



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA  
MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM GRAVIOLEIRA**

**ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA**

**CAMPINA GRANDE – PB  
MARÇO - 2018**

**ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA**

Engenheiro Agrícola

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA  
MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM GRAVIOLEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

**ORIENTADORES: Profº Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo**

**Dr. Geovani Soares de Lima**

**CAMPINA GRANDE – PB  
MARÇO - 2018**

S586a Silva, André Alisson Rodrigues da.  
Aplicação exógena de peróxido de hidrogênio na mitigação do estresse salino em gravioleira / André Alisson Rodrigues da Silva. – Campina Grande, 2018.  
82 f

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. *Annona muricata* L. 2. Salinidade da Água. 3. Tolerância. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.41(043)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA**

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA  
MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM GRAVIOLEIRA**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

---

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo  
Orientador UAEA/CTRn/UFCG

---

Dr. Geovani Soares de Lima  
Orientador PNPd/CAPES/UFCG

---

Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares  
Examinadora PDJ/CNPq/UFCG

---

Dr. Hans Raj Gheyi  
Examinador– UAEA/CTRn/UFCG

**CAMPINA GRANDE – PB  
MARÇO - 2018**

A minha avó Josefa Quirino de Jesus (*In memoriam*), por todo amor, carinho, dedicação e ensinamentos que guardarei para sempre, sua memória viverá continuamente através de mim, do meu amor e da minha eterna saudade.

## **MINHA HOMENAGEM**

A minha mãe Valquíria como reconhecimento de todo amor e dedicação.

**OFEREÇO**

A minha esposa, Lidiane Conrado pelo carinho, compreensão e companheirismo; as minhas filhas Victória e Valentina, presentes que Deus colocou em minha vida, minha continuidade.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por Sua presença constante em todos os momentos da minha vida;

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

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, pela orientação, estímulo, paciência e confiança, durante a realização deste curso e por se fazer presente na minha formação intelectual desde a graduação;

Ao meu Co-orientador, Dr. Geovani Soares de Lima, pela amizade, compreensão, por todos os ensinamentos transmitidos e por se fazer presente na minha formação intelectual;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo;

Aos amigos e colegas da pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de compartilhar momentos de alegria e dificuldades, pelo apoio na execução dos trabalhos, em especial a Luana, Rômulo, Luderlandio, Wesley e Saulo;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo concedidos durante toda minha formação. Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Muito obrigado.

# SUMÁRIO

## **CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA**

---

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	17
2.1. Objetivo geral.....	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
3.1. A cultura da gravioleira ( <i>Annona muricata</i> L.).....	18
3.2. Salinidade e seus efeitos sobre as culturas .....	19
3.2.1. Efeito Osmótico.....	20
3.2.2. Efeito Tóxico.....	21
3.2.3. Efeito nutricional.....	22
3.3. Tolerância das culturas à salinidade .....	23
3.4. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino .....	24
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	25

## **CAPÍTULO II - APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA AO ESTRESSE SALINO**

---

<b>RESUMO:</b> .....	31
<b>ABSTRACT:</b> .....	32
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	33
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	34
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	47
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	47

### **CAPÍTULO III - TROCAS GASOSAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DA GRAVIOLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO EXÓGENA De H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

---

<b>RESUMO:</b> .....	51
<b>ABSTRACT:</b> .....	52
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	52
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	53
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	64
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64

### **CAPÍTULO IV - CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO EXÓGENA DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

---

<b>RESUMO:</b> .....	68
<b>ABSTRAT:</b> .....	69
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	69
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	71
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	74
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	80
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO II</b>		Pág.
<b>Tabela 1.</b>	Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos .....	32
<b>Tabela 2.</b>	Resumo do teste F, referente à percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) da gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e aplicação exógena de concentrações de peróxido de hidrogênio .....	35
<b>Tabela 3.</b>	Resumo do teste F referente à altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio aos 85, 100 e 145 dias após semeadura (DAS)...	37
<b>Tabela 4.</b>	Resumo do teste F referente à área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), taxa de assimilação líquida (TAL) e suculência foliar (SUC) de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio .....	42
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>Tabela 1.</b>	Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	51
<b>Tabela 2.</b>	Resumo do teste F referente a condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A), concentração interna de CO <sub>2</sub> (CI), eficiência instantânea da carboxilação (EICI) e a eficiência no uso da água (EUA) das plantas de gravioleira irrigada com águas salinas e submetidas a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 120 dias após semeadura.....	53
<b>Tabela 3.</b>	Resumo do teste F referente a clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e carotenóides (Car) das plantas de gravioleira irrigada com águas salinas e submetidas a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 140 dias após semeadura.....	58
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>Tabela 1.</b>	Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	69

<b>Tabela 2.</b>	Resumo do teste “F” referente as taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCRap), diâmetro de caule (TCRdc), área foliar (TCRaf) no período de 85 a 145 dias após a semeadura (DAS) e, fitomassa seca de folha (FSF), caule (FSC), raiz (FSR), total (FST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 145 dias após semeadura de mudas de gravioleira ‘Morada Nova’ irrigadas com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.....	71
------------------	---	----

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II		Pág.
<b>Figura 1.</b>	Índice de velocidade de emergência – IVE (A) e percentagem de emergência - PE (B) da gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio.....	37
<b>Figura 2.</b>	Altura de planta da gravioleira cv. Morada Nova aos 85, 100 e 145 dias após semeadura (DAS) em função da salinidade (A) e aos 85 e 145 DAS em função do H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (B); diâmetro de caule aos 85 DAS em função da interação Níveis salinos x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (C) e aos 100 e 145 DAS em função da salinidade da água de irrigação (D), e aos 100 DAS em função das concentrações de peróxido de hidrogênio (E).....	40
<b>Figura 3.</b>	Número de folhas da gravioleira cv. Morada Nova aos 85, 100 e 145 dias após semeadura (DAS) em função da salinidade (A) e aos 85 e 145 DAS em função das concentrações de peróxido de hidrogênio (B).....	41
<b>Figura 4.</b>	Área foliar da gravioleira cv. Morada Nova aos 85 e 100 dias após semeadura (DAS) em função da salinidade (A) e aos 145 DAS em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio.....	42
<b>Figura 5.</b>	Área foliar específica – AFE da gravioleira cv. Morada Nova (A) e taxa de assimilação líquida – TAL (B) em função da salinidade, e suculência foliar – SUC em função da salinidade (C) e das concentrações de peróxido de hidrogênio (D).....	43
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>Figura 1.</b>	Condutância estomática - gs (A) e transpiração - E (B) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio.....	55
<b>Figura 2.</b>	A taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> – A (A) em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio e, concentração interna de CO <sub>2</sub> - CI (B) em função da salinidade da água.....	57
<b>Figura 3.</b>	Eficiência instantânea da carboxilação - EICI (A) e eficiência no uso da água - EUA (B) função da salinidade da água de irrigação.....	58
<b>Figura 4.</b>	Clorofila a (A) e Clorofila b (B) da gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio.....	60

<b>Figura 5.</b>	Carotenóides da gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e concentrações de peróxido de hidrogênio.....	61
------------------	--	----

#### CAPÍTULO IV

---

<b>Figura 1.</b>	Taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (TRCdc) da gravioleira ‘Morada Nova’ em função da salinidade da água de, no período de 85 a 145 dias após a semeadura.....	73
<b>Figura 2.</b>	Taxa de crescimento relativo da área folia (TRCaf) da gravioleira ‘Morada Nova’ em função da salinidade da água de irrigação -CEa (A) e peróxido de hidrogênio - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (B) no período de 85 aos 145 DAS.....	74
<b>Figura 3.</b>	Fitomassa seca de folha - FSF e de caule -FSC da gravioleira ‘Morada Nova’, em função da salinidade da água de irrigação -CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (B), aos 145 dias após a semeadura.....	75
<b>Figura 4.</b>	Fitomassa seca de raiz -FSR (A), total – FST (B) e índice de qualidade de Dickson- IQD (C) da gravioleira ‘Morada Nova’, em função da salinidade da água de irrigação aos 145 dias após semeadura (DAS).....	76

SILVA, A. A. R. da. **Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de graviola**. 2018. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

## RESUMO

A região Nordeste do Brasil, vem se destacando no cenário nacional com a produção de diversas frutas, sobretudo frutíferas tropicais, mas as concentrações de sais presentes na água nessas áreas afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas; tornando assim, necessária a busca por alternativas para o uso destas águas na irrigação; Entre as possibilidades, tem-se o uso de peróxido de hidrogênio, que pode otimizar o manejo do solo e/ou da água salina na agricultura irrigada. Nesse contexto, objetivou-se no presente estudo, avaliar a emergência, o crescimento, a fisiologia e a qualidade de mudas de gravioleira irrigada com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. O estudo foi conduzido em sacolas plásticas sob condição de casa de vegetação, utilizando-se um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, proveniente do município de Campina Grande, PB, durante o período de maio a outubro de 2017. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 e 100 µM), com quatro repetições, sendo a parcela constituída de três plantas. As concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente por um período de 24 horas. Posteriormente, as aplicações com as diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram realizadas via foliar, através da pulverização nas faces adaxial e abaxial foliar. Com o aumento do estresse salino, ocorreu diminuição em todas variáveis de crescimento, sendo a área foliar a variável mais prejudicada. A aplicação de peróxido de hidrogênio atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a emergência, diâmetro de caule e área foliar. A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 25 e 50 µM atenuaram os efeitos deletérios da salinidade da água sobre a condutância estomática, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e no teor de clorofila *a*, sendo a concentração de 25 µM, a mais eficiente. Irrigação com água a partir de 0,7 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente a qualidade das mudas de gravioleira. As concentrações de 31 e 100 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promoveram maiores valores de taxa de crescimento relativo de área foliar e fitomassa seca de folha e caule, respectivamente. O uso de água salina com

condutividade elétrica de 1,22 dS m<sup>-1</sup> pode ser utilizada para irrigação de mudas de gravioleira, pois promove redução média aceitável de até 10% no crescimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Annona muricata* L., salinidade da água, tolerância

SILVA, A. A. R. da. **Hydrogen peroxide as attenuation of salt stress in the formation of soursop seedlings**. 2018. 82p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center for Technology and Natural Resources, Campina Grande, PB.

#### ABSTRACT

The Northeast region of Brazil has been highlighted without a national scenario with fruit production, mainly tropical fruits, but as concentrations of salts present in the water in these areas affect the growth and development of plants; in this way, it becomes a necessity to search for alternatives for use; waters in irrigation; Among alternatives, the use of hydrogen peroxide can optimize soil and / or saline water management in irrigated agriculture. In this context, the objective of the present study was to evaluate the emergence, growth, physiology and quality of saplings irrigated with saline waters and the exogenous application of hydrogen peroxide. The study was conducted in plastic bags under greenhouse conditions, using a Neolithic Regolithic Eutrophic with a sandy loam texture from the municipality of Campina Grande, PB, during the period from May to October 2017. The treatments were distributed in the design of randomized blocks, in a 5 x 5 factorial arrangement, with five levels of electrical conduction of irrigation water - CEa (0.7, 1.4, 2.1, 2.8 and 3.5 dS m<sup>-1</sup>) and five concentrations of hydrogen peroxide - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 and 100 µM), with four replicates, a plot consisting of three plants. Hydrogen peroxide concentrations were applied by imbibing the seed for a period of 24 hours. Later as applications as different concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> were carried out via foliar spray through the adaxial and abaxial foliage. With increasing saline stress, there was a decrease in all growth variables, with a leaf area being the most impaired variable. An application of hydrogen peroxide attenuated the deleterious effects of irrigation water salinity on an emergence, stem diameter and leaf area. The exogenous application of hydrogen peroxide at concentrations of 25 and 50 µM attenuated the deleterious effects of water salinity on stomatal conductance, CO<sub>2</sub> assimilation rate and chlorophyll a content, with a concentration of 25 µM being the most efficient. Irrigation with water from 0.7 dS m<sup>-1</sup> negatively affected the quality of soursop seedlings. Concentrations of 31 and 100 µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promoted higher values of relative leaf area and leaf and stem dry matter, respectively. The use of saline water with electrical conductivity of 1.22 dS m<sup>-1</sup> can be used for irrigation of soursop seedlings, as it promotes an acceptable average reduction of up to 10% in growth.

**KEY WORDS:** *Annona muricata* L., salinity, tolerance

---

### INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

#### 1. INTRODUÇÃO GERAL

A gravioleira (*Annona muricata* L.) faz parte de um grupo de frutíferas que possui importância econômica para o Brasil, em especial para a região Nordeste; destacando-se os estados da Bahia, Alagoas, Ceará, Paraíba e Pernambuco como os maiores produtores. O cultivo comercial desta fruteira ainda é recente; entretanto, sua importância socioeconômica tem aumentado nos últimos anos em função do aumento da demanda por frutas tropicais, pela indústria alimentícia, além da possibilidade de uso na indústria farmacêutica e de cosméticos (São José et al., 2014).

A região semiárida do Nordeste brasileiro, embora apresente condições edafoclimáticas adequadas para produção da gravioleira, não atende as exigências hídricas da cultura para o cultivo em escala comercial, em virtude da restrição hídrica em termos de quantidade e qualidade. Devido as condições de baixa precipitação, distribuição irregular de chuvas e intensa evaporação, que ocorre ao longo do ano, a alta concentração de sais é comum na maioria das fontes de água desta região o que constitui um dos fatores de estresse abiótico, o que acaba limitando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Andrade et al., 2012; Freire et al., 2014).

A utilização de água com teores elevados de sais geralmente provoca toxidez no metabolismo vegetal, por causa do acúmulo excessivo dos íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e à redução do potencial osmótico do solo, diminuindo a disponibilidade de água para as plantas e consequentemente, causando fechamento estomático, limitando a condutância e transpiração, o que reduz a taxa fotossintética (Silva et al., 2010).

Uma prática que pode viabilizar o uso de água salina na irrigação, é a aclimação, realizada pelo pré-tratamento das plantas com baixas concentrações de peróxido de hidrogênio. A aclimação 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. Estudos bioquímicos e genéticos recentes, mostraram que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  funciona como uma molécula sinalizadora de estresse biótico e abiótico, desempenhando papéis importantes nos

processos de desenvolvimento e fisiológicos das plantas, incluindo germinação de sementes (Barba-Espín et al., 2011), floração (Liu et al., 2013), desenvolvimento do sistema radicular (Hernández et al., 2015), e regulação da abertura estomática (Ge et al., 2015).

Alguns estudos foram realizados com diferentes culturas com o propósito de avaliar a eficiência do peróxido de hidrogênio na mitigação dos efeitos deletérios da salinidade, como no arroz (Uchida et al. 2002) e milho (Azevedo Neto et al. 2005), contudo, não há informações de pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e aplicações exógenas em gravioleira sob condições de estresse salino.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a emergência, o crescimento, a fisiologia e a qualidade de mudas de gravioleira irrigada com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, visando fornecer subsídios ao seu cultivo em regiões semiáridas.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar a emergência e o crescimento da gravioleira irrigada com águas salinas e aplicação exógena de concentrações de peróxido de hidrogênio;
- Analisar as alterações fisiológicas, através da determinação das trocas gasosas da gravioleira em função do uso de águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio;
- Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos nas mudas de gravioleira sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e distintas concentração de peróxido de hidrogênio;
- Determinar, a concentração de peróxido de hidrogênio, capaz de mitigar os efeitos deletérios da irrigação com água de distintos níveis de condutividade elétrica.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. A cultura da gravioleira

A gravioleira é uma cultura pertencente ao gênero *Annona*, originária do continente Americano, com centro de origem na região da América Central e dos Vales Peruanos, sendo considerada a mais tropical das anonáceas (Okigbo & Obire, 2009). Foi disseminada pelos espanhóis e portugueses, desde o Caribe ao Sudeste do México e no Brasil (Silva et al., 2013).

É dispersa nas regiões tropicais e subtropicais da América, Europa, Ásia e África (Sacramento et al., 2009). Foi introduzida no Brasil no século XVI, tornando-se uma das frutíferas de maior importância econômica, relevante nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, destacando-se os Estados da Bahia, Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Pará, que possuem condições edafoclimáticas favoráveis para seu cultivo (São José et al., 2014).

Os dados sobre área plantada e a comercialização da graviola não são conhecidos com exatidão; no entanto, sabe-se que o cultivo desta fruta tem avançado no Brasil nos últimos anos, especialmente no estado da Bahia, na região do município de Irecê, cuja produção de graviola é de 8 mil toneladas, com perspectivas de crescimento devido ao aumento de áreas plantadas no estado (ADAB, 2010).

A cultura da gravioleira se reveste de grande importância socioeconômica, em virtude da geração de emprego e fixação de mão-de-obra, pois a produção, além de destinada para a agroindústria, tem um volume significativo comercializado como fruta fresca, especialmente no mercado nacional (São José et al., 2000). Trata-se de uma fruteira, que possui importância alimentar e tem se destacado pelas suas características sensoriais de sabor e aroma, bastante utilizada tanto para consumo *in natura* quanto para o aproveitamento pela agroindústria visando à obtenção de polpa, suco, néctar, entre outros (Oliveira Neto et al., 2014). Além do mais, é rica em vitamina C, cálcio, carboidratos, água e substâncias com atividade antioxidante que têm recebido grande atenção, pois auxiliam na proteção do organismo humano contra o estresse oxidativo, evitando e prevenindo uma série de distúrbios crônico-degenerativos (Taco, 2006; Yahia, 2010).

A gravioleira apresenta hábito de crescimento ereto, com altura média de 4 a 8 metros na fase adulta, caule único e com ramificação assimétrica. As folhas apresentam pecíolo

curto, são oblongo-lanceoladas ou elípticas, medindo 14 a 16 cm de comprimento e 5 a 7 cm na maior largura; as nervuras são pouco perceptíveis (Manica, 1997). Esta anonácea possui o maior sistema radicular dentre as demais podendo adaptar-se a diferentes tipos de solos, apesar de requerer solos profundos, ricos e bem drenados com pH ligeiramente ácido (5,5 - 6,5) (Ramos, 1992).

Possui frutos com forma variada, podendo apresentar-se ovoides, condiformes ou irregulares, com poupa branca, de cheiro forte e acre, quando verde, tornando-se suave, agradável, sucosa, refrigerante, doce, ligeiramente ácida e um tanto cotonosa ao amadurecer (Castro et al., 1984).

As sementes apresentam dormências exógenas, provocadas pela dureza de sua película externa, sendo necessária sua escarificação e/ou imersão em água fria durante 24 horas para perfeita germinação. O espaçamento no plantio pode ser de 4,0 x 4,5 m até 8,0 x 8,0 m (Ramos, 1992).

### **3.2. Salinidade e seus efeitos sobre as culturas**

De maneira geral, o estresse salino inibe o crescimento das plantas por reduzir o potencial osmótico da solução do solo, limitando a disponibilidade de água resultando no fechamento estomático e, em consequência, a redução da disponibilidade de dióxido de carbono, promovendo danos aos aparelhos fotossintéticos. Outrossim, podendo submeter a planta a toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, em virtude da acumulação excessiva de íons de NaCl, nos tecidos vegetais (Alves et al., 2011; Sá et al., 2015).

A presença de alto teor de sais solúveis na rizosfera, principalmente sódio, boro, bicarbonatos e cloretos, provoca alterações nas respostas fisiológicas das plantas. Em decorrência, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração resultando em uma taxa fotossintética menor, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (O'leary, 1975; Batista et al., 2002). Por outro lado, o NaCl na solução do solo interfere nas condições físicas do solo e na absorção de nutrientes, afetando indiretamente o crescimento, o desenvolvimento das plantas e as atividades metabólicas em geral (LARRÉ et al., 2014).

A tolerância à salinidade é, no entanto, variável entre e até mesmo dentro da espécie, dependendo de diversos fatores, como estágio fenológico, intensidade e duração do estresse salino (Neves et al., 2009, Bustingorri & Lavado, 2011).

Conforme Cavalcante et al. (2001), a gravioleira, durante a fase de formação de porta-enxerto, ajustou-se osmoticamente como planta moderadamente tolerante aos sais, e sua área foliar e o rendimento biológico das plantas aumentaram com o nível de salinidade da água de irrigação até 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

Sá et al. (2015), constataram ao avaliar o balanço de sais e o crescimento inicial de mudas de pinheira sob substratos irrigados com água salina, que altas concentrações de sais na água de irrigação inibem a emergência, o crescimento e a formação de fitomassa das plantas de pinheira.

Níveis de salinidade de até 5,5 dS m<sup>-1</sup> na água de irrigação não afetam a germinação de sementes de gravioleira Morada Nova, mas níveis a partir de 2,5 dS m<sup>-1</sup> diminuem significativamente sua velocidade de emergência (Nobre et al., 2003), que pode ser explicado pelo fato de os sais presentes na água de irrigação reduzirem o potencial osmótico da solução do solo, ocasionando retardamento do tempo de embebição das sementes.

O aumento da condutividade elétrica do solo provocado pela salinidade da água de irrigação interfere negativamente na germinação de sementes, crescimento e produção do maracujazeiro amarelo, determinando a necessidade de estudos que possam minimizar os efeitos deletérios da salinidade e, adicionalmente, substituir, parcial ou totalmente, o fornecimento salino a partir da adubação mineral (Cavalcante et al., 2001, 2002 e 2005).

### **3.2.1. Efeito Osmótico**

Quando se refere aos efeitos causados às plantas, pela alta concentração de sais solúveis tanto no solo quanto na água de irrigação, de imediato é preciso voltar-se aos estudos para o componente osmótico, pois ele é de grande importância para a absorção de água pela planta (Willadino & Câmara, 2010).

O aumento da salinidade da água utilizada na prática da irrigação, ocasionará um acréscimo significativo no teor de sais no extrato de saturação do solo ocorrendo diminuição no potencial osmótico da solução do solo, que é identificado como o primeiro fator de redução do crescimento (Flowers, 2004).

De acordo com Dias & Blanco (2016), as plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes, são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico, dando origem ao estresse hídrico. Este fato trará uma

série de implicações para a planta, como a não absorção de nutrientes, redução na taxa fotossintética, redução na expansão celular, assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e aceleram a senescência de folhas maduras reduzindo, conseqüentemente, a área destinada ao processo fotossintético e a produção total de fotoassimilados (Munns, 2002; Lacerda et al., 2003).

De acordo com Munns (2002), o efeito osmótico pode estabelecer uma nova e mais reduzida taxa de alongação foliar e radicular em questão de horas provocando, com o passar do tempo, alteração no início da floração e redução na produção de sementes.

Assim sendo, faz-se necessário um ajuste osmótico na célula vegetal para assegurar a manutenção do turgor e a entrada de água para o crescimento celular. Um dos mecanismos comumente citados para tolerância a salinidade, tem sido a capacidade de algumas plantas em acumular íons, no vacúolo e/ou, solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, permitindo a manutenção da absorção de água e da turgescência celular (Tester & Davenport, 2003; Taiz & Zeiger, 2017).

Esta compartimentação do sal permite, às plantas tolerantes, viver em ambientes salinos, porém as plantas sensíveis à salinidade tendem a excluir os sais na solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico descrito e sofrem com decréscimo de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico, por osmose e a morte (Dias & Blanco, 2016).

### **3.2.2. Efeito Tóxico**

Quando certos íons do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas, a um ponto que possa provocar danos à cultura e reduzir seu rendimento, essas plantas sofrem por toxicidade (Silva, 2011). Geralmente, a maioria das culturas evoluem sob condições de baixa salinidade do solo; assim, os mecanismos desenvolvidos para absorver, transportar e utilizar os nutrientes presentes em substratos não salinos podem não ser eficazes em condições salinas (Garcia et al., 2007).

A toxidade nas plantas pode ser provocada por determinados elementos, como sódio, boro, bicarbonatos e cloretos que, em concentração elevada, favorecem distúrbios fisiológicos (Batista et al., 2002). Nessas condições de toxidez, a concentração dos íons de Na<sup>+</sup> e/ou de Cl<sup>-</sup>, frequentemente excedem as concentrações de macro e micronutrientes

reduzindo a absorção desses nutrientes minerais, especialmente o  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  (Larcher, 2000).

Nos ambientes salinos o  $\text{NaCl}$  é, em geral, o sal predominante e, conseqüentemente, aquele que causa maiores danos às plantas. Em vista disso, o excesso de  $\text{Na}^+$  e sobretudo de  $\text{Cl}^-$  no protoplasma, ocasiona distúrbios em relação ao balanço iônico, além dos efeitos específicos desses íons sobre as enzimas e membranas celulares (Flores, 1990). Logo, os efeitos deletérios causados pela toxicidade nas plantas podem expressar-se fisiologicamente propiciando reflexos morfológicos, visto que a elevada concentração de íons no fluxo transpiratório provoca injúrias nas folhas, além da senescência precoce (Silva et al., 2008).

Do mesmo modo, os sintomas de toxidez por íons específicos nas folhas são relatados por Dias & Blanco (2016) sendo eles: a) o sintoma do cloreto é evidenciado pela queimadura do ápice das folhas atingindo as bordas em estágios mais avançados, promovendo queda prematura; b) os sintomas típicos do sódio surgem em forma de queimaduras ou necrose ao longo das bordas nas folhas mais velhas, progredindo na área interneval até o centro da folha, à medida que se intensifica; c) os sintomas causados pelo boro na folha se resumem em manchas amarelas ou secas nas bordas e no ápice das folhas velhas estendendo-se pelas áreas internevais até o centro da folhas.

### **3.2.3. Efeito nutricional**

Além dos efeitos osmótico e tóxico, causados nas plantas pelo excesso de sais no solo ou na água de irrigação, é necessário destacar outro aspecto afetado pela salinidade que, conseqüentemente, atinge o crescimento e o desenvolvimento das culturas. O desequilíbrio nutricional, ocorre em virtude da significativa alteração nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta; por exemplo, o excesso de  $\text{Na}^+$  inibe a absorção de nutrientes, como o  $\text{K}^+$  e o  $\text{Ca}^{++}$ . Além disso, o elevado pH encontrado em solo salino promove uma redução na disponibilidade de muitos micronutrientes, como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (Farias et al., 2009).

A planta, ao ser exposta a um solo salino por muito tempo, expressa sintomas de fitotoxicidade iônica específica devido ao excesso de absorção de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$ , ocasionando desbalanço iônico, interferindo no mecanismo estomático, provocando distúrbios nas atividades metabólicas em geral (Mansour & Salama, 2004).

De acordo com BOSCO et al. (2009), o estresse salino provocou o aumento dos teores dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas de berinjela, seguido da redução dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , refletindo o desequilíbrio nutricional como consequência do estresse salino progressivo, o qual também diminui a concentração de  $\text{K}^+$  e aumenta os teores de N,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no caule.

### **3.3. Tolerância das culturas à salinidade**

As culturas apresentam diferentes respostas quando submetidas a um ambiente salino; com relação a essas respostas, as plantas podem ser classificadas em dois grupos: halófitas e glicófitas. As plantas halófitas, são aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas (tipicamente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), podendo produzir rendimentos aceitáveis nessas condições e, as glicófitas são mais sensíveis em níveis de salinidade relativamente baixos, sendo incapazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas (Willadino & Camara, 2010).

O estresse salino compromete o crescimento e a produtividade das plantas em todo o mundo, sendo constituído de dois componentes: do osmótico e do iônico (Freitas et al., 2013). O componente osmótico é decorrente da alta concentração de sais no ambiente radicular, que provoca a diminuição do potencial hídrico do solo e reduz a disponibilidade de água para a planta. Já o componente iônico, é responsável pelo acúmulo de certos íons (em geral,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) e pode provocar desequilíbrio nutricional, toxidez ou ambos (Munns & Tester, 2008).

A capacidade de sobrevivência das plantas sensíveis ao estresse salino, é regida por mecanismos que conferem resistência à salinidade; outrossim, esses mecanismos são aspectos fundamentais para o crescimento de culturas e envolvem alta atividade metabólica sob estresse moderado e baixa sob estresse severo, que permitem, à planta, suportar o estresse (Willidiano & Câmara, 2010).

A tolerância das plantas à salinidade depende da sua habilidade em controlar o transporte de sal em cinco pontos específicos: 1 - Seletividade no processo de absorção pelas células das raízes; 2 - Carregamento do xilema preferencialmente com  $\text{K}^+$ , mais do que com  $\text{Na}^+$ ; 3 - Remoção do sal do xilema na parte superior das raízes, caule, pecíolo ou bainhas foliares; 4 - Retranslocação de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no floema, garantindo a ausência de translocação para tecidos da parte aérea em processo de crescimento e; 5 - Excreção de sais através de glândulas ou pelos vesiculares, presentes apenas nas halófitas. A tolerância

em glicófitas depende dos três primeiros mecanismos, os quais ocorrem em diferentes graus, em função da espécie e/ou cultivar (Munns, 2002).

Uma das estratégias utilizadas pelas plantas é a extrusão do  $\text{Na}^+$  para a solução do solo retirando o cátion da planta e a expulsão do  $\text{Na}^+$  de alguns tecidos, especialmente o xilema, como forma de evitar o acúmulo do cátion no limbo foliar, minimizando os efeitos deletérios da salinidade sobre o metabolismo foliar, em especial sobre o processo fotossintético (Munns, 2002). Além disso, também existem algumas espécies que apresentam capacidade de acumular íons no vacúolo e solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, para baixar seu potencial hídrico a um patamar inferior ao do solo, o que lhes permitem um ajustamento osmótico a esse tipo de condição. Por sua vez, outras culturas apresentam tolerância devido às diferenças na aquisição, translocação, transferência ou acúmulo de íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (Farias et al., 2009).

Os solutos compatíveis constituem um pequeno grupo de substâncias de natureza química distinta, destacando-se: aminoácidos (como a prolina), compostos amônio-quaternários (glicina betaína,  $\beta$ -alanina betaína, prolina betaína, colina-O-sulfato), compostos sulfonium-terciário (DMSP – dimetilsulfoniopropionato), poliois (ou álcoois poliídricos, como pinitol e manitol), açúcares solúveis (frutose, sacarose, trealose, rafinose) ou poliméricos (frutanas), além de poliaminas (putrescina, espermidina e espermina). Também devem ser incluídas algumas enzimas que eliminam os radicais livres e proteínas que protegem a formação ou a estabilidade de outras proteínas (Willadino & Câmara, 2010).

Dentre os fatores estudados, o estado nutricional das plantas é um fator que pode ser levado em consideração para caracterizar a tolerância das plantas à salinidade, visto que incrementos na concentração de  $\text{NaCl}$  na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, sobremaneira de  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^+$ , e interferem nas suas funções fisiológicas. Daí a habilidade dos genótipos de plantas em manter altos teores de  $\text{K}$  e  $\text{Ca}$  e baixos níveis de  $\text{Na}$  dentro do tecido, é um dos mecanismos chave que contribuem para expressar a maior tolerância à salinidade. Na maioria dos casos genótipos tolerantes à salinidade são capazes de manter altas razões  $\text{K/Na}$  nos tecidos (Dias & Blanco, 2016).

#### **3.4. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino**

O peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) é uma das espécies reativas de oxigênio (EROs) mais estáveis, sendo um componente vital para o desenvolvimento, metabolismo e homeostase de diferentes organismos (Biernert et al., 2006). Entretanto, pouco tempo atrás, o peróxido de hidrogênio e outras EROs eram vistos apenas como metabólitos tóxico para a célula, mas estudos demonstram que elas atuam como moléculas sinalizadoras, sendo benéficas à baixas concentrações e prejudiciais quando em excesso (Neill et al., 2002; Uchida et al., 2002; Gechev & Hille, 2005; Quan et al., 2008).

O  $H_2O_2$  funciona como uma molécula sinalizadora em plantas sob estresse bióticos e abióticos, desempenhando papéis importantes nos processos de desenvolvimento e fisiológicos das plantas, incluindo germinação de sementes (Barba-Espín et al., 2011), floração (Liu et al., 2013), desenvolvimento do sistema radicular (Hernández et al., 2015), e regulação da abertura estomática (Ge et al., 2015).

O peróxido de hidrogênio pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que irão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, permitindo maior absorção de água (Carvalho et al. 2011). Em concentrações adequadas, o peróxido de hidrogênio promove a produção de  $O_2$  para respiração mitocondrial e atividade metabólica, podendo auxiliar na superação de dormência tegumentar, permitindo melhor absorção de água, além de contribuir para decomposição de inibidores da germinação (Oliveira Junior et al., 2017). Além disso, pode induzir a tolerância ao estresse salino, reduzindo os teores de  $Na^+$  e  $Cl^-$  nas plantas (Gondim et al., 2011).

A pré-exposição de plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores como o  $H_2O_2$ , pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento metabólitos e/ou enzimas antioxidativas) e, portanto, resulta num melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo (VEAL et al., 2007; Forman et al., 2010). Neste contexto, vários autores observaram em estudos realizados com arroz (Uchida et al., 2002), milho (Azevedo Neto et al., 2005; Silva et al., 2016) trigo (Wahid et al., 2007), citrus (Tanou et al., 2009) e feijão-de-corda (Hasan et al., 2016) que o peróxido de hidrogênio atua na aclimação das plantas ao estresse salino.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ADAB. Agência de Defesa Agropecuária do Estado da Bahia. 2010 Disponível em: <<http://www.adab.ba.gov.br/modules/news/article.php?storyid=480>>. Acesso em: 21/09/2017.
- Alves, M. S.; Soares, T. M.; Silva, L. T.; Fernandes, J. P.; Oliveira, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.5, p.491-498, 2011.
- Andrade, T. S.; Montenegro, S. M. G. L.; Montenegro, A. A. A.; Rodrigues, D. F. B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.496-504, 2012.
- Azevedo Neto, A. D.; Prisco, J. T.; Enéas Filho, J.; Rolim, M. S, J.; Gomes Filho, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, v. 162, n. 10, p. 1114–1122, 2005.
- Barba Espín, G.; Vivancos, P. D.; Job, D.; Belghazi, M.; Job, C.; Hernandez, A. J. Understanding the role of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> during pea seed germination: a combined proteomic and hormone profiling approach. *Plant, cell e environment*, v. 34, n. 11, p. 1907-1919, 2011.
- Batista, M. J.; Novaes, F.; Santos, D. G.; Suguino, H. H. Drenagem como Instrumento de Dessalinização e Prevenção da Salinização de Solos. 2.ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 216p, 2002.
- Bienert, G. P.; Schjoerring, J. K.; Jahn, T. P. Membrane transport of hydrogen peroxide. *Biochimica et Biophysica Acta*, Amsterdam, v. 1758, n. 8, p. 994-1003, 2006.
- Bosco, M. R. O. de; Oliveira, A. B. de; Hernandez, F. F. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 2, p.157-164, 2009.
- Bustingorri, C.; Lavado, R. S. Soybean growth under stable versus peak salinity. *Scientia Agrícola*, v.68, p.102-108, 2011.
- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; L Neto, M. C.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416–423, 2011.
- Castro, F. A. de; Maia, G. A.; Holanda, L. F. F. Características físicas e químicas da graviola, *Pesquisas Agropecuária Brasileira*, v.19, n.3, p. 361-365, 1984.

- Cavalcante, L. F.; Carvalho, S. D.; Lima, E. D.; Feitosa Filho, J. C.; Silva, D. A. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p.455-459, 2001.
- Cavalcante, L. F.; Santos, J. B.; Santos, C. J. O.; Filho, J. C. F.; Lima, E. M. e Cavalcante, I. H. L. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros com água salina em diferentes volumes de substrato. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 3, p. 748-751, 2002.
- Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L.; Pereira, K S. N.; Oliveira, F. A. de; Gondim, S C.; Araújo, F A. R. de. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.4, p.515-519, 2005.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, p. 151-161, 2016.
- Farias, S. G. G. D.; Santos, D. R. D. U.; Freire, A. L. D. O. U. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.5, p.1499-1505, 2009.
- Flores, H.E.: Polyamines and plant stress. In: Alscher, R.G., Cumming, J.R. (ed.): *Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanism*. p. 217-239, 1990.
- Flowers, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p. 307-319, 2004.
- Forman, H. J.; Maiorino, M.; Ursini, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, p.835-842, 2010
- Freitas, A. L. G. E.; Vilasboas, F. S.; Pires, M. M.; São José, A. R. Caracterização da Produção e do Mercado da Graviola (*Annona muricata* L.) no Estado da Bahia. *Informações Econômicas*, v. 43, n. 3, p.23-34, 2013.
- Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
- Garcia, G. O. de; Ferreira, P. A.; Miranda, G. V. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. *IDESIA*. v. 25, n.3, p. 93-106, 2007.

- Ge, X. M.; Cai, H. L.; Lei, X.; Zhou, X.; Yue, M.; HE, J. M. Heterotrimeric G protein mediates ethylene-induced stomatal closure via hydrogen peroxide synthesis in Arabidopsis. *The Plant Journal*, v. 82, n.1, p.138-150, 2015.
- Gondim, F. A.; Gomes Filho, E.; Marques, E. C.; Prisco, J. T. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 2, p. 373-38, 2011.
- Hasan, S. A.; Irfan, M.; Masrahi, Y. S.; Khalaf, M. A.; Hayat, S.; Tejada Moral, M. Growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. *Cogent Food e Agriculture*, v. 2, n. 1, p. 1155331, 2016.
- Hernández, A.; Velarde Buendía, A.; Zepeda, I.; Sanchez, F.; Quinto, C.; Sánchez Lopez, R.; Cardenas, L. H. Hydrogen peroxide sensor, indicates the sensitivity of the Arabidopsis root elongation zone to aluminum treatment. *Sensors*, v.15, n.1, p.855-867, 2015.
- Lacerda, C. F.; Cambraia, J.; Cano, M. A. O.; Ruiz, H. A.; Prisco, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, v.49, n.2, p.107, 2003.
- Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*, Ed. RiMa Artes e Textos, São Carlos, 2000, p.531.
- Larré, C. F.; Marini, P.; Moraes, C. L.; Amarante, L. do; Moraes, D. M. de. Influence of the 24-epibrassinolide on tolerance to salt stress in rice seedlings. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.1, p. 67-76, 2014.
- Liu, J.; Macarasin, D.; Wisniewski, M.; Sui, Y.; Droby, S.; Norelli, J.; Hershkovitz, V. Production of hydrogen peroxide and expression of ROS-generating genes in peach flower petals in response to host and non-host fungal pathogens. *Plant Pathology*, v.62, n.4, p. 820-828, 2013.
- Manica, I. Taxonomia, morfologia e anatomia. In: SÃO JOSÉ, A. R. et al. (eds.). *Anonáceas, produção e mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia)*. Vitória da Conquista: UESB. p. 20- 3, 1997.
- Mansour, M.M.F.; Salama, K.H.A. Cellular basis of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*, Elmsford, v.52, n.2, p.113-122, 2004.
- Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, and Cell Environment*, v.25, n.2, p.239-50, 2002.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

- Neill, S. J.; Desikan, R.; Hancock, J. T. Hydrogen peroxide signaling. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 5, n. 5, p. 388-395, 2002.
- Neves, A. L. R.; Lacerda, C. F.; Guimarães, F. V. A.; Hernandez, F. F. F.; Silva, F. B.; Prisco, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Ciência Rural*, v.39, n.3, p. 758-765, 2009.
- Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. Santos, F. J. D. S.; Bezerra, I. L.; Gurgel, M. T. Germinação e formação de mudas enxertadas de gravioleira sob estresse salino, *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 38, n. 12, p. 1365-1371, 2003.
- Okigbo, R. N.; Obire, O. Mycoflora and production of wine from fruits of soursop (*Annona Muricata* L.). *International Journal of Wine Research*, v.1, p.1-9, 2009.
- O'leary, J. W. 1975. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown saltsensitive plants. *Plant and Soil*, v.42, n.3, p.717-721.
- Oliveira Neto, E. A. de.; Santos, D. C. da.; Santos, Y. M. G. dos, Agroindustrial utilization of soursop (*Annona muricata* L.) for production of liqueurs: Sensory evaluation, *Journal of Biotechnology and Biodiversity*. v. 5, n.1, p. 33-42, 2014.
- Oliveira Junior, L D de. Tratamento pré-germinativo de sementes florestais com peróxido de hidrogênio. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Lavras, Lavras. 2017, 173p..
- Quan, L. J., Zhang, B., Shi, W. W., e LI, H. Y. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. *Journal of Integrative Plant Biology*, v.50, n.1, p.2-18, 2008.
- Ramos, V. H. V. Cultura da gravioleira (*Annona muricata* L.) In: DONADIO, L. C. Fruticultura tropical. Jaboticabal, FUNEP, 1992, p. 268.
- Sá, F. V. S.; Mesquita, E. F.; Costa, J. D.; Bertino, A. M. P.; Araújo, J. L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. *Irriga*, v. 20, n.1, p.46-59, 2015.
- Sá, F. V. S. da ; Brito, M. E. B.; Pereira, I. B.; Neto, P. A.; Andrade Silva, L. de; COSTA, F. B. da. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. *Irriga*, v. 20, n.3, p. 544, 2015.
- Sacramento, C. K.; Moura, J. I. L.; Coelho Junior, E. Graviola. In: SANTOS-SEREJO, J. A. et al. (eds.). Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 95-132, 2009.

- São José, A. R.; Pires, M.; Freitas, A.; Ribeiro, D. P.; Perez, L. A. A. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. especial, p. 86-93, 2014.
- São José, A. R.; Angel, D. N.; Bonfim, M. P.; Rebouças, T. N. H. Cultivo da graviola. In: *Semana Internacional de Fruticultura e Agroindústria*, v.7, 2000, Fortaleza. Cursos. Fortaleza: Sindifruta, Instituto Frutal, p. 35, CD-ROM. 2000.
- Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, F. P.; Melo N. F.; Azevedo Neto. Physiological-Physiological responses to salt stress in Young umbu plants. *Environmental and Experimental botany*, v. 63, p. 147-157, 2008.
- Silva, I. N. Qualidade de água na irrigação. *Agricultura Científica no Semi Árido*, v.07, n.3, p. 01–15, 2011.
- Silva, C. D. S.; Santos, P. A. A.; Lira, J. M. S.; Santana, M. C.; Silva Junior, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010
- Silva, R. A. R. da; Nunes, J. C.; Lima Neto, A. J. de. Lâminas de irrigação e cobertura do solo na produção e qualidade de frutos da gravioleira. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, v.8, n.3, p.441-447, 2013.
- Silva, E. M. da, Lacerda, F. H. D., Medeiros, S. A. de, Souza, L. P. de, Pereira, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n. 3, p. 01-07, 2016.
- Taco – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. NEPA – UNICAMP – versão II – 2ed – Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.
- Tester, M.; Davenport, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*, v. 91, p. 503-527, 2003.
- Tanou, G.; Job, C.; Rajjou, L.; Arc, E.; Belghazi, M.; Diamantidis, G.; Job. Proteomics reveals the overlapping roles of hydrogen peroxide and nitric oxide in the acclimation of citrus plants to salinity. *The Plant Journal*, v.60, n.5, p.795-804, 2009.
- Uchida, A., Jagendorf, A. T., Hibino, T., Takabe, T. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*, v.163, n.3, p.515-523, 2002.
- Veal, E. A.; Day, A. M.; Morgan, B. A. Hydrogen peroxide sensing and signaling. *Molecular cell*, v.26, n.1, p.1-14, 2007.

- Wahid, A.; Perveen, M.; Gelani, S.; Basra, S. M. Pretreatment of seed with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology*, v.164, n.3, p.283-294, 2007.
- Willadino, L.; Camara, T. R. L; Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.11; p.21, 2010.
- Yahia, E. M. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In L. A. Rosa, E. Alvarez-Parrilla, e G. A. Gonzalez-Aguilara (Eds.), *Fruit and vegetable phytochemicals chemistry nutritional value and stability*. Wiley- Blackwell: Hoboken, 2010

## CAPÍTULO II

---

### **APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA AO ESTRESSE SALINO**

**RESUMO:** A região nordeste do Brasil, apresenta condições propicias para exploração de diversas culturas, mas a elevada concentração de sais na água de irrigação na maioria das vezes é um fator limitante para produção. Neste contexto, objetivou-se com este

trabalho avaliar a emergência, o crescimento e a partição de fotoassimilados de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio através da embebição das sementes e pulverizações foliares. O estudo foi conduzido em sacolas plásticas sob condição de casa de vegetação, utilizando-se um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, proveniente do município de Campina Grande, PB. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) associados a cinco concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 e 100 µM), com quatro repetições e três plantas por parcela. Com o aumento do estresse salino, ocorreu diminuição em todas variáveis analisadas, sendo a área foliar a variável mais prejudicada. A aplicação de peróxido de hidrogênio atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a percentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, diâmetro de caule e área foliar, sendo a concentração de 50 µM a mais eficiente.

**Palavras-chave:** *Annona muricata* L., águas salinas, osmorregulador

## **EXOGENOUS APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE IN THE ACCLIMATIZATION OF SOURSOP SEEDLINGS TO SALINE STRESS**

**ABSTRACT:** The Brazilian northeastern region presents favorable conditions for the exploration of several crops, but the high concentration of salts in irrigation water is most often a limiting factor for production. In this context, the objective of this work was to evaluate the emergence, growth and partition of photoassimilates of soursop seedlings variety “Morada Nova” irrigated with saline waters and exogenous application of hydrogen peroxide through the imbibition of seeds and leaf sprays. The study was carried out in plastic bags under condition of greenhouse, using an Eutrophic Regolith Neosol with a sandy-loam texture, from the municipality of Campina Grande, PB. The treatments were distributed in a randomized complete block design, in a 5 x 5 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.7, 1.4, 2.1, 2.8 and 3.5 dS m<sup>-1</sup>) associated with five concentrations of hydrogen peroxide - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 and 100 µM), with four replicates and three plants per plot. With the increase of saline stress, there was decrease in all analyzed variables, being the leaf area the most impaired variable. The application of hydrogen peroxide attenuated the deleterious effects

of irrigation water salinity on the percentage of emergence, emergence speed index, stem diameter and leaf area, with the concentration of 50  $\mu\text{M}$  being the most efficient

**Key words:** *Annona muricata* L., salt water, osmoregulator

## 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma atividade de grande relevância para o setor agrícola brasileiro. Nos últimos anos o Brasil tem-se sobressaído em nível mundial, estando entre os três maiores produtores mundiais de frutas, atrás apenas da China e da Índia, respectivamente. De acordo com o Anuário Brasileiro de Fruticultura, a produção estimada de frutas em 2017 foi de aproximadamente 44 milhões de toneladas; estima-se que a cadeia produtiva das frutas abrange três milhões de hectares e gera seis milhões de empregos diretos, evidenciando assim, a importância da fruticultura no agronegócio brasileiro.

A gravioleira (*Annona muricata* L.) pertencente à família das anonáceas possui grande valor econômico, em especial para a região Nordeste do Brasil, onde é cultivada em grande escala devido às condições edafoclimáticas favoráveis para seu cultivo, além de ser apreciada pela população, por causa das suas características de sabor, aroma e farmacêuticas (Freitas et al., 2013).

Embora a região Nordeste do Brasil apresente condições de solo e clima favoráveis para a produção de gravioleira, isto não é suficiente para explorar o potencial dessa cultura, devido às limitações impostas pelos regimes pluviais desta região (Silva et al., 2015), caracterizados por períodos prolongados de estiagens e irregularidade anual de precipitações, ocasionando déficit hídrico para as plantas, pois, a taxa de evapotranspiração excede a de precipitação, durante a maior parte do ano (Holanda et al., 2016), situação que favorece a elevação dos níveis salinos nas fontes de água disponíveis para a irrigação.

O estresse salino inibe o crescimento das plantas devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, limitando a disponibilidade de água resultando no fechamento estomático e, em consequência, redução da disponibilidade de dióxido de carbono, promovendo danos aos aparelhos fotossintéticos. Dessa maneira, podendo submeter a planta a toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, em virtude da acumulação excessiva de íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , nos tecidos vegetais (Alves et al., 2011; Sá et al., 2015).

Há que se considerar que a formação de mudas de gravioleira na região semiárida do Nordeste brasileiro, pode ser otimizada com uso de técnicas que viabilizem o manejo do solo e/ou da água salina na agricultura. Dentre essas alternativas, a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), têm se mostrado promissora na mitigação dos efeitos ocasionados pelo estresse salino nas culturas (Oliveira, 2016; Gondim et al., 2011; Carvalho et al., 2011).

Neste contexto, vários autores observaram em estudos realizados com arroz (Uchida et al., 2002), milho (Azevedo Neto et al., 2005; Silva et al., 2016) trigo (Wahid et al., 2007), laranja (Tanou et al., 2009) e feijão-de-corda (Hasan et al., 2016) que o peróxido de hidrogênio atua na aclimação das plantas ao estresse salino; no entanto, para a cultura da gravioleira não há informações relativas ao uso do peróxido de hidrogênio na atenuação ou aclimação da cultura à condição de estresse salino. O peróxido de hidrogênio pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que irão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, permitindo maior absorção de água (Carvalho et al., 2011). Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a emergência, o crescimento e a partição de fotoassimilados de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido durante o período de maio a outubro de 2017, em sacolas plásticas com dimensões de  $2\text{ dm}^3$ , 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, situada pelas coordenadas geográficas  $07^\circ 15' 18''$  de latitude S,  $35^\circ 52' 28''$  de longitude W e altitude média de 550 m.

Os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores: cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5  $\text{dS m}^{-1}$ ) associados a cinco concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0, 25, 50, 75 e 100  $\mu\text{M}$ ), distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial  $5 \times 5$ , com quatro repetições e três plantas por parcela, perfazendo o total de trezentas unidades experimentais.

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) foram preparados dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente de 7:2:1, entre Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 1,10 dS m<sup>-1</sup>). Essa proporção de sais é comumente encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 2003), com base na relação entre CEa e a concentração de sais (10\*mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> = CEa dS m<sup>-1</sup>), extraída de Richards (1954). Já o nível de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, foi obtido mediante diluição da água de abastecimento local em água de chuva (CEa = 0,02 dS m<sup>-1</sup>).

O preenchimento das sacolas plásticas foi realizado colocando-se 2,6 kg de um substrato composto por solo (84%) + areia (15%) + húmus (1%). O solo utilizado no experimento foi Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, coletado na profundidade de 0-20 cm proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas conforme metodologia proposta por Donagema et al. (2011).

Tabela 1. Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2, 5)	M.O. %	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	PST (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
.....(cmolc kg <sup>-1</sup> ).....									
5,90	1,36	6,80	2,22	1,60	26,00	36,60	19,30	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5		%	(g cm <sup>-3</sup> )	
.....									
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; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas de frutos colhidos em um pomar comercial localizado no município de Macaparana, PE. O processo de extração da semente ocorreu de forma manual; posteriormente foram secas ao ar e realizado o processo de quebra de dormência por meio do corte distal ao embrião, segundo a metodologia proposta por Mendonça et al. (2007).

As diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), previamente estabelecidas conforme estudos, foram obtidas pela diluição do  $H_2O_2$  em água deionizada. Antes da semeadura, as sementes passaram por um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio, onde foram embebidas nas concentrações dos respectivos tratamentos por um período de 24 horas; em seguida realizou-se a semeadura colocando-se três sementes a 3 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 20 dias após germinação foi realizado o desbaste com a finalidade de se ter apenas uma planta por sacola, deixando-se a que apresentava o melhor vigor.

Antes da semeadura, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo utilizando-se a água respectiva a cada tratamento. Após a semeadura, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se, em cada sacola plástica, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água mediante subtração de volume drenado do volume aplicado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10. Realizou-se a adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e fósforo, baseada em metodologia contida em Novais et al. (1991). Aplicaram-se 0,58 g de ureia, 0,65 g de cloreto de potássio e 1,56 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300 mg  $kg^{-1}$  do substrato de N, K e P, respectivamente, aplicados em cobertura em quatro aplicações via fertirrigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após semeadura (DAS); para suprir prováveis deficiências de micronutrientes, foram aplicados 2,5 g  $L^{-1}$  de Ubyfol [(N (15%);  $P_2O_5$  (15%);  $K_2O$  (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] via foliar, aos 60 e 100 DAS. Aos 90, 105 e 120 DAS realizaram-se às 17:00 horas, pulverizações foliares com as devidas soluções de peróxido de hidrogênio de forma manual utilizando-se de um borrifador.

Determinaram-se os efeitos dos diferentes níveis de CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre as mudas de graviola cv. Morada Nova aos 85, 100 e 145 DAS através da percentagem de emergência de plântulas (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), taxa de assimilação líquida (TAL), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SUC).

A percentagem de emergência de plântulas foi obtida pela contagem diária do número de plântulas emergidas, até o estabelecimento, adotando-se o critério de surgimento do

epicótilo na superfície do recipiente. De posse desses dados, determinou-se o IVE (plântulas dia<sup>-1</sup>) a partir da Equação 1 apresentada por Carvalho e Nakagawa (2000):

$$\text{IVE (plântulas dia}^{-1}\text{)} = \frac{\sum_1}{N_1} + \frac{\sum_2}{N_2} \dots + \frac{\sum_n}{\sum_n} \quad (1)$$

Onde:

$\sum_1, \sum_2, \dots, \sum_n$  número de plântulas emergidas, respectivamente, na primeira, segunda, ... e última contagens; e,

$N_1, N_2, \dots, N_n$  - número de dias compreendidos entre a semeadura e a primeira, segunda, ... e última contagem, respectivamente.

A variável altura de planta (cm) foi medida tomando-se como referência a distância do colo da planta à inserção do meristema apical, o DC (mm) foi medido a 2 cm do colo da planta e o número de folhas foi obtido pela contagem de folhas totalmente expandidas com comprimento mínimo de 3 cm em cada planta.

A área foliar (cm<sup>2</sup>) foi determinada, conforme recomendação de Almeida et al. (2006), considerando-se a Equação 2:

$$AF = 5,71 + 0,647X \quad (2)$$

Onde:

AF - área foliar (cm<sup>2</sup>); e,

X - produto do comprimento pela largura das folhas (cm).

A taxa de assimilação líquida (TAL) (g cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) foi determinada nos períodos compreendidos entre duas avaliações (85 e 145 DAS). Já a área foliar específica (AFE) (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) e a razão de área foliar (RAF) (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), foram mensuradas aos 145 DAS, segundo metodologia proposta por Benincasa (2003):

$$TAL = (MS_2 - MS_1) \times (\ln AF_2 - \ln AF_1) \times (t_2 - t_1)^{-1} \times (AF_2 - AF_1)^{-1} \quad (3)$$

Onde:

MS<sub>1</sub> - massa seca total no tempo 1 (g);

MS<sub>2</sub> - massa seca total no tempo 2 (g);

AF<sub>1</sub> - área foliar total no tempo 1 (cm<sup>2</sup>);

AF<sub>2</sub>- área foliar total no tempo 2 (cm<sup>2</sup>);

t<sub>1</sub> - coleta no tempo 1 (dias); e,

t<sub>2</sub> - coleta no tempo 2 (dias):

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (4)$$

$$RAF = \frac{AF}{MST} \quad (5)$$

Onde:

AF - área foliar total (cm<sup>2</sup>);

MSF - massa seca das folhas (g); e,

MST - massa seca total (g).

A suculência foliar (SUC) foi determinada aos 145 DAS, conforme metodologia proposta por Mantovani (1999), dada pela Equação 6:

$$SUC = \frac{(FF- FS)}{AF} \quad (6)$$

Onde:

FF – fitomassa fresca (g);

FS – fitomassa seca (g); e,

AF – área foliar (cm<sup>2</sup>)

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de germinação das sementes da gravioleira avaliado pelo índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) e pelo percentual de plântulas emergidas (PE), foi afetado significativamente ( $p < 0,01$ ) pela interação entre os fatores estudados (Tabela 2). As plantas de graviola cv. Morada Nova quando submetidas à irrigação com águas salinas tiveram seu IVE e sua PE afetados significativamente ( $p < 0,01$ ). As

concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), proporcionaram efeito significativo (p < 0,01) apenas para IVE. Kilic & Kahraman (2016), ao estudarem o efeito da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio sob mudas de cevada submetidas ao estresse salino, também observaram efeito significativo da interação entre estes fatores.

Tabela 2. Resumo do teste F, referente à percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) da gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e aplicação exógena de concentrações de peróxido de hidrogênio.

Fonte de variação	Teste F	
	PE	IVE
Níveis Salinos (NS)	**	**
Regressão linear	ns	ns
Regressão quadrática	ns	*
Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ns	**
Regressão linear	*	**
Regressão quadrática	ns	ns
Interação (NS x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	**
Blocos	ns	ns
CV (%)	9,82	12,94

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

Observa-se por meio da equação de regressão (Figura 1A) redução na IVE com incremento da condutividade elétrica da água de irrigação nas plantas que não receberam tratamento com peróxido de hidrogênio (testemunha), correspondendo a um decréscimo de 5,46% por aumento unitário da salinidade. No entanto, quando se aplicaram as concentrações de peróxido de hidrogênio percebeu-se que o efeito deletério no processo de germinação causado pela salinidade da água é mitigado, constatando-se por meio da equação de regressão (Figura 1A) que a concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> que resultou em maior IVE (0,076 plântulas dia<sup>-1</sup>) foi a de 50 µM, mesmo associada ao maior nível salino da água de 3,5 dS m<sup>-1</sup>.

Para percentagem de emergência (PE) das plântulas de gravioleira, foi observado comportamento linear decrescente em função dos níveis de salinidade da água de irrigação nas plântulas testemunha (0 µM); de acordo com estudo de regressão (Figura 1B) nota-se redução na PE de 17,7% em plântulas irrigadas com as águas de maior salinidade (3,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação às de menor nível salino (0,7 dS m<sup>-1</sup>). As sementes pré-tratadas com as concentrações de peróxido de hidrogênio e expostas aos níveis salinos da água de irrigação obtiveram maior PE, indicando que níveis adequados de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promovem aclimação ao estresse salino, e por meio das equações de regressão (Figura

1B) verifica-se que mesmo utilizando-se uma água com CEa de 3,5 dS m<sup>-1</sup> associada a concentração de 75 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se obteve um maior percentual de emergência (91,4%).

O efeito positivo da aplicação do peróxido de hidrogênio sobre o IVE e a PE da gravioleira pode ser atribuído ao fato de que essas concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nas células ocasionam uma produção de O<sub>2</sub> para respiração mitocondrial e a atividade metabólica. Segundo Oliveira Junior (2017), o peróxido de hidrogênio pode auxiliar na superação de dormência tegumentar, permitindo melhor absorção de água, além de contribuir para decomposição de inibidores da germinação.

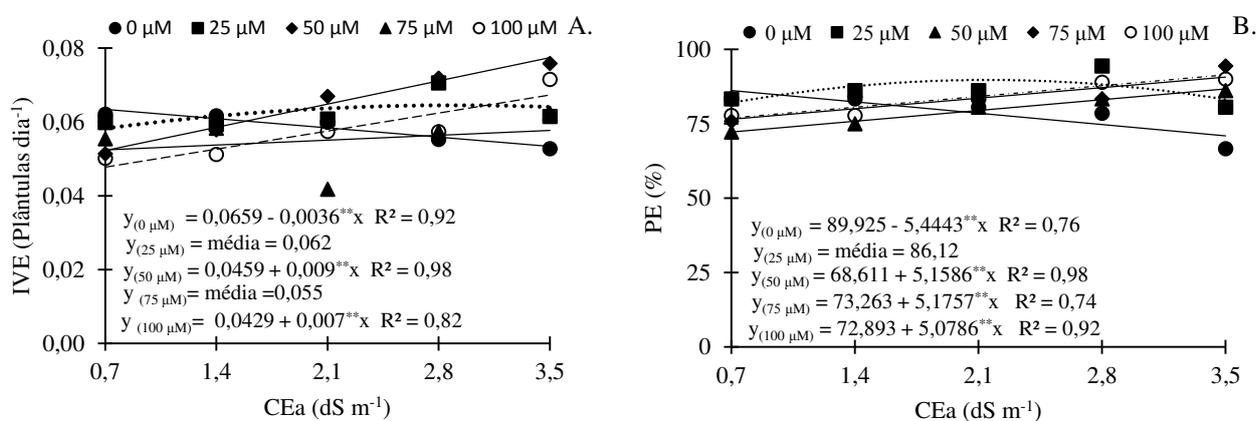


Figura 1. Índice de velocidade de emergência – IVE (A) e percentagem de emergência - PE (B) da gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre salinidade da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio.

As reduções no IVE e na PE com incremento salino nas plantas sob testemunha (nível 0 de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) podem ser atribuídas à redução do potencial osmótico ocasionada pela concentração de sais solúveis no solo; dessa forma ocorre menor absorção de água pelas plantas, além da entrada de íons em quantidades suficientes para provocar a toxicidade sobre o embrião e/ou células da membrana da endosperma; de modo geral as concentrações tóxicas desses íons (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>) afetam outros processos, entre eles divisão e diferenciação celular, atividades enzimáticas e distribuição de nutrientes, podendo ocasionar atraso na emergência das plântulas e na mobilização das reservas, contribuindo para a diminuição da viabilidade das sementes (Lima et al., 2014, Sá et al., 2015).

Constata-se através do teste F (Tabela 3) efeitos significativos dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre a altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar aos 85, 100 e 145 DAS. Em relação às concentrações de peróxido

de hidrogênio, verifica-se efeito significativo para AP e NF aos 85 e 145 DAS, para DC aos 85 e 100 DAS, e para AF aos 145 DAS; outrossim, a interação entre níveis salinos x H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promoveu efeito significativo para DC aos 85 DAS e para AF aos 145 DAS.

Tabela 3. Resumo do teste F referente à altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio aos 85, 100 e 145 dias após semeadura (DAS).

Fonte de variação	Teste F											
	AP			DC			NF			AF		
	Dias após semeadura											
	85	100	145	85	100	145	85	100	145	85	100	145
Níveis Salinos (NS)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Regressão linear	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Peróxido de Hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	ns	**	**	**	ns	**	ns	**	ns	ns	**
Regressão linear	**	ns	**	**	**	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Interação (NS x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Blocos	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7,78	8,57	7,14	6,25	5,06	8,31	20,90	10,28	5,72	16,41	14,34	8,42

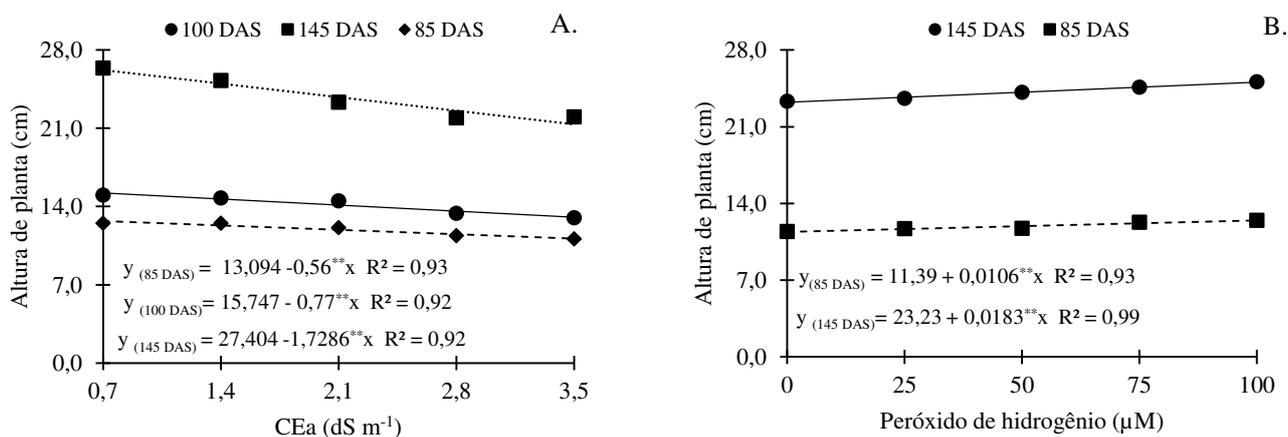
ns, \*\* respectivamente não significativo e significativo a  $p < 0,01$ .

O aumento da CEa afetou de forma negativa a AP (Figura 2A) e o DC (Figura 2D) da gravioleira cv. Morada Nova aos 85, 100 e 145 DAS. De acordo com as equações de regressão, percebe-se declínios na AP de 4,28, 4,90 e 6,31% por aumento unitário da CEa aos 85, 100 e 145 DAS, respectivamente, e no DC de 3,60 e 6,03% por incremento unitário em avaliação realizada aos 100 e 145 DAS, respectivamente. As reduções na AP e no DC em função da salinidade podem estar relacionadas à deficiência hídrica, induzida pelo efeito osmótico, promovendo o fechamento dos estômatos e redução nas trocas gasosas, conseqüentemente, diminuição na absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que resulta em menor crescimento (Lima et al., 2015).

As distintas concentrações de peróxido de hidrogênio interferiram de forma positiva na AP aos 85 e 145 DAS (Figura 2B) e no DC aos 100 DAS (Figura 2E), constatando-se por meio das equações de regressão um efeito linear crescente, com aumento na AP de 8,51 e 7,87% aos 85 e 145 DAS respectivamente, e no DC um aumento de 7,38% em relação às plantas que não receberam o tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Tal resposta demonstra a eficiência da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) na aclimação das plantas ao estresse salino. O  $H_2O_2$  funciona como uma molécula sinalizadora em plantas sob condições de estresses bióticos e abióticos (Petrov & Breusegem, 2012), e quando aplicado em baixas concentrações nas plantas induz o sistema de defesa de enzimas antioxidativas, minimizando os efeitos deletérios da salinidade (Carvalho et al., 2011). Além disso, pode induzir a tolerância, promovendo o acúmulo de proteínas solúveis, carboidratos solúveis e  $NO_3^-$  bem como reduzindo os teores de  $Na^+$  e  $Cl^-$  nas plantas (Gondim et al., 2011).

Observa-se que as plantas que não receberam aplicação exógena de  $H_2O_2$  tiveram seu diâmetro reduzido com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2C), com decréscimo linear de 6,26% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 18,34% no DC em plantas irrigadas com as águas de maior salinidade ( $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) em relação ao menor nível salino ( $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ ). Entretanto, as plantas de gravioleira cv. Morada Nova tiveram o efeito negativo causado pela salinidade mitigado, quando submetidas ao tratamento com peróxido de hidrogênio na concentração de  $50 \mu\text{M}$  associado à condutividade elétrica de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , obtendo um diâmetro de  $2,77 \text{ mm}$ , representando dessa forma um aumento de 7,07% em relação ao tratamento controle ( $0 \mu\text{M}$ ).



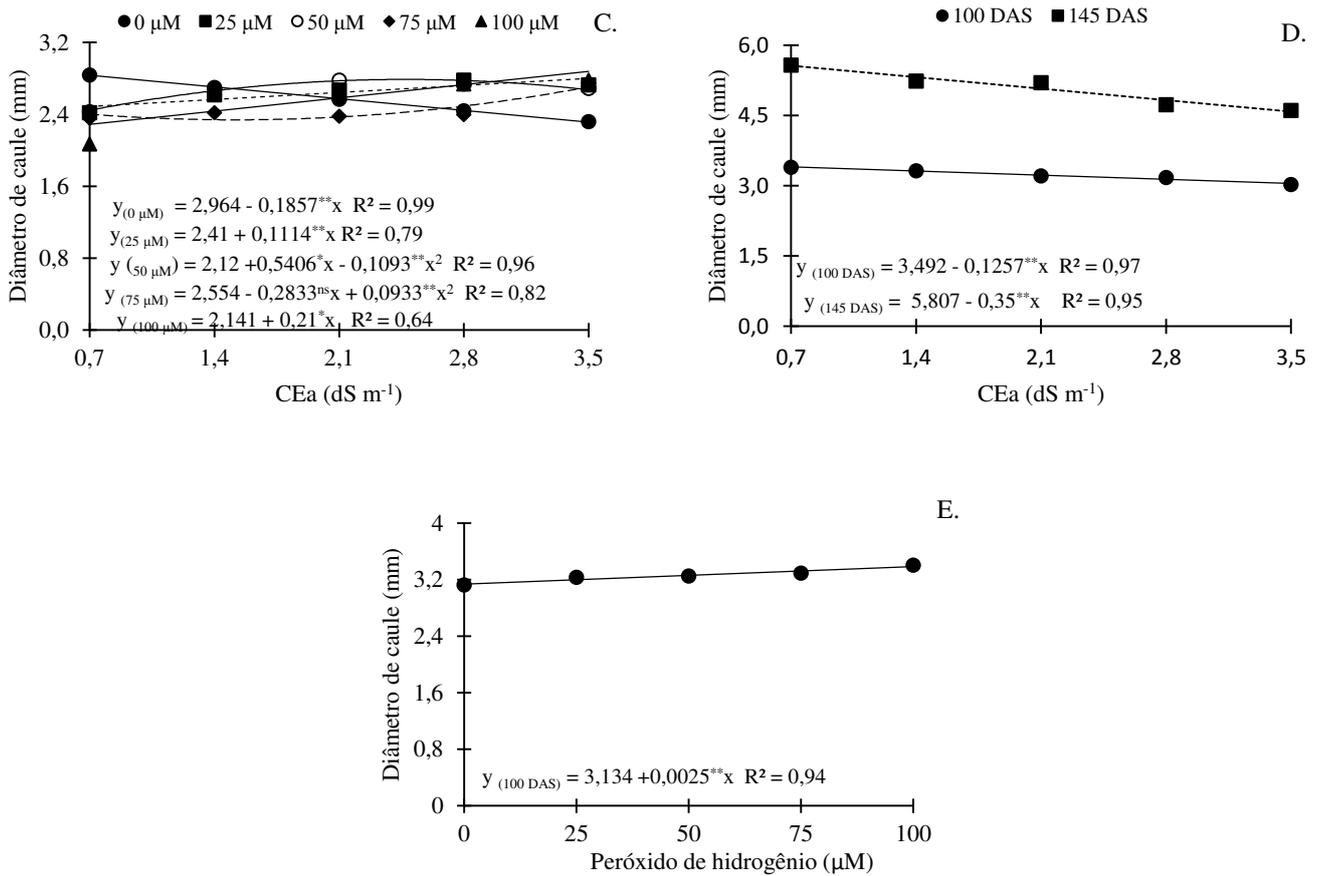


Figura 2. Altura de planta da gravioleira cv. Morada Nova aos 85, 100 e 145 dias após semeadura (DAS) em função da salinidade (A) e aos 85 e 145 DAS em função do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B); diâmetro de caule aos 85 DAS em função da interação Níveis salinos x H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (C) e aos 100 e 145 DAS em função da salinidade da água de irrigação (D), e aos 100 DAS em função das concentrações de peróxido de hidrogênio (E).

Quanto ao número de folhas (NF) da gravioleira, constata-se que a irrigação com águas de salinidade crescente promoveu reduções nessa variável; com base nos estudos de regressão (Figura 3A), verifica-se efeito linear decrescente sobre o NF tendo ocorrido decréscimos na ordem de 6,66%, 5,25% e 7,10% por aumento unitário da CEa aos 85, 100 e 145 DAS, respectivamente. Este resultado pode ser consequência de mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante. Desta forma, a redução do número de folhas sob tais condições é relevante para a manutenção de elevado potencial hídrico na planta (Nobre et al., 2014). Já as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> exerceram efeito positivo sobre NF aos 85 e 145 DAS (Figura 3B) com acréscimos de

17,67% e 10,45% no maior nível de salinidade, respectivamente, aos 85 e 145 DAS, em relação às plantas submetidas a 0  $\mu\text{M}$  (testemunha).

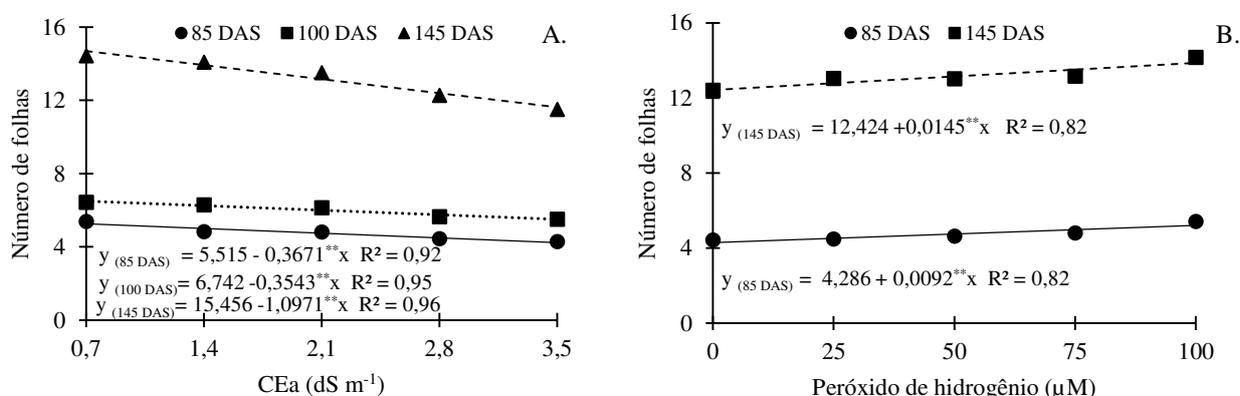


Figura 3. Número de folhas da gravioleira cv. Morada Nova aos 85, 100 e 145 dias após semeadura (DAS) em função da salinidade (A) e aos 85 e 145 DAS em função das concentrações de peróxido de hidrogênio (B).

Analisando a equação de regressão (Figura 4A) referente à área foliar (AF) aos 85 e 100 DAS, o modelo linear indica decréscimos de 7,79 e 6,61% por aumento unitário da CEA respectivamente, isto é, redução de 23,07% (22,58 cm<sup>2</sup>) aos 85 DAS e de 19,40% (24,43 cm<sup>2</sup>) aos 100 DAS em plantas irrigadas com as águas de maior salinidade (3,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao menor nível salino (0,7 dS m<sup>-1</sup>).

As concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 25 e 50  $\mu\text{M}$ , proporcionaram efeito benéfico para AF aos 145 DAS, observando-se que os efeitos deletérios ocasionados pela salinidade da água foram mitigados, e de acordo com os estudos de regressão (Figura 4B) percebe-se que a maior AF (311,82 cm<sup>2</sup>) foi obtida na concentração de 50  $\mu\text{M}$  associada à salinidade de 2,1 dS m<sup>-1</sup>. Entretanto, com relação às concentrações de peróxido de hidrogênio de 75 e 100  $\mu\text{M}$ , nota-se que elas intensificaram o efeito negativo causado pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, possivelmente por serem tóxicas para a gravioleira cv. Morada Nova. Altas concentrações desta espécie reativa de oxigênio, induzem o estresse oxidativo, ocasionando a peroxidação lipídica, danos nas membranas celulares, degradação de proteínas, quebra da dupla fita do DNA e, ainda, a morte celular (Miller et al., 2007; Nguyen et al., 2009; Rutschow et al., 2011).

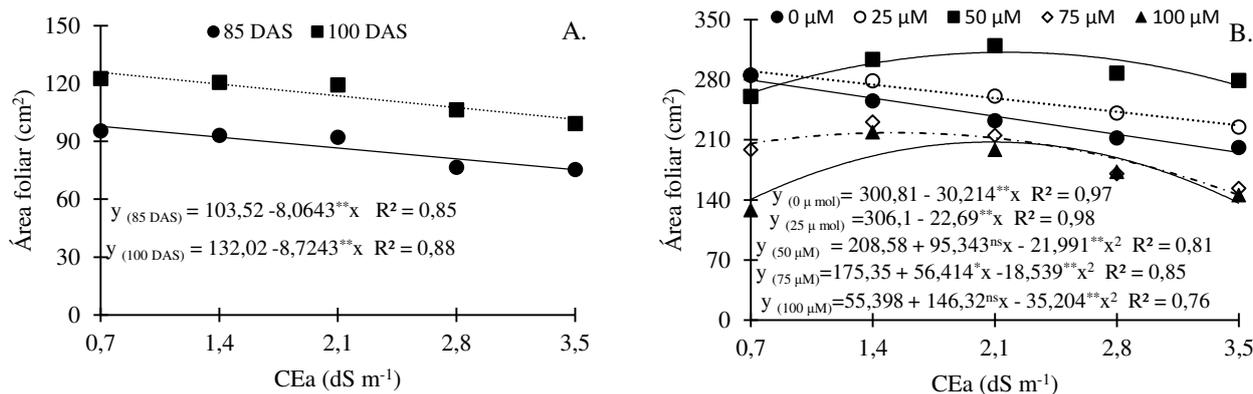


Figura 4. Área foliar da gravioleira cv. Morada Nova aos 85 e 100 dias após semeadura (DAS) em função da salinidade (A) e aos 145 DAS em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio.

Através do resumo do teste F (Tabela 4), verifica-se que os níveis salinos da água de irrigação influenciaram de forma significativa ( $p < 0,01$ ) apenas a variável suculência foliar (SUC). As concentrações de peróxido de hidrogênio afetaram significativamente a área foliar específica (AFE) e a SUC ( $p < 0,01$ ) além da taxa de assimilação líquida (TAL) ( $p < 0,05$ ). Todavia, não houve efeito significativo da interação (Níveis salinos x  $H_2O_2$ ) para nenhuma das variáveis analisadas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 4. Resumo do teste F referente à área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), taxa de assimilação líquida (TAL) e suculência foliar (SUC) de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio

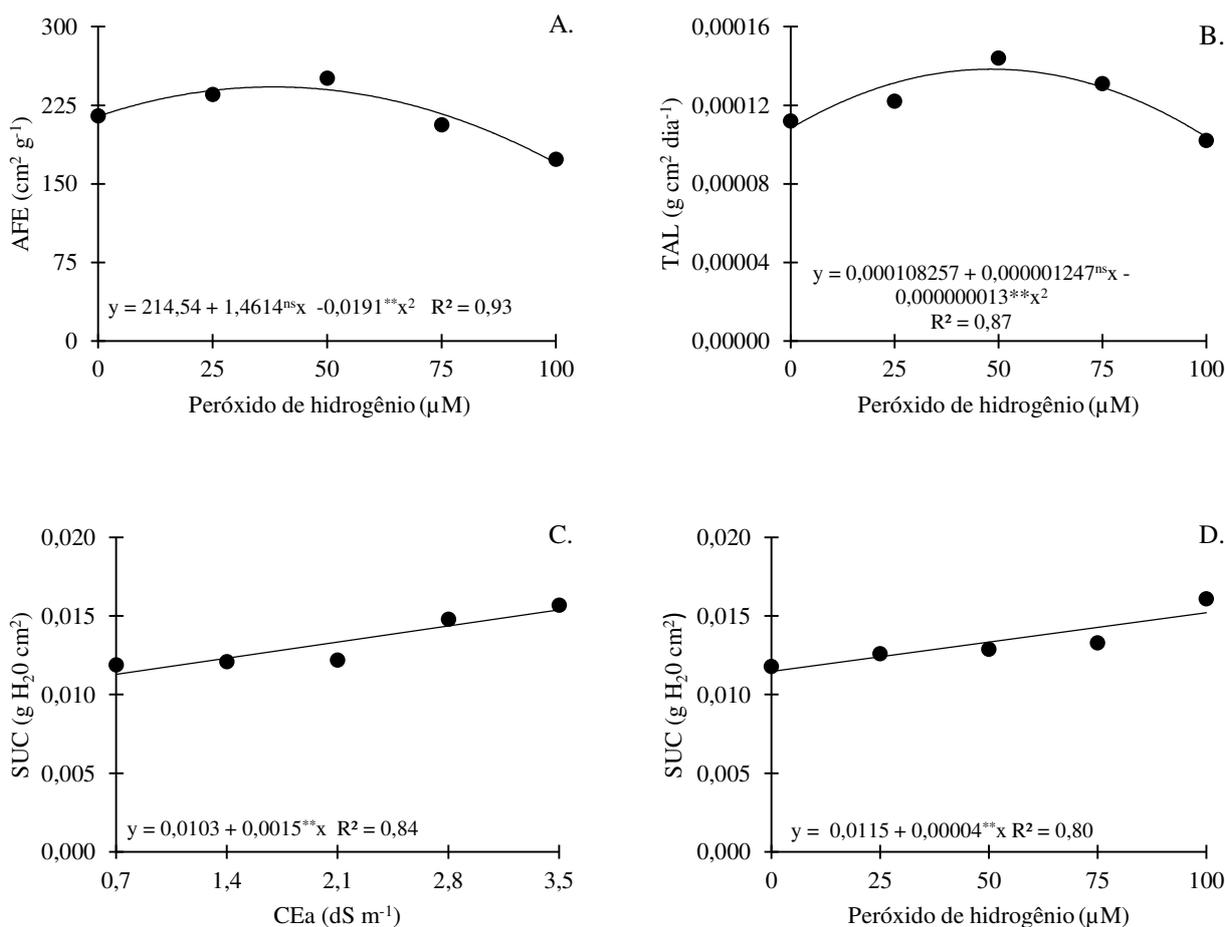
Fonte de Variação	Teste F			
	AFE	RAF	TAL	SUC
Níveis Salinos (NS)	ns	ns	ns	**
Regressão linear	ns	ns	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns
Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ )	**	ns	*	**
Regressão linear	ns	ns	ns	**
Regressão quadrática	**	ns	**	ns
Interação (NS x $H_2O_2$ )	ns	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	ns	ns
CV (%)	15,6	18,22	21,33	24,03

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

As concentrações de peróxido de hidrogênio influenciaram a variável AFE aos 145 DAS, verificando-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 5A), com

o valor máximo estimado em  $239,86 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  nas plantas submetidas a  $50 \mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio, ocorrendo depleção a partir desta concentração. O valor mínimo encontrado foi de  $169,68 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  nas plantas sob a concentração de  $100 \mu\text{M}$ ; tal resposta evidencia que a aplicação de alta concentração de peróxido de hidrogênio, promove danos às plantas, possivelmente pelas alterações que ocorrem no metabolismo vegetal, sobretudo como consequência do estresse oxidativo, promovendo restrição dos processos fotossintéticos (Cattivelli et al., 2008).

As distintas concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$  influenciaram a taxa de assimilação líquida (TAL) da gravioleira cv. Morada Nova, e de acordo com a equação de regressão (Figura 5B) é possível observar que as plantas submetidas ao tratamento com peróxido de hidrogênio na concentração de  $50 \mu\text{M}$  se destacaram com o maior valor da TAL ( $0,000138 \text{ g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$ ) em relação aos demais tratamentos, acompanhando a mesma tendência observada para a área foliar específica.



**Figura 5.** Área foliar específica – AFE da gravioleira cv. Morada Nova (A) e taxa de assimilação líquida – TAL (B) em função da salinidade, e suculência foliar – SUC em função da salinidade (C) e das concentrações de peróxido de hidrogênio (D).

Com relação à suculência foliar (SUC) da gravioleira, vê-se aumento linear em resposta ao incremento da salinidade da água de irrigação. De acordo com a equação de regressão (Figura 4C), identifica-se aumento de 14,56% na SUC por incremento unitário da CEa, equivalente a um aumento de 37,0% ( $0,0042 \text{ g H}_2\text{O cm}^2$ ), nas plantas irrigadas com CEa de  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ , em relação as que foram submetidas à salinidade da água de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Desta forma, o aumento na suculência foliar ocasionado pelo estresse salino na gravioleira pode ser um indicio de ter ocorrido um ajustamento osmótico nas plantas. Silva et al. (2009), também constataram que houve acréscimos na suculência foliar das plantas de pinhão-manso cultivadas sob estresse salino (0, 25, 50, 75 e  $100 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de NaCl); os referidos autores mencionam ainda que tal aumento na SUC teve um papel efetivo para o ajustamento osmótico das plantas.

As distintas concentrações de peróxido de hidrogênio também influenciaram a SUC, ocorrendo aumento linear em resposta ao incremento da concentração de peróxido de hidrogênio. Por meio da equação de regressão (Figura 4D) constata-se aumento de 0,35% por incremento da concentração de peróxido de hidrogênio.

#### **4. CONCLUSÕES**

O aumento da salinidade da água, reduz a porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência, o crescimento e a partição de fotoassimilados de gravioleira cv. Morada nova.

A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio na gravioleira atenua os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a emergência, diâmetro de caule aos 85 dias após semeadura e área foliar aos 145 dias após semeadura, sendo a concentração de  $50 \mu\text{M}$  a mais eficiente.

As concentrações de peróxido de hidrogênio acima de  $50 \mu\text{M}$  promovem reduções na área foliar específica da gravioleira cv. Morada nova.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Anuário Brasileiro de Fruticultura. Brazilian fruits yearbook. Santa Cruz do Sul, Gazeta, p. 88p, 2017.
- Almeida, G.; Santos, J.; Zucoloto, M.; Vicentini, V.; Moraes, W., Bregoncio, I.; Coelho, R. Estimativa de área foliar de graviola (*Annona muricata* L.) por meio de dimensões lineares do limbo foliar. Revista UNIVAP, v. 1, p.1035-1037, 2006.
- Alves, M. S.; Soares, T. M.; Silva, L. T.; Fernandes, J. P.; Oliveira, M. L. A.; Paz, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.491-498, 2011.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, v.24, p.1-15, 1949.
- Azevedo Neto, A. D.; Prisco, J. T.; Enéas Filho, J.; Rolim, M. S, J.; Gomes Filho, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. Journal of Plant Physiology, v. 162, p. 1114–1122, 2005.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; L Neto, M. C.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.416–423, 2011.
- Cattivelli, L.; Rizza, F.; Badeck, F. W.; Mazzucotelli, E.; Mastrangelo, A. M.; Francia, E.; Maré, C.; Tondelli, A.; Stanca, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research, v.105, p.1-14, 2008
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciência e Agrotecnologia, v. 38, p. 109-112, 2014.
- Freitas, A. L. G. E.; Vilasboas, F. S.; Pires, M. M.; São José, A. R. Caracterização da produção e do mercado da graviola (*Annona muricata* L.) no Estado da Bahia. Informações Econômicas, v. 43, p.23-34, 2013.

- Gondim, F. A.; Gomes Filho, E.; Marques, E. C.; Prisco, J. T. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 373-38, 2011.
- Hasan, S. A.; Irfan, M.; Masrahi, Y. S.; Khalaf, M. A.; Hayat, S.; Tejada Moral, M. Growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. *Cogent Food e Agriculture*, v. 2, p. 1155331, 2016.
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F (ed). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, p. 530, 2016.
- Lima, G. S. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A. dos; Silva, A. O. da. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Engenharia Agrícola*, v. 34, p.854-866, 2014.
- Lima, L. A.; Oliveira, F. A. de; Alves, R. E. C.; Linhares, P. S. F.; Medeiros, A. M. A. de.; Bezerra, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. *Revista Agroambiente*, v.9, p.27-34, 2015.
- Kilic, S.; Kahraman, A. The mitigation effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 25, 2016.
- Mantovani, A. A method to improve leaf succulence quantification. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.42, p.9-14, 1999.
- Martínez, J.P.; Lutts, S.; Schanck, A.; Bajji, M.; Kinet, J. M. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. *Journal of Plant Physiology*, v.161, p.1041-1051, 2004.
- Mendonça, V.; Ramos, J. D.; Pio, R.; Gontijo, T. C. A.; Tosta, M. S. Superação de dormência e profundidade de semeadura de sementes de gravioleira. *Revista Caatinga*, v. 20, p. 73-78, 2007.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 2003, 173p.
- Miller, I. M.; Jénsen, P. E.; Hansson, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology*, v.58, p.459-481, 2007.

- Nguyen, G. N.; Hailstones, D. L.; Wilkes, M.; Sutton, B. G. Drought-induced oxidative conditions in rice anthers leading to a programmed cell death and pollen abortion. *Journal of Agronomy e Crop Science*, v.195, p.157- 164, 2009.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R., Soares, L. A. A. dos; Silva, A. O. da. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. *Revista Caatinga*, v.27, p.148-158, 2014.
- Novais, R. F.; Neves J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- Oliveira Junior, L D de. Tratamento pré-germinativo de sementes florestais com peróxido de hidrogênio. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Lavras, Lavras. 2017, 173p..
- Oliveira, M. G. Efeito do pré-tratamento foliar com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre o proteoma e enzimas antioxidantes em plantas de feijão-de corda submetidas ao estresse salino (Tese de Doutorado.). Fortaleza: UFC, 2016. 128 p.
- Petrov, V. D.; Breusegem, F. V. Hydrogen peroxide: A central hub for information flow in plant cell. *AoB Plants*. v. 2012, p.1-13, 2012
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Rutschow, H. L.; Baskin, T. I.; Kramer, E. M. Regulation of solute flux through plasmodesmata in the root meristem. *Plant Physiology*, v.155, p.1817-1826, 2011.
- Sá, F. V. S. da; Brito, M. E. B.; Pereira, I. B.; Neto, P. A.; Andrade Silva, L. de; Costa, F. B. da. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. *Irriga*, v. 20, p. 544, 2015.
- Silva, E. N. da.; Silveira, J. A. G.; Rodrigues, C. R. F.; Lima, C. S. de.; Viégas, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-manso submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.437-445, 2009.
- Silva, E. M. da; Lacerda, F. H. D.; Medeiros, S. A. de; Souza, L. P. de; Pereira, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, p. 01-07, 2016.
- Tanou, G.; Job, C.; Rajjou, L.; Arc, E.; Belghazi, M.; Diamantidis, G.; Uchida, A.; Jagendorf, A. T.; Hibino, T.; Takabe, T. Effects of hydrogen peroxide and nitric

oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*, v. 163, p. 515-523, 2002.

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

Wahid, A.; Perveen, M.; Gelani, S.; Basra, S. M. Pretreatment of seed with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology*, v.164, p.283-294, 2007.

### CAPÍTULO III

---

#### **TROCAS GASOSAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DA GRAVIOLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO EXÓGENA DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho, avaliar as trocas gasosas e os pigmentos fotossintéticos de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e submetidas à aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, via embebição das sementes e pulverizações foliares. O estudo foi conduzido em sacolas plásticas sob condições de casa de vegetação pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, utilizando-se Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 e 100 µM), com quatro repetições e três plantas por parcela. Com o aumento do estresse salino, ocorreu diminuição na

concentração interna de CO<sub>2</sub>, na eficiência instantânea da carboxilação e na eficiência no uso da água, sendo a eficiência instantânea da carboxilação a variável mais sensível. O peróxido de hidrogênio nas concentrações de 25 e 50 µM atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água sobre a condutância estomática, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e no teor de clorofila a, sendo a concentração de 25 µM a mais eficiente.

**Palavras-chave:** *Annona muricata* L., águas salinas, fisiologia

## **GASOUS EXCHANGES AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF SOURSOP UNDER SALT STRESS AND HYDROGEN PEROXIDE**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the gaseous exchanges and the photosynthetic pigments of soursop cv. 'Morada Nova' irrigated with saline waters and exogenous application of hydrogen peroxide through the imbibition of seeds and leaf sprays. The study was carried out in plastic bags under the condition of greenhouse belonging to Center of Technology and Natural Resources of the Federal University of Campina Grande, PB, using an Eutrophic Regolith Neosol with a sandy-loam texture. The treatments were distributed in a randomized complete block design, in a 5 x 5 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water – EC<sub>w</sub> (0.7, 1.4, 2.1, 2.8 and 3.5 dS m<sup>-1</sup>) associated with five concentrations of hydrogen peroxide - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 and 100 µM), with four replicates and three plants per plot. With the increase of saline stress, there was a decrease in the internal CO<sub>2</sub> concentration, in the instantaneous efficiency of the carboxylation and in the water use efficiency, with the instantaneous efficiency of the carboxylation being the most affected variable. Hydrogen peroxide at concentrations of 25 and 50 µM attenuated the deleterious effects of water salinity on stomatal conductance, CO<sub>2</sub> assimilation rate and chlorophyll a content, with the concentration of 25 µM being the most efficient

**Key words:** *Annona muricata* L., salt water, physiology

### **1. INTRODUÇÃO**

A gravioleira é uma frutífera que tem se destacado por apresentar potencial de comercialização no mercado interno com relevante importância econômica e perspectivas para exportação, sendo a região Nordeste a maior produtora (Braga Sobrinho, 2010; Cavalcante et al., 2017). O consumo da graviola tem aumentado, seja in natura ou

processada, em razão da sua importância nutricional e formas de uso na alimentação humana, além das propriedades medicinais de suas folhas, frutos, sementes e raízes (Freitas et al., 2013).

Na região semiárida do Nordeste do Brasil, os baixos níveis das precipitações pluviométricas distribuídos irregularmente ao longo do ano, são fatores limitantes para produção agrícola, a prática da irrigação constitui a única maneira de garantir um cultivo com segurança (Lacerda et al., 2016). Contudo, as águas provenientes dos mananciais desta região são na maioria das vezes salinas, o que pode provocar modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas (Lima et al., 2016). Deve-se ressaltar ainda, que o efeito da salinidade da água sob as culturas é variável entre as espécies (Ayres & Westcot, 1999; Brito et al., 2014).

Diante disso, pesquisas vêm sendo realizadas utilizando águas salinas para o cultivo na região nordeste, como por exemplo, na cultura da pinheira (Sà et al., 2015), citros (Barbosa et al., 2017) e na goiabeira (Sena et al., 2017). Deste modo, torna-se de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que tenham como propósito estudarem outras fruteiras como a gravioleira, já que são escassos os estudos envolvendo o uso de águas salinas no cultivo desta fruteira.

Neste contexto, tem-se buscado alternativas para atenuar os efeitos decorrentes do estresse salino sobre as culturas, entre elas a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), na forma de pulverizações e/ou no pré-tratamento de sementes em baixas concentrações, tem se mostrado promissora na aclimação das culturas ao estresse salino (Gondim et al., 2011). O  $H_2O_2$  consiste numa espécie reativa de oxigênio (EROS) capaz de oxidar lipídios de membranas, desnaturar proteínas e reagir com DNA, provocando mutações (Scandalios, 2002). Além disso, funciona como molécula sinalizadora em plantas em estresse bióticos e abióticos, estando envolvido em diversos processos como, gravitropismo radicular, tolerância à deficiência de oxigênio, fortalecimento da parede celular, senescência, fotossíntese, abertura estomática e no controle do ciclo celular (Gechev et al., 2006; Petrov & Breusegem, 2012).

Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas e os pigmentos fotossintéticos de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido durante o período de maio a outubro de 2017, em sacolas plásticas com dimensões de 2 dm<sup>3</sup>, sob condições de casa de vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizado no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas 07° 15' 18'' de latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude média de 550 m.

Os tratamentos resultaram da combinação entre cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 e 100 µM), distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, com quatro repetições e três plantas por parcela, perfazendo o total de trezentas plantas.

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) foram preparados dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 1,10 dS m<sup>-1</sup>). Essa proporção é comumente encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (Medeiros et al., 2003), com base na relação entre CEa e a concentração de sais (10\*mmolc L<sup>-1</sup> = CEa dS m<sup>-1</sup>) extraída de Richards (1954). Já o nível de 0,7 dS m<sup>-1</sup> foi obtida mediante diluição da água de abastecimento local em água de chuva (CEa = 0,02 dS m<sup>-1</sup>).

O preenchimento das sacolas plásticas foi realizado colocando-se 2,6 kg de um substrato composto por solo (84%) + areia (15%) + húmus (1%). O solo utilizado no experimento foi Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa coletado na profundidade de 0-20 cm proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas conforme metodologia proposta por Donagema et al. (2011).

Tabela 3. Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

pH (H <sub>2</sub> O) (1:2, 5)	M.O. %	P (mg kg <sup>-1</sup> )	Características químicas					PST (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>		
5,90	1,36	6,80	2,22	1,60	26,00	36,60	19,30	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5				
732,9	142,1	125,0	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black;  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  extraídos com  $\text{KCl}$  1 M pH 7,0;  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  extraídos utilizando-se  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M pH 7,0;  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$  extraídos com acetato de cálcio 1 M pH 7,0; PST - Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas de frutos colhidos em um pomar comercial localizado no município de Macaparana, PE. O processo de extração da semente ocorreu de forma manual; posteriormente foram secas ao ar e realizado o processo de quebra de dormência por meio do corte distal ao embrião, segundo metodologia proposta por Mendonça et al. (2007).

Antes da sementeira as sementes passaram por um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio, onde foram embebidas conforme as concentrações pré-estabelecidas, por um período de 24 h. Em seguida realizou-se a sementeira, colocando-se três sementes de gravioleira cv. Morada Nova a três centímetros de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 20 dias após germinação foi realizado o desbaste com a finalidade de se obter apenas uma planta por sacola, deixando-se a que apresentava o maior vigor.

Antes da sementeira, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo utilizando-se a água de acordo com o tratamento. Após a sementeira, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se em cada sacola plástica, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água mediante subtração de volume drenado do volume aplicado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 visando controlar acumulação excessiva de sais na zona radicular, a fração de lixiviação aplicada a cada 20 dias.

A adubação com nitrogênio, potássio e fósforo foi realizada em cobertura, baseando-se em metodologia contida em Novais et al. (1991). Aplicaram-se 0,58 g de ureia, 0,65 g de cloreto de potássio e 1,56 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300  $\text{mg kg}^{-1}$  do substrato de N,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente, aplicados em cobertura em quatro aplicações iguais via fertirrigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após sementeira (DAS). Com o propósito de suprir as deficiências de micronutrientes, foram aplicados 2,5  $\text{g L}^{-1}$  de Ubyfol [(N (15%);  $\text{P}_2\text{O}_5$  (15%);  $\text{K}_2\text{O}$  (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] via foliar, aos 60 e 100 DAS.

A aplicação foliar do  $\text{H}_2\text{O}_2$ , foi feita manualmente às 17:00 horas, nas devidas concentrações, aos 90, 105 e 120 DAS, pulverizando as faces abaxial e adaxial das folhas, de modo a se obter o molhamento completo das folhagens, utilizando um borrifador.

Foram mensurados aos 120 dias após a semeadura (DAS), as trocas gasosas através condutância estomática ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), a transpiração ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (CI) foram avaliadas na terceira folha, contada a partir do ápice, usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. A partir desses dados, foram quantificadas a eficiência instantânea no uso da água (EIUA) ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação (EICI) ( $A/C_i$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] (Konrad et al., 2005; Jaimez et al., 2005).

A quantificação dos teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila a e b e carotenoides) foi realizada seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), onde foram feitos extratos vegetais a partir de amostras de discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice. A partir destes 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 seguintes equações: Clorofila a (Cla) =  $(12,21 \times \text{ABS}663) - (2,81 \times \text{ABS}646)$ ; Clorofila b (Clb) =  $(20,13 \times \text{ABS}64) - (5,03 \times \text{ABS}663)$  e Carotenóides (Car) =  $((1000 \times \text{ABS}470) - (1,82 \times \text{Cla}) - (85,02 \times \text{Clb}))/198$ . Os valores obtidos para os teores de clorofila a, b e carotenóides nas folhas foram expressos em  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF (matéria fresca).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se com base no resumo do teste F (Tabela 2), que os níveis de salinidade da água de irrigação afetaram significativamente a condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (CI), eficiência instantânea da carboxilação (EICI) e a eficiência instantânea no uso da água (EIUA). Verifica-se efeito significativo das concentrações de peróxido de hidrogênio e da interação entre os fatores (Níveis de salinidade - NS x peróxido de hidrogênio -  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) para gs, E e A.

Tabela 2. Resumo do teste F referente à condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), eficiência instantânea da carboxilação (EICI) e a eficiência instantânea no uso da água (EUA) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e submetidas a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 120 dias após semeadura

Fonte de variação	Teste F					
	gs	E	A	CI	EICI <sup>1</sup>	EUA
Níveis Salinos (NS)	**	**	**	*	**	**
Regressão linear	**	**	**	**	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Peróxido de Hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	**	**	ns	ns	ns
Regressão linear	**	*	*	ns	ns	ns
Regressão quadrática	ns	**	**	ns	ns	ns
Interação (NS x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	**	**	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19,99	14,66	17,88	18,94	25,30	23,45

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

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente a condutância estomática das plantas de gravioleira cv. Morada Nova do tratamento controle, ou seja, as que não receberam aplicação exógena com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; segundo equação de regressão (Figura 1A) percebeu-se efeito linear, com decréscimo na ordem de 13,64% por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas submetidas ao maior nível de salinidade (3,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao menor nível (0,7 dS m<sup>-1</sup>), constata-se diminuição na condutância estomática de 42,23%. Entretanto, observa-se que as concentrações de 25 e 50 µM de peróxido de hidrogênio conseguiram atenuar os efeitos deletérios da salinidade da água a partir do nível salino de 1,4 dS m<sup>-1</sup>, sendo a concentração de 25 µM a mais eficiente. Já as concentrações de 75 e 100 µM intensificaram o efeito negativo da salinidade.

O incremento na condutância estomática das plantas de gravioleira cv. Morada Nova submetidas à concentração de peróxido de hidrogênio de 25 µM indica uma recuperação no movimento estomático sinalizado, possivelmente, pelo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> exógeno. A pré-exposição de plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores, tais como o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento metabólitos e/ou enzimas antioxidativas) e, portanto, obter um melhor desempenho fisiológico, quando a

planta é exposta a condições de estresse mais severo (Veal et al., 2007; Forman et al., 2010).

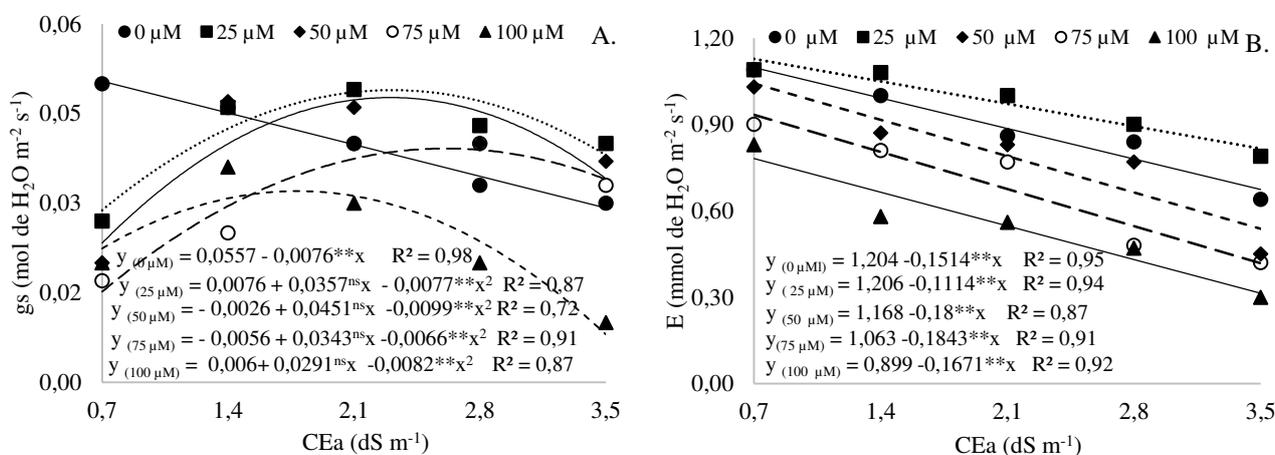


Figura 1. Condutância estomática - gs (A) e transpiração - E (B) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio

Ao estudar a interação da salinidade da água de irrigação com as concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a transpiração da gravioleira cv. Morada Nova nota-se de acordo com a equação de regressão (Figura 1B) que a concentração de 25 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promoveu maior transpiração quando comparada aos valores referentes às plantas do tratamento controle (0 µM); com relação às demais concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nota-se que as mesmas intensificaram os efeitos deletérios da salinidade da água. Os decréscimos por aumento unitário da CEa foram, respectivamente, 12,57, 9,23, 15,41, 17,33 e 18,58% para as concentrações de 0,25, 50, 75 e 100 µM.

A taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> foi reduzida linearmente com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Segundo equação de regressão (Figura 2A) nas plantas do tratamento controle (0 µM), houve decréscimo linear de 21,79% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 72,01% na A das plantas irrigadas com a água de maior salinidade (3,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao menor nível salino (0,7 dS m<sup>-1</sup>). Porém, constata-se uma ascensão de 138% na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> nas plantas de gravioleira cv. Morada Nova submetidas à concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 25 µM e irrigadas com água de 3,5 dS m<sup>-1</sup> quando comparada ao tratamento controle (0,7 dS m<sup>-1</sup>). Assim como observado nas variáveis gs e E (Figuras 1A e B), a aplicação das distintas concentrações de peróxido de hidrogênio não atenuaram o efeito deletério da salinidade

sobre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, da gravioleira cv. Morada Nova, ocorrendo o contrário; desta forma, pode-se inferir que o excesso de espécies reativas de oxigênio exerce efeito tóxico, causado sobretudo pelo estresse oxidativo.

O estresse salino reduziu a condutância estomática, a transpiração e a taxa de assimilação CO<sub>2</sub>, nas plantas de gravioleira cv. Morada Nova do tratamento controle (0,7 dS m<sup>-1</sup>). O fechamento estomático nas plantas tem como consequência a restrição à entrada de CO<sub>2</sub> nas células do mesófilo foliar, fato que pode aumentar a susceptibilidade a danos fotoquímicos, pois, baixando taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> causa energia luminosa excessiva no fotossistema II (Munns & Tester, 2008; Silva et al., 2010).

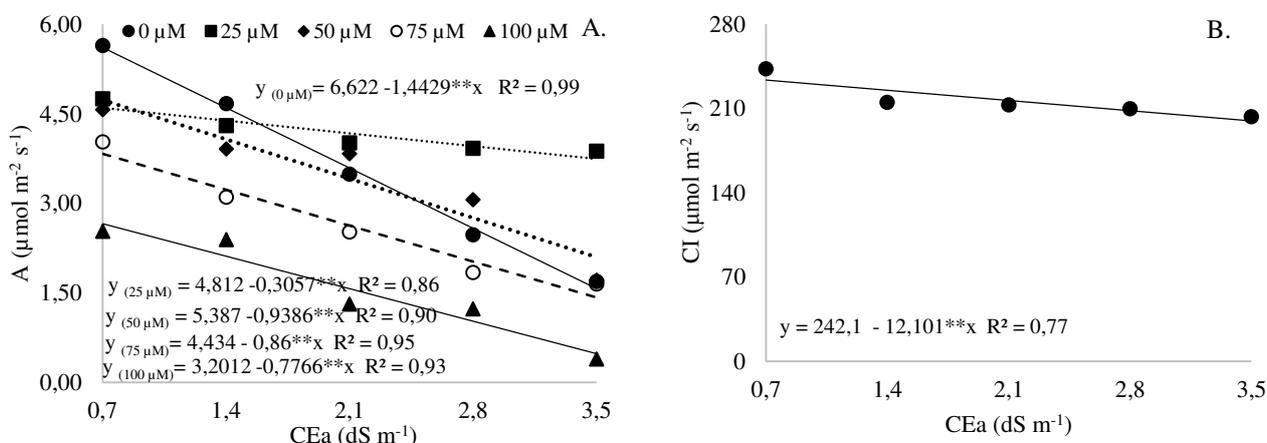


Figura 2. A taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> – A (A) da gravioleira em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio e, concentração interna de CO<sub>2</sub> - CI (B) em função da salinidade da água

O efeito benéfico do peróxido de hidrogênio em baixas concentrações pode estar associado ao seu papel de molécula sinalizadora, regulando diversas vias, incluído respostas ao estresse salino (Baxter et al., 2014). Por isso, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> está relacionado com a regulação de diversos mecanismos, sob condições de estresses abióticos e bióticos (Orozco Cárdenas et al., 2001; Malolepsza & Rózyńska, 2005).

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova se reduziu linearmente em resposta aos crescentes níveis de CEa e conforme a equação de regressão (Figura 2B), nota-se que na CEa de 1,4 dS m<sup>-1</sup> ocorreu redução de 3,62% em relação ao tratamento controle (0,7 dS m<sup>-1</sup>); para os valores de CEa de 2,1, 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup> as reduções foram, respectivamente, iguais a 7,25, 10,87 e 14,5%. As reduções na concentração interna de CO<sub>2</sub> com aumento dos níveis salinos registrados na gravioleira cv. Morada Nova é uma resposta comum das plantas ao estresse salino, que ocorre

provavelmente devido à menor difusão de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática em consequência do fechamento dos estômatos (Silva et al., 2011; Oliveira et al., 2017).

Com relação à eficiência instantânea da carboxilação (EICI), constata-se efeito negativo da salinidade da água de irrigação e, de acordo com a equação de regressão (Figura 3A), observa-se redução na EICI de 18,49% por incremento unitário da condutividade elétrica da água, ou seja, reduções de 59,47% na EICI, em plantas irrigadas com água de maior salinidade (3,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao menor nível salino (0,7 dS m<sup>-1</sup>). De acordo com Taiz & Zeiger (2017), à medida que o estresse se torna rigoroso, a desidratação das células do mesófilo inibe a fotossíntese, danificando dessa forma, o metabolismo e, conseqüentemente, comprometendo a eficiência da carboxilação. Para Lacher (2006), essa redução na EICI está relacionada às restrições metabólicas no ciclo de Calvin, onde o carbono recebido não é utilizado no estágio de carboxilação das células mesófilas.

A eficiência instantânea no uso da água (EIUA), também foi afetada de forma negativa pela salinidade da água de irrigação e mediante a equação de regressão (Figura 3B) o modelo linear indica que, as plantas quando foram irrigadas com água de CEa de 0,7 dS m<sup>-1</sup> (tratamento controle), proporcionaram a maior EIUA [4,48 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a menor [3,37 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] com as plantas cultivadas com água de maior nível salino (3,5 dS m<sup>-1</sup>), ou seja, uma redução de 24,74% [1,11 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] entre o maior (3,5 dS m<sup>-1</sup>) e o menor (0,7 dS m<sup>-1</sup>) nível de salinidade da água de irrigação. Pode-se inferir que o aumento da salinidade da água de irrigação afeta diretamente a EIUA de plantas de gravioleira cv. Morada Nova. Assim, a redução na EIUA constatada nesta pesquisa pode estar relacionada ao acúmulo de sais no solo ao longo do ciclo da cultura, situação que contribuiu para a redução do potencial osmótico do solo, e, conseqüentemente, promoveu maior dificuldade para absorção de água pelas plantas (Nobre et al., 2014).

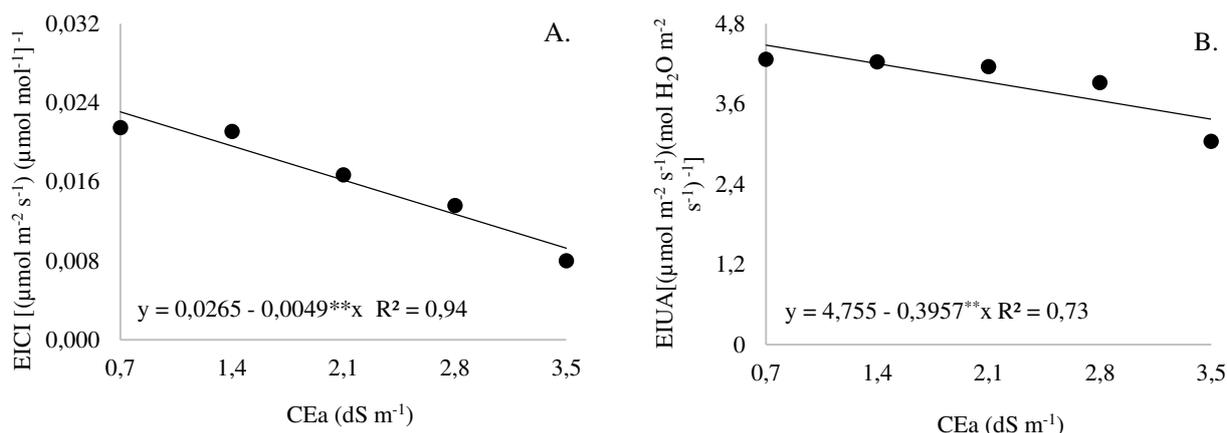


Figura 3. Eficiência instantânea da carboxilação - EICI (A) e eficiência instantânea no uso da água - EUUA (B) da gravioleira em função da salinidade da água de irrigação

Verifica-se através do teste F (Tabela 3), efeito significativo ( $p < 0,01$ ) dos níveis salinos da água de irrigação sobre a clorofila a (Cla) e clorofila b (Clb). As concentrações de peróxido de hidrogênio e a interação entre os fatores (NS x H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) influenciaram de forma significativa ( $p < 0,01$ ) todas as variáveis analisadas.

Tabela 3. Resumo do teste F referente à clorofila a (Cla), clorofila b (Clb) e carotenóides (Car) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigada com águas salinas e submetidas à aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, aos 140 dias após semeadura

Fonte de variação	Teste F		
	Cla	Clb	Car
Níveis Salinos (NS)	**	**	ns
Regressão linear	**	**	ns
Regressão quadrática	ns	ns	ns
Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	**	**
Regressão linear	ns	ns	*
Regressão quadrática	**	**	ns
Interação (NS x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	**	**
Blocos	ns	ns	ns
CV (%)	8,11	15,69	14,87

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

Nota-se através da equação de regressão (Figura 4A) que as plantas do tratamento controle (0 μM) tiveram redução no teor de Cla de 15,2% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Já as plantas de gravioleira cv. Morada Nova submetidas ao tratamento com peróxido de hidrogênio nas concentrações de 25 e 50 μM, tiveram os efeitos deletérios da salinidade sobre a clorofila a atenuados. As plantas de graviola cv. Morada Nova irrigadas com o maior nível salino (3,5 dS m<sup>-1</sup>) obtiveram quando submetidas a 50 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as maiores médias para Cla (4,92 μm g<sup>-1</sup> MF),

representando um aumento de 47,15% em relação ao tratamento controle (0  $\mu\text{M}$ ). Todavia, as concentrações de 75 e 100  $\mu\text{M}$  não atenuaram os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação sobre os teores de Cla de graviola cv. Morada Nova.

A clorofila b (C1b) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova foram influenciadas significativamente pela interação entre Nível salino - NS x  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Através das equações de regressão (Figura 4B), verifica-se que o tratamento com a concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 50  $\mu\text{M}$  promoveu as maiores médias para o teor de clorofila b correspondentes a 1,59; 1,78 e 1,66  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF, quando irrigadas, respectivamente, com os níveis de CEa de 2,1; 2,8 e 3,5  $\text{dS m}^{-1}$ . Nota-se ainda (Figura 4B) que as plantas do tratamento controle (0  $\mu\text{M}$ ) tiveram reduções de 13,87% no teor de clorofila b, por incremento unitário da CEa. Contudo, as plantas de gravioleira cv. Morada Nova submetidas à concentração de 50  $\mu\text{M}$  e expostas ao estresse salino no maior nível da CEa (3,5  $\text{dS m}^{-1}$ ), obtiveram um aumento de 0,875  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF no teor de clorofila b em comparação às que estavam submetidas ao tratamento controle. A diminuição no teor de clorofila b observada nas plantas do tratamento controle (0  $\mu\text{M}$ ), pode ser atribuída ao aumento da atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila, tendo em vista que o estresse salino induz a degradação de  $\beta$ -caroteno e a redução na formação de zeaxantina, produzindo diminuição no teor de carotenóides, pigmentos aparentemente envolvidos na proteção contra a fotoinibição (FREIRE et al., 2013). Godim (2012), avaliando o pré-tratamento foliar com  $\text{H}_2\text{O}_2$  como estratégia para minimizar os efeitos deletérios da salinidade em plantas de milho, observou que os maiores teores de clorofila foram obtidos em plantas pré-tratadas com  $\text{H}_2\text{O}_2$  na concentração de 10 mM mesmo submetidas ao estresse salino (80 mM de NaCl).

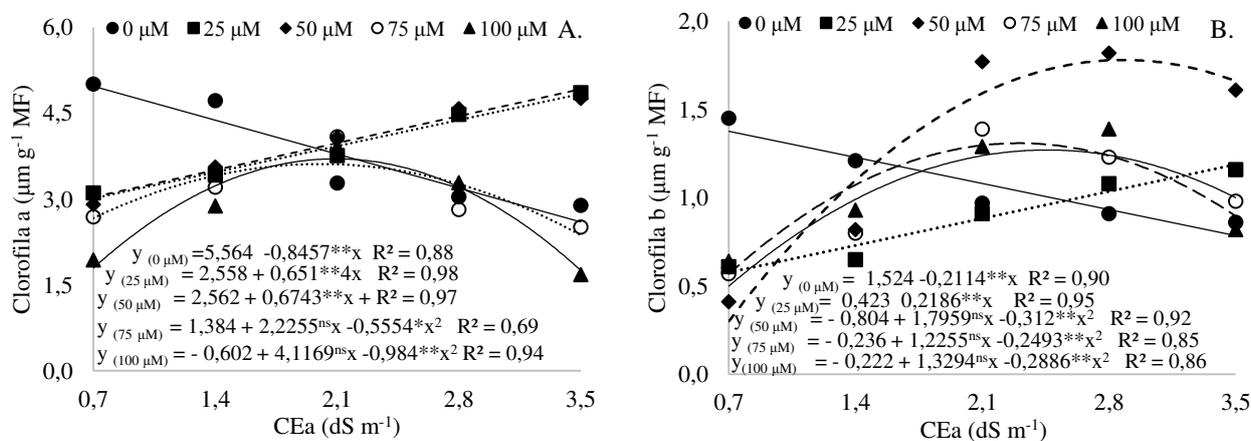


Figura 4. Clorofila a (A) e Clorofila b (B) da gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de peróxido de hidrogênio

No que se refere ao teor de carotenóides, conforme equação de regressão (Figura 5) observa-se efeito linear e decrescente nas plantas do tratamento controle (0  $\mu\text{M}$ ), com diminuição no teor de carotenóides de 14,55% por incremento unitário da CEa, ou seja, redução de 45,37% (0,844  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF) no teor de carotenóides das plantas irrigadas com a água de 3,5  $\text{dS m}^{-1}$  em relação ao menor nível de 0,7  $\text{dS m}^{-1}$ . Contudo, percebeu-se que as plantas submetidas ao tratamento com peróxido de hidrogênio tiveram um aumento no teor de carotenóides mesmo com a imposição do estresse salino, sobretudo na concentração de 25  $\mu\text{M}$ , na qual constata-se por meio da equação de regressão (Figura 5) um acréscimo de 45,46% (0,847  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF) em relação ao tratamento controle quando as plantas foram irrigadas com a água de maior nível salino (3,5  $\text{dS m}^{-1}$ ), indicando que o peróxido de hidrogênio foi eficaz na aclimação de plantas de gravioleira cv. Morada Nova ao estresse salino. Os carotenoides são pigmentos que podem exercer ação fotoprotetora do aparato fotoquímico, sendo o aumento dos carotenoides possivelmente um mecanismo de defesa, prevendo danos foto-oxidativos às moléculas de clorofila (Kerbaui, 2004; Raven et al., 2007).

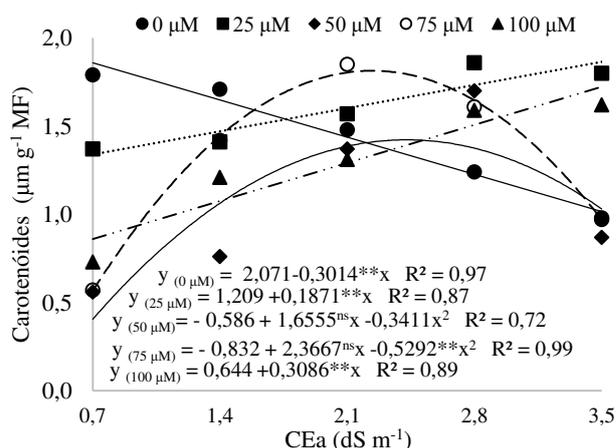


Figura 5. Carotenóides da gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e concentrações de peróxido de hidrogênio

A redução no teor de carotenoides no tratamento controle, pode ter ocorrido possivelmente em consequência da degradação ou inibição da síntese de carotenóides devido sobretudo à foto-oxidação, acarretando danos nas membranas fotossintéticas, além de afetar outros processos celulares como a divisão e expansão celular (Silva et al., 2014).

#### **4. CONCLUSÕES**

Com o aumento do estresse salino, ocorre diminuição nos parâmetros fotossintéticos das plantas de gravioleira cv. Morada Nova.

A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 25 e 50  $\mu\text{M}$  atenuam os efeitos deletérios do estresse salino sobre a condutância estomática, taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  e teor de clorofila a.

O peróxido de hidrogênio nas concentrações de 75 e 100  $\mu\text{M}$  em interação com a salinidade da água de irrigação promovem diminuição na transpiração, taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  e no teor de clorofila a da gravioleira cv. Morada Nova.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. 1999. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 184p. Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, v.24, p.1-15, 1949.
- Barbosa, R. C. A.; Brito, M. E. B.; Sá V. S, F.; Soares Filho, W. S.; Fernandes, P. D.; SILVA, L. A. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. Semina: Ciências Agrárias, v.38, 2017.
- Baxter, A.; Mittler, R.; Suzuki, N. EROS as key players in plant stress signalling. Journal of Experimental Botany, v. 65, p. 1229–1240, 2014.
- Braga Sobrinho, R. Potencial de exploração de anonáceas no Nordeste do Brasil. In: SEMANA DA FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 17, 2010, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.
- Brito, M. E. B.; Fernandes, P.D.; Gheyi, H.R.; Melo, A.S.; Soares Filho, W.S.; Santos, R.T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. Revista Caatinga, v. 27, p. 17-27, 2014.

- Cavalcante, L. F.; Da Rocha, L. F.; Silva, R. A. R.; Souto, A. G. L.; Nunes, J. C.; Cavalcante, Í. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. *Magistra*, v.28, p.91-101, 2017.
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B. de; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, p. 109-112, 2014.
- Forman, H. J.; Maiorino, M.; Ursini, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, p.835-842, 2010
- Freire, J. L. O.; Cavalcante, L. F.; Nascimento, R.; Rebequi, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. *Revista de Ciências Agrárias*, v.36, p.57-70, 2013
- Freitas, A. L. G. E.; Vilasboas, F. S.; Pires, M. M.; São José, A. R. Caracterização da Produção e do Mercado da Graviola (*Annona muricata* L.) no Estado da Bahia. *Informações Econômicas*, v. 43, p.23-34, 2013.
- Gechev, T. S.; Van Breusegem, F.; Stone, J. M.; Denev, I.; Laloi, C. Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses and programmed cell death *Bioessays*, v.28, p.1091-1101, 2006.
- Gondim, F. A.; Gomes Filho, E.; Marques, E. C.; Prisco, J. T. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 373-38, 2011.
- Gondim, F A. Pré-tratamento foliar com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como estratégia para minimizar os efeitos deletérios da salinidade em plantas de milho. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012, 147p. Tese Doutorado
- Jaimez, R. E.; Rada, F.; Garcia-Núñez, C.; Azócar, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plaitain cv. Hartón (*Musa AAB*) under different soil water conditions in a humid tropical region. *Scientia Horticulturae*, v.104, p.79-89, 2005.
- Kerbauy, G.B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- Konrad, M. L. F.; Silva, J. A. B.; Furlani, P. R.; Machado, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, v.64, p.339-347, 2005.
- Lacerda, C. F.; Costa, R. N. T.; Bezerra, M. A.; Neves A. L. R.; Sousa, G. G.; Gheyi, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.;

- DIAS, N. S.; (ed). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, p. 530, 2016.
- Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.
- Lima, G. S. de; Santos, J. B. dos; Soares, L. A. A. dos; GheyI, H. R.; Nobre, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. *Comunicata Scientiae*, v.7, p.513, 2016.
- Malolepsza, U.; Rozalska, S. Nitric oxide and hydrogen peroxide in tomato resistance: Nitric oxide modulates hydrogen peroxide level in o-hydroxyethylorutin-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, France, v. 43, p.623–635, 2005.
- Mendonça, V.; Ramos, J. D.; Pio, R.; Gontijo, T. C. A.; Tosta, M. S. Superação de dormência e profundidade de semeadura de sementes de gravioleira. *Revista Caatinga*, v. 20, p. 73-78, 2007.
- Medeiros, J. F. de. 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. 2003, 173p. Dissertação Mestrado
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Silva, A.O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. *Revista Caatinga*, v.27, p.148 -158, 2014.
- Novais, R. F.; Neves J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- Oliveira, W. J. D.; Souza, E. R. D.; Cunha, J. C.; Silva, Ê. F. D. F.; Veloso, V. D. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO<sub>2</sub> efflux in soil irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, p. 32-37, 2017.
- Orozco-Cárdenas, M. L.; Narváez-Vásquez, J.; Ryan, C. A. Hydrogen peroxide acts as a second messenger for the induction of defense genes in tomato plants in response to wounding, system in, and methyl jasmonate. *The Plant Cell*, v.13, p.179-191, 2001.
- Petrov, V. D.; Breusegem, F. V. Hydrogen peroxide: A central hub for information flow in plant cell. *AoB Plants*. v. 2012, p.1-13, 2012
- Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. *Biologia vegetal*. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 728p.

- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Sá, F. V. S. da; Brito, M. E. B.; Pereira, I. B.; Neto, P. A.; Silva, L. de A.; Costa, F. B. da. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. Irriga, v.20, p. 544, 2015.
- Sena, G. S. A.; Nobre, R. G., Souza, L. de P.; Barbosa, J. L.; De Souza, C. M. A.; Elias, J. J. Formação de porta-enxerto de goiabeira submetidas a diferentes salinidades da água e adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.11, p.1578, 2017.
- Scandalios, J. G. The rise of ROS. Biochemical Science, v.27, p.483-486, 2002.
- Silva, E. D.; Ribeiro, R. V.; Ferreira-Silva, S. L.; Viégas, R. A.; Silveira, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. Journal of Arid Environments, v.74, p.1130-1137, 2010.
- Silva, E. N. da; Ribeiro, R.V.; Ferreira-Silva, S.L.; Viégas, R.A.; Silveira, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. Scientia Agricola, v.68, p.62-68, 2011.
- Silva, M. A.; Santos, C. M.; Vitorino, H. S.; Rhein, A. F. L.; Pigmentos fotossintéticos e índice Spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. Bioscience Journal, v.30, p.173-181. 2014.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.
- Veal, E. A.; Day, A. M.; Morgan, B. A. Hydrogen peroxide sensing and signaling. Molecular cell, v.26, p.1-14, 2007.

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA SOB  
ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO EXÓGENA DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**RESUMO:** Propôs-se, neste trabalho, avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de gravioleira cv. Morada Nova, em função da irrigação com águas salinas e aplicações exógenas de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), em condições de casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, constituídos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio (0; 25; 50; 75 e 100 µM). As concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas mediante embebição da semente, por um período de 24 horas, e via foliar pela pulverização completa das folhas. A Irrigação com água com condutividade elétrica a partir de 0,7 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente o crescimento e a qualidade das mudas de gravioleira cv. Morada Nova, sendo a fitomassa seca de raiz a variável mais sensível ao

estresse salino. Concentrações de 31 e 100  $\mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio promoveram maiores valores de taxa de crescimento relativo em área foliar e fitomassa seca de folha e caule, respectivamente. O uso de água salina com condutividade elétrica de 1,22  $\text{dS m}^{-1}$  pode ser utilizada para irrigação de mudas de gravioleira cv. Morada Nova, pois promove redução média aceitável de até 10% no crescimento.

**Palavras-chaves:** *Annona muricata* L., salinidade, aclimação

## **GROWTH AND QUALITY OF SOURSOP SEEDLINGS UNDER SALT STRESS AND EXOGENOUS APPLICATION OF $\text{H}_2\text{O}_2$**

**ABSTRAT:** The objective of this study was to evaluate the growth and quality of 'Morada Nova' seedlings, as a function of irrigation with saline waters and exogenous applications of hydrogen peroxide, under greenhouse conditions, in the municipality of Campina Grande, PB. The experimental design was a randomized complete block design in a 5 x 5 factorial scheme, consisting of a combination of five levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.3, 1.7, 2.1, 2.8 and 3, 5  $\text{dS m}^{-1}$ ) and five concentrations of hydrogen peroxide- $\text{H}_2\text{O}_2$  (0, 25, 50, 75 and 100  $\mu\text{M}$ ). The concentrations of hydrogen peroxide were applied by imbibing the seed for a period of 24 hours and foliar via the complete spraying of the leaves. Irrigation with water from 0.7  $\text{dS m}^{-1}$  negatively affected the growth and quality of 'Morada Nova' soursop seedlings, with dry root phytomass being the most sensitive variable to salt stress. Concentrations of 31 and 100  $\mu\text{M}$  of hydrogen peroxide promoted higher values of relative growth rate of leaf area and leaf and stem dry matter, respectively. The use of saline water with electrical conductivity of 1.22  $\text{dS m}^{-1}$  can be used for irrigation of soursop seedlings, as it promotes an acceptable average reduction of up to 10% in growth.

**Key words:** *Annona muricata* L., saline stress, oxidative stress.

### **1. INTRODUÇÃO**

Pertencente à família das Anonáceas, a gravioleira (*Annona muricata*, L.) ocupa posição promissora na fruticultura brasileira, principalmente na região Nordeste, onde seu consumo tem aumentado, seja in natura ou processada industrialmente, devido à

importância nutricional e formas de uso na alimentação humana, além das propriedades medicinais de suas folhas, frutos, sementes e raízes (Freitas et al., 2013).

Embora a região Nordeste apresente condições de solo e clima favoráveis para a produção de gravioleira, isto não é o bastante para que se tenha um grande potencial de exploração dessa cultura, visto que, o referido potencial tem sido limitado em virtude dos regimes pluviais irregulares (Sá et al., 2015), ocorrendo déficit hídrico para as plantas em razão da taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação, durante maior parte do ano, causando elevação nos níveis salinos nas fontes hídricas (Holanda et al., 2016).

Com isto, a irrigação utilizando águas com alta concentração de sais solúveis, sobretudo de sódio, tornou-se prática comum; ademais, o emprego dessas águas por um tempo prolongado pode provocar efeitos negativos sobre os solos e as plantações implantadas nessas áreas, comprometendo o crescimento e seu desenvolvimento, devido aos efeitos tóxicos, osmóticos e de desequilíbrio nutricional, causando alterações morfológicas e fisiológicas, e comprometendo, conseqüentemente, a produção (Neves et al., 2009).

Desta forma, a formação de mudas de gravioleira nesta região pode ser otimizada com o uso de técnicas que viabilizem o manejo de águas com excesso de sais, podendo-se destacar o processo de aclimatação que consiste na exposição prévia de sementes a determinado tipo de estresse, provocando mudanças metabólicas, que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a nova exposição ao estresse (Aragão et al., 2011).

A utilização de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) de forma exógena e em baixas concentrações nas plantas, surge como alternativa promissora de aclimatação das plantas ao estresse salino, já que, de forma geral essa molécula melhora a capacidade do sistema antioxidante das plantas que, rapidamente, atua sobre as espécies reativas de oxigênio - EROs produzidas pelo estresse, neutralizando a ação ou prevenindo a geração das mesmas, resultando em menor concentração de EROs e Conseqüentemente, causando menos danos celulares (Íseri et al., 2013).

O pré-tratamento de sementes com o peróxido de hidrogênio também pode atuar aumentando a condutância estomática, a fotossíntese, os teores de clorofila e a proteção das membranas do cloroplasto; com isso, as plantas em geral apresentam maior crescimento e acúmulo de massa seca (Ahmad et al., 2013). Contudo, as informações de pré-tratamento de sementes e aplicação foliar com o  $H_2O_2$  na cultura da gravioleira e seus efeitos relacionados à tolerância ao estresse salino são incipientes. Neste sentido, estudos que viabilizem a utilização de peróxido de hidrogênio na aclimatação das plantas de

gravioleira ao estresse salino, se tornam importante para o pleno desenvolvimento desta cultura na região semiárida do Nordeste brasileiro.

Com o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação exógena de diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio no crescimento e na qualidade de mudas de gravioleira cv. Morada Nova, irrigadas com águas de diferentes níveis salinos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e outubro de 2017, em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), no município de Campina Grande, PB, localizado nas coordenadas geográficas 7° 15' 18" de latitude Sul e 35° 52' 28" de longitude Oeste do Meridiano de Greenwich e na altitude de 550 m.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 5 x 5, com quatro repetições, referentes aos níveis de salinidade da água de irrigação, expressos pelos valores de condutividade elétrica - CEa (0,7; 1,4; 2,1; 2,8 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>), e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio (0; 25; 50; 75 e 100 µM). Na condução do experimento foi utilizada a gravioleira cultivar Morada Nova por ser mais apreciada pelos produtores, compondo a maioria dos pomares comerciais do Brasil, além de apresentar frutos maiores, podendo atingir peso de até 15 kg e por apresentar produção superior às demais (Sacramento et al., 2009).

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas de frutos colhidos em um pomar comercial localizado no município de Macaparana, PE. A extração da semente foi realizada de forma manual; posteriormente foram secas na sombra e ao ar. Após a secagem, foi realizado o processo de quebra de dormência através do corte da parte distal da semente, conforme as orientações de Mendonça et al. (2002).

As águas com diferentes níveis salinos foram preparadas a partir da adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), cálcio (CaCl<sub>2</sub> .2H<sub>2</sub> O) e magnésio (MgCl<sub>2</sub> .6H<sub>2</sub> O) de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, essa proporção de sais é comumente encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 2003), sendo as quantidades determinadas levando em consideração a relação entre a CEa e a concentração de sais (10\*mmolc L<sup>-1</sup> = CEa - dS m<sup>-1</sup>).

As diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), previamente estabelecidas conforme estudos, foram obtidas pela diluição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em água deionizada. Antes do semeio, as sementes foram imersas nas soluções de peróxido de hidrogênio seguindo os tratamentos, por um período de 24 h no escuro; logo após esse período realizou-se o semeio. A semeadura, utilizando-se de 3 sementes para cada muda, foi realizada em sacolas plásticas com capacidade de 2 dm<sup>3</sup> de solo, perfuradas lateralmente para permitir a livre drenagem. As sacolas foram dispostas em bancadas de madeira, a uma altura de 0,80 m do solo e preenchidas por substrato composto por solo (84%) + areia (15%) + húmus (1%) em base de volume.

O solo utilizado no experimento foi Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa coletado na profundidade de 0-20 cm proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Donagema et al. (2011).

Tabela 4. Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes do início do experimento.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2, 5)	M.O. %	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	PST (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
.....(cmolc kg <sup>-1</sup> ).....									
5,90	1,36	6,80	2,22	1,60	26,00	36,60	19,30	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila		.....	dag kg <sup>-1</sup>				
732,9	142,1	125,0	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas.

Durante a condução da pesquisa o solo foi mantido próximo à capacidade de campo com irrigações diárias, aplicando-se em cada sacola, as águas correspondentes aos tratamentos, sendo o volume aplicado estimado pelo balanço de água: volume de água aplicado menos o volume de água drenado na irrigação anterior, acrescido de fração de lixiviação de 0,15, visando evitar o acúmulo excessivo de sais no solo.

Foram realizadas adubações nitrogenada (N), potássica (K) e fosfatada (P) com base em Novais et al. (1991). Aplicaram-se 0,58 g de ureia, 0,65 g de cloreto de potássio e 1,56 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300 mg kg<sup>-1</sup> do substrato de N, K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente; aplicados em cobertura em quatro aplicações iguais, via fertirrigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após a semeadura (DAS).

A aplicação foliar do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, foi feita manualmente às 17:00 horas, nas devidas concentrações, aos 90, 105 e 120 DAS, pulverizando as faces abaxial e adaxial das folhas, de modo a se obter o molhamento completo das folhagens, utilizando-se de um borrifador.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados, mediante a determinação da taxa de crescimento relativo em altura de planta (TCRap), diâmetro do caule (TCRdc) e área foliar (TCRaf), no período de 45 a 145 DAS, além da fitomassa seca de folha (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e total (FST), e o índice de qualidade de Dickson (IQD), aos 145 DAS.

A partir dos valores de altura de planta, diâmetro de caule e área foliar foram estimadas as taxas de crescimento relativo (TCR), sendo obtidas conforme a metodologia contida em Benincasa (2003) expressa pela Equação 1.

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

Em que:

TCR - taxa de crescimento relativo (mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>);

A<sub>1</sub> - variável no tempo t<sub>1</sub>;

A<sub>2</sub> - variável no tempo t<sub>2</sub>; e,

ln - logaritmo natural.

Para obtenção da fitomassa seca, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo e, em seguida, foram separadas as distintas partes (caule, folha e raiz) e acondicionadas em saco de papel; posteriormente, foram postas para secar em estufa com ventilação forçada de ar, na temperatura de 65 °C, até a obtenção de peso constante. Posteriormente, o material foi pesado, obtendo-se a fitomassa das folhas, caule, raiz e total.

A qualidade das mudas foi estimada através do índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas, por meio da fórmula de Dickson et al. (1960), descrito pela Equação 2.

$$IQD = \frac{FST}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad (2)$$

Em que:

IQD - índice de qualidade de Dickson;

AP - altura de planta (cm);

DC - diâmetro do caule (mm);

FST - fitomassa seca total de planta (g);

FSPA - fitomassa seca da parte aérea de planta (g); e,

FSR - fitomassa seca de raiz de planta (g).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do resumo da análise de variância (Tabela 2), constata-se que as taxas de crescimento relativo de altura e diâmetro, o acúmulo de fitomassa seca de diferentes partes da planta e a qualidade das mudas de gravioleira cv. Morada Nova, não foram influenciados ( $p > 0,05$ ) pela interação níveis salinos x peróxido de hidrogênio (NS x  $H_2O_2$ ). Os níveis salinos da água de irrigação exerceram influência significativa ( $p < 0,01$ ) em todas as variáveis estudadas, com exceção da taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRap). Já as concentrações de  $H_2O_2$ , proporcionaram efeito significativo para a taxa de crescimento relativo em área foliar (TCRaf), fitomassa seca de folhas (FSF) e de caule (FSC).

Tabela 2. Resumo do teste F referente às taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCRap), diâmetro de caule (TCRdc), e área foliar (TCRaf) no período de 85 a 145 dias após a semeadura (DAS) e, fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e total (FST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 145 DAS de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

Tratamentos	Teste F							
	TCRap	TCRdc	TCRaf	FSF	FSC	FSR	FST	IQD
Níveis salinos (NS)	ns	**	**	**	**	**	**	**

Regressão linear	ns	**	ns	**	**	**	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Peroxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ns	ns	**	*	**	ns	ns	ns
Regressão linear	ns	ns	**	**	**	**	**	ns
Regressão quadrática	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**
Interação (NS x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ns							
Blocos	ns							
CV (%)	12,06	15,78	15,89	23,02	21,52	28,67	22,09	24,52

\*, \*\*, ns, indica significativo a 0,05, 0,01 e não significativo, respectivamente.

Por meio da equação de regressão (Figura 1), obtida para a taxa de crescimento relativo de diâmetro de caule, observa-se redução de 7,57% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação; deste modo, as plantas irrigadas com água de 3,5 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma redução de 21,21% na TCRdc em relação às plantas que foram irrigadas com água de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, ou seja, o diâmetro das plantas irrigadas com o menor nível salino cresceu 0,003 mm mm<sup>-1</sup> por dia a mais em relação às plantas cultivadas com o maior nível salino, no período entre 85 a 145 DAS.

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente o crescimento das plantas, possivelmente devido aos efeitos osmóticos e específicos dos íons, retardando a expansão e divisão celular, promovendo consequências negativas na taxa fotossintética, prejudicando os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (Bezerra et al., 2018). Souza et al. (2017) estudando a cultura da goiabeira, também observaram diminuição na TCRdc sob condições de estresse salino (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m<sup>-1</sup>) sendo a redução de 5,31% por incremento unitário da CEa

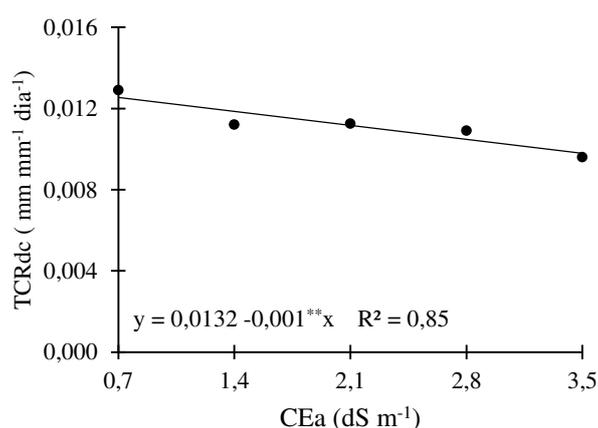


Figura 1. Taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (TRCdc) da gravioleira cv. Morada Nova em função da salinidade da água de irrigação, no período de 85 a 145 dias após a semeadura.

Para a taxa de crescimento relativo em área foliar (TCRaf), verifica-se uma tendência linear decrescente da TCRaf com o aumento da salinidade da água de irrigação e, segundo a equação de regressão (Figura 2A), a irrigação com nível de condutividade elétrica da água de 0,7 dS m<sup>-1</sup> promoveu uma taxa de crescimento relativo da área foliar de 0,022 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>; entretanto, as plantas irrigadas com água de 3,5 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma taxa de 0,013 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, ou seja, ocorreu uma redução de 0,009 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (35,72%) nas plantas irrigadas com o maior nível salino, em comparação com as cultivadas com o menor nível salino.

Comparativamente, a ordem dos efeitos degenerativos da salinidade da água de irrigação no comportamento morfológico da gravioleira foi maior na TCRaf de que na TCRdc das mudas, o que expressa maior sensibilidade das folhas à salinidade, demonstrando que distintos órgãos das plantas podem responder diferenciadamente à ação dos sais. Além disso, essa redução pode estar relacionada à absorção desequilibrada de nutrientes pelas plantas cultivadas sob condições de estresse salino, o que provoca danos nos tecidos foliares, levando à inibição mais acentuada no alongamento das folhas, diminuindo a superfície transpirante e refletindo na diminuição da absorção de água pelas plantas, visto que, sob tais condições, é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> no xilema e conservação da água nos tecidos das plantas (Munns & Teste, 2008).

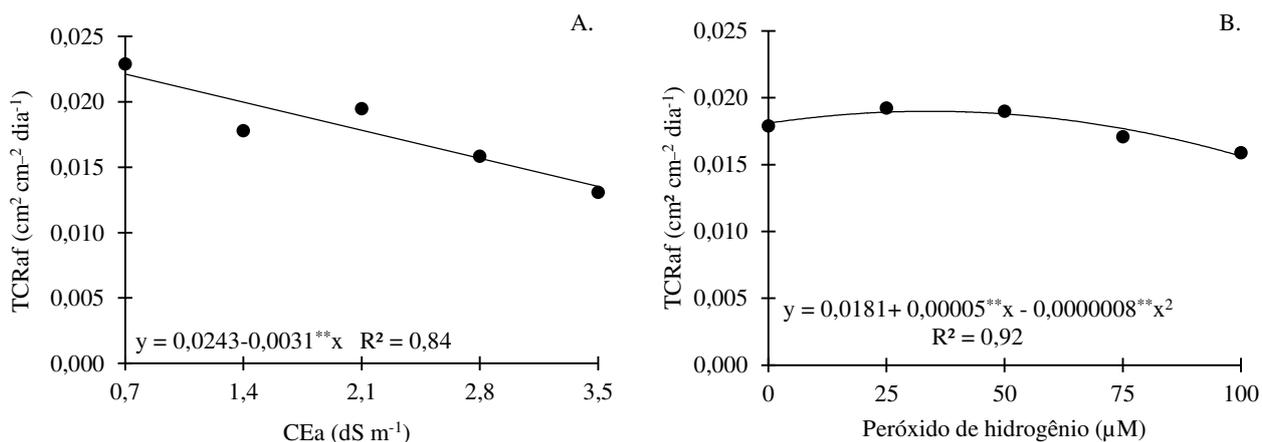


Figura 2. Taxa de crescimento relativo da área foliar (TCRaf) da gravioleira cv. Morada Nova em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B) no período de 85 aos 145 dias após sementeira.

A equação de regressão (Figura 2B), permite estimar o efeito da concentração de peróxido de hidrogênio sobre a  $TCR_{af}$  no período entre 85 e 145 DAS. Assim, observa-se resposta quadrática para  $TCR_{af}$  com efeito positivo da aplicação de  $H_2O_2$  até a concentração de  $31 \mu M$  de  $H_2O_2$  ( $0,0189 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ); a partir desta, se obteve redução na  $TCR_{af}$ , alcançando o menor valor estimado de  $0,0151 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  nas plantas que receberam  $100 \mu M$  de  $H_2O_2$ . A partir dos resultados infere-se que, aplicações adequadas de  $H_2O_2$  podem promover maior crescimento nas plantas sob estresse, pois o  $H_2O_2$  pode estimular o acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que irão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob condições de estresse salino, culminando em maior absorção de água e nutrientes. Além disso, pode minimizar os efeitos da salinidade sobre a condutância estomática, resultando no adequado funcionamento fisiológico da planta (Carvalho et al., 2011).

Através das equações de regressão obtidas para a fitomassa seca de caule (FSC) e de folhas (FSF) da gravioleira cv. Morada Nova (Figura 3A), nota-se efeito linear e decrescente, com diminuição de 14,04% e 14,24%, respectivamente, na FSC e FSF, por aumento unitário da CEa, equivalente a uma redução de 0,48 e 0,74 g nas plantas submetidas à irrigação com água de maior nível de salinidade ( $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), quando comparadas com as que estavam sob o menor nível de CEa de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ . A redução da fitomassa seca está intimamente ligada aos efeitos do acúmulo da concentração de sais solúveis, sendo fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas, deduzindo-se que este comportamento pode ser entendido como um possível mecanismo de ajustamento da planta para diminuir os efeitos da salinidade; além das modificações no balanço iônico, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação de carbono, estes fatores ocasionam, nas plantas, modificações morfológicas e/ou fisiológicas como redução na biomassa, quando submetidas ao estresse salino (Centeno et al., 2014). Sá et al. (2015), ao estudarem o crescimento inicial de pinheira sob irrigação com água salina também verificaram diminuição na massa seca das plantas com aumento da salinidade da água, e, por sua vez, atribuíram esse resultado aos efeitos osmóticos e iônicos ocasionados pela salinidade.

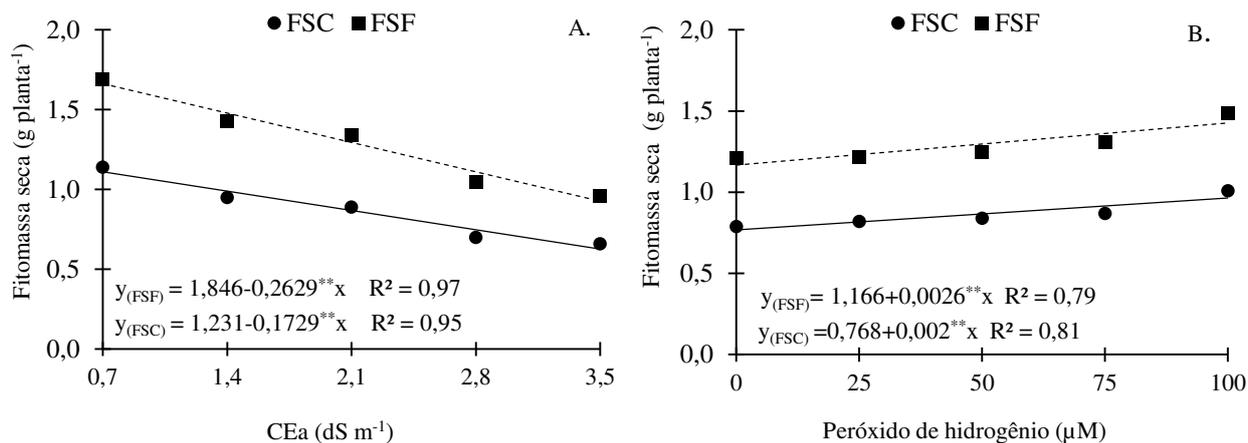


Figura 3. Fitomassa seca de folhas - FSF e de caule - FSC da gravioleira cv. Morada Nova, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B), aos 145 dias após a semeadura.

Com relação aos efeitos das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a formação de fitomassa da gravioleira cv. Morada Nova (Figura 3B), verifica-se através das equações de regressão incremento linear na FSC e na FSF, cujos acréscimos foram de 26,04 e 22,29%, respectivamente, nas plantas que receberam a concentração máxima (100 μM) de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em relação ao tratamento testemunha (0 μM). Nota-se com isso, que a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, com o intuito do mesmo agir como atenuante ao estresse salino foi satisfatória, pois a planta ao ser pré-exposta a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores tais como o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pode resultar em sinalização metabólica na célula (aumentos metabólitos e/ou de enzimas antioxidativas) e, portanto, em melhor desempenhos fisiológico e metabólico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo (Forman et al., 2010), resultando em maior tolerância da planta ao estresse.

As fitomassas seca de raiz (FSR) e total (FST) das mudas de gravioleira cv. Morada Nova foram negativamente afetadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação e através das equações de regressão (Figuras 4A e B), os dados se ajustaram ao modelo linear, cujos decréscimos estimados foram de 19,74 e 15,96%, respectivamente, por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, houve uma redução de aproximadamente 0,82 g na FSR e de 2,04 g na FST das mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com água de maior nível de CEa (3,5 dS m<sup>-1</sup>), em relação às que receberam CEa de 0,7 dS m<sup>-1</sup>. A redução na formação de fitomassa em função do estresse ocasionado pela salinidade da água pode ser uma estratégia de tolerância da planta, com o propósito de reduzir a absorção dos íons tóxicos, possibilitando uma

homeostase iônica no metabolismo vegetal (Sá et al., 2013). Além disso, as plantas sob estresse salino, tendem a buscar ajustamento osmótico; no entanto, essa atividade requer uma grande demanda de energia que será utilizada para acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia esta que em condições normais poderia ser convertida na produção de fitomassa (Santos et al., 2012).

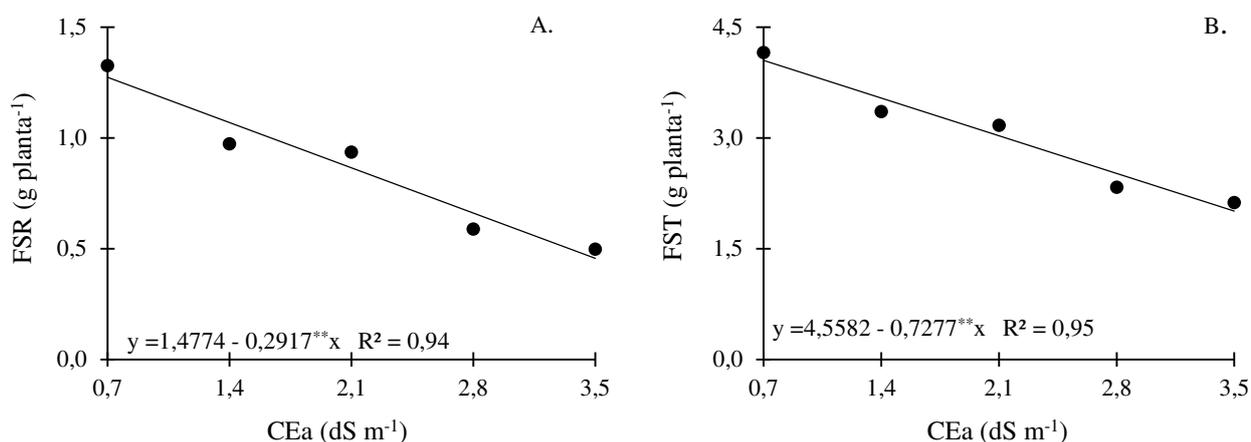


Figura 4. Fitomassa seca de raiz - FSR (A) e total – FST (B) da gravioleira cv. Morada Nova, em função da salinidade da água de irrigação aos 145 dias após semeadura.

A qualidade das mudas de gravioleira cv. Morada Nova (IQD) foi afetada negativamente pelo incremento da salinidade da água de irrigação e, através da equação de regressão (Figura 5), nota-se efeito linear decrescente, ocorrendo aos 145 DAS, decréscimos na ordem de 18,08% no IQD por aumento unitário da CEa. Ao comparar as plantas irrigadas com água de maior nível salino (3,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação às que foram cultivadas com CEa de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, percebe-se diminuição de 50,62% no IDQ. De acordo com Gomes (2001) e Oliveira et al. (2013), o IDQ é um importante parâmetro morfológico usado para expressar a qualidade e a rusticidade das mudas avaliando a capacidade de crescimento e sobrevivência, sendo observado no presente trabalho onde, mesmo as plantas irrigadas com o maior nível salino (3,5 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram IDQ aceitável, tendo em vista que mudas com IQD superior a 0,2 são consideradas de boa qualidade; outrossim, quanto maior o valor de IQD, melhor será a qualidade da muda, pois expressa robustez e equilíbrio na distribuição de biomassa.

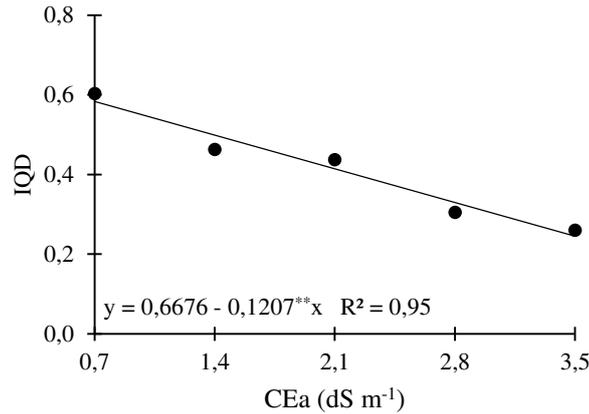


Figura 5. Índice de qualidade de Dickson - IQD da gravioleira cv. Morada Nova, em função da salinidade da água de irrigação aos 145 dias após semeadura.

#### 4. CONCLUSÕES

A irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,7 dS m<sup>-1</sup> afeta negativamente o crescimento de gravioleira cv. Morada Nova, sendo a fitomassa seca de raiz a variável mais sensível.

Concentrações de 31 e 100 µM de peróxido de hidrogênio promovem maiores valores para a taxa de crescimento relativo em área foliar e fitomassa seca de folhas e de caule de mudas de gravioleira cv. Morada Nova, respectivamente.

Água com condutividade elétrica de 1,22 dS m<sup>-1</sup> pode ser utilizada para o suprimento hídrico de mudas de gravioleira cv. Morada Nova, pois promove redução média aceitável de apenas 10% no crescimento.

A qualidade das mudas de gravioleira cv. Morada Nova não foi comprometida pela utilização de água com condutividade elétrica de 3,5 dS m<sup>-1</sup> na irrigação, pois o índice de qualidade de Dickson foi superior a 0,2.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad, I.; Basra, S. M. A.; Afzal, I.; Farooq, M.; Wahid A. Stand establishment improvement in spring maize through exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide. *International Journal of Agriculture & Biology*, v.15, p. 95–100, 2013.

- Aragão, G. F.; Gomes-Filho, E.; Camelo, M. E.; Tarquinio, P. O. J. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agrárias*, v.42, p.373-381, 2011.
- Benincasa, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas, noções básicas*. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Souza, L. P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 32-37, 2018.
- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; Neto, M. C. L.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.416–423, 2011.
- Centeno, C. R. M.; Santos, J. B. dos; Xavier, D. A.; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R. Componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.18, (Suplemento), p. 39-45, 2014.
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B. de; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, p. 109-112, 2014.
- Freitas, A. L. G. E.; VILASBOAS, F. S.; PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R. Caracterização da produção e do mercado da graviola (*Annona muricata* L.) no estado da Bahia. *Informações Econômicas*, v. 43, p.23-34, 2013.
- Forman, H. J.; Maiorino, M.; Ursini, F. Signaling. functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, p.835-842, 2010.
- Gomes, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 112, 2001
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C.; Sá, F. V. S. Qualidade da Água para Irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Org.).

- Qualidade da Água para Irrigação. 2ed. Fortaleza CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade - INCTSal, 2016, v. 1, p. 35-50.
- İseri, O. D.; Körpe D. A.; Sahin F. I.; Haberal M. Hydrogen peroxide pretreatment of roots enhanced oxidative stress response of tomato under cold stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.35, p. 1905–1913, 2013.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 2003, 173p.
- Mendonça, V.; Ramos, J. D.; Araujo Neto, S. E.; Pio, R.; Contijo, T. C. A; Junqueira, K. P. Substrato e quebra de dormência da semente na formação de porta-enxerto de gravioleira Cv. RBR. *Revista Ceres*, v. 49, p.657-668, 2002.
- Neves, A. L. R.; Lacerda, C. F.; Guimarães, F. V. A.; Hernandez, F. F. F.; Silva, F. B.; Prisco, J. T.; Gheyi, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Ciência Rural*, v.39, p. 758-765, 2009.
- Novais, R. F.; Neves J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- Oliveira, F. T.; Hafle, O. M.; Mendonça, V.; Moreira, J. N.; Pereira Júnior, E. B. Fontes orgânicas e volumes de recipiente no crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, p. 97-103, 2013.
- Sá, F. V. S. da; Brito, M. E. B.; Pereira, I. B.; Neto, P. A.; Andrade Silva, L. de; Costa, F. B. da. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. *Irriga*, v.20, p. 544, 2015.
- Sá, F. V. S.; Brito, M. E. B.; Melo, A. S.; Antônio Neto, P.; Fernandes, P. D.; Ferreira, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 1047-1054, 2013.
- Sacramento, C. K.; Moura, J. I. L.; Coelho Junior, E. Graviola. In: SEREJO, J. A. dos SANTOS; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. (eds.). *Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 95-132, 2009.

Santos, B. dos; Ferreira, P. A.; Oliveira, F. G. de; Batista, R. O.; Costa, A. C.; Cano, M. A. O.; Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. *Idesia*, v.30, p.69-74, 2012.

Souza, L. de P.; Sena, G. Sá A. de; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Souza; C. M. A. de; Elias, J. J. Formação de porta-enxerto de goiabeira submetidas a diferentes salinidades da água e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, p. 1578 - 1587, 2017.