com três repetições, perfazendo um total de quarenta e oito unidades experimentais. Os diferentes níveis de salinidades da água foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, relação predominante em fontes de água comumente utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (MEDEIROS, 1992), ajustando-as às concentrações da água de abastecimento disponível. As fontes dos sais utilizadas foram o cloreto de sódio, de cálcio e de magnésio.

No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (10*mmol_c L⁻¹= CEa dS m⁻¹), extraída de Richards (1954). Após preparação e calibração da CEa, utilizando-se de um condutivímetro portátil, as águas foram armazenadas em vasos plásticos de 200 L de capacidade, um para cada nível de CEa, devidamente protegidos, de modo a se evitar a evaporação, a entrada e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade. Já a aplicação das diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio foi feita via pulverização foliar, realizada em intervalos de 15 dias, até a fase de floração, (momento em cada parcela possuía pelo menos uma flor aberta), utilizando-se um pulverizador costal.

Foram utilizadas sementes da variedade de maracujazeiro amarelo, tradicionalmente cultivado no município de Nova Floresta – PB; conhecido vulgarmente como Guinezinho, devido a pintas presentes na casca dos frutos semelhantes às existentes nas penas de uma ave conhecida como galinha guiné (MEDEIROS *et al.*, 2016), essas sementes foram oriundas de

frutos de um pomar comercial, obtidas de plantas submetidas à seleção massal no município de Nova Floresta – PB, sendo a padronização de plantas baseadas no vigor e sanidade.

Para obtenção das mudas foram semeadas 4 sementes em citropotes com capacidade de 6 dm³, preenchidos com substrato, constituído da mistura de 84% de solo, 15% de areia lavada e 1% de composto orgânico (húmus de minhoca) até a quantidade de 5,6 dm³. Após emergências das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente (a que apresentava o maior vigor fisiológico), quando estas estavam com 10 cm de altura. Ressalta-se que, desde o semeio, a irrigação foi realizada com respectiva água salina. Já as distintas concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas e via foliar pela pulverização das folhas nas faces adaxial e abaxial desde o período de formação das mudas.

Aos 65 dias após a semeadura, momento no qual as plantas apresentavam aproximadamente 35 cm de comprimento do ramo principal, foram transplantadas para vasos adaptados como lisímetros de drenagem de 100 L de capacidade preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita seguido de 100 kg de Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Claessen (1997).

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas									
pH	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST	CEes
(H ₂ O)	dag kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	.....(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	(dS m ⁻¹)	
(1:2, 5)									
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe	Umidade (kPa)		AD	Porosidade	DA	DP
Areia	Silte	Argila	textural	33,42	1519,5		total	(kg dm ⁻³)	
				.....	dag kg ⁻¹	.....	%	
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O – 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 utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas.

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Cada lisímetro foi perfurado na base para permitir a drenagem, e acoplada a um dreno transparente de 4 mm de diâmetro. A extremidade do dreno que ficou dentro do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo. Abaixo de cada dreno colocou-se uma garrafa plástica para a coleta de água drenada visando estimativa do consumo de água pela planta.

Antes do transplante foi determinado o volume de água necessária para o solo atingir a capacidade de campo, aplicando-se água de acordo com os tratamentos estabelecidos. Após o transplante, a irrigação foi realizada diariamente às 17 horas, aplicando-se em cada lisímetro a água, conforme tratamento, de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo e evitar o acúmulo de sais no solo, sendo a quantidade a ser aplicada determinada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,15.

No cultivo foi estabelecido o espaçamento de 1,50 m entre fileiras e 2,20 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira com arame liso n° 14, instalado dentro da casa-de-vegetação, a 2,40 m do piso e 1,60 m do solo do lisímetro. Essa espaldeira deu sustentação as plantas de maracujazeiro. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuado a poda da gema apical, visando a emissão dos ramos secundários, onde foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,10 m.

Após os ramos secundários terem atingido tal comprimento, foi efetuada nova poda da gema apical, visando a emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até 30 cm do solo,

os quais formaram uma cortina e emitiram as inflorescências, que originaram os frutos. Ao longo da condução do experimento foi realizada a eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura. Por se tratar de um ambiente fechado (casa - de -vegetação), a polinização foi realizada de forma artificial (às 12 horas).

A adubação foi realizada conforme São José (2000), aplicando-se em fundação 250 g de superfosfato simples e 100 g de cloreto de potássio, e em cobertura no início da floração, foi aplicado 150 g de superfosfato simples por planta. Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, também em cobertura, conforme Santos (2001), utilizando o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, como fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente. Na fase vegetativa da cultura, utilizou-se a razão de 1N:1K tomando como referência 10 g de nitrogênio, a partir do início da floração a dose de N foi elevada para 20 g e a de K para 30 g, aumentando a relação N:K de 1:1,5.

Os efeitos dos tratamentos sobre a cultura do maracujazeiro amarelo foram mensurados aos 186 DAT, período de pleno florescimento e início da formação de frutos, através da determinação da fluorescência da clorofila *a*, pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*), carotenoides (Car), fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e total (FST). A fluorescência da clorofila *a* foi mensurada mediante determinação da fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e a eficiência quântica potencial (F_v/F_m) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante o uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre as 7:00 e 8:00 horas da manhã, na folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta, utilizando-se fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II®.

Os teores de clorofila *a* e *b* (g m^{-2}) foram determinados, seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), por meio de amostras de 5 discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice. A partir dos extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenóides nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações: Clorofila *a* (Cl *a*) = $12,21 \text{ ABS}_{663} - 2,81 \text{ ABS}_{646}$; Clorofila *b* (Cl *b*) = $20,13 \text{ A}_{646} - 5,03 \text{ ABS}_{663}$; Carotenóides totais (Car) = $(1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb})/198$.

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenóides nas folhas foram expressos em $\mu\text{m g}^{-1}$ de matéria fresca ($\mu\text{m g}^{-1}$ MF). Para a avaliação do acúmulo de fitomassa seca das plantas de maracujazeiro (FSC, FSF e FSPA) realizou-se o corte do caule de cada

planta rente ao solo aos 205 DAT e, posteriormente, colocou-se para secar em estufa com ventilação forçada de ar, a 65 °C, até a obtenção de massa constante.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2011). Quando ocorreu heterogeneidade nos dados, verificados através dos valores de coeficiente de variação, foi realizada análise exploratória dos dados, com transformação de dados em \sqrt{X} .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultado do teste F (Tabela 2), todas as variáveis analisadas foram influenciadas de forma significativa ($p < 0,05$) pelos níveis salinos da água de irrigação. Com relação as concentrações de peróxido de hidrogênio, constata-se diferença significativa sobre a fluorescência variável e máxima da clorofila *a*, além da eficiência fotoquímica do PS II e dos teores foliares de clorofila *b* e carotenoides. A interação entre os fatores níveis salinos e concentrações de H₂O₂, não proporcionou efeito significativo sobre nenhuma das variáveis estudadas, aos 186 e 205 dias após o transplântio.

Tabela 2: resumo do teste de F para a fluorescência inicial (F_o), variável (F_v) e máxima (F_m), eficiência quântica do PSII (F_v/F_m), clorofila *a* ($Cl a$), *b* ($Cl b$), carotenoides (Car) aos 186 DAT e para fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e total (FST) aos 205 DAT do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 .

Fonte de Variação	Teste de F									
	F_o	F_v	F_m	F_v/F_m	$Cl a$	$Cl b$	Car	FSF	FSC	FST
Níveis salinos (NS)	*	*	**	**	**	*	**	**	**	**
Regressão linear	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Concentrações de H_2O_2 (H_2O_2)	ns	*	**	*	ns	**	*	ns	ns	ns
Regressão linear	ns	*	*	*	ns	**	*	ns	ns	ns
Regressão quadrática	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
Interação (NS x H_2O_2)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,3	14,7	6,62	10,8	12,9	16,0	15,8	11,4	14,5	14,9

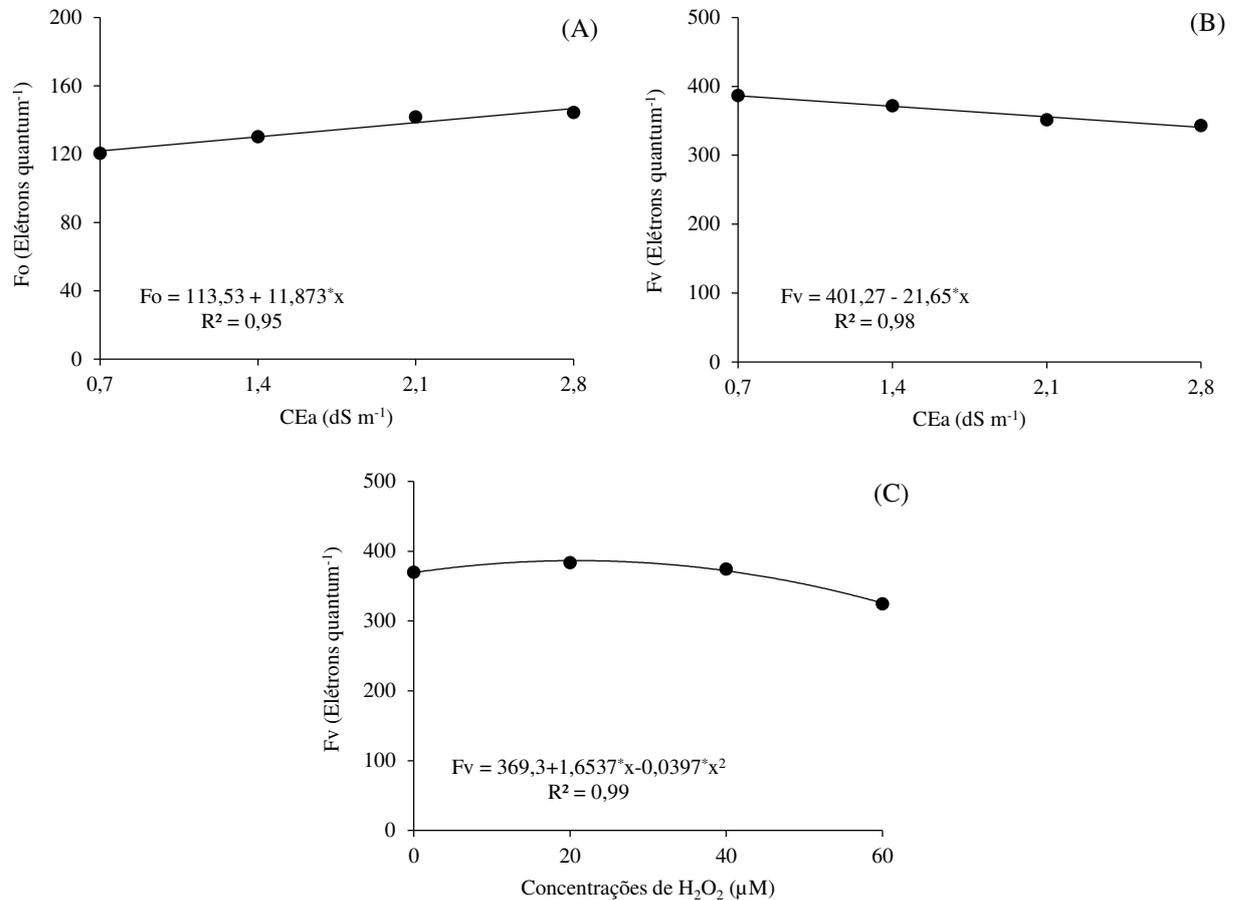
ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

A irrigação com água de salinidades crescentes influenciou significativamente a fluorescência inicial e variável, e através das equações de regressão (Figura 1A e 1B), constata-se que as plantas de maracujazeiro apresentaram comportamento linear crescente para F_o e decrescente para F_v . Conforme estimativa obtida através das equações de regressão (Figura 1A e 1B), nota-se que as plantas de maracujazeiro, ao serem submetidas a CEa de $2,8 \text{ dS m}^{-1}$, apresentaram incremento na fluorescência inicial de 16% e declínio na F_o de 11,7% da F_v em relação as plantas irrigadas com água de menor nível salino ($0,7 \text{ dS m}^{-1}$).

Os resultados obtidos para F_o sugerem que os níveis de CEa estudados promoveram danos no aparelho fotossintético das plantas de maracujazeiro, comprometendo o PSII, pois, as plantas submetidas à estresses tendem a aumentar a fluorescência inicial. Tal situação é um indicativo de dano no complexo de coleta de luz (LHCII), o qual é responsável pela transferência de energia de excitação ao centro de reação do PSII, ou mesmo uma separação entre o centro de reação e o LHCII (CRUZ *et al.*, 2009). Ao submeter o maracujazeiro amarelo ao estresse salino, em consonância com este estudo, Freire *et al.* (2014) observaram redução de 9,6% na F_v das plantas submetidas a irrigação com água salina. Os referidos autores atribuíram esta redução a ocorrência de danos no PSII das plantas de maracujazeiro.

Figura 1: fluorescência inicial - F_o (A) e variável - F_v (B) do maracujazeiro amarelo, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação - CEa e fluorescência variável - F_v (C) em função das concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 , aos 186 dias após o transplante.



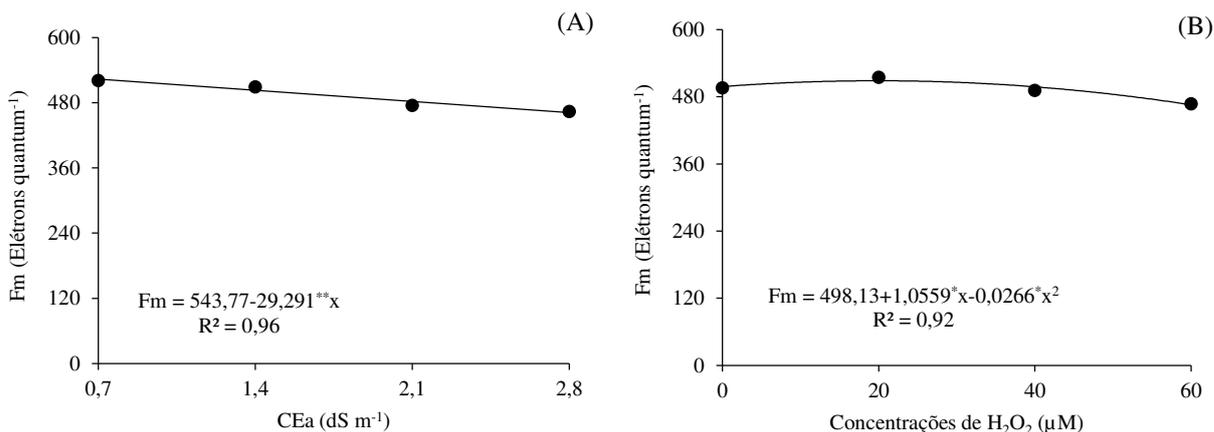
Fonte: dados da pesquisa, 2018.

A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio afetou de forma significativa a F_v do maracujazeiro amarelo e, conforme se observa na Figura 1C, os dados obtiveram o melhor ajuste com o modelo quadrático. Através da equação de regressão de equação (Figura 1C), observa-se que o valor máximo estimado para F_v ($386,52 \text{ elétrons quantum}^{-1}$) foi obtido quando as plantas de maracujazeiro foram submetidas a concentração de $20 \mu\text{M}$ de H_2O_2 . Ao comparar as plantas submetidas a $20 \mu\text{M}$ em relação as que receberam concentrações de 0 e $60 \mu\text{M}$ de H_2O_2 , verifica-se diminuição na F_v de $15,76\%$ e $4,45\%$, respectivamente. Desta forma, pode-se inferir que o aumento na F_v promovida pela aplicação de $20 \mu\text{M}$ de H_2O_2 é um indicativo de eficiência desta concentração na aclimação das plantas de maracujazeiro. Conforme Petrov; Breusegem (2012) em baixas concentrações, o H_2O_2 funciona como uma molécula sinalizadora em plantas sob condições de estresses bióticos e abióticos.

Os níveis crescentes de salinidade da água também reduziram linearmente a fluorescência máxima das plantas de maracujazeiro amarelo e, de acordo com a equação de regressão (Figura 2A), nota-se redução de 5,38% por incremento unitário da CEa, correspondente a uma diminuição na Fm de 461,75 elétrons quantum⁻¹ das plantas sob o maior nível salino (2,8 dS m⁻¹), em comparação com as irrigadas com água de menor condutividade elétrica (0,7 dS m⁻¹). A diminuição na Fm indica que a irrigação com água de CEa a 1,4 dS m⁻¹ compromete o desempenho do aparato fotossintético das plantas de maracujazeiro amarelo. De acordo com Melo *et al.* (2017), incrementos nos valores de F₀ associado a redução na fluorescência máxima, assim como constatado neste estudo, é um indicativo do dano no complexo de coleta de luz, situação que afeta o transporte de elétrons para o centro de do PSII.

Além disso, o declínio na Fv e Fm está diretamente relacionado à degradação da clorofila. Conforme Melo; Souza; Cunha (2017), a diminuição nos teores de clorofila *a* com o incremento na CE ocorre devido aos efeitos osmóticos e de toxicidade iônica. Deste modo, a redução nos teores de clorofila *a* pode ser reflexo dos efeitos negativos da salinidade (Figura 4A) e como consequência proporciona alterações na fluorescência da clorofila *a* do maracujazeiro amarelo.

Figura 2: fluorescência máxima – F_m do maracujazeiro, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (B), aos 186 dias após o transplantio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

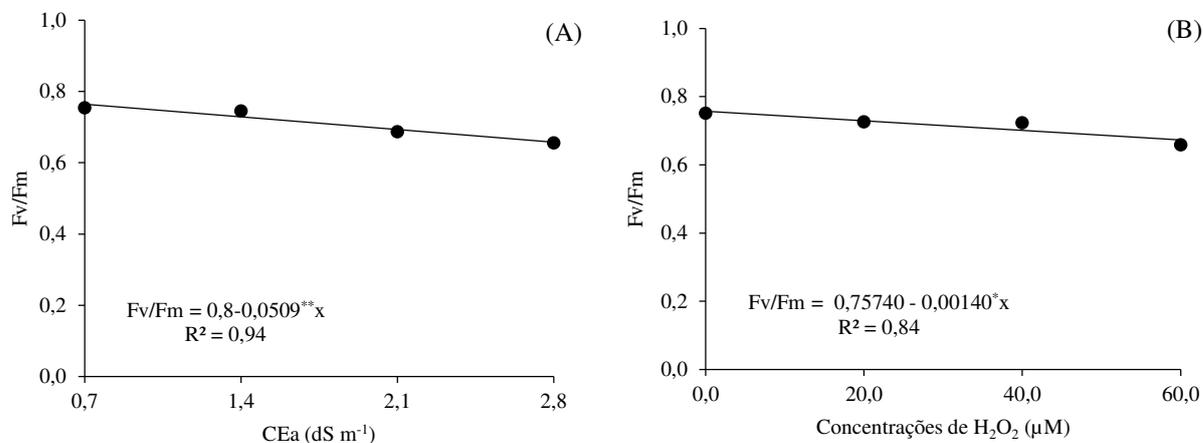
Com relação ao efeito das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a fluorescência máxima do maracujazeiro, verifica-se, através dos estudos de regressão (Figura 2B), que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, de modo que se percebe incremento na

Fm até a concentração de 20 μM , com valor máximo estimado de 508,60 elétrons quantum⁻¹, a partir deste nível ocorreu redução, obtendo-se um valor médio de 467,62 elétrons quantum⁻¹ nas plantas cultivadas com 60 μM . Deste modo, pode-se inferir que concentrações elevadas de H₂O₂ podem intensificar os efeitos deletérios do estresse promovido pela elevada CEa sobre a cultura do maracujazeiro amarelo. Silva *et al.* (2016) ao submeterem a cultura do milho à aplicação exógena de H₂O₂ e irrigação com água salina, concluíram, que o melhor desenvolvimento da cultura é obtido em concentrações de H₂O₂ variando de 7 a 8 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e que o pré-tratamento do milho com H₂O₂ em concentrações superiores a 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$ proporciona incremento no estresse, promovendo maiores danos no crescimento vegetativo.

O rendimento quântico do fotossistema II do maracujazeiro foi influenciado significativamente e de forma negativa pela salinidade da água de irrigação. Conforme a equação de regressão (Figura 3A), percebe-se que o estresse salino promoveu redução linear de 6,36% na Fv/Fm por aumento unitário da CEa, ou seja, ao comparar as plantas de maracujazeiro submetidas a CEa de 2,8 dS m⁻¹ em relação as que foram cultivadas com o menor nível salino (0,7 dS m⁻¹), verifica-se declínio na Fv /Fm de 0,76 para 0,65. A diminuição no rendimento quântico do fotossistema II indica a ocorrência de efeito fotoinibitório promovido pelo estresse salino (CRUZ *et al.*, 2014), pois, quando o aparelho fotossintético se encontra intacto, os valores de Fv/Fm variam entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum⁻¹ (REIS; CAMPOSTRINI, 2008).

Neste sentido, a redução verificada no rendimento quântico do fotossistema II (P680) pode está relacionado com a redução da concentração intercelular de CO₂, devido ao fechamento estomático e ao aumento na peroxidação lipídica em decorrência do desvio do fluxo de elétrons da assimilação de CO₂ para a redução de O₂ (CRUZ *et al.*, 2009).

Figura 3: rendimento quântico do fotossistema II – F_v/F_m do maracujazeiro em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 (B), aos 186 dias após o transplântio.



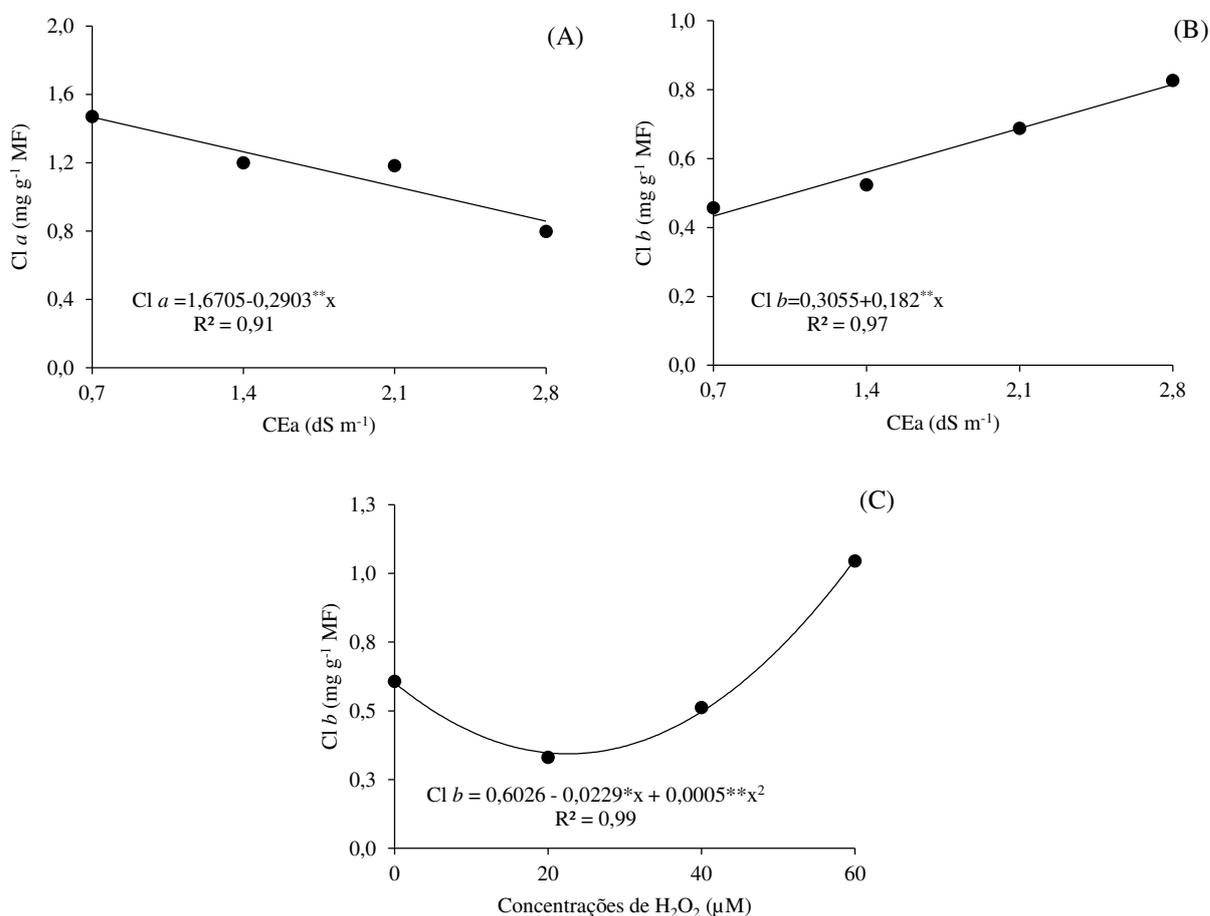
Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Assim como verificado para a F_v e F_m , observa-se que o aumento nas concentrações de H_2O_2 também promoveu decréscimos na relação F_v/F_m e, conforme equação de regressão (Figura 3B) constata-se que a eficiência quântica do PSII variou de 0,75 para 0,67, resultando em redução de 11,09%, ao comparar as plantas que não receberam aplicação foliar de H_2O_2 em relação as que foram submetidas a 60 μM . A redução na relação F_v/F_m , com o aumento das distintas concentrações de H_2O_2 , sugere que o incremento desta espécie reativa de oxigênio (ROS) nos tecidos vegetais tenha promovido efeitos deletérios na integridade do aparato fotossintético da cultura em questão. O H_2O_2 é moderadamente reativo, possui meia-vida celular longa e pode difundir-se livremente através das membranas características que permite a este radical induzir processos como fechamento estomático, inativação enzimática além de promover danos aos ácidos nucleicos, proteínas e lipídeos (GILL; TUTEJA, 2010).

A clorofila é o principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa, utilizada no processo de fotossíntese (SACRAMENTO *et al.*, 2014). Ao analisar a equação de regressão (Figura 4A), constata-se que irrigação com níveis de salinidades crescentes proporcionou diminuição nos teores de clorofila a do maracujazeiro, sendo a redução de 17,33% por aumento unitário da condutividade elétrica da água, ou seja, as plantas de maracujazeiro irrigadas com CEa de 2,8 $dS\ m^{-1}$ tiveram os teores de clorofila a reduzida em 41,78% em relação ao menor nível salino (0,7 $dS\ m^{-1}$). Assim, a diminuição nos teores de clorofila a em função do aumento da CEa indica que, as plantas de maracujazeiro amarelo não conseguiram manter a integridade do seu aparato fotossintético, assim como constatado

anteriormente ao analisar os dados de fluorescência da clorofila *a* (Figura 3A), sendo constatada redução na eficiência quântica do PSII. Freire *et al.* (2013) observaram que o aumento na CEa da água de irrigação de 0,5 para 4,5 dS m⁻¹ promoveu redução no conteúdo de Cl *a* do maracujazeiro de 1,25 para 1,13 mg g⁻¹ de matéria fresca, com depleção de 9,6%, e segundos estes autores o declínio deste pigmento em plantas expostas à salinidade da água, ocorre em razão do aumento da enzima clorofilase, que degrada as moléculas deste pigmento fotossintetizante.

Figura 4: conteúdo de clorofila *a* – Cl *a* (A) clorofila *b* – Cl *b* (B) do maracujazeiro, em função da salinidade da água de irrigação - CEa e conteúdo de clorofila *b* – Cl *b* em função das concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (C), aos 186 dias após o transplântio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Ao contrário do observado para clorofila *a* (Figura 4A), os teores de clorofila *b* do maracujazeiro aumentaram linearmente em resposta ao incremento da salinidade da água de irrigação e, segundo a equação de regressão (Figura 4B), vê-se aumento de 59,57% por incremento unitário da CEa, ou seja, as plantas irrigadas com CEa de 2,8 dS m⁻¹ tiveram um

aumento na Cl *b* de 0,81 mg g⁻¹ em comparação com as que foram submetidas ao menor nível salino da água (0,7 dS m⁻¹). A Cl *a* é o “conversor” e o centro de reação da energia ótica além de absorver a luz, enquanto que o Cl *b* só funciona na absorção de energia ótica (ZHANG *et al.*, 2013). Assim, na presença de centros de reação suficientes, o aumento no teor de Cl *a*, *b* provêm de uma aclimatação das plantas a fim de manter a taxa fotossintética em níveis adequados (DENG *et al.*, 2012).

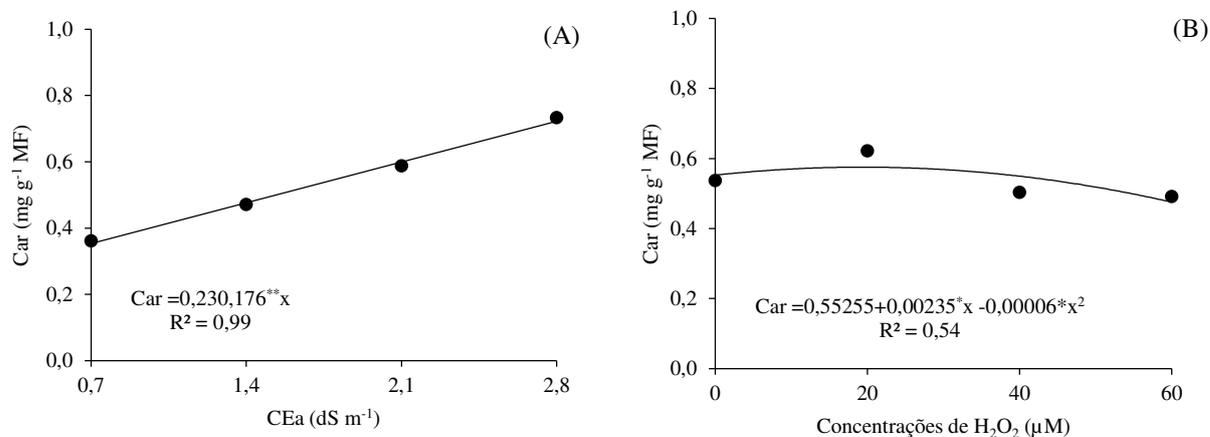
Com relação ao fator concentrações de H₂O₂, nota-se que os dados obtiveram o melhor ajuste com o modelo quadrático e conforme equação de regressão obtida para clorofila *b* (Figura 4C), o valor máximo estimado (1,02 mg g⁻¹) foi verificado quando as plantas de maracujazeiro foram submetidas aplicação exógena de 60 µM. Ao comparar as cultivadas sem aplicação das distintas concentrações de H₂O₂ (testemunha) em relação as que estavam submetidas a 60 µM, constata-se incremento nos teores de clorofila *b* de 41,41%.

O aumento nos teores de clorofila *b* em função do incremento na concentração de H₂O₂ reflete uma possível resposta adaptativa das plantas de maracujazeiro em resposta ao efeito sinalizador que a molécula de peróxido de hidrogênio apresenta quando fornecido de forma exógena, sendo fundamental na sinalização para respostas a diferentes tipos de estresse, assim como já como mencionado na literatura por diferentes autores (DEUNER *et al.*, 2008; MILLER *et al.*, 2010; PETROV; BREUSEGEM, 2012; SILVA *et al.*, 2016). Os dados obtidos neste estudo estão de acordo com a pesquisa de Mani *et al.* (2012), que estudando as plantas de batata, observaram redução no conteúdo de clorofila foliar, entre as concentrações de 0 e 20 mM de H₂O₂ com posterior aumento no conteúdo deste pigmento sob as concentrações de 40, 60 e 80 mM de peróxido de hidrogênio.

Os teores de carotenóides nas folhas do maracujazeiro aumentaram linearmente com o incremento dos níveis de CE da água de irrigação e, conforme equação de regressão (Figura 5A), nota-se incremento de 3,46% por incremento unitário da CEa, correspondente a uma diminuição na Fm de 51,38% das plantas sob o maior nível salino (2,8 dS m⁻¹) em comparação com as irrigadas com água de menor condutividade elétrica (0,7 dS m⁻¹). O incremento na produção de carotenoides, possivelmente está ligada a mecanismos de proteção do aparato fotossintético, a fim de prevenir fotoinibição sob condições de estresse, bem como reflete uma resposta aclimatativa das plantas, pois estes pigmentos podem atuar como agentes antioxidantes, os quais protegem as membranas lipídicas do estresse oxidativo quando as plantas são submetidas ao estresse salino (FALK; MUNNÉ-BOSCH, 2010).

Já com relação ao efeito das distintas concentrações de peróxido de hidrogênio, vê-se que os dados obtiveram o melhor ajuste com o modelo quadrático (Figura 5B), sendo o valor máximo (0,575 mg g⁻¹ MF) verificado quando as plantas foram cultivadas com 20 μM, sendo que a partir desta concentração ocorreu diminuição acentuada neste pigmento fotossintético. O aumento na síntese de carotenoides nas plantas reafirma um possível mecanismo de aclimação das plantas e o seu papel como sinalizador de estresse, pois estas moléculas atuam como agentes antioxidantes protegendo os lipídios de membrana do estresse oxidativo gerado nas plantas expostas à salinidade (Falk e Munné-Bosch, 2010; Sacramento et al., 2013), bem como na dissipação do estado excitado da clorofila e neutralização de espécies reativas de oxigênio (KRESLAVSKI *et al.*, 2013; SHARMA *et al.*, 2012). Além disso, Young (1991) afirma que plantas estressadas realizam a síntese de *novo* da zeaxantina, um tipo de carotenoide, visando prevenir a foto inibição.

Figura 5: teores de carotenoides – Car nas folhas de maracujazeiro amarelo, em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (B), aos 186 dias após o transplantio.



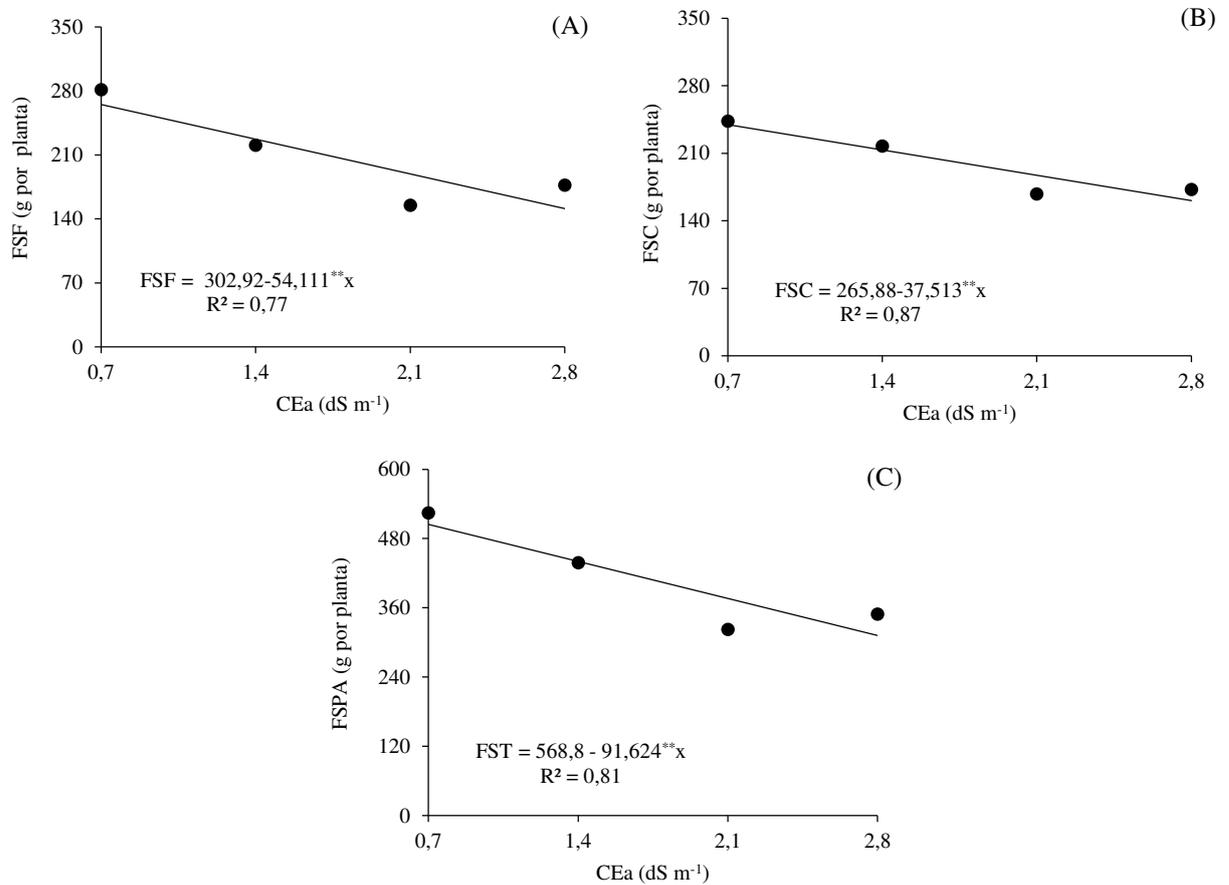
Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Em contrapartida, é provável que o declínio no conteúdo de Car (Figura 5B) com aumento na concentração de H₂O₂ acima de 20 μmol L⁻¹ seja reflexos dos efeitos negativos do aumento excessivo desta espécie reativa de oxigênio nos tecidos vegetais, pois além do fato deste ROS causar danos à proteínas, lipídeos, células e ácidos nucleicos em altas concentrações, como já mencionado anteriormente, ele também pode ser transformado em OH^o e OH⁻ na presença de metais reduzidos (Reação de Feton) como o ferro-enzofre (Mittler, 2002) o mais reativo oxidante. Desta forma, a ação deste ROS, como danosa ou como sinalizadora e

protetora, depende do equilíbrio entre a produção e a limpeza dos ROS, podendo levar a dano tecidual ou morte celular em caso de produção descontrolada ou limpeza ineficiente (EDREVA, 2005).

O conteúdo de clorofila *a* constitui-se um importante fator ligado à eficiência fotossintética (F_v/F_m) e, conseqüentemente, ao crescimento das plantas (FREIRE *et al*, 2013). Nesse sentido era esperado que os declínios observados na eficiência quântica do PSII (Figura 3A) bem como no conteúdo de clorofila *a* (Figura 4A) das plantas de maracujazeiro amarelo submetidas ao estresse salino, resultassem em diminuição na produção de fitomassa. Assim como se pode observar os dados de fitomassas seca das folhas (Figura 6A), do caule (Figura 6B) e total (Figura 6C) apresentaram comportamento linear e decrescente em resposta ao aumento da CEa e, conforme as equações de regressão, constata-se decréscimos na ordem de 17,86; 14,10 e 16,10%, respetivamente, por aumento unitário da CEa, na FSF, FSC e FSPA, ou seja o aumento do nível salino da água de 0,7 e 2,8 dS m⁻¹ reduziu a fitomassa seca de folhas, caule e total em 113,64; 78,78 e 192,41 g de matéria seca por planta. De acordo com Soares *et al.* (2013), a redução na produção da fitomassa pode estar relacionada com os componentes iônico e/ou osmótico do estresse salino, sendo que a baixa disponibilidade de água provoca o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, reduz a assimilação do CO₂, afetando diretamente a produção de fitomassa das plantas.

Figura 6: fitomassa seca das folhas – FSF (A) do caule – FSC (B) e parte aérea – FSPA (C) do maracujazeiro amarelo, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 205 dias após o transplântio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Para Santos *et al.* (2016) o efeito do aumento na concentração de sais provoca redução da parte aérea das plantas em razão de não apresentarem um ajuste osmótico como mecanismo de adaptabilidade ao excesso de sais na solução do solo. Deste modo, pode-se inferir que a irrigação do maracujazeiro com água de CEa a partir de 1,4 dS m⁻¹ compromete o crescimento desta cultura, possivelmente por não conseguir ajustar-se osmoticamente aos diferentes níveis salinos.

CONCLUSÕES

A irrigação com água de condutividade elétrica a partir de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ compromete a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos e a produção de fitomassa do maracujazeiro amarelo.

A aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração de $20 \mu\text{M}$ promove os maiores valores para fluorescência variável e máxima e conteúdo de carotenoides constituindo-se como alternativa para induzir a aclimatação do maracujazeiro.

O fornecimento de H_2O_2 em concentração superior a $20 \mu\text{M}$ intensifica o estresse promovido pela salinidade da água sobre o maracujazeiro.

REFERÊNCIAS

- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, 1949, p.1-15.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. 1999. 153p.
- AZEVEDO NETO, A.D. *et al.* Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.10, 2005, p.1114- 1122.
- CARVALHO, F.E.L. *et al.* Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.15, n.4, 2011, p.416–423.
- CRUZ, L.I.B. *et al.* Eficiência quântica do fotossistema II de mudas de abacaxizeiro ‘imperial’ em resposta a associação com *piriformospora indica* e herbicidas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, 2014, p. 794-804.
- CRUZ, M.C.M. *et al.* Fluorescência Da Clorofila a Em Folhas De Tangerineira “Ponkan” E Limeira Ácida “Tahiti” Submetidas Ao Estresse Hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, 2009, p. 896-901.
- DENG, Y. *et al.* Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: II. Morphology, anatomy and physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 144, n. 6, p. 19–28, 2012.
- DEUNER, S. *et al.* Peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico influenciando a atividade de enzimas antioxidantes de mudas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 55, 2008, p.135–140.
- EDREVA, A. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 106, 2005, p.119-133.
- FALK, J., MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal and Experimental Botany**, v.61, 2010, p.1549-1566.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, 2011, p.1039-1042.
- FREIRE, J.L.O.*et al.* Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, 2013, p. 57-70.
- FREIRE, J.L.O. *et al.* Physical characteristics of fruit of yellow passion fruit produced in soil with bio-fertilizer, mulching and saline water. **Revista Idesia**, v. 32, 2014, p.71-78.
- FREIRE, J.L.O. *et al.* Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, 2014, p. 82-91.
- GILL, S.S; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiol.* **Biochem**, v. 48, 2010, p.909–930.

GONDIM, F. A. *et al.* Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, 2011, p. 373-38.

GONDIM, F. A. *et al.* Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, 2010, p.103-112.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **PAM** – Produção Agrícola Municipal, 2016. [online] Disponível na internet via WWW URL: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Arquivo consultado em 04 de junho de 2018.

KRESLAVSKI, V.D. *et al.* Molecular mechanisms of stress resistance of photosynthetic machinery. In: ROUT, G. R.; DAS, A. B. (Ed.). **Molecular stress physiology of plants**. New Delhi: Springer, 2013, p.21-51.

MANI, F. *et al.* Effect of hydrogen peroxide and thiourea on fluorescence and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Stress Physiology Biochemistry**, v.8, 2012, p.62–71.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, S.A.S. *et al.* Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. **Irriga**, v. 21, 2016, p.779-795.

MELO, H.F.; SOUZA, E.R.; CUNHA, J.C. Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, 2017, p.232-237.

MILLER, G. *et al.* Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant cell Environ**, v. 33, 2010, p. 453-467.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, v.7. 2002, p. 405-410.

MITTLER, R. *et al.* ROS signaling: the new wave? *Trends Plant Science*, Oxford, v. 16, n. 6, p. 300-309, June 2011.

PETROV, V.D.; BREUSEGEM, F.V. Hydrogen peroxide: a central hub for information flow in plant cell. **AoB Plants**, v. 1, 2012, p.1-13.

REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo ‘formosa’ cultivado em condição de campo. *Bragantia*, v.67, n. 4, p.815-822, 2008.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.

SACRAMENTO, B.L. *et al.* Pigmentos e teores de solutos orgânicos em plantas de aguapé sob estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, 2014, p. 3344-3354.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* **Maracujá**: Práticas de cultivo e comercialização. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2000. 316p.

SANTOS, D. *et al.* Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, v. 63, 2016, p. 509-516.

SANTOS, L.A.A. *et al.* Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, 2013, p.247-256.

SCANDALIOS, J. G. The rise of ROS. **Biochemical Science**, v.27, 2002, p.483-486.

SHARMA, P. *et al.* Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 2012, 2012, p. 1-27.

SILVA, E.M.*et al.* Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 3, 2016, p. 01-07.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida ao estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 247-256, 2013.

SOUZA, S.F.; RIBEIRO, V.G. Yellow passion-fruit irrigated in different cropping systems, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, 2016, p. 1-11.

YOUNG, A.J. The photoprotective role of carotenoids in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v. 83, 1991, p.702-708.

ZHANG, F. T.; LUO, X.D.; HU, B. L.; WAN, Y.; XIE, J. K. *YGL138(t)*, encoding a putative signal recognition particle 54 kDa protein, is involved in chloroplast development of rice. **Rice** v. 6, n. 1, p.1–10, 2013.

CAPÍTULO IV

**PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MARACUJAZEIRO AMARELO
CULTIVADO COM ÁGUA SALINA E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MARACUJAZEIRO AMARELO CULTIVADO COM ÁGUA SALINA E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro amarelo, cultivados sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do CTRN/UFCG, município de Campina Grande – PB, utilizando-se lisímetros de drenagem preenchidos com Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4 com três repetições, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 20, 40 e 60 µM). As distintas concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas e via foliar pela pulverização das folhas nas faces adaxial e abaxial. Ao final do ciclo (205 dias após o transplantio (DAT)), avaliou-se a produção, determinando-se: o número de frutos por planta, peso médio dos frutos e o peso total de frutos por planta. Determinaram-se a qualidade pós-colheita através da caracterização física dos frutos (diâmetro equatorial e longitudinal e a espessura da casca e da polpa), potencial hidrogeniônico da polpa, acidez titulável e ácido ascórbico. O incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação afetou negativamente produção e a qualidade física e química dos frutos de maracujazeiro amarelo, sendo o número de frutos e o peso total de frutos por planta, as variáveis mais comprometidas aos 205 DAT. Há interação significativa entre os níveis de salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a variável diâmetro polar do fruto, aos 205 dias após o transplantio. A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 27,5 e 41,5 µM, fornecem os maiores valores de acidez total titulável e vitamina C, respectivamente, aos 205 DAT.

Palavras-chaves: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. Espécie reativa de oxigênio. Estresse salino.

PRODUCTION AND POST-HARVEST QUALITY OF YELLOW PASSION FRUIT CULTIVATED WITH SALINE WATER AND HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the production and postharvest quality of yellow passion fruit, cultivated under different levels of irrigation water salinity and exogenous application of hydrogen peroxide. The experiment was conducted in a greenhouse at the CTRN / UFCCG, Campina Grande-PB municipality, using drainage lysimeters filled with a Regolithic Eutrophic Neosol with a sandy-loam texture. The experimental design was a randomized complete block design, in a 4 x 4 factorial array with three replications, with four levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0.7, 1.4, 2.1 and 2.8 dS m⁻¹) and four concentrations of hydrogen peroxide (0, 20, 40 and 60 µM). The different concentrations of hydrogen peroxide were applied by imbibing the seed for a period of 24 hours and via spraying on the adaxial and abaxial surfaces of leaves. At the end of the cycle (205 days after transplanting - DAT), the production was evaluated, determining the number of fruits per plant, average and total fruit weight per plant. The physical characterization of the fruits was also assessed, determining the external attributes (equatorial and longitudinal diameter and the thickness of the peel and pulp) and internal attributes (pulp pH, titratable acidity - TA and vitamin C). The increase in salinity levels of irrigation water affected negatively the production and physical and chemical quality of yellow passion fruit, being the number of fruits and the total weight of fruits per plant, the variables most affected. There is a significant interaction between irrigation water salinity levels and hydrogen peroxide concentrations over the variable polar diameter of the fruit, at 205 days after transplanting. The foliar application of hydrogen peroxide at the concentrations of 27.5 and 41.5 µM, gives the highest titratable total acidity and vitamin C, respectively, at 205 DAT.

Key words: *Passiflora edulis f. flavicarpa*. Reactive oxygen species. Saline stress.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*) destaca-se como uma das mais importantes frutíferas representantes da cadeia produtiva de frutas a níveis de pequeno e médio produtor (Freire *et al.*, 2015). É cultivado principalmente em países tropicais, responsáveis por aproximadamente 90% da produção mundial. Segundo Costa *et al.* (2008) o aproveitamento total do fruto, utilizando a polpa para o consumo *in natura* e industrial, a utilização das cascas para ração e adubo orgânico e das sementes para a extração de óleo, contribuem para que o maracujazeiro amarelo tenha grande importância econômica.

A produção brasileira de maracujá adquiriu grande expressão econômica há pouco mais de 25 anos, inicialmente pelo incentivo da agroindústria e, em seguida, pela crescente demanda no mercado de frutas frescas (MOURA *et al.*, 2016). O Brasil é considerado o maior produtor e consumidor mundial desta fruta (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Dentre as regiões produtoras, destaca-se a região Nordeste como a mais expressiva, no entanto, a elevada salinidade dos solos e dos mananciais, em diversas áreas desta região, tem afetado a produção da cultura sob o manejo convencional (BEZERRA *et al.*, 2016).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, o suprimento hídrico do solo se dá por precipitações pluviométricas escassas e irregulares e/ou irrigações suplementares, aliado à forte demanda evaporativa, impondo o uso de recursos hídricos de qualidade restritiva à produção agrícola (FREIRE *et al.*, 2016). 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).

Segundo Sousa *et al.* (2008) e Ahmed; Montani (2010) os problemas ocasionados pelo estresse salino sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade iônica e no desequilíbrio nutricional, causando a redução do seu crescimento e desenvolvimento, conseqüentemente, trazendo sérios danos à atividade agrícola. No maracujazeiro amarelo são relatados efeitos negativos devido à irrigação das plantas com água de diferentes níveis de salinidade na produção de frutos (DIAS *et al.*, 2011), no consumo hídrico (FREIRE *et al.*, 2011) e nos atributos qualitativos externos e internos dos frutos (FREIRE *et al.*, 2010). Desta forma, é de grande importância a busca por alternativas que atenuem os efeitos do estresse salino sobre as plantas de maracujazeiro amarelo, favorecendo a implantação de cultivos em áreas com problemas de sais na água e/ou no solo.

Uma das alternativas que pode contribuir para minimização dos efeitos da salinidade sobre as plantas, é a aclimação, que segundo Gondim *et al.* (2011) consiste em um processo de exposição prévia de um indivíduo a um determinado tipo de estresse, provocando mudanças metabólicas responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse. A utilização do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em concentrações reduzidas pode favorecer a aclimação das plantas a condições adversas de estresse salino. Diversos autores em estudos realizados, tem relatado a eficiência de baixas concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), como por exemplo, Silva *et al.* (2016) no crescimento inicial de milho, Azevedo Neto *et al.* (2005) em pré-tratamento de plântulas de milho, Wahid *et al.* (2007) em pré-tratamento de sementes de trigo e Uchida *et al.* (2002) em trabalho realizado com arroz.

Na cultura do maracujazeiro amarelo, trabalhos que abordam a utilização de concentrações de peróxido de hidrogênio são escassos na literatura, principalmente na fase de floração, frutificação e durante a pós-colheita. Portanto, em função da relevância socioeconômica dessa cultura nas áreas cultivadas do País e dos prejuízos ocasionados pelo estresse salino, principalmente na região semiárida do Nordeste brasileiro, torna-se essencial a viabilização de alternativas que contribuam para o seu cultivo nessas condições. Pelo exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio sobre a produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em lisímetros de drenagem sob condições de casa-de-vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande - PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 7°15'18" latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550 m. Segundo a classificação climática de Köppen aplicada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), o clima de Campina Grande – PB é do tipo CSa, que significa um clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 4 x 4, cujos os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e quatro concentração de peróxido de hidrogênio (0; 20; 40 e 60 µM), com três repetições, perfazendo um total de quarenta e oito unidades experimentais. Os diferentes níveis de salinidades da água foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, relação predominante em fontes de água comumente utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (MEDEIROS, 1992), ajustando-as às concentrações da água de abastecimento disponível.

No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 * \text{mmolc L}^{-1} = \text{CEa dS m}^{-1}$), extraída de Richards (1954). Após preparação e calibração da CEa, utilizando-se de um condutivímetro portátil, as águas foram armazenadas em vasos plásticos de 200 L de capacidade, uma para cada nível de CEa, devidamente protegidas, de modo a se evitar a evaporação, a entrada e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade. Já a aplicação das diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio foi feita via pulverização foliar, realizada em intervalos de 15 dias, até a fase de floração (momento em cada parcela possuía pelo menos uma flor aberta), utilizando-se um pulverizador costal.

Foram utilizadas sementes da variedade de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims), tradicionalmente cultivado no município de Nova Floresta – PB; é conhecido vulgarmente como Guinezinho devido a pintas presentes na casca dos frutos, semelhantes às existentes nas penas de uma ave conhecida como galinha guiné (MEDEIROS et al., 2016), essas sementes foram oriundas de frutos de um pomar comercial, obtidas de plantas submetidas à

seleção massal no município de Nova Floresta – PB, sendo a padronização de plantas baseadas no vigor e sanidade.

Para obtenção das mudas foram semeadas 4 sementes em citropotes com capacidade de 6 dm³, preenchidos com substrato, constituído da mistura de 84% de solo, 15% de areia lavada e 1% de composto orgânico (húmus de minhoca) até a quantidade de 5,6 dm³. Após emergências das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente (a que apresentava o maior vigor fisiológico), quando estas estavam com 10 cm de altura. Ressalta-se que desde o semeio a irrigação foi realizada com a respectiva água salina. Já as distintas concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas e via foliar pela pulverização das folhas nas faces adaxial e abaxial desde o período de formação das mudas.

Aos 65 dias após o semeio, o momento em que as plantas apresentavam aproximadamente 35 cm de comprimento do ramo principal, foram transplantadas para vasos adaptados como lisímetros de drenagem de 100 L de capacidade preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita seguido de 100 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca - PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Claessen (1997).

Tabela 1: características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas									
pH	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST	CEes
(H ₂ O)	dag kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	.....(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	(dS m ⁻¹)	
(1:2, 5)									
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe	Umidade (kPa)		AD	Porosidade	DA	DP
Areia	Silte	Argila	textural	33,42	1519,5		total	(kg dm ⁻³)	
				.....	dag kg ⁻¹	.....	%	
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O – 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 utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas.

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Cada lisímetro foi perfurado na base para permitir a drenagem, e acoplada a um dreno transparente de 4 mm de diâmetro. A extremidade do dreno que ficou dentro do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo. Abaixo de cada dreno colocou-se uma garrafa plástica para a coleta de água drenada visando estimativa do consumo de água pela planta. O solo foi coletado no campo na profundidade de 0-30 cm (horizonte A).

No cultivo foi estabelecido o espaçamento de 1,50 m entre fileiras e 2,20 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira com arame liso n° 14, instalado dentro da casa-de-vegetação, a 2,40 m do piso e 1,60 m do solo do lisímetro. Essa espaldeira deu sustentação as plantas de maracujazeiro. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuado a poda da gema apical, visando a emissão dos ramos secundários, onde foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,10 m.

Após os ramos secundários terem atingido tal comprimento, foi efetuada nova poda da gema apical, visando a emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até 30 cm do solo, os quais formaram uma cortina e emitiram as inflorescências, que originaram os frutos. Ao longo da condução do experimento foi realizada a eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura. Por se tratar de um ambiente fechado (casa - de -vegetação), a polinização foi realizada de forma artificial (às 12 horas).

Antes do transplântio foi determinado o volume de água necessária para o solo atingir a capacidade de campo, aplicando-se água de acordo com os tratamentos estabelecidos. Após o

transplântio, a irrigação foi realizada diariamente às 17 horas, aplicando-se em cada lisímetro a água conforme tratamento de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo e evitar o acúmulo de sais no solo, sendo a quantidade a ser aplicada determinada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,15.

A adubação foi realizada conforme São José (2000), aplicando-se em fundação 250 g de superfosfato simples e 100 g de cloreto de potássio, e em cobertura no início da floração, foi aplicado 150 g de superfosfato simples por planta. Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, também em cobertura, conforme Santos (2001), utilizando o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, como fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente. Na fase vegetativa da cultura, utilizou-se a razão de 1N:1K tomando como referência 10 g de nitrogênio, a partir do início da floração a dose de N foi elevada para 20 g e a de K para 30 g, aumentando a relação N:K de 1:1,5.

Os frutos eram colhidos à medida que ficavam maduros, sendo que ao final do ciclo (205 DAT), foram avaliadas as seguintes variáveis de produção: número de frutos por planta (NFP), obtido por meio da contagem em unidades por planta; peso médio de frutos (PMF), obtido pela razão entre o peso de frutos e número de frutos por planta; peso total de frutos (PTF), obtido pela soma do peso de todos os frutos colhidos por planta.

A qualidade física dos frutos foi avaliada mediante as seguintes variáveis: diâmetro polar dos frutos (DPF), diâmetro equatorial dos frutos (DEF), espessura da casca dos frutos (ECF) e espessura da polpa dos frutos (EPF). Estas eram mensuradas logo após a colheita dos frutos, com auxílio de paquímetro digital.

A qualidade química do suco dos frutos foi avaliada ao final do ciclo, através das seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável total e teor de vitamina C, conforme metodologia descrita em IAL (2008).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2011). Quando ocorreu heterogeneidade nos dados, verificados através dos valores de coeficiente de variação, foi realizado análise exploratória dos dados, com transformação de dados em \sqrt{X} .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 2, efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre as variáveis NFP, PTF, DEF, ECF e EPF; não foram constatadas influências significativas das concentrações de H₂O₂ sobre as variáveis analisadas, por outro lado, observou-se interação significativa entre os fatores (NS x H₂O₂) para a variável DPF.

Tabela 2: resumo de teste F para as variáveis número de frutos por planta (NFP), peso médio dos frutos (PMF), peso total dos frutos (PTF), diâmetro polar do fruto (DPF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), espessura da casca do fruto (ECF) e espessura da polpa do fruto (EPF), do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplantio.

Fonte de Variação	Teste F						
	NFP	PMF	PTF	DPF	DEF	ECF	EPF
Níveis salinos (NS)	**	ns	**	ns	**	**	*
Reg. Linear	**	ns	**	ns	*	**	*
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	ns	**	**	*
Concentrações de H ₂ O ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Bloco	*	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	53,71	27,00	55,53	6,40	10,31	8,96	12,71

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$. ¹ valor ajustado a \sqrt{x} .
 Fonte: dados da pesquisa, 2018.

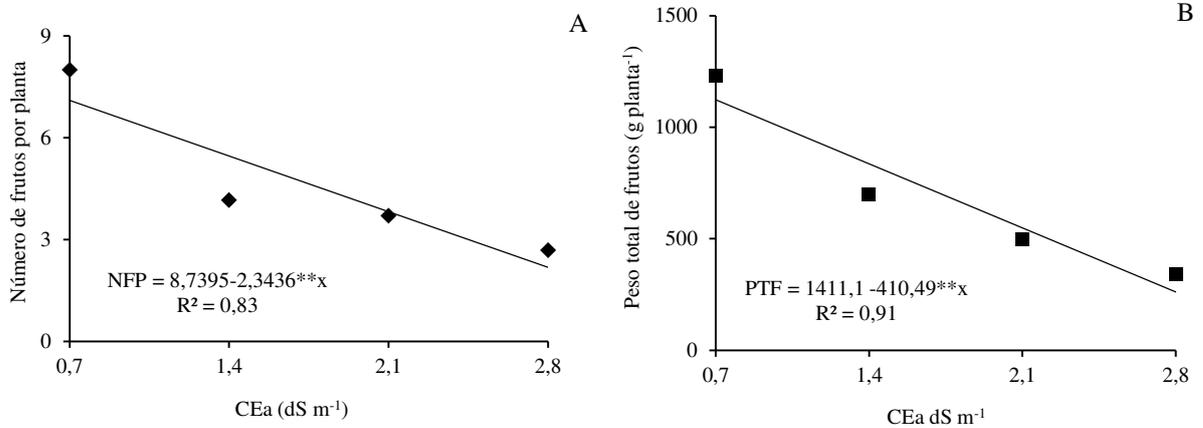
Conforme equação de regressão (Figura 1A) constatou-se resposta linear decrescente com redução no NFP de 26,7% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, quando as plantas foram irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹, tiveram redução de 69,4% no NFP em comparação com as plantas que foram cultivadas com água de 0,7 dS m⁻¹. Com relação ao peso total de frutos (PTF), verifica-se conforme equação de regressão (Figura 2B) diminuição linear, com decréscimos de 29,09% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, as plantas quando foram submetidas a CEa de 2,8 dS m⁻¹ obtiveram declínio de 76,70% no PTF em comparação com as plantas que receberam água de 0,7 dS m⁻¹. A redução observada nas variáveis de produção do maracujazeiro em função do incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação, pode ser reflexo do aumento da concentração de sais no solo, pois a salinidade, tanto do solo como da água, é considerada uma das principais causas da queda de rendimento das culturas, devido a efeitos de natureza osmótica, tóxica e/ou nutricional (FLOWERS, 2004). Segundo Rhoades; Kandiah; Mashali (1992), o estresse salino aumenta a energia que precisa ser desprendida pela planta para

absorver água do solo, desgastando a planta, também, pelo ajustamento bioquímico necessário à sobrevivência sob estresse. Tester; Davenport (2003) também enfatizam o aumento do dispêndio energético para absorção de água, em função do aumento da concentração de sais aplicado via água de irrigação.

Ferreira Neto *et al.* (2007) relatam que, em situação de estresse salino, as plantas tendem a atrasar a emissão de folhas e diminuem a área foliar, diminuindo a perda de água via transpiração, conseqüentemente, reduzem a assimilação de carbono e a produção metabólica, e Dias *et al.* (2012) destacam que o acúmulo temporal de sais no solo pode comprometer o número de flores e até mesmo sua fertilidade, não resultando na formação de frutos, devido aos efeitos ocasionados pelo estresse salino sobre processos bioquímicos e fisiológicos das plantas.

Em trabalho avaliando a qualidade física e a produção de maracujá amarelo em função do uso de biofertilizante e irrigação com águas salinas (CEa variando de 0,5 a 4,5 dS m⁻¹), Dias *et al.* (2012), constataram que o incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação provocou redução no número de frutos por planta e, conseqüentemente, a produção de frutos. Trabalhando com maracujazeiro amarelo submetido a salinidade da água (0,5; 1,5 e 2,5 dS m⁻¹) de irrigação e diferentes formas de plantio, Cavalcante *et al.* (2005) trabalhando em condições de campo obtiveram NFP (18 a 42 frutos por planta) e produção (0,9 a 4,2 kg por planta), superiores aos observados nesse estudo, contudo, os referidos autores verificaram diminuição nesta variável a medida que elevou-se os níveis de salinidade da água.

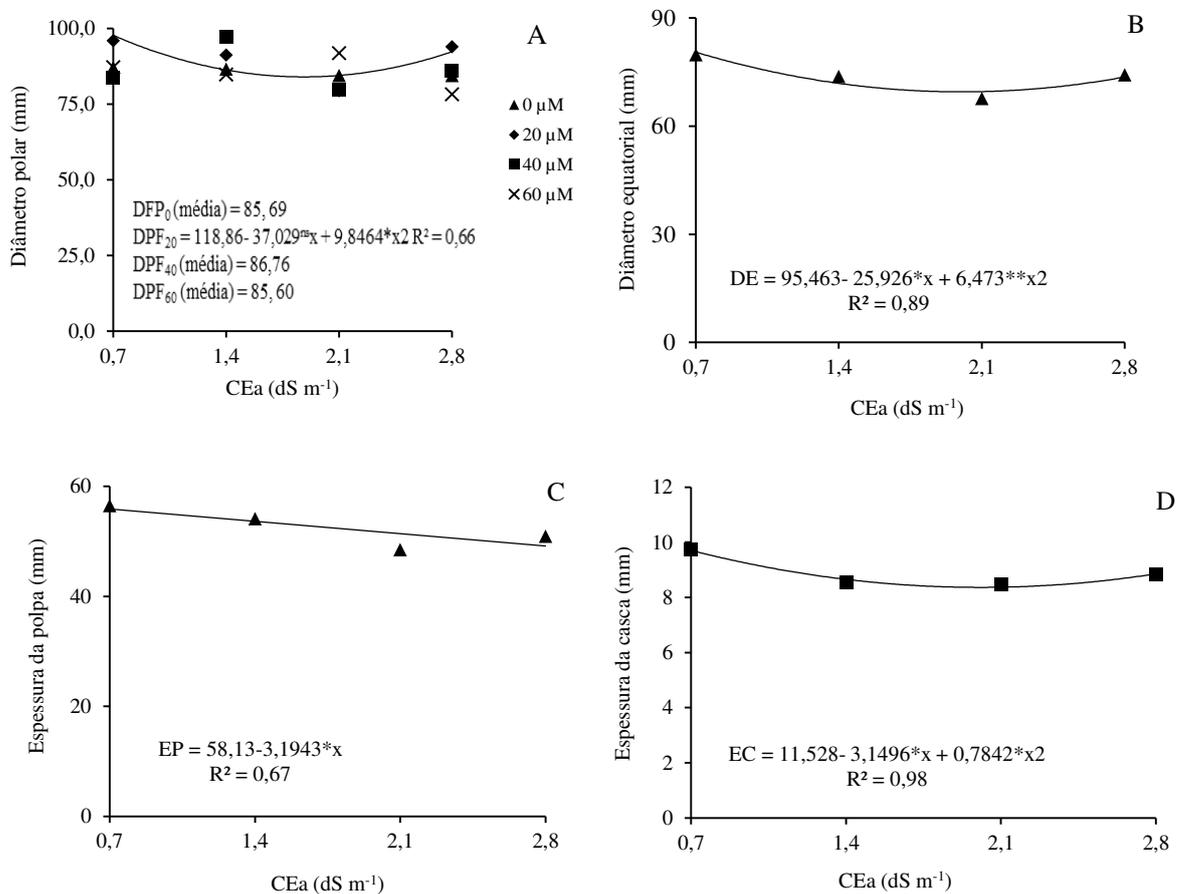
Figura 1: número de frutos por planta (A) e peso total de frutos (B) do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplante.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Com relação a qualidade física dos frutos de maracujazeiro amarelo, constata-se que ocorreu interação significativa entre os fatores salinidade da água de irrigação x concentrações de peróxido de hidrogênio sobre o DPF. Para a concentração de 20 μ M observa-se, conforme equação de regressão (Figura 2A), que o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, obtendo-se maior valor para o DPF (97,76 mm), quando as plantas foram irrigadas com água de 0,7 dS m⁻¹ e menor (92,37 mm) nas plantas que receberam água de 2,8 dS m⁻¹, sendo a redução de 5,51% (5,63 mm) ao comparar as plantas irrigadas com o maior nível salino em relação as irrigadas com água de baixa salinidade. As demais concentrações de peróxido de hidrogênio não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, contudo, obtiveram os valores médios de 85,69; 86,76 e 85,60 mm, respectivamente, nas plantas que receberam aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 0, 40 e 60 μ M.

Figura 2: diâmetro polar (DPF) (A) e equatorial do fruto (DEF) (B), espessura da polpa (EPF) (C) e da casca do fruto (D) do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplântio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Apesar da redução do DPF verificada com o incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação para a concentração de 20 μM de peróxido de hidrogênio, ressalta-se que essa concentração proporcionou o maior valor médio (90,24 mm) para essa variável. Mostrando maior eficiência na redução do estresse salino, pois de acordo com Carvalho *et al.* (2011) o H₂O₂ quando aplicado em baixas concentrações nas plantas induzem o sistema de defesa de enzimas antioxidativas, minimizando os efeitos deletérios da salinidade.

O diâmetro equatorial do fruto foi afetado pela irrigação com água de níveis de salinidade crescentes, e conforme equação de regressão (Figura 2B), o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, obtendo-se maior valor estimado quando as plantas que receberam água de 0,7 dS m⁻¹ (80,49 mm) em comparação com as que foram irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹ (73,60 mm), sendo a diminuição de 8,56% (6,89 mm). Resultados semelhantes foram encontrados por Dias *et al.* (2012), em trabalho avaliando-se a qualidade física e a produção do

maracujá amarelo cultivado com biofertilizante e águas salinas (CEa: 0,5 a 4,5 dS m⁻¹), constataram redução de 41,3 e 49,21%, respectivamente, no diâmetro equatorial e polar das plantas que receberam água de 4,5 dS m⁻¹ em comparação com as plantas que foram irrigadas com água de 0,5 dS m⁻¹. Por outro lado, Viana *et al.* (2012) estudando o efeito da salinidade da água de irrigação (0,5; 2,5; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) sobre a produção de maracujazeiro amarelo, não observaram diferenças estatísticas da salinidade da água de irrigação sobre o comprimento e diâmetro dos frutos, mas destacam tendência de diminuição das variáveis à medida que aumentou-se a os níveis salinos da água de irrigação, obtendo-se valores médios de 81,61 e 71,21 mm, respectivamente, para comprimento e diâmetro dos frutos.

O aumento crescente dos níveis de salinidade da água de irrigação afetou negativamente a espessura da polpa dos frutos (EPF) do maracujazeiro amarelo. Conforme equação de regressão (Figura 2C), observa-se resposta linear decrescente com redução de 6,0%, por aumento unitário, da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, as plantas de maracujazeiro quando foram irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹ tiveram redução de 12,0% no EPF em comparação com as plantas que receberam 0,7 dS m⁻¹. A espessura da casca do fruto (ECF) do maracujazeiro amarelo também foi afetada de forma negativa pela irrigação com água salina e de acordo com a equação de regressão (Figura 2D), o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, obtendo-se o maior valor estimado da ECF, quando as plantas foram irrigadas com água de 0,7 dS m⁻¹ (9,71 mm) comparando-se com as plantas que receberam água de 2,8 dS m⁻¹ (8,86 mm). Dias *et al.* (2012) também observaram diminuição da espessura da casca de frutos de maracujazeiro, quando incrementou-se a salinidade da água de irrigação, obtendo 11,8 mm para o tratamento de 0,5 dS m⁻¹ e 8,7 mm para o tratamento de 4,5 dS m⁻¹.

Resultados divergentes foram encontrados por Freire *et al.* (2010) em trabalho sobre atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo, onde não constataram influência dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre a espessura da casca dos frutos, cujo dados médios obtidos variaram de 7,11 a 8,15 mm, respectivamente, para água de 4,5 e 0,5 dS m⁻¹. De acordo com esses autores, os frutos possuem consistência para serem transportados para longas distâncias, podendo reduzir perdas pós-colheita por injúrias mecânicas, como também são adequados para comercialização *in natura* e para processamento industrial (CAMPOS *et al.*, 2007). Baseados nessas afirmações, percebe-se que os valores de espessura da casca dos frutos de maracujazeiro obtidos nessa pesquisa estão próximos aos valores citados, fato que pode favorecer sua comercialização e processamento industrial.

A ação dos sais sobre as plantas, devido ao aumento de sua concentração no solo, contribui para a redução do potencial osmótico do solo, toxicidade de íons específicos e desequilíbrio na absorção de nutrientes pelas raízes, ocasionando a perda generalizada da qualidade dos frutos (DIAS *et al.*, 2012), contribuindo para a redução dos diâmetros polar e equatorial e para a diminuição da espessura da polpa e da casca dos frutos de maracujazeiro amarelo, à medida que incrementou-se as salinidades da água de irrigação.

Observa-se na Tabela 3, efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação e das concentrações de H₂O₂ sobre as variáveis de pós-colheita do maracujazeiro amarelo: potencial hidrogênio (pH), acidez total titulável (ATT) e vitamina C (VIT. C). Não ocorreu efeito significativo da interação entre os fatores (NS x H₂O₂) para nenhuma das variáveis avaliadas.

Tabela 3: resumo do teste F para as variáveis potencial hidrogênio (pH), acidez total titulável (ATT) e vitamina C (VIT C) do suco de frutos do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 205 dias após o transplante.

Fontes de Variação	Teste F		
	pH	ATT	VIT C
Níveis salinos (NS)	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**
Reg. Quadrática	**	*	**
Concentrações de H ₂ O ₂	*	**	**
Reg. Linear	ns	ns	**
Reg. Quadrática	**	**	**
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	ns
CV (%)	1,17	2,93	2,08

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a p<0,01 e p< 0,05. valor ajustado a \sqrt{x} .

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

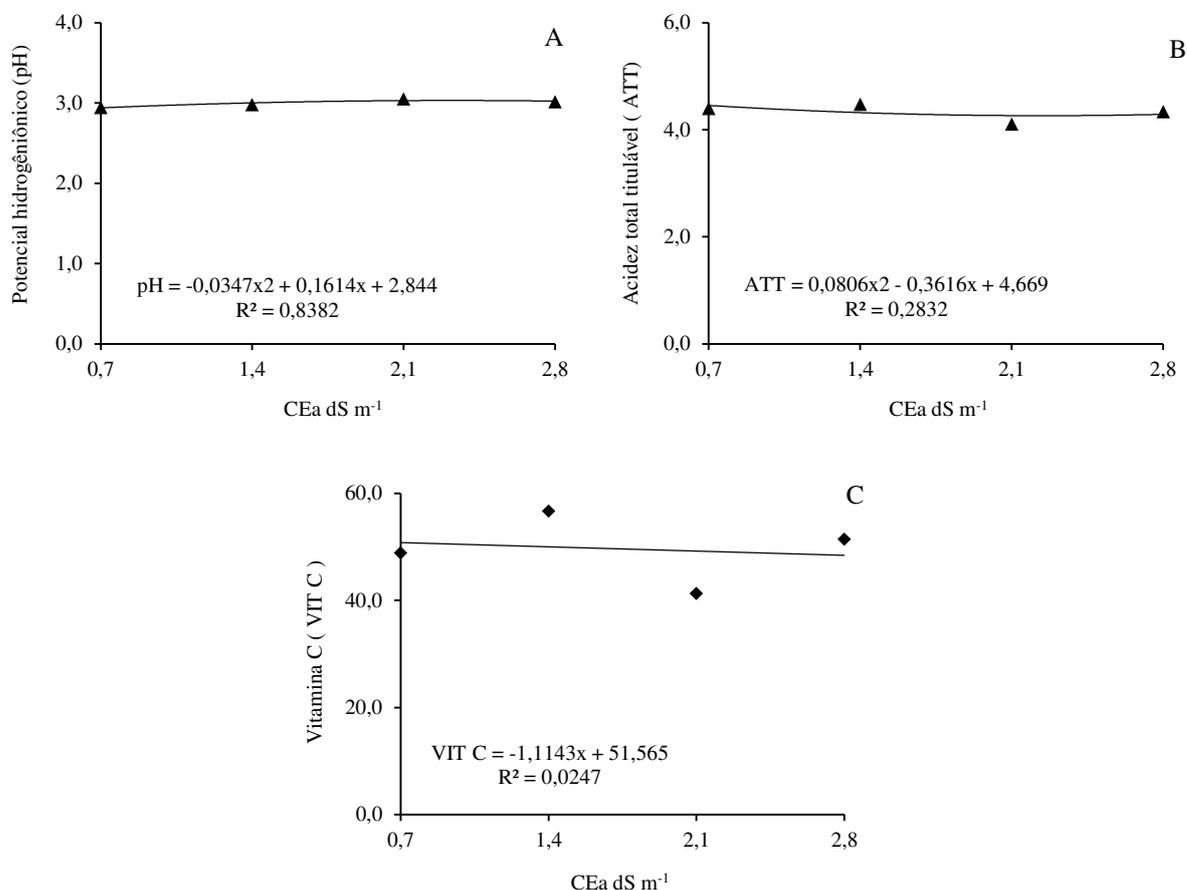
O incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação afetou negativamente o potencial hidrogênio (pH), acidez total titulável (ATT) e os teores de vitamina C (VIT C). Conforme equação de regressão (Figura 3A) os dados melhor se ajustaram ao modelo quadrático, onde se percebe que ocorreu aumento no pH até o nível de 2,3 dS m⁻¹, obtendo um valor máximo de 3,03; ocorrendo redução a partir desse nível, gerando um valor médio de 3,01 nas plantas irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹. Em pesquisa sobre atributos qualitativos do

maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo, Freire *et al.* (2010) verificaram que a irrigação com água salina ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) em solo com cobertura morta reduziu o pH do suco do maracujazeiro em comparação as plantas que receberam água não salina ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), sendo o decréscimo variando de 3,49 para 3,33. Os autores atribuíram essa redução a presença de cobertura morta no solo, influenciando na maior conservação de umidade e produção de ácidos orgânicos absorvidos pelas plantas, promovendo maior acidez da polpa dos frutos.

Resultados semelhantes também foram observados por Freire *et al.* (2014), que obtiveram diminuição do pH do suco do maracujazeiro quando as plantas foram irrigadas com água salina ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) em relação as que receberam água não salina ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), sendo os valores de 3,5 e 3,7, respectivamente. Para os autores, os valores de pH ficaram acima de 3,3, valor considerado ideal para manter a qualidade do suco durante o armazenamento, destaca Folegatti; Matsuura (2002). Nesta pesquisa, o valor médio obtido para o pH foi 3,0, sendo considerado ácido, no entanto, Andrade; Andrade (2004) enfatizam que o suco ácido é desejável para o processamento industrial, reduzindo a necessidade de adição de acidificantes, diminuindo os custos no processamento e aumentando a utilidade de vida do suco.

Para a acidez total titulável, verifica-se através da equação de regressão (Figura 3B), que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, onde o maior valor para ATT (4,45) foi obtido quando as plantas receberam água de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ e mínimo de 4,28 nas plantas cultivadas com o maior nível de CEa ($2,8 \text{ dS m}^{-1}$), ou seja houve redução de 3,47% ao comparar as plantas cultivadas com água de $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as que estavam sob $0,7 \text{ dS m}^{-1}$. Resultados divergentes foram encontrados por Costa *et al.* (2001), ao irrigarem plantas de maracujazeiro com água de $\text{CE} > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$, perceberam que os valores de ATT (3,33 e 3,87%) mantiveram-se nos padrões encontrados em plantios irrigados com água de boa qualidade. Apesar da diminuição verificada na ATT com o incremento na salinidade da água de irrigação, o valor médio obtido foi de 4,33 para os tratamentos aplicados. Conforme relata Folegatti; Matsuura (2002) a acidez do suco de maracujá amarelo deve estar entre 3,2% e 4,5% para uso na indústria de processamento, mostrando que o incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação até $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ não proporcionou valores de ATT fora dos padrões adequados para indústria.

Figura 3: potencial hidrogênico (A), acidez total titulável (ATT) (B) e teores de vitamina C (VIT C) (C) do suco de frutos de maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

No que diz respeito aos teores de Vitamina C, nota-se, mediante equação de regressão (Figura 3C), resposta linear decrescente, com redução de 2,16% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, as plantas quando foram irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹ tiveram redução de 4,60% na teores de vitamina C, comparando-se as plantas que foram cultivadas com água de 0,7 dS m⁻¹. Diferentemente de Costa *et al.* (2001) em pesquisa sobre caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigados com água salina, onde verificaram que o uso da água salina, de CE > 3,0 dS m⁻¹, não interferiu na produção de vitamina “C” total dos frutos, cujo valor médio obtido foi de 23,62 mg 100 mL⁻¹. Para esses autores, a manutenção da umidade do solo, proporcionada pelo revestimento lateral das covas, resultou em menor efeito tóxico e osmótico dos sais sobre as plantas de maracujazeiro amarelo.

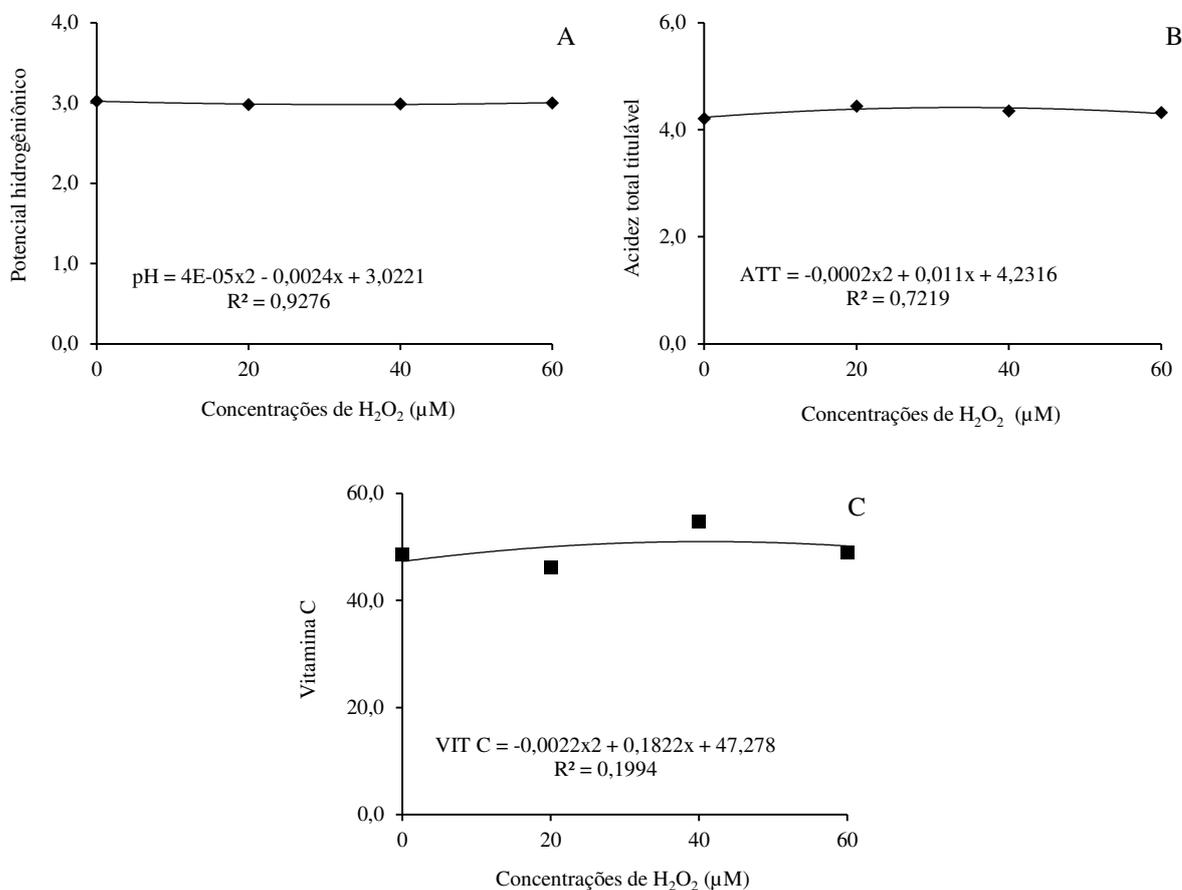
Por outro lado, Freire *et al.* (2010) verificaram que os maiores teores de vitamina C foram obtidos de frutos das plantas de maracujazeiro irrigadas com água não salina (0,5 dS m⁻¹

¹) no solo com biofertilizante e irrigadas com água salina (4,5 dS m⁻¹) no solo sem o insumo orgânico e com cobertura morta. Nessa situação, a cobertura morta pode ter contribuído para a preservação de umidade no solo, favorecendo a diluição dos sais e amenizando os efeitos provocado por estes, permitindo a obtenção de maiores teores de vitamina C, mesmo nas irrigações com água salina (4,5 dS m⁻¹). Nesta pesquisa, conforme já enfatizado, o aumento da concentração de sais no solo em função do incremento da salinidade na água irrigação, possivelmente contribuiu também para a diminuição dos teores de VIT C, em decorrência de efeitos osmóticos, tóxicos e desbalanço nutricional que podem ter comprometido a qualidade dos frutos.

A aplicação exógena de concentrações de H₂O₂ influenciou significativamente o pH, a ATT e a VIT C dos frutos de maracujazeiro amarelo e de acordo com os estudos de regressão (Figura 4A), os dados se ajustaram ao modelo quadrático, no entanto, percebeu-se que não ocorreu distinção entre os valores de pH, para as plantas que receberam a concentração máxima de 60 µM e a mínima 0 µM, cujo valor médio observado foi de 3,0. Para a ATT (Figura 4B), os dados se ajustaram ao modelo quadrático, onde verifica-se aumento da ATT até a concentração de 27,5 µM, com valor máximo de 4,38, ocorrendo decréscimo a partir dessa concentração, constatando-se um valor médio de 4,17 nas plantas que receberam 60 µM.

Sugere-se que incremento proporcionado na ATT pela concentração de 27,5 µM, seja devido a uma maior efetividade dessa concentração no processo de aclimatação das plantas de maracujazeiro amarelo. Segundo Bowler; Fluhr (2000) a adição de H₂O₂ em tecidos foliares de forma exógena ou sua indução endógena age como um sinal de indução para a expressão de genes referentes à catalase, o ascorbato peroxidase, o guaiacol peroxidase e à glutathione redutase em que, o acúmulo de H₂O₂ em tecidos específicos e em quantidades apropriadas beneficia as plantas mediando a aclimatação e a tolerância cruzada a estresses bióticos e abióticos.

Figura 4: potencial hidrogênio (pH) (A), acidez total titulável (ATT) (B) e teores de vitamina C (VIT C) (C) do suco de frutos de maracujazeiro amarelo sob aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Para os teores de VIT C, verifica-se, conforme equação de regressão (Figura 4C), o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, pelo qual constata-se que a VIT C aumentou até a concentração de 41,5 μM, proporcionando valor máximo de 51,05, a partir dessa concentração foi observada redução, sendo que a concentração 60 μM, proporcionou valor média de 50,29. Possivelmente, concentrações de H₂O₂ acima da referida, podem ter causado toxicidade nas plantas de maracujazeiro amarelo, promovendo a redução dos teores de VIT C. Já que o H₂O₂ é uma espécie reativa de oxigênio (EROs), Forman *et al.* (2010) afirma que as plantas estão adaptadas a conviverem com certos níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs), no entanto, seu acúmulo nos tecidos pode levar à toxicidade e resultar na morte celular. De acordo com Van Breusegem *et al.* (2001) essa redução pode ser devido ao efeito natural do H₂O₂ nas plantas, pois em concentrações elevadas, ao invés de promover a tolerância da planta ao estresse, favorecem a toxidez e a morte da planta pelo excesso de H₂O₂ e outras EROs.

CONCLUSÕES

O incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação afetou negativamente produção e a qualidade física e química dos frutos de maracujazeiro amarelo, sendo o número de frutos e o peso total de frutos por planta as variáveis mais comprometidas aos 205 dias após o transplantio.

Há interação significativa entre os níveis de salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a variável diâmetro polar do fruto, aos 205 dias após o transplantio.

A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 27,5 e 41,5 μM , fornecem os maiores valores de acidez total titulável e vitamina C, respectivamente, aos 205 dias após o transplantio.

REFERÊNCIAS

- AHMED, B.A.E.; MORITANI, I.S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water. **Agricultural Water Management**, v. 97, 2010, p. 165–170.
- ANDRADE, J. M.B.; ANDRADE, A.B. Características físico-químicas do maracujá amarelo produzido em diferentes épocas em Marumbi -PR. **Arquivo Apadec**, Meio Ambiente, 2004, p. 391-397.
- AZEVEDO NETO, A.D. *et al.* Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.10, 2005, p.1114- 1122.
- BEZERRA, J. D. *et al.* Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 63, p. 502-508, 2016.
- BOWLER, C.; FLUHR, R. The role of calcium and activated oxygen as signals for controlling cross-tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 5, 2000, p. 241 - 246.
- CAMPOS, V.B. *et al.* Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro amarelo sob adubação potássica, biofertilizante e cobertura morta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, p. 59-71, 2007.
- CARVALHO, F.E.L. *et al.* Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, 2011, p.416–423.
- CAVALCANTE, L.F. *et al.* Resposta do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) ao manejo e salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 23, n. 1/2. 2002, p. 27-33.
- CAVALCANTE, L.F. *et al.* Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, supl. 1, 2011, p. 699-705.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997, p.212. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- COSTA, A. F. S. *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória: Incaper, 2008. 56 p. (Documentos, 162)
- COSTA, J. R. M. *et al.* Caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, 2001, p.143-146.
- DIAS, T.J. *et al.* Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, 2011, p. 644-651.

DIAS, T.J. *et al.* Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, 2012, p. 2905-2918.

FERREIRA NETO, M.; *et al.* Qualidade de fruto de coqueiro-anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, 2007, p. 453-458.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, 2011, p.1039-1042.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, 2004, p. 307-319.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. Produtos. In: Matsuura, F. C. A. U.; Folegatti, M. I. S. (ed.). **Maracujá pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 2002, p. 42-47.

FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. **Biochemistry**, v.49, p.835-842, 2010.

FREIRE, J. L.O. *et al.* Estresse salino e uso de biofertilizantes como mitigadores dos sais nos componentes morfofisiológicos e de produção de glicófitas. **Revista Principia**, n.29, 2016, p. 30-38.

FREIRE, J. L.O. *et al.* Teores de micronutrientes no solo e no tecido foliar do maracujazeiro amarelo sob uso de atenuantes do estresse salino. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, 2015, p. 65-81.

FREIRE, J.L.O.; Cavalcante, L. F.; Rebequi, A. M.; Dias, T. J., Brehm, M. A. S.; Santos, J. B. Quality of yellow passion fruit juice with cultivation using different organic sources and saline water. **IDESIA (Chile)** v. 32, 2014, p. 79-87.

FREIRE, J. L.O. *et al.* Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v. 24, 2011, p. 82-91.

FREIRE, J.L.O.; *et al.* Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, 2010, p. 102-110.

GONDIM, F.A. *et al.* Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 373-38, 2011.

Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 533p. 1985.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, S.A.S. *et al.* Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. **Irriga**, v. 21, 2016, p.779-795.

MOURA, G.S. *et al.* Conservação pós-colheita de frutos de maracujá-amarelo por derivados de capim-limão (*Cymbopogon citratus*). **Ambiência Guarapuava** (PR) v.12, 2016, p. 667 – 682.

OLIVEIRA, F.A. *et al.* Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Comunicata Science.*, v.6, p.471-478, 2015.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 48).

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.

SANTOS, J.B. **Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio: magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo**. Universidade Federal da Paraíba, 2001. 88 f. Dissertação de Mestrado.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* **Maracujá: Práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2000. 316p.

SILVA, E.M.*et al.* Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 3, 2016, p. 01-07. SOUSA, G.B. *et al.* Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, v. 21, p. 172-180, 2008.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, 91, 2003, p. 503-527.

UCHIDA, A. *et al.* Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. **Plant Science**, v. 163, n. 03, 2002, p. 515-523.

VAN BREUSEGEM, F.; *et al.* The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, Clare, v. 161, 2001, p. 405 - 414.

VIANA, P.C.*et al.* Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de maracujazeiro-amarelo. **Agropecuária científica no semiárido**. v. 8, n. 1, 2012, p. 45-50.

WAHID, A. *et al.* Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheatseedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 03, 2007, p. 283-294.