



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

**ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO COM NPK NO  
CULTIVO DE PINHEIRA NO SEGUNDO CICLO**

**FAGNER NOGUEIRA FERREIRA**

**CAMPINA GRANDE, PB**

**2020**

FAGNER NOGUEIRA FERREIRA

**ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO COM NPK NO  
CULTIVO DE PINHEIRA NO SEGUNDO CICLO**

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:** Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

**Campina Grande - PB**

**2020**

F383a

Ferreira, Fagner Nogueira.

Águas salinas e combinações de adubação com NPK no cultivo de pinheira no segundo ciclo / Fagner Nogueira Ferreira. – Campina Grande, 2021.  
82 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. Estresse Salino 2. *Annona squamosa* L. 3. Pinheira. 4. Irrigação e Drenagem. 5. Combinação de Adubação com NPK. 6. Nutrição Mineral – Salinidade. 7. Mitigação. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soaresde. III. Título.

CDU 634.776.3(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA  
CRB-15/225



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PÓS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## **FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES**

**FAGNER NOGUEIRA FERREIRA**

ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE  
ADUBAÇÃO COM NPK NO CULTIVO DE  
PINHEIRA NO SEGUNDO CICLO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola como  
pré-requisito para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 19/02/2020

Hans Raj Gheyi – Orientador - PPGEA/CTRN/UFCEG  
Geovani Soares de Lima - Orientador - PPGEA/CTRN/UFCEG  
Carlos Alberto Vieira de Azevedo – Examinador Interno - UAEEA/CTRN/UFCEG  
Reginaldo Gomes Nobre – Examinador Externo - UFERSA  
Francisco Vanies da Silva Sá - Examinador Externo - PNPd/CAPES/UFERSA



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ, Usuário Externo**, em 25/05/2021, às 09:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geovani Soares de Lima, Usuário Externo**, em 25/05/2021, às 09:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fagner Nogueira Ferreira, Usuário Externo**, em 25/05/2021, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hans Raj Gheyi, Usuário Externo**, em 25/05/2021, às 10:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo Gomes Nobre, Usuário Externo**, em 25/05/2021, às 12:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 28/05/2021, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1476646** e o código CRC **624B8C1D**.

*A Deus pela oportunidade de poder concretizar este sonho,  
pela proteção, saúde e força.  
A minha família pelo apoio, amor e incentivo nos momentos difíceis.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que em nenhum momento me deixou fraquejar ou desistir de concretizar meu sonho, além de guiar-me sempre na direção certa.

Ao meu pai José Vicente Ferreira Neto, a minha mãe Maria do Carmo Nogueira Ferreira pelo amor, apoio, incentivo e motivação nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos Iolanda, Fabiana, Maria José, Kezia, Katia Maysa, Ingrid, Kaiki e Jordan, pelo apoio, incentivo e sempre estão do meu lado.

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

Aos meus orientadores, Prof. Dr Hans Raj Gheyi e Geovani Soares de Lima, pela orientação, paciência, confiança, ensinamentos e compreensão durante a realização deste curso;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, Ciência e Tecnologia (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos;

Aos examinadores, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre e Dr. Francisco Vanies da Silva Sá, por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho;

A Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso;

Aos amigos Alzira Maria, Diogenes Damarsio, Adga Malany, Robson Filipe, Mailson Cordão, Jessica Capitulino, Luderládio de Andrade, Francisco Wesley, pelo apoio, incentivo e ajuda durante o curso;

Enfim, a todos os meus amigos e familiares que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos específicos .....	17
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
3.1 A Cultura da pinheira .....	18
3.2 O uso de água salina na irrigação.....	19
3.3. Efeito da salinidade nas plantas e mecanismo de tolerância .....	21
3.4.1. Adubação nitrogenada .....	23
3.4.2. Adubação potássica.....	24
3.4.3. Adubação de fosfatada .....	25
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL</b> .....	<b>26</b>
4.1. Localização e caracterização da área experimental .....	26
4.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	27
4.4. Instalação e condução do experimento .....	28
4.4.1. Segundo ciclo de cultivo .....	28
4.4.2. Manejo da irrigação .....	28
4.4.3. Tratos culturais .....	29
4.5. Variáveis avaliadas .....	29
4.5.1. Características fisiológicas .....	29
4.5.1.1. Porcentagem de dano na membrana celular nas folhas .....	29
4.5.1.2. Teor de clorofila e carotenoides .....	29
4.5.2. Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	30
4.6. Produção e pós-colheita dos frutos .....	30
4.7. Características físico-química de pós-colheita.....	31
4.7.1. pH.....	31
4.7.2. Sólidos solúveis totais .....	31
4.7.3. Acidez titulável .....	31
4.7.4. Ácido ascórbico.....	31
4.7.5. Diâmetro longitudinal e transversal dos frutos .....	31
4.8. Análises estatísticas.....	31
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>33</b>
<b>CAPITULO I - EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E PRODUÇÃO DE <i>ANNONA SQUAMOSA</i> L. SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM NPK</b> .....	<b>43</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>46</b>



2. MATERIAL E MÉTODOS .....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4. CONCLUSÕES.....	57
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
1. INTRODUÇÃO .....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	66
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	69
4. CONCLUSÕES.....	77
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Combinações de adubação com base na recomendação de Silva & Silva (1997). .....	27
<b>Tabela 2:</b> Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.	28
<b>Tabela 3:</b> Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.	48
<b>Tabela 4:</b> Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila a (Cl a), b (Cl b), total (Cl total), carotenoides (Car) e percentagem de dano celular (%D) de pinha irrigada com águas salinas sob diferentes combinações de adubação com N-P-K, aos 695 dias após o transplântio. ....	50
<b>Tabela 5:</b> Resumo da análise de variância referente à fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), variável ( $F_v$ ), eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), aos 695 dias após o transplântio (DAT) e número de frutos por planta (NFr) de pinha irrigada com água salina sob diferentes combinações de adubação com N-P-K, aos 760 DAT. ....	53
<b>Tabela 6:</b> Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e as combinações de adubação com N-P-K para fluorescência máxima ( $F_m$ ) de pinha, aos 695 dias após o transplântio. ....	54
<b>Tabela 7:</b> Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento. ....	67
<b>Tabela 8:</b> Resumo da análise de variância do número total de frutos (NF), produção total por planta (PTP), peso médio de fruto (PMF), número médio de sementes por fruto (NMS), número de gomos por fruto (NGF), diâmetro (DF) e altura (AF) de frutos de pinheira irrigada com águas salinas sob diferentes combinações de adubação com N-P-K, aos 760 dias após o transplântio. ....	69
<b>Tabela 9:</b> Desdobramento da interação entre os níveis de salinidade da água e as combinações de recomendação de adubação com N-P-K para produção total por planta de pinheira, aos 760 dias após o transplântio. ....	71
<b>Tabela 10:</b> Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais (SST), ácido ascórbico (AA), acidez total titulável (ATT) e índice de maturação (SST/ATT) da polpa de frutos de plantas de pinheira irrigada com águas salinas sob diferentes combinações de adubação com NPK, aos 760 dias após o transplântio. ....	73
<b>Tabela 11:</b> Desdobramento da interação entre os níveis de salinidade da água e as combinações de recomendação de adubação com N-P-K para os sólidos solúveis totais da polpa de pinheira, aos 760 dias após o transplântio. ....	73

**Tabela 12:** Desdobramento da interação entre os níveis de salinidade da água e as combinações de recomendação de adubação com N-P-K para o teor de ácido ascórbico da polpa de pinheira, aos 760 dias após o transplante..... 75

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Teores médios de clorofila a - Cl a (A), Cl total (B) e carotenoides - Car (C) de pinha em função das condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), aos 695 dias após o transplântio. .... 51
- Figura 2.** Percentagem de dano na membrana celular - %D de pinha em função das condutividades elétricas da água de irrigação- CEa (A) e das combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio - N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (B), aos 695 dias após transplântio. 52
- Figura 3.** Fluorescência variável - Fv (A), eficiência quântica do fotossistema - Fv/Fm (B), aos 695 dias após transplântio (DAT), e número de frutos por planta (C) de pinha, em função das condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), aos 760 dias após o transplântio. .... 55
- Figura 4.** Número de frutos por planta - NTF (A), peso médio de frutos (B), número total de sementes - NTS (C) e de gomos por fruto (D) de pinha, em função das condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), aos 760 dias após o transplântio. .... 70
- Figura 5.** Diâmetro (A) e altura de frutos (B) de pinheira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, aos 760 dias após o transplântio. .... 72
- Figura 6.** Acidez total titulável - ATT (A) e índice de maturação (B) da polpa de pinheira em função das combinações de adubação com N-P-K, aos 760 dias após o transplântio. .... 76

FERREIRA, F. N. **Águas salinas e combinações de adubação com NPK no cultivo de pinheira no segundo ciclo** 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

### RESUMO GERAL

No semiárido do Nordeste brasileiro há presença de água com elevadas concentrações de sais usadas na irrigação, que ocasionam alterações no crescimento, fisiologia e produção das culturas, sendo um dos principais fatores que limita o rendimento das plantas. Desta forma, a prática da adubação se destaca no manejo da produção vegetal, por fornecer nutrientes essenciais as culturas e a possibilidade de minimizar os efeitos deletérios ocasionados pelo estresse salino. Neste contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar a fisiologia, a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de pinheira irrigada com as distintas salinidades, sob diferentes combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no segundo ciclo de cultivo. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, com delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 8, sendo os tratamentos constituídos da combinação de dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) associados a oito combinações de adubação com nitrogênio, fosforo e potássio (100:100:100; 100:100:125; 100:125:100; 100:125:125; 125:100:100; 125:100:125; 125:125:100 e 125:125:125% da dose recomendada de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O), com três repetições. Com relação aos resultados, a irrigação com água de 3,0 dS m<sup>-1</sup> diminuiu a síntese de clorofila a e total, teores de carotenoides, número total de frutos, comprometeu a eficiência fotoquímica, a produção de frutos, o número total de sementes, o peso médio de fruto, o diâmetro equatorial e polar dos frutos das plantas de pinheira. A maior fluorescência máxima da pinheira irrigada com água de 3,0 dS m<sup>-1</sup> foi obtida na combinação de 125:100:100% de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O da dose recomendada. O maior teor de ácido ascórbico sob 0,8 dS m<sup>-1</sup> com o fornecimento de 125:125:100% de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O. Além disso, a adubação com 125:125:100% de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O provocou maiores teores de sólidos solúveis e índice de maturação independentemente do nível salino. O pH da polpa da pinha aumentou sob irrigação com água de 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Annona squamosa* L., estresse salino, mitigação.

FERREIRA, F. N. **Saline water and fertilizer combinations with NPK in the cultivation of custard apple in the second cycle** 2020. 82 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Technology and Natural Resources Center. Campina Grande, PB.

### ABSTRACT

In the semi-arid region of Northeastern Brazil there is the presence of water with high concentrations of salts used for irrigation, which causes alterations in the growth, physiology, and production of crops, being one of the main factors that limits the yield of plants. Thus, the practice of fertilization stands out in the management of plant production, by providing essential nutrients to crops and the possibility of minimizing the deleterious effects caused by salt stress. In this context, the objective of this research was to evaluate the physiology, production and post-harvest quality of pine fruit irrigated with different salinities, under different combinations of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in the second cycle of cultivation. The experiment was developed in a protected environment, with randomized block design, in a 2 x 8 factorial scheme. The treatments consisted of the combination of two levels of electrical conductivity of irrigation water - CEa (0.8 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>) associated with eight fertilizer combinations with nitrogen, phosphorus and potassium (100: 100:100; 100:100:125; 100:125:100; 100:125:125; 125:100:100; 125:100:125; 125:125:100 and 125:125:125% of the recommended dose of N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O), with three repetitions. Regarding the results, irrigation with water of 3.0 dS m<sup>-1</sup> decreased the synthesis of chlorophyll a and total, carotenoids contents, total number of fruits, compromised the photochemical efficiency, fruit production, total number of seeds, average fruit weight, equatorial and polar diameter of the fruits of pine plants. The highest maximum fluorescence of pine irrigated with 3.0 dS m<sup>-1</sup> water was obtained at 125:100:100% combination of N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O of the recommended dosage. The highest ascorbic acid content under 0.8 dS m<sup>-1</sup> with the 125:125:100% N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O supply. In addition, fertilization with 125:125:100% N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O caused higher soluble solids contents and ripening index regardless of the salt level. The pH of the pine fruit pulp increased under irrigation with water of 3.0 dS m<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Annona squamosa* L., saline stress, mitigation.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A pinhaiera (*Annona squamosa* L.), também conhecida como fruta do conde e ata, é apreciada devido a polpa doce, nutrição abundante de vitaminas, antioxidante, minerais essenciais e potencial função dietoterápica (GONG et al., 2007). Na indústria, ela possui enorme mercado para aplicação, por causa de sua deliciosa polpa e fragrância especial, com a produção e processamento de sucos, refrigerantes, sorvetes (LUCIANA et al., 2010). Além disso, pode ser usada como antioxidante, antidiabético, hepatoprotetor, genotoxicidade e agente antitumoral (PANDEY e BARVE, 2011).

Os países que mais se destacam no mercado produtores pinha são México, Índia, Brasil, Tailândia, Filipinas e Cuba (JOSÉ, 2014). No Brasil, a produção de pinha se concentra na região Nordeste, tendo o estado da Bahia como maior produtor, com média de 7,129 mil toneladas. A Paraíba, por sua vez, apresentabaixa produção de frutos com 28 toneladas em uma área de 22 hectares (IBGE, 2017).

A região semiárida do nordeste brasileiro possui variabilidade temporal das chuvas e elevadas taxas de evapotranspiração, o que contribui para que normalmente, as águas detenham de elevadas concentrações de sais, todavia, o manejo inadequado pode provocar as alterações nas propriedades físico-químicas do solo e na produção das culturas (SÀ et al., 2019). A limitação do excesso de sais sobre o desenvolvimento das plantas acontece por causa da disponibilidade de água às plantas, em razão do abaixamento no potencial osmótico da solução do solo e toxicidade iônica (SOARES et al., 2012), principalmente, pelos os íons contidos na água de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  podendo acumular nos tecidos das plantas, induzir toxicidade de íons e desequilíbrio nas células, restringindo o crescimento das culturas (TAVAKKOLI et al., 2011).

Assim, existe uma busca por tecnologias que atenuem os efeitos da salinidade, e que tenham como meta explorar áreas irrigadas com restrições á salinidade da água e/ou do solo, objetivando ser economicamente viável, mesmo em locais com elevado conteúdo iônico (DIAS et al., 2011; SÁ et al., 2015). Dentre as estratégias, o nitrogênio (N) está sendo utilizado em função do papel desse nutriente na formação de aminoácidos relacionados aos mecanismos de tolerância das plantas ao estresse salino, como a prolina, que pode ser produzida de forma mais eficiente com a sua adição na solução do solo (TAIZ & ZEIGER, 2013; LIMA et al., 2016).

Assim como o N, uma nutrição adequada em K poderá favorecer o crescimento de plantas sob condições de salinidade, por meio de uma homeostase  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  mais favorável

(MUNNS, 2002; ZHU, 2003; MUNNS & TESTER, 2008) e o fósforo que promove o desenvolvimento das raízes, eficiência da utilização da água, absorção e utilização de nutrientes (BATISTA et al., 2011; SARAIVA et al., 2011).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a fisiologia, no segundo ciclo, a produção e a qualidade pós-colheita da pinheira irrigada com águas de distintas salinidades sob diferentes manejos de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.

### **2.2. Objetivos específicos**

Avaliar a eficiência fotoquímica da clorofila *a* das plantas de pinheira cultivadas com águas de distintas salinidades e adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.

Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos e o extravasamento de eletrólitos nos tecidos foliares de pinheira, cultivada em águas de distintas salinidades e combinações de adubação com NPK.

Identificar uma combinação de adubação com NPK que amenize o efeito do estresse salino no cultivo da pinheira.

Quantificar a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de pinha irrigada com águas de distintas salinidades sob adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A Cultura da pinheira

A pinha (*Annona squamosa* L.) pertencente à família Annonaceae, conhecida também em outras regiões do país como ata e fruta-do-conde, apresenta cerca de 129 gêneros e mais de 2.000 espécies. No Brasil, estão registrados 29 gêneros, dentro dos quais cerca de 260 espécies, sendo algumas de importância econômica. É uma frutífera encontrada na região tropical e subtropical, adaptada às condições climáticas da China, África, América do Sul, Austrália, Índia, México, Estados Unidos e Tailândia (BRAGA SOBRINHO, 2014).

Até as últimas décadas do século XX, as anonáceas foram consideradas frutas de menor importância comercial no Brasil, porém a partir de 1980 iniciou-se o incremento da demanda de mercado para a pinha, em destaque para os estados produtores do Nordeste (Bahia, Rio Grande do Norte, Alagoas, Ceará e Pernambuco) e Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) (LEMOS, 2014).

A pinheira é uma planta de porte arbóreo ou arbustivo, em geral, sua altura varia 4 e 6 m, sendo sua copa bastante ramificada, apresenta folhas lanceoladas decíduas, possuem coloração verde brilhante na face superior e verde azulada em sua face abaxial, as flores contêm três pétalas e três sépalas, as pétalas são amarelo-verdosa por fora e amareladas com uma mancha roxa na base ocorrendo em ramos novos (CORDEIRO, 2000).

O fruto é descrito como uma baga composta, podendo ter forma arredondada, ovoide, esférica ou cordiforme, tem a coloração esverdeada e mede aproximadamente entre 5 e 10 cm de diâmetro. Eles são formados por muitos carpelos, protuberantes em grande parte dos tipos, que envolvem cada semente separadamente, além disso, apresentam cerca de 68 sementes por fruto, e são cobertos na parte externa por saliências achatadas em forma de tubérculos (CORDEIRO, 2000).

Os frutos pesam em média de 200 a 450 g e podem chegar em alguns casos, a 800 g. A polpa corresponde a 38,2% do fruto, sendo a maior parte dele representada pela casca que contribui com 54,2% e a semente equivale 7,6% (CORDEIRO, 2000). Segundo Araújo Filho (1998), as características físicas e químicas da polpa possuem teor de sólidos solúveis totais acima de 20° Brix e acidez total titulável abaixo de 0,24%, as sementes de coloração castanho claro até preto brilhante, com formato elíptico, medindo cerca de 1 a 2,0 cm de comprimento por 1,0 centímetro de largura.

Em 2017, a produtividade dos pomares de pinha brasileiros foi de 8,753 mil toneladas em uma área total colhida de 3,481 mil hectares. No Brasil, destacam-se como os maiores produtores: Bahia, Rio Grande do Norte, Alagoas, Pernambuco, Minas Gerais, Ceará e São Paulo. A Bahia é a maior produtora de pinha, com área total de mais de 2,508 mil ha cultivadas e produção de 7,129 mil toneladas. A Paraíba tem uma produção de 28 toneladas em uma área total colhida de 22 hectares, sendo a região de Cuité e Baraúna responsável para produção da região, (IBGE, 2017).

A expansão do consumo de pinha está relacionada às propriedades medicinais e nutricionais, bem como sua agradável flavor. Tais propriedades são pela presença de vitaminas A, B, C, E, e K1, antioxidantes, ácidos graxos poli-insaturados e presença de minerais essenciais, prevenindo e combatendo doenças cardíacas, diabete, hipertireoidismo e câncer (SENTHIL & SILAMBARASAN, 2015). Conforme Jagtap e Bapat (2018), as raízes das plantas são fontes ricas de compostos bioativos, como acetogeninas (AGEs), alcalóides e flavonóides, que são usados rotineiramente na medicina tradicional, por mostrarem atividades antimicrobianas e citotóxicas notáveis. Acetogeninas (AGEs) com propriedades inseticidas estão presentes nas raízes, caules, folhas e sementes.

### **3.2 O uso de água salina na irrigação**

De maneira global 70% da água doce é usada para irrigação (CHEN et al., 2017). Estima-se que, mais de 6% da superfície total do mundo e aproximadamente, 20% das terras irrigadas foram afetadas pela salinidade (MUNNS et al., 2012) e mais de 75 países estão enfrentando problemas (ALAGHMAND et al., 2016). Todavia, com o aumento da população, o rápido desenvolvimento industrial levou à diminuição da água doce disponível para a agricultura (PANTA et al., 2016), tornando a escassez um problema proeminente, restringindo o desenvolvimento sustentável de agricultura. Para amenizar isso, alguns países estão desenvolvendo pesquisas que usam água salina para irrigação (LI et al., 2016).

No Brasil, a escassez desse recurso é visível, sobretudo, na região semiárida do Nordeste, que corresponde a 58% do território (SILVA et al., 2014). A água utilizada na irrigação nessa região apresenta em grande parte altos teores de sais (MEDEIROS et al., 2010) devido à alta taxa de evapotranspiração anual e baixa precipitação (MUNNS e

GILLIHAM, 2015), drenagem deficiente e manejo inadequado do solo, tornando as áreas anteriormente produtivas, inadequadas para o cultivo.

A salinidade do solo e da água está associada a graves problemas ambientais que limitando a produção a global de alimentos, se constitui em uma das principais restrições abióticas, particularmente, críticos nas regiões semiáridas. As estratégias para lidar com a salinidade incluem uma melhor compreensão dos impactos da dinâmica temporal e espacial da salinidade nos balanços hídricos do solo em relação à evapotranspiração (ET) e a criação de esquemas de irrigação ideais e métodos eficientes, sendo assim, existe uma necessidade crescente de aumentar a conscientização sobre esse assunto e melhorar o gerenciamento de solos afetados por sal e de águas de baixa qualidade (MINHAS et al., 2020).

Em regiões que enfrentam escassez de água, a exemplo do Nordeste Brasileiro, é prática comum utilizar água subterrânea salina na agricultura irrigada (RHOADES et al., 1992; MINHAS e GUPTA, 1992; PEREIRA et al., 2009) e as águas residuárias estão sendo cada vez mais recicladas e usadas (TANJI e KIELEN, 2002; QADIR et al., 2010). No entanto, estima-se que cerca de 830 milhões de hectares de área terrestre estejam afetados pela salinidade e sodicidade (FAO, 2015), aumentando a cada ano (QADIR et al., 2014).

As estratégias para lidar com a salinidade, geralmente, visam impedir o acúmulo de sais na zona radicular a níveis que limitam a absorção de água e nutrientes, controlando a homeostase iônica no sistema água-solo e minimizando os efeitos da salinidade na transpiração das culturas e na evaporação do solo (MINHAS et al., 2020).

Os efeitos diretos dos sais solúveis no crescimento e na produtividade das plantas, incluem aumento do estresse osmótico, afetando a absorção de água e toxicidade de íons (MINHAS et al., 2020). A disponibilidade reduzida de água no solo com alta salinidade causa déficit hídrico nas plantas e o crescimento delas é inibido quando a concentração da solução do solo atinge um valor superior ao nível limiar (MAAS e HOFFMAN, 1977).

As mudanças climáticas podem aumentar essa demanda de água em razão da diminuição projetada em precipitação e aumento da evapotranspiração das culturas (SHAHID, 2011). Dessa forma, a quantificação dos impactos das mudanças climáticas na irrigação, em combinação com o uso da água, permite controlar as práticas de irrigação economizando água e possibilitando o planejamento da exploração dos recursos hídricos a longo prazo. Conforme Daccachea et al. (2011) e Hwan et al. (2013), a quantificação

dos impactos das mudanças climáticas sobre demanda de água para irrigação ajudaria a combinar a irrigação aplicada e demanda real de água.

A irrigação agrícola depende do suprimento de água para um adequado crescimento de plantas e produção agrícola. O suprimento de recursos hídricos, quantitativa e qualitativamente para irrigação tornou-se um limite. Contudo, o uso de água salina na produção de cultura agrícola de forma sustentável, se tornou um desafio para pesquisadores que buscam melhorar o gerenciamento da água usada na prática da irrigação, a fim de obter menor impacto ambiental e maior rendimento (ALVIS et al., 2018).

Em estudos realizados por Lima et al. (2020) com a cultura da aceloreira, eles observaram que com o incremento da salinidade da água de irrigação ocorreu aumento dos teores sólidos solúveis totais e acidez total titulável da polpa dos frutos.

### **3.3. Efeito da salinidade nas plantas e mecanismo de tolerância**

O efeito do estresse salino sobre as plantas é consequência de dois distintos componentes: o osmótico resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, provocando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico e o iônico, decorrente dos elevados teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , e da alterada relação  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  e outros nutrientes (WILLADINO e CAMARA, 2010).

A salinidade causada pelo  $\text{NaCl}$  é um dos estresses abióticos mais comuns que afetam as plantas (MUNNS e TESTER, 2008; FAGERIA et al., 2012), provocando desequilíbrios na absorção de vários nutrientes, diminuição da condutância estomática, baixa atividade fotossintética, além de alteração morfológica como redução no número de folhas, tamanho da planta, comprimento das raízes e produção de frutos e alterações metabólicas secundárias, hormônios e compostos oxidativos (MUNNS e TESTER, 2008; IVANOVA et al., 2015).

Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  normalmente são predominantes em ambientes salinos. Os efeitos tóxicos estão associados aos distúrbios do balanço iônico ( $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  em relação ao  $\text{Na}^+$ ) e à absorção desbalanceada de elementos essenciais (MEDEIROS e GHEYI, 1997), assim como à ação específica desses íons sobre o funcionamento de enzimas e membranas (FLORES, 1990). Dentre as principais consequências observadas a partir do acúmulo de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas pode-se citar necrose nos tecidos foliares e a

aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim, a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002).

Os mecanismos de tolerância das plantas em resposta aos efeitos específicos dos sais são de dois tipos: os que minimizam a entrada de sais na planta e aqueles que reduzem a concentração de sais no citoplasma, sendo que a maioria das plantas impedem a entrada dos sais presente na solução do solo (98%), permitindo que apenas 2% sejam transportados do xilema para os brotos (MUNNS, 2005).

Os efeitos do estresse estão baseados em quatro mecanismos: a absorção de água dirigida osmoticamente, necessária para o crescimento celular, pode ser inibida pelo baixo potencial hídrico no espaço radicular (estresse osmótico), os solutos, em geral, usados para gerar pressão osmótica podem não estar disponíveis em quantidades suficientes devido à competição do  $\text{Na}^+$  e do  $\text{Cl}^-$  por sítios de absorção (desequilíbrio nutricional);  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  podem estar disponíveis em quantidade suficiente para serem usados como osmólitos, mas as células podem não estarem habilitadas a lidar com esses íons de forma adequada, e sofrem efeitos tóxicos (toxidez iônica); as células podem produzir reações específicas as elevadas concentrações de NaCl, como alteração na taxa de síntese da parede celular (resposta regulatória) (FRICKE e PETERS, 2002).

A redução do crescimento das culturas expostas ao estresse salino pode ser caracterizada por meio de um modelo bifásico onde: na primeira fase, o crescimento da planta é afetado pelos sais que estão na zona radicular e regulado por sinalização proveniente da raiz, reduzindo o potencial hídrico, já a segunda caracteriza-se pela redução do crescimento resultante do acúmulo de sais no interior da planta (MUNNS, 1993)

Os sintomas de salinidade são o resultado de 28 espécies reativas de oxigênio (ROS) (WANG et al., 2008; WANG et al., 2007), que causam estresse oxidativo e como consequência, diminuem a capacidade fotossintética, além de oxidar proteínas, ácidos nucleicos e lipídios (APEL., 2004). Além dos íons  $\text{Na}^+$ , cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) também podem ser prejudiciais em algumas plantas (WHITE., 2001, TAVAKKOLI et al., 2010). Em suma, o estresse salino resulta em diminuição do crescimento e desenvolvimento das plantas, senescência prematura, suscetibilidade a doenças e qualidade reduzida dos produtos (VOLKMAR et al., 1998, PETROPOULOS et al., 2009, CHRYSARGYRIS et al., 2018).

As plantas podem se adaptar ou superar o estresse oxidativo através dos mecanismos de proteção, como a ativação de várias enzimas catalase-CAT, peroxidase-

POD, glutationa peroxidase-GPX, superóxido dismutase-SOD e ascorbato peroxidase-APX e não componentes antioxidantes enzimáticos, como prolina, ascorbato, glutationa, fenólicos (KOVÁČIK et al., 2012).

### **3.4. Adubação mineral como alternativa de amenizar o estresse salino**

#### **3.4.1. Adubação nitrogenada**

A nutrição mineral se constitui como uma das principais tecnologias usadas visando o aumento da produtividade e da rentabilidade das culturas (CHAVES et al., 2011). O nitrogênio é um macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, exercendo funções no metabolismo das plantas, participando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (LIMA et al., 2015).

Trata-se de um elemento chave na produção agrícola, sendo usado com frequência como fertilizante em praticamente todas as culturas agrícolas. A sua restrição afeta a produção de matéria seca, o desenvolvimento e a manutenção da área foliar, assim como a eficiência fotossintética. Com a deficiência de nitrogênio, o crescimento é inibido e a relação raiz-raiz é reduzida (STEER e HARRIGAN, 1986). Além disso, a deficiência de nitrogênio reduz a interceptação de radiação, a eficiência no uso da radiação, a partição de matéria seca nos órgãos reprodutivos, o índice de área foliar e a concentração de proteínas nas sementes (MARSCHNER, 2012). Desta forma, a carência de nitrogênio prolonga o desenvolvimento fenológico vegetativo e reprodutivo, diminui a taxa de emergência das folhas e o rendimento (GILBERT e TUCKER, 1967, JONES e TUCKER, 1968, STEER e HARRIGAN, 1986).

O nitrogênio tem alta mobilidade no solo, a absorção pelas plantas ocorre tanto na forma de cátion (amônio  $\text{NH}_4^+$ ) como na de ânion (nitrato  $\text{NO}_3^-$ ) (LOBO et al., 2011). A forma amoniacal possui a vantagem de se fixar às partículas coloidais do solo, principalmente, as partículas de argila que são carregadas negativamente na periferia. Os processos de absorção, assimilação e mobilização envolvem mecanismos para a máxima eficiência de utilização, que inclui um sistema complexo de vias metabólicas reguladas, que se alternam em razão do armazenamento, da remobilização, reassimilação, da reciclagem durante a fotorrespiração e distribuição entre as vias primárias e secundárias do metabolismo (STITT et al., 2002).

A adubação nitrogenada além de promover o crescimento e fazer parte da formação de diversos compostos considerados indispensáveis nas plantas, pode atuar como atenuante reduzindo os efeitos da salinidade sobre as plantas (FLORES et al.,

2002). A explicação pode estar relacionada ao efeito do nitrato proveniente da adubação, que reduz a relação Cl/N na planta a um determinado nível de salinidade, reestabelecendo o equilíbrio nutricional (BLANCO et al., 2008). Bem como, pode contribuir com o acúmulo de solutos orgânicos, elevando a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade, o qual atribui maior resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (LACERDA et al., 2003; SILVA et al., 2008). Silva et al. (2015) verificaram que, o fornecimento de nitrogênio em doses crescentes reduz os efeitos deletérios do estresse salino sobre o crescimento das plantas de goiabeira.

### **3.4.2. Adubação potássica**

O potássio é um elemento essencial para todos os organismos vivos e é o cátion mais importante, não apenas em relação à sua alta concentração nos tecidos das plantas, mas também para suas funções fisiológicas e bioquímicas. Altamente móvel nas plantas, sendo a maior concentração de cátions no xilema e no floema, estando intimamente relacionado ao crescimento meristemático associado à acidificação e afrouxamento da parede celular (KIRKBY., 2005).

O Potássio não faz parte de nenhuma estrutura orgânica, participa de funções como ativação enzimática, transporte dos aminoácidos e açúcares para órgãos de armazenamento, sendo considerado na nutrição mineral de plantas “o elemento da qualidade” nos produtos colhidos (MEURER, 2006; FIGUEIREDO, 2008; PRAJAPATI e MODI, 2012). É absorvido pelas raízes na forma de  $K^+$ , processo essencialmente ativo, ele desempenha várias funções na planta: controle da turgidez do tecido, ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, seca, salinidade e a doença, bem como resistência ao acamamento e a manutenção da qualidade dos produtos (MARSCHNER, 2012). A adubação potássica pode resultar em maior competição desse macronutriente com outros cátions, especialmente, o  $Na^+$  (HEIDARI; JAMSHID, 2010).

Nas culturas, a deficiência de potássio pode ser frequentemente reconhecida pela diminuição do turgor das folhas sob estresse hídrico, que parecem flácidas. A lignificação de feixes vasculares pode ser prejudicada pela deficiência de potássio, enfraquecendo as hastes e tornando as culturas propensas ao acamamento, ou seja, achatando a colheita pelo vento e pela chuva, como consequência do enfraquecimento dos colmos (KIRKBY.,



2005). A deficiência de potássio provoca atividade irregular dos estômatos da planta, diminuindo a assimilação de CO<sub>2</sub> e a taxa fotossintética, condição observada regularmente em ambientes salinos, por causa da maior disponibilidade de sódio no solo, restringem a absorção de potássio, ocasionando uma deficiência induzida (BOSCO et al., 2009).

O potássio contribui para a tolerância à salinidade, uma vez que, possui natureza competitiva em relação ao sódio para a ligação e manutenção do status da água da planta (CAPULA-RODRÍGUEZ et al., 2016). Adubação potássica pode aumentar a razão K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> sendo uma maneira eficaz de incrementar a tolerância das plantas ao estresse salino (ELHINDI et al., 2016). Em pesquisa realizada com a cultura da aceroleira sob condições de estresse salino, Lima et al. (2018) constataram que as doses de potássio foram capazes de amenizar os efeitos prejudiciais da salinidade sobre o número total de frutos e massa de frutas frescas da planta cerejeira das Índias Ocidentais.

### **3.4.3. Adubação de fosfatada**

O fósforo é um nutriente essencial para as plantas sendo importante nos processos respiratórios de produção e transformação de energia pela planta, assim como na divisão celular, esse elemento é rapidamente mobilizado nas plantas, quando há deficiência, é translocado dos tecidos mais antigos para as regiões meristemáticas ativas (HERMANS et al., 2006).

Além de ser absorvido pelas plantas nas formas aniônicas H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, que são as formas iônicas de maior ocorrência nas faixas de pH, usualmente encontradas nos solos, de 4,0 a 8,5 (BARBER, 1995). O fornecimento adequado do fósforo é essencial desde os estágios iniciais do crescimento das plantas e aplicação de doses adequadas de fósforo, pois promovem o desenvolvimento radicular, além de aumentar a água e absorção de nutrientes, que podem auxiliar na frutificação (ATTIA et al., 2009; CAI et al., 2013).

O fósforo está no centro do metabolismo, presente em vários compostos de açúcar envolvidos na fotossíntese, respiração e desempenha um papel essencial no metabolismo energético como componente de ATP, ADP, AMP e pirofosfato (PPI), sendo constituinte dos fosfolípidios que ocorrem nas membranas comuns, componente integral dos nucleotídeos RNA e DNA. Presente em sementes e frutos, de fitato de Ca e Mg inositol hexafosfato, atua como um fósforo reserva (KIRKBY., 2005).

A restrição de fósforo no crescimento das plantas é generalizada em solos. Em grande parte, pela sua alta insolúvel forma nas quais o fósforo está disponível no solo e a mobilidade extremamente baixa de fósforo nos solos em relação aos outros nutrientes das plantas. O mecanismo de absorção de fósforo frequentemente, não é uma etapa limitante, visto que, as raízes das plantas são capazes de absorver fósforo contra um gradiente de concentração muito acentuado a partir de concentrações externas extremamente baixas de fósforo. A disponibilidade de P depende do processo de difusão, muitas vezes, este processo é responsável em grande parte do fósforo que é fornecido às raízes das plantas (KIRKBY, 2005).

O fósforo possui a propriedade de ampliar a eficiência de uso da água pela planta, assim como a assimilação e utilização de outros nutrientes, oriundos do solo ou do adubo, colaborando para elevar a resistência da planta para certas doenças, suportar baixas temperaturas e déficit hídrico (PENATTI, 2013). O incremento de fósforo pode minimizar os efeitos prejudiciais da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas (SHIBLI et al. 2001). Todavia, a interação entre salinidade e nutrição fosfatada em plantas é complexa e dependente da espécie vegetal ou cultivar, estágio de desenvolvimento, composição e concentração, além da concentração de fósforo no meio de cultivo (GRATTAN E GRIEVE 1999).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

### **4.1. Localização e caracterização da área experimental**

O experimento ocorreu no período de março a dezembro de 2018 em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências Tecnologia e Recursos Naturais-CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m. O clima da região é do tipo Csa, que representa o clima mesotérmico, sub úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982).

## 4.2. Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos estudados foram constituídos da combinação de dois fatores, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa ( $S_1 = 0,8$  e  $S_2 = 3,0$  dS  $m^{-1}$ ) e oito combinações de adubação com NPK (Tabela 1), distribuídos em blocos ao acaso, arranjos no esquema fatorial  $2 \times 8$ , com três repetições, cuja a parcela foi constituída de uma planta, perfazendo um total de 48 unidades experimentais.

**Tabela 1:** Combinações de adubação com base na recomendação de Silva & Silva (1997).

Combinações de adubação	N (g planta <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g planta <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )
C <sub>1</sub> (Testemunha)	(100%)	(100%)	(100%)
C <sub>2</sub>	(100%)	(100%)	(125%)
C <sub>3</sub>	(100%)	(125%)	(100%)
C <sub>4</sub>	(100%)	(125%)	(125%)
C <sub>5</sub>	(125%)	(100%)	(100%)
C <sub>6</sub>	(125%)	(100%)	(125%)
C <sub>7</sub>	(125%)	(125%)	(100%)
C <sub>8</sub>	(125%)	(125%)	(125%)

C= Combinações de adubação. # Valores entre parêntese indicam nível de recomendação em %

A obtenção dos níveis salinos na água se deu com a adição de sais (NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) com água de abastecimento do município de Campina Grande, mantendo uma proporção equivalente de 7:2:1 de Na, Ca e Mg respectivamente, que representa a composição média das águas do semiárido nordestino (MEDEIROS,1992). Após o preparo da água com dois níveis salinos, foram armazenadas em caixa com volume de 500L e mantidas fechadas para evitar a evaporação da água.

O fator combinações de adubação se baseou na recomendação proposta por Silva & Silva (1997) para adubação em anonáceas, com doses de NPK partindo de 100% recomendação para 125%; as fontes de fertilizantes foram ureia (45% N), MAP (61% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O). As adubações foram realizadas duas vezes ao mês. As aplicações de micronutrientes semanalmente, por meio de pulverização foliar utilizando o fertilizante foliar Quimifol Nutri, contendo 25% de potássio (K<sub>2</sub>O), 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco.

#### 4.4. Instalação e condução do experimento

Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 250 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 235 kg de solo classificado como Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa, coletado na profundidade de 0-30 cm, procedente do município de Esperança-PB, do qual fora retirada amostra e, após destorroada, analisada para a caracterização do solo quanto aos atributos físico-químicos (Tabela 2), conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017).

**Tabela 2:** Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	M.O dag kg <sup>-1</sup>	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	PST	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								%	
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	2,48	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total	Ds	Dp
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5			-----	----
				..... dag kg <sup>-1</sup>		.....	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	-	-
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de solo saturado; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente do solo; DP - Densidade de partículas

##### 4.4.1. Segundo ciclo de cultivo

Ao término do primeiro ano do ciclo de cultivo da pinheira foi realizada a poda de formação, eliminando os ramos velhos e improdutivos, com o propósito de estimular novas brotações, mantendo as plantas com um porte adequado ao manuseio.

Os tratamentos no ciclo anterior foram dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (S<sub>1</sub> = 0,8 e S<sub>2</sub> = 3,0 dS m<sup>-1</sup>) associados aos oito manejos de adubação, em função de diferentes proporções de nitrogênio, fósforo e potássio com uma planta por parcela (C<sub>1</sub> = 100:100:100% N:P:K; C<sub>2</sub> = 100:100:140% N:P:K; C<sub>3</sub> = 100:140:100% N:P:K; C<sub>4</sub> = 100:140:140% N:P:K; C<sub>5</sub> = 140:100:100% N:P:K; C<sub>6</sub> = 140:100:140% N:P:K; C<sub>7</sub> = 140:140:100% N:P:K e C<sub>8</sub> = 140:140:140% N:P:K de recomendação de Silva & Silva (1997)). No segundo ciclo de cultivo houve ajuste no tratamento da adubação das doses de NPK partindo de 100% para 125% da recomendação de Silva & Silva (1997).

##### 4.4.2. Manejo da irrigação

Os eventos de irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica foram feitos em um turno de rega de 3 dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água,

de forma a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, sendo o volume a ser aplicado determinado a cada 15 dias, de acordo com a necessidade hídrica das plantas mediante ao balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado. Visando evitar o acúmulo de sais na zona radicular, a cada 30 dias foram realizadas lavagens mantendo fração de lixiviação equivalente a 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999).

#### **4.4.3. Tratos culturais**

Durante a condução do experimento foram efetuados os tratamentos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura. Além de monitorado o surgimento de pragas e doenças por meio de medidas de controle quando necessário.

### **4.5. Variáveis avaliadas**

#### **4.5.1. Características fisiológicas**

##### **4.5.1.1. Porcentagem de dano na membrana celular nas folhas**

Para verificar a capacidade de desruptura da membrana celular sob condições de estresse salino determinou-se o percentual de dano na membrana celular. Para tanto, foram coletadas também no terço médio das plantas, 8 discos foliares de 113 mm<sup>2</sup> de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, em seguida, acondicionados em becker, com 50 mL de água bidestilada e fechados com papel alumínio. Durante 90 minutos as amostras ficaram em temperatura de 25 °C, e procedida a condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, conduziu-se os beckers à estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 80 °C, durante 90 minutos, quando então foi realizada novamente após resfriamento, a mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o percentual de dano na membrana celular seguiu de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), exposto na Eq. 1:

$$\%D = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (1)$$

Em que: %D = percentual de dano na membrana celular (%); Ci= condutividade elétrica inicial (dS m<sup>-1</sup>); Cf= condutividade elétrica final (dS m<sup>-1</sup>);

##### **4.5.1.2. Teor de clorofila e carotenoides**

A estimativa dos pigmentos fotossintéticos seguiu o método de Lichtenthäler (1987). A extração da clorofila ocorreu em recipientes contendo 6 mL de acetona (80%)

e um disco foliar com peso conhecido de área de 2,8 cm<sup>2</sup>, os quais foram mantidos no escuro e em refrigerador durante 48 horas. A partir dos extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções, por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações:

$$\text{Clorofila a (Cl a)} = 12,21 \text{ ABS}_{663} - 2,81 \text{ ABS}_{646}; \quad (3)$$

$$\text{Clorofila b (Cl b)} = 20,13 \text{ A}_{646} - 5,03 \text{ ABS}_{663}; \quad (4)$$

$$\text{Carotenóides totais (Car)} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Cl a} - 85,02 \text{ Cl b}) / 198. \quad (5)$$

$$\text{Clorofila total (Cl total)} = 17,3 \text{ A}_{646} + 7,18 \text{ A}_{663} \quad (6)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila a, b e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g<sup>-1</sup> MF.

#### **4.5.2. Fluorescência da clorofila a**

Para quantificação da fluorescência da clorofila a: fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), foram consideradas as folhas completamente expandidas, utilizando um fluorômetro portátil Plant Efficiency Analyser – PEA II®. As folhas selecionadas para a análise foram pré-adaptadas ao escuro, com clips apropriados, e após um período de 30 minutos feitas as leituras.

#### **4.6. Produção e pós-colheita dos frutos**

A produção dos frutos de pinheira determinada através do número de frutos por planta (NFP), do peso médio dos frutos (PMF), número total de sementes por fruto (NTS), número de gomos por fruto (NGF), diâmetro equatorial (DEF) e polar dos frutos (DPF). A qualidade pós-colheita dos frutos mensurada através do potencial hidrogeniônico (pH), do teor de ácido ascórbico (AA), do teor de sólidos solúveis totais (SST), da acidez total titulável (ATT) e índice de maturação (SST/ATT).

A colheita dos frutos se iniciou aos 760 dias após o trnasplântio, quando os frutos apresentavam maturidade fisiológica, caracterizada pela transição da coloração de verde escuro para verde claro na casca e início do afastamento dos carpelos, sendo realizadas diariamente até o fim da produção das plantas. A medida em que se fazia a colheita determinou-se o número de frutos por plantas, o número total de sementes por fruto e número de gomos por fruto por contagem simples de cada fruto. O PMF, por sua vez, determinado mediante a relação entre a massa total de frutos por planta e o NFP.

## **4.7. Características físico-química de pós-colheita**

### **4.7.1. pH**

As amostras foram homogeneizadas e determinadas em potenciômetro digital de bancada, modelo DM-22. Os resultados expressos em concentração de íons  $H^+$ .

### **4.7.2. Sólidos solúveis totais**

As amostras foram homogeneizadas e filtradas em uma camada de algodão, o teor de sólidos solúveis determinado em refratômetro digital modelo AR-200, Reichert com compensação automática de temperatura e os valores expressos em porcentagem de sólidos solúveis totais.

### **4.7.3. Acidez titulável**

Os teores de acidez seguiram as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras foram pesadas e transferidas para erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada, em seguida, cotejadas 2 gotas de fenolftaleína e tituladas contra a solução de hidróxido de sódio a 0,1 M até pH 8,1 (observado mediante ponto de viragem da cor). Para o cálculo da acidez foi considerado o fator do ácido. Os resultados foram expostos em porcentagem de ácido cítrico como amostra.

### **4.7.4 Ácido ascórbico**

Os teores de ácido ascórbico acompanham o que pontua as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras foram pesadas e transferidas para erlenmeyers juntamente com 50 mL de ácido oxálico 0,5% gelado. Em seguida, titulada contra a solução de Tillmans até o ponto de viragem.

### **4.7.5. Diâmetro longitudinal e transversal dos frutos**

Os frutos foram aferidos, individualmente, quanto ao comprimento longitudinal (do ápice à base do fruto) e transversal (região equatorial do fruto), utilizando-se paquímetro digital. Os resultados foram colocados em mm.

## **4.8. Análises estatísticas**

Os dados coletados neste estudo foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e quando significativo passado pelo teste de Tukey (em nível de 0,05 de probabilidade) de comparação de médias para os níveis salinos enquanto que, o fator combinações de adubação com NPK comparado através de análise de agrupamento e teste

de Scott-Knott, desdobrando-se a interação sempre que significativa a 0,05 de probabilidade utilizando-se o Software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALABDULKADER, A. M.; AL-AMOUD, A. I.; AWAD, F. S. Adaptation of the agricultural sector to the effects of climate change in arid regions: competitive advantage date palm cropping patterns under water scarcity conditions. **Journal of Water and Climate Change**, v. 3, n. 7, p.514–525. 2016.
- ALAGHMAND, S.; BEECHAM, S.; WOODS, J. A.; HOLLAND, K.L.; JOLLY, I.D.; HASSANLI, A.; NOURI, H. Quantifying the impacts of artificial flooding as a salt interception measure on a river-floodplain interaction in a semi-arid saline floodplain. **Environmental Modelling and Software.**, v.1, n.79 , pp. 167-183, 2016.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper 56 1998. ....p.
- ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S. DE; NICOLAU, M. C. M.; NETO, A. P.; OLIVEIRA, F. A. DE; LIMA, L. W.; GRATÃO, P. L. The partial root-zone saline irrigation system and antioxidant responses in tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, 127, 366–379.
- APEL, K. H. Hirt Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Journal of Plant Biology.**, n.1, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ARAÚJO FILHO, G. C.; ANDRADE, OSCARINA M. S.; CASTRO, F. DE A.; SÁ, F. T. **Instruções técnicas para o cultivo da ateira.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1998. ...p.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Annual Reviews Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- ATTIA, M.; AHMED, M.A.; EL-SONBATY, M.R. Use of biotechnologies to increase growth, productivity and fruit of Maghrabi banana under different rates of phosphorus, **World Journal of Agricultural Sciences**, v.1, n. 5, p. 211-220, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura.** 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- BAATH, G. S.; SHUKLA, M. K.; BOSLAND, P. W.; STEINER, R. L.; WALKER, S. J. Irrigation water salinity influences at various growth stages of *Capsicum annuum*. **Agricultural Water Management**, v.179, n.1, p. 246-253, 2017.

- BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2.ed. New York: Jonh Wiley & Sons, Inc., 1995, 414p.
- BATISTA, M. A.V.; PRADO, R. M.; LEITE, G. A. Resposta de mudas de goiabeira a aplicação de fósforo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 635-641, 2011.
- BEZERRA, M. A. F.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, F. T. C.; SILVA, A. R.; OLIVEIRA, F. F.; MEDEIROS S. A. S. Saline water, pit coating and calcium fertilization on chlorophyll, fluorescence, gas exchange and production in passion fruit. **Journal of Agricultural Sciences**, v.1, n.11, p. 319-329, 2019.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: II – crescimento e partição de matéria seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.34-40, 2008.
- BOSCO, de O. A.; OLIVEIRA B. M. R. D.; FERREYRA, H. F. F.; LACERDA, C. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p. 157-164, 2009.
- CAI, H.; XIE, W.; LIAN X. Comparative analysis of differentially expressed genes in rice under nitrogen and phosphorus starvation stress conditions, **Plant Molecular Biology**, v. 31, n.1, p.160–173, 2013.
- CAPULA-RODRIGUEZ, R.; VALDEZ-AGUILAR, LA.; CARTMILL, D.L. CARTMILL, A. D.; ALIA-TEJACAL, I. Supplemental calcium and potassium improve tomato (*Solanum lycopersicum* L.) response to concurrent alkalinity, salinity and stress **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.4, n.47, p. 505 – 511, 2016.
- Censo Agropecuário. IBGE, 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.htm](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.htm). Acesso em: 10 de fev. 2019.
- CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 08, n. 01, p. 126-133, 2011.
- CHOWDHURY, S.; AL-ZAHRANI, M.; ABBAS, A. Implications of climate change on crop water requirements in arid region: an example of Al-Jouf, Saudi Arabia. **Journal of King Saud University - Engineering Sciences**, v.28, n.1, p.21–31, 2013.
- CHRYSARGYRIS, A.; MICHAILIDI, E.; TZORTZAKIS N. Physiological and biochemical responses of *Lavandula angustifolia* to salinity under mineral foliar application. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, n.1, p. 1-23, 2018.

- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.
- CORDEIRO, M. C. R. **O cultivo da pinha, fruta-do-conde ou ata no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000.
- CUYPERS, A.; PLUSQUIN, M.; REMANS, T.; JOZEFCHAK, M.; KEUNEN, E.; GIELEN, H.; OPDENAKKER, K.; NAIR, A. R.; MUNTERS, E.; ARTOIS, T. J.; NAWROT, T.; VANGRONSVELD, J.; SMEETS, K. 2010. Cadmium stress: an oxidative challenge. **Biology of Metals**, v.23, n.1, p.927-940, 2010.
- DACCACHEA, A.; WEATHERHEAD, E.; STALHAMB, M.; KNOX, J. Impacts of climate change on irrigated potato production in a humid climate. **Agricultural and Forest Meteorology** v.151, n.1, p. 1641–1653, 2011.
- DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FREIRE, J. L. O.; MESQUITA, F. O.; SANTOS, G.P.; ALBUQUERQUE, R. P. F. Produção do macujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.p. 230.
- ELHINDI, K.M.; EL-HENDAWY, S.; ABDEL-SALAM, E.; SCHMIDHALTER, U.; RAHMAN, S. A. A Hassan Foliar application of potassium nitrate affects growth and photosynthesis in coriander (*Coriander sativum* L.) plants under salinity. **Progress in Nutrition**, v.1, n. 18, p. 63-73, 2016.
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. D. Reprodução para tolerância à salinidade. In: Fritsche-Neto, R.; Borém, A. (eds.) **Melhoramento de plantas para tolerância ao estresse abiótico**. Berlin: Springer-Verlag, 2012. p. 103 – 122.
- FAO, 2015. Extent of salt-affected soils. (last Accessed 08 April 2019). <http://www/fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problemsoils/salt-affectedsoils/more-information-on-salt-affeted-soils/en/>. Accessed 08 April 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2014.
- FIGUEIREDO, M. A.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A. G.; JUNQUEIRA, K. P.; SANTOS, F. C.; RODRIGUES, V.A. Fontes de potássio no crescimento in vitro de plantas de orquídea *Cattleya loddigesii*. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p. 255-257, 2008.

- FLORES, H. E. Polyamines and plant stress. In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms. New York, Wiley-liss, p. 217-39, 1990.
- FRICKE, W.; PETERS, W.S. The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. **Plant Physiology**, v. 129, p. 374-388, 2002.
- GILBERT, N.; TUCKER T. Safflower growth, yield and yield components, affected by nitrogen source rate and application time. **Agronomy Journal**, v. 59, n.1, p. 54–56, 1967.
- GLEICK, P.H.; PALANIAPPAN, M. Peak water limits to freshwater withdrawal and use. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.107, n.25, p. 11155-11162, 2010.
- GONG, D. Q.; ZHANG, X. M.; XIE, J. H.; XI, J. G.; LI, W.C.; CHEN, J. Y. Effects of 1-MCP treatment on storage quality and physiological changes of Sweetsop (*Annona squamosa* L.) fruits during cold storage. **Food Science**.v. 28,n.1, p. 340-343, 2007.
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n. 01/04, p. 127-157, 1999.
- HADDELAND, I.; HEINKE, J.; BIEMANS, H.; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; WISSER, D. Global water resources affected by human interventions and climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.111, n.9, 3251–3256, 2014.
- HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v.5, n.6, p.39-46, 2010.
- HERMANS, C.; HAMMOND, J.P.; WHITE, P.J. Verbruggen, N. How do plants respond to nutrient shortages by allocating biomass?. **Trends in Plant Science**, v.11, n.1, p.610 – 617, 2006.
- HWAN, Y.; YONG, C.; HYUN, L.; GYEONG, O.; KOUN, Y. Climate change impacts on water storage requirements of an agricultural reservoir considering changes in land use and rice growing season in Korea. **Agricultural Water Management**. v.117, n.1, p.43–54, 2013.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. SãoPaulo: IAL, 4<sup>a</sup> ed. (1<sup>a</sup> Edição digital), 2008. 567-587 p.
- IVANOVA, K.; ANEV, S.; TZVETKOVA, N.; GEORGIEVA, T.; MARKOVSKA, Y. Influence of saline stress on stomatal, biochemical and morphological factors that limit

- photosynthetic gas exchange in *Paulownia Elongata* x *Fortunei*. **Comptes Rendus de l'Académie Bulgare Des Sciences: Sciences Mathématiques et Naturelles.**, v.68, n.1,p. 217 – 224, 2015.
- JAGTAP, U. B.; BAPAT, V. A pine cone - *Annona squamosa* L. In: **exotic fruits**. 2018. p.163–167.
- JONES, J.; TUCKER T. Effect of nitrogen fertilizer on yield, nitrogen content and components of safflower yield. **Agronomy Journal.**, v. 60, n.1, p. 633 – 634, 1968.
- JOSE, A. R.; PIRES, M. de M.; FREITAS, A. L. G. E de; RIBEIRO, D. P.; PEREZ, L. A. A. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.spe1, p. 86-93, 2014.
- KIRKBY, E. A. **Essential elements. Encyclopedia of Soils in the environment**. 2005. p.478-485.
- KOVÁČIK, J.; KLEJDUS, B.; HEDBAVNY, J.; ŠTORK, F.; GRÚZ. J. Modulation of copper uptake and toxicity by abiotic stresses in plants of *Matricaria chamomilla*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v. 60, n.1, p. 6755 – 6763, 2012.
- LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M.A.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distributions during shoot and development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental of Botany**, v.49, n.1, p.107-120, 2003.
- LIMA, B. L. DE C.; LACERDA, C. F. DE; FERREIRA NETO, M.; FERREIRA, J. F. DA S.; BEZERRA, A. M. E. Physiological and ionic changes in dwarf coconut seedlings irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.2,p.122-127, 2017.
- LIMA, G. S. de.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. D. P.; SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Ambiente e Água**, v.13, n.3, e2164, 2018.
- LIMA, G. S DE; SANTOS, J. B. DOS; SOARES, L. A. A.; 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.513-522, 2016.
- LIMA, G. S. ; SILVA, A. R. P. ; SA, F. V. S. ; Gheyi, H. R. ; SOARES, L. A. A. . Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 217-225, 2020.

- LIMA, L. A. R. S.; PIMENTA, L. P. S.; BOAVENTURA, M. A. D. Acetogenins from *Annona cornifolia* and their antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v.122, n.4, p.1129–1138, 2010.
- LICHTENTHALER HK Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Colowick, S. P.; Kaplan, N. O. (eds.) **Methods in enzymology**, v.148. San Diego: Academic Press. 1987. p.350-382
- LOBO, A. K. M.; MARTINS, M. DE O.; LIMA NETO, M. C.; BONIFÁCIO, A.; SILVEIRA, J. A. G. DA. Compostos nitrogenados e carboidratos em sorgo submetido à salinidade e combinações de nitrato e amônio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.390-397, 2011.
- LUCIANA, A. R.; LIMA, S.; PIMENTA, L. P. S.; BOAVENTURA, M. A. D. Acetogeninas de *Annona cornifolia* e sua capacidade antioxidante. **Food Chemistry**, v.122, n.4, p. 1129 – 1138, 2010.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division of American Society of Civil Engineers**, v.103, n.1, p. 115-134, 1977.
- MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FRANANDES, P. D.; HOLANDA, J. S.; FERREIRA NETO, M. Cultivo de coco 'Anão Verde' irrigado com águas salinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1277-1284, 2006.
- MARSCHNER. H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 2012. 651p.
- MASKRI, A.; AL-KHARUSI, L.; AL-MIQBALI, H. Effects of salinity stress on growth of lettuce (*Lactuca sativa*) under closed-recycle nutrient film technique. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.12, n.3, 377-380. 2010.
- MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (eds.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, SBEA, 1997. p.239-284.
- MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I.B.; GHERY, H.R. Manejo do solo-água-planta em área afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1.ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 280- 302, 2010.

- MEURER, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2006. p.281-298.
- MINHAS, P.S. GUPTA, R.K. Conjunctive use of saline and non-saline waters. I: response of wheat to initially variable salinity profiles and modes of salinisation. **Agricultural Water Management**, v. 23, n. 2, p. 125-137, 1993.
- MINHAS, P. S.; RAMOS, T. B.; BEN-GAL, A.; PEREIRA, L. S. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, v.227, 105832, 2020.
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. **Plant Cell Environment**, v. 16, n. 1, p. 15-24, 1993.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment.**, v.25, n.1, p.239-250, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.3, n.167, p. 645– 663, 2005.
- MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops - what is the cost. **New Phytologist.**, v.1, n.208 ,p. 668-673, 2015.
- MUNNS, R.; JAMES, R. A.; XU, B.; ATHMAN, A.; CONN, S. J.; JORDANS,C.; BYRT, C.S.; HARE, R.A.; TYERMAN, S.D.; TESTER, M.; PLETT, D.; GILLIHAM, M. Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na<sup>+</sup> transporter gene **Nature Biotechnology.**, v.1, n.30, p. 360-364, 2012.
- MUNNS, R.; TESTER M. Salinity tolerance mechanisms **Annual Review of Plant Biology** v. 59, n.1, p. 651 – 681, 2008.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H, R.; LOURENÇO, G. DA S.; SOARES L. A. DOS A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013.
- PANDEY, N.; BARVE, D. Phytochemical and pharmacological review on *Annona squamosa* Linn. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**.v. 2, n.4, p.1404-1412, 2011.
- PENNATTI, C.P. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. Itu: Ottoni Editora, 2013. 34p.
- PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Coping with water scarcity. Addressing the challenges. Dordrecht: Springer Business, 2009. 382p.

- PETROPOULOS, S. A.; DAFERERA, D.; POLISSIOU, M.G. H.C. The effect of salinity on the growth, yield and essential oils of turnip-rooted and leaf parsley cultivated within the Mediterranean region, **Science of Food Agriculture**, v. 89, n.1, p. 1534-1542, 2009..
- PHOGAT, V.; COX, J. W.; ŠIMŮNEK, J. Identifying the future water and salinity risks to irrigated viticulture in the Murray-Darling Basin, South Australia. **Agricultural Water Management**, v.201, n.1, p.107–117. 2018.
- PINTO, A. C. Q. DE.; LAMB, M. C. R.; ANDRADE, S. R. M. DE.; FERREIRA, F. R. H. A.C. DE.; FILGUEIRAS, ALVES R. E.; KINPARA D. I. **Fruits for the future 5** In: International Center for Underused Cultures. Southampton, United Kingdom: International Center for Underused Crops. 2005.
- PRAJAPATI, K.; MODI, H. A. The importance of potassium in plant growth – A review. **Indian Journal of Plant Sciences**, v.2, n.1, p. 177-186, 2012.
- QADIR, M.; QUILLÉROU, E.; NANGIA, V.; MURTAZA, G.; SINGH, M.; THOMAS, R. J.; PAY-DRECHSEL, A. D.. Economics of salt-induced land degradation and restoration. **Natural Resources Forum**, v.38, n.1, p. 282-295, 2014.
- QADIR, M.; WICHELNS, D.; SALLY, L. R.; McCORNICK, P. G.; DRECHSEL, P.; A. BAHRI, P. S. MINHAS. The challenges of wastewater irrigation in developing countries **Agricultural Water Management**., v. 97, n.1, p. 561-568, 2010.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**. v. 35, n. 1, p. 211-221, 2019.SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; COSTA, J. D.; ARÁUJO, J. C. Influencia do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sodico e no crescimento do girassol, **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.
- SARAIVA, K.R.; NASCIMENTO, R.S.; SALES, F.A.L.; ARAÚJO, H.F.; FERNANDES, C.N.V.; LIMA, A. D. Produção de mudas de mamoeiro sob doses de adubação fosfatada utilizando como fonte superfosfato simples. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 4, p. 376-383, 2011.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v.25, n.12, p.1002-1013, 2013.



- SHAHID, S. Impact of climate change on irrigation water demand of dry season Boro rice in northwest Bangladesh. **Climatic Change**, v.105, n.1, p.433–453, 2011.
- SHIBLI, R. A.; SAWWAN, J.; SWAIDAT, I.; TAHAT, M. Increased phosphorus mitigates the adverse effects of salinity in tissue culture. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 03/04, p. 429-440, 2001.
- SILVA, A. Q.; SILVA, H. Nutrição e adubação de Anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MORAIS, O.M.; REBOUÇAS, T.N.H. (eds.) Anonáceas, produção e mercado (Pinha, Graviola, Atemóia e Cherimólia). Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1997. p.118-137.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, (Suplemento), p.66-72, 2014.
- SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.335-342, 2008.
- SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, A. O.; SOARES, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Irriga**, v 1 p. 40 - 54, 2012.
- STEER, B. T.; HARRIGAN, E. K. S. Rates of nitrogen supply during different developmental stages affect yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Field Crops Research*, 14, 221–231. 1986.
- STITT, M.; MULLER, C.; MATT, P.; GIBON, Y.; CARILLO, P.; MORCUENDE, R.; SCHEIBLE, W. R.; KRAPP, A. Steps towards an integrated view of nitrogen metabolism. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.959-970, 2002.
- STOLFA, I.; MARONIĆ, D. Š.; PFEIFFER, T. Ž.; LONČARIĆ, Z. Glutathione and related enzymes in response to abiotic stress.in redox state as a central regulator of plant cell stress responses. Dordrecht: Springer International Publishing, 2016. p.183-211.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TANJI, K. K.; KIELEN, N. C. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. Rome; FAO. 2002. ...p. FAO Irrigation and Drainage Paper 61.

- TAVAKKOLI, E.; FATEHI, F.; COVENTRY, S.; RENGASAMY, P.; McDONALD, G.K. Additive effects of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions on barley growth under salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p. 2189-2203, 2011.
- TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; McDONALD G.K. High concentrations of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress, **Jornal of Experimental Botany**, v.61, n.15, p. 4449-4459, 2010.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solos. 3. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.
- VOLKMAR, K. M.; HU, Y.; STEPPUHN, H. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 78 n.1, 19–27. 1998.
- WANG, R.; CHEN, S.; DENG, L.; FRITZ, E. A.; HÜTTERMANN, A. POLLE. Leaf photosynthesis, fluorescence response to salinity and the relevance to chloroplast salt compartmentation and anti-oxidative stress in two poplars, **Trees**. v. 21, n.1, p. 581-591, 2007.
- WANG, R.; CHEN, S.; ZHOU, X.; SHEN, X.; DENG, L.; ZHU, H.; SHAO, J.; SHI, Y.; DAI, S.; FRITZ, E.; HÜTTERMANN, A. A. POLLE. Ionic homeostasis and reactive control of oxygen species in leaves and xylem sap of two poplars subjected to NaCl. **Tree Physiology**, v. 28, n.6, p. 947 - 957, 2008.
- WESTER, P. J. Annonaceous fruits and their spread. **Philippines Agriculture Review**, v.5, p. 298-304, 1912.
- WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. **Annal of Botany**, v.88, n.6, p. 967-988, 2001.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.16, n.11, p.1-23, 2010.
- YASAR, F.; UZAL, O.; YASAR, O. Antioxidant enzyme activities and lipidperoxidation amount of pea varieties (*Pisum sativum* sp. Arvense l.) under salt stress. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.25, n.1, p. 37-42, 2016.
- ZHU, J.K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion. Plant Biology*., v.6, p.441-445, 2003.

**CAPITULO I - EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E PRODUÇÃO DE *ANNONA*  
*SQUAMOSA* L. SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM NPK**

## **EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E PRODUÇÃO DE *ANNONA SQUAMOSA* L. SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM NPK**

**RESUMO:** No semiárido do Nordeste brasileiro, a alta concentração de sais encontrada nas águas destaca-se como um fator limitante para agricultura irrigada. Assim, a adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) é uma estratégia capaz de amenizar o estresse salino sobre as plantas. Neste contexto, objetivou-se avaliar os teores de pigmentos cloroplastídicos, a fluorescência da clorofila, o dano na membrana celular e a produção de pinha irrigadas com diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e adubadas com nitrogênio, fósforo e potássio. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 8, com três repetições, sendo dois valores de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e oito combinações de adubação NPK (100-100-100; 100-100-125; 100-125-100; 100-125-125; 125-100-100; 125-100-125; 125-125-100 e 125-125-125% das doses recomendadas de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). A CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup> diminuiu os teores de clorofila a e total, o número de frutos por planta, a eficiência fotoquímica, e aumentou os teores de carotenoides e o dano na membrana celular de pinha. A adubação com 100-125-125; 125-125-100 e 125-125-125% das doses recomendadas de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O resultou em maior dano na membrana celular de pinha.

**Palavras-chave:** escassez hídrica, estresse salino, nutrição mineral, pinheira.

**PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY AND PRODUCTION OF *ANNONA*  
*SQUAMOSA* L. UNDER SALT STRESS AND NPK FERTILIZATION**

**ABSTRACT:** In the semi-arid region of the Brazilian Northeast, the high concentration of salts found in the water is a limiting factor for irrigated agriculture. Thus, fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) is a strategy capable of alleviating the salt stress on plants. In this context, the objective was to evaluate the contents of chloroplast pigments, chlorophyll fluorescence, cell membrane damage and the production of pinecones irrigated with different electrical conductivities of the irrigation water and fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium. The treatments were distributed in randomized blocks, in a 2 x 8 factorial scheme, with three repetitions, being two values of electrical conductivity of irrigation water - CEa (0.8 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>) and eight combinations of NPK fertilization (100-100-100; 100-100-125; 100-125-100; 100-125-125; 125-100-100; 125-100-125; 125-125-100 and 125-125-125% of the recommended doses of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). The 3.0 dS m<sup>-1</sup> EC<sub>w</sub> decreased the concentrations of chlorophyll an and total, the number of fruits per plant and the photochemical efficiency and increased the concentrations of carotenoids and damage to the cell membrane of custard apple plants. Fertilization with 100-125-125; 125-125-100 and 125-125-125% of recommended doses of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O resulted in greater damage to the cell membrane of custard apple plants.

**Key words:** water scarcity, salt stress, mineral nutrition, custard apple.

## 1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Annonaceae, a pinha (*Annona squamosa* L.) possui a maior parte da sua produção na Região Nordeste, com destaque para Bahia, que responde por 34% da área; Pernambuco, com 17%; Rio Grande do Norte e Alagoas, com 11% (Guimarães et al., 2010).

Na região Nordeste, especialmente, em áreas semiáridas, é comum o regime pluviométrico irregular, evapotranspiração elevada, em geral, superior ao volume precipitado, tendo como consequência, a escassez de recursos hídricos, tornando-se uma necessidade o uso de águas com elevadas concentrações de sais (Santos & Brito, 2016). O excesso de sais na água e/ ou no solo altera o seu potencial osmótico, reduzindo a absorção de água e nutrientes pela planta, promovendo toxidez de íons (comumente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) e desequilíbrio nutricional, o que ocasiona alterações nas funções fisiológicas e bioquímicas das plantas (Braz et al., 2019).

Assim, em função das limitações do uso de águas salinas na irrigação existe a necessidade de se desenvolver alternativas para minimizar os efeitos causados pelo excesso de sais nas plantas e no solo (Lima et al., 2020). Desse modo, o fornecimento de nutrientes como nitrogênio (N), potássio ( $\text{K}^+$ ), e fósforo (P), tem se destacado como importante ferramenta na redução dos efeitos depressivos do uso de águas salinas na irrigação das plantas, devido às funções que eles desempenham. O nitrogênio é constituinte de compostos que estão relacionados aos mecanismos de tolerância da planta como, prolina, glicina betaína e aminoácidos livres (Wanderley et al., 2018).

O K participa de diversos processos biológicos como ativação enzimática, respiração, fotossíntese e melhoria no balanço hídrico, bem como pela competição com o cátion  $\text{Na}^+$  (Heidari & Jamshid, 2010), enquanto que o fósforo melhora a capacidade de armazenamento de energia, desenvolvimento das raízes, eficiência da utilização da água e absorção e utilização de nutrientes (Diniz et al., 2018).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar os teores de pigmentos cloroplastídicos, a fluorescência da clorofila, a integridade da membrana celular e a produção de pinha irrigada com águas de diferentes condutividades elétricas e sob distintas combinações de adubação com nitrogênio, fosforo e potássio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento desenvolveu-se em ambiente protegido do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB, nas coordenadas geográficas 7° 15' 18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. A casa de vegetação do tipo arco, com 30 m de comprimento e 21 m de largura, altura do pé direito de 3,0 m, com cobertura de polietileno de baixa densidade de 150 micras.

O delineamento experimental em blocos ao acaso, esquema fatorial 2 x 8, com três repetições, cujos tratamentos consistiram de dois valores de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e oito combinações de adubação - C com nitrogênio, fósforo e potássio (C<sub>1</sub> = 100-100-100; C<sub>2</sub> = 100-100-125; C<sub>3</sub> = 100-125-100; C<sub>4</sub> = 100-125-125; C<sub>5</sub> = 125-100-100; C<sub>6</sub> = 125-100-125; C<sub>7</sub> = 125-125-100 e C<sub>8</sub> = 125-125-125% da recomendação de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) para anonácea proposta por Silva & Silva (1997). Cada parcela foi constituída por uma planta. A combinação de 100-100-100% correspondeu à aplicação de 100, 60 e 60 g de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O por planta anual, respectivamente, referente ao segundo ano de cultivo.

Ao final do primeiro ano de cultivo, as plantas foram submetidas a um período de 15 dias de estresse hídrico e posteriormente, realizada uma poda de limpeza. Para então iniciar o segundo ano de cultivo. Neste ciclo de cultivo, não foi realizado raleio de frutos.

As águas de diferentes condutividades elétricas foram preparadas com a adição de sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O à água de abastecimento (0,6 dS m<sup>-1</sup>) do município de Campina Grande, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1 respectivamente, que representa a composição média das águas do semiárido nordestino. Para obtenção da água salina (CEa=3,0 dS m<sup>-1</sup>) se considerou a relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e a concentração de sais [mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> = 10 x CEa (dS m<sup>-1</sup>) ], segundo Richards (1954).

Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 250 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita, seguido de 235 kg de solo classificado como Psamments de textura franco-argilosa coletado na profundidade de 0-30 cm, do município de Esperança-PB, apresentando os atributos físico-químicos expostos através da Tabela 1, conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017).

**Tabela 3:** Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	M.O dag kg <sup>-1</sup>	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	PST	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
.....(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ).....								%	
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	2,48	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Ds ----- (kg dm <sup>-3</sup> ) ---	Dp -----
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5 dag kg <sup>-1</sup>				
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de solo saturado; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente do solo; DP - Densidade de partículas.

Foram utilizadas mudas de pinha crioulas produzidas através de sementes, adquiridas em viveiro comercial no estado de Pernambuco, com idade de 180 dias após a semeadura. Após transplantio, elas foram aclimatadas durante 105 dias antes do início da irrigação com águas salinas. Ao longo do experimento foram realizadas capinas manuais, escarificação superficial do solo para remoção de camada compactada e podas de formação e corretiva. A polinização feita de forma manual com auxílio de um pincel, retirando o pólen da flor no estágio masculino e depositado sobre o estigma da flor no estágio feminino.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram realizadas via fertirrigação duas vezes ao mês, sendo efetivadas na primeira e quarta semana de cada mês. Como fontes de NPK utilizaram-se a ureia (45% de N), o monoamônio fosfato (61% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), respectivamente. As aplicações de micronutrientes ocorreram toda semana por meio de pulverização foliar com o fertilizante foliar Quimifol Nutri, contendo 25% de potássio (K<sub>2</sub>O), 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco.

Após o transplantio das mudas nos lisímetros, a irrigação passou a ser manual com turno de rega de três dias, com aplicação do volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, cujo volume foi determinado pela Eq. 7:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \quad (7)$$

Em que:

VI - volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação, mL;



Va e Vd - volume aplicado e drenado no evento de irrigação anterior, mL; e,

FL - fração de lixiviação de 0,10.

A leitura da fluorescência da clorofila a aconteceu durante a fase de floração, aos 695 dias após o transplântio, das 7 às 9 horas da manhã em folhas maduras situadas no terço superior de cada planta, após 30 minutos de adaptação ao escuro, mediante a determinação da fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), variável ( $F_v$ ) e a eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ). Imediatamente após a leitura da fluorescência foram coletadas amostras foliares para quantificação dos teores de clorofila a, b, total e carotenoides, conforme mostra Arnon (1949).

Para determinação da percentagem de dano na membrana celular (%D) de cada planta foi coletada uma folha e se retirou 10 discos foliares, com auxílio de um perfurador de ferro, também aos 695 dias após transplântio, os quais foram lavados e acondicionados em erlenmeyer contendo água destilada. O %D foi expresso como a porcentagem de condutividade elétrica inicial em relação à final, conforme proposto por Scotti-Campos et al. (2013). A produção mensurada através da contagem do número de frutos por planta (NFr), aos 760 dias após o transplântio. Os frutos foram colhidos à medida que os gomos passaram da cor verde-claro ao verde-pardo-acinzentado.

Os dados coletados passaram pela análise de variância pelo teste F e quando significativo submetidos ao teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para os níveis salinos enquanto que, o fator combinações de adubação com N-P-K foi comparado através do teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ), pelo Software estatístico Sisvar. Devido a heterogeneidade dos dados de Cl a, Cl b, Car e NFr, verificados através do teste de normalidade e de homogeneidade de variâncias, para a transformação de dados para  $\sqrt{x}$ .

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através do resumo da análise de variância (Tabela 2), verifica-se aos 695 dias após o transplântio efeito significativo dos níveis de salinidade sobre os teores de clorofila a (Cl a), total (Cl total), carotenoides (Car) e na percentagem de dano celular (%D). Com exceção do %D, as combinações de adubação com N-P-K não influenciaram ( $p > 0,05$ ) nenhuma das variáveis analisadas. A interação entre os fatores (CEa x C) também não afetou de forma significativa ( $p > 0,05$ ) nenhuma delas.

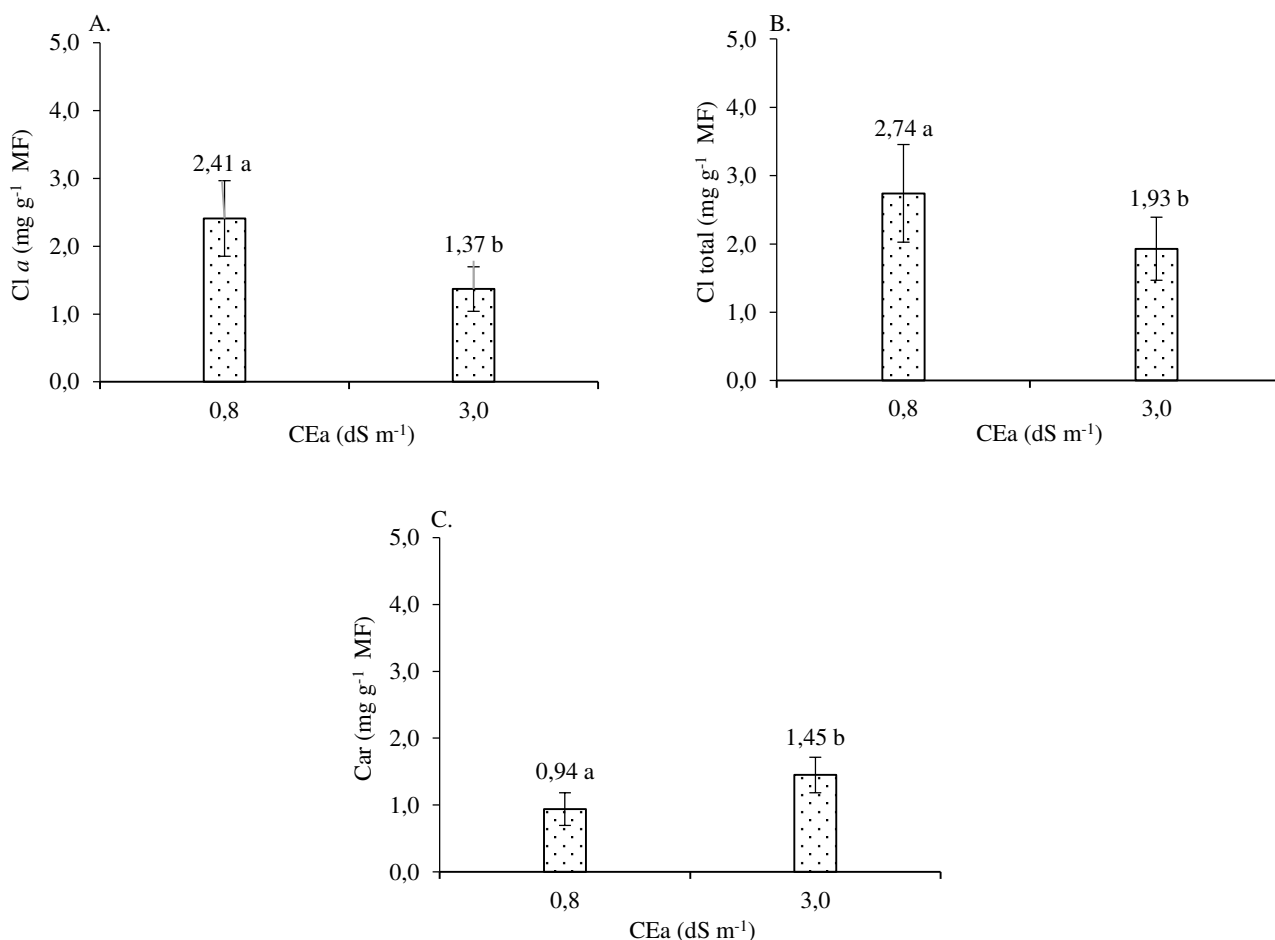
**Tabela 4:** Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila a (Cl a), b (Cl b), total (Cl total), carotenoides (Car) e percentagem de dano celular (%D) de pinha irrigada com águas salinas sob diferentes combinações de adubação com N-P-K, aos 695 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Cl a <sup>1</sup>	Cl b <sup>1</sup>	Cl total <sup>1</sup>	Car <sup>1</sup>	%D
Níveis de salinos (NS)	1	12,9800**	0,2299 <sup>ns</sup>	7,8926*	3,0552**	136,508**
Combinações de adubação (CA)	7	0,6810 <sup>ns</sup>	0,0597 <sup>ns</sup>	1,1565 <sup>ns</sup>	0,2883 <sup>ns</sup>	17,9130*
Interação (NS x CA)	7	0,3037 <sup>ns</sup>	0,0696 <sup>ns</sup>	0,5699 <sup>ns</sup>	0,4434 <sup>ns</sup>	12,8866 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,4710 <sup>ns</sup>	0,00091 <sup>ns</sup>	0,7583 <sup>ns</sup>	0,1166 <sup>ns</sup>	0,22237 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	1,0154	0,1008	1,8412	0,2199	6,9890
CV		25,20	26,73	28,23	19,60	16,01

ns, \*, \*\* Não significativo, significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; <sup>1</sup>análise estatística realizada após transformação de dado para  $\sqrt{x}$

Os teores de clorofila a da pinha submetidas à irrigação com água de condutividade elétrica de 0,8 dS m<sup>-1</sup> diferiram estatisticamente, daquelas irrigadas com 3,0 dS m<sup>-1</sup> e, apareceu um incremento no Cl a de 1,04 mg g<sup>-1</sup> de MF (Figura 1A). O teor de clorofila total também apresentou comportamento semelhante ao da clorofila a (Figura 1B). Com isso, constata-se que, quando as plantas foram cultivadas na menor condutividade elétrica (0,8 dS m<sup>-1</sup>) obteve-se o maior teor de Cl total (2,74 mg g<sup>-1</sup> MF), resultando em incremento de 0,81 mg g<sup>-1</sup> de MF em relação as que estavam sob CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

A redução nos teores de pigmentos cloroplastídicos ocorre tanto como resultado da degradação das moléculas de pigmentos pela ação de enzimas clorofilases, como pela diminuição do processo de síntese de clorofilas induzida pelas condições de elevada salinidade (Nunkaewa et al., 2014), destacando-se como indício de estresse oxidativo, como provável resultado de fotooxidação dos pigmentos (Silva et al., 2016). Corroborando com Oliveira et al. (2018) que avaliando o teor de pigmentos cloroplastídicos em plantas de jaqueira sob estresse salino, constataram reduções de até 10 e 27,43%, respectivamente, nos teores de Cl a e total nas folhas das plantas irrigadas com águas de CEa 4,0 dS m<sup>-1</sup>.



Médias seguidas de diferentes letras apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n = 3$ )

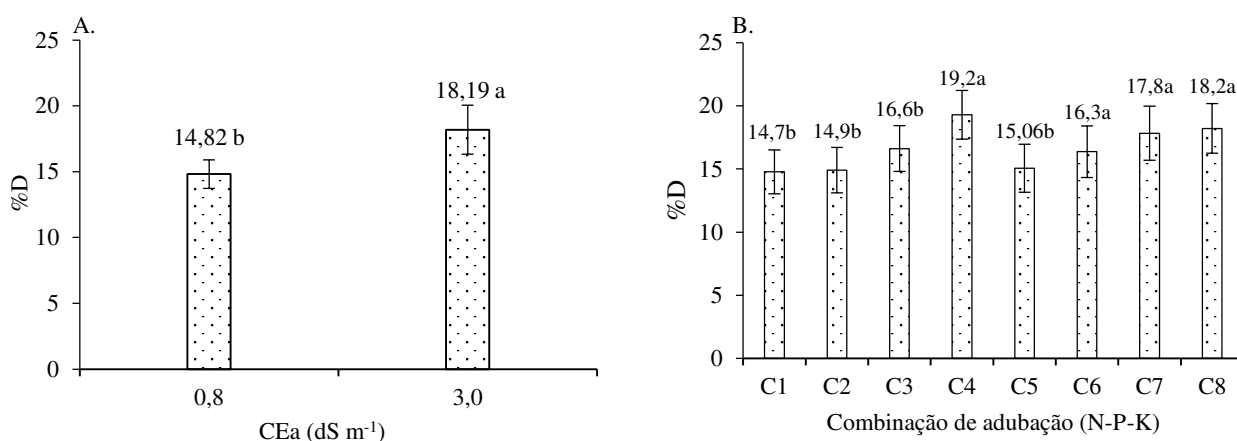
**Figura 1.** Teores médios de clorofila a - Cl a (A), Cl total (B) e carotenoides - Car (C) de pinha em função das condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), aos 695 dias após o transplântio.

Com relação aos teores de carotenoides observa-se na Figura 1C que as plantas cultivadas sob CEa de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  diferiram estatisticamente das que foram cultivadas sob o maior nível salino ( $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Ao comparar as médias das plantas cultivadas com  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  em relação as que foram submetidas a  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  verifica-se aumento de 54,25% ( $0,51 \text{ mg g}^{-1}$  de MF) nos teores de carotenoides.

O aumento na biossíntese de carotenóides nas plantas pode estar associado aos mecanismos de proteção ao complexo antenas, pois atuam como agentes redutores e protegem pigmentos de reações oxidativas (Melo et al., 2017) e podem regular a atividade

de enzimas e endoproteinasas, protegendo as membranas lipídicas da molécula de clorofila do stress oxidativo causado pelo stress salino (Falk & Munné-Bosch, 2010).

Para a percentagem de dano na membrana celular (%D) das folhas de pinha, percebe-se diferença entre os níveis de CEa, sendo alcançado o maior %D (18,19%) nas plantas cultivadas sob 3,0 dS m<sup>-1</sup> e nas irrigadas com água de menor CEa (0,8 dS m<sup>-1</sup>) foi constatado dano celular médio de 14,82%, correspondendo um acréscimo percentual de 22,73% no %D em relação as que receberam CEa de 0,8 dS m<sup>-1</sup> (Figura 2A). O incremento está relacionado a absorção excessiva de íons tóxicos (Cl<sup>-</sup> e ou Na<sup>+</sup>), que quando acumulados nos tecidos foliares afetam a homeostase iônica na célula interagindo negativamente com as paredes das membranas. Em consonância com os resultados desse estudo, Sousa et al. (2017) pesquisando os efeitos da irrigação com águas de baixa (0,6 dS m<sup>-1</sup>) e elevada salinidade (3,0 dS m<sup>-1</sup>) encontraram aumento na %D na cultura de citros.



C<sub>1</sub> = 100-100-100; C<sub>2</sub> = 100-100-125; C<sub>3</sub> = 100-125-100; C<sub>4</sub> = 100-125-125; C<sub>5</sub> = 125-100-100; C<sub>6</sub> = 125-100-125; C<sub>7</sub> = 125-125-100 e C<sub>8</sub> = 125-125-125% da dose recomendada de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferenças significativas para salinidade da água de irrigação e distintas combinações de adubação com N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente, pelos testes de Tukey e Skott-Knott a p ≤ 0,05, respectivamente; Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 3).

**Figura 2.** Percentagem de dano na membrana celular - %D de pinha em função das condutividades elétricas da água de irrigação- CEa (A) e das combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio - N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (B), aos 695 dias após transplantio.

As distintas combinações de adubação com N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O também influenciaram de forma expressiva a %D (Figura 2B). Além disso, nota-se que a maior percentagem de

dano na membrana das plantas (19,3%) procedeu quando submetidas à combinação C<sub>4</sub>, contudo, não diferiu estatisticamente das combinações C<sub>8</sub> e C<sub>7</sub>. Por outro lado, as combinações C<sub>4</sub>, C<sub>7</sub> e C<sub>8</sub> diferiram significativamente das demais combinações, enquanto elas não apresentaram divergências consideráveis entre si. Vale ressaltar que, o menor valor de %D foi o das plantas fertilizadas com a combinação C<sub>1</sub>.

Conforme resumo da análise de variância (Tabela 5) percebe-se efeito significativo dos níveis de salinidade da água para fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) e número de frutos por planta (NFr). As combinações de adubação com N-P-K não influenciaram de forma significativa nenhuma das variáveis analisadas. A interação entre os dois foi relevante apenas para fluorescência máxima (Fm) de pinha, aos 695 DAT.

**Tabela 5:** Resumo da análise de variância referente à fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), aos 695 dias após o transplantio (DAT) e número de frutos por planta (NFr) de pinha irrigada com água salina sob diferentes combinações de adubação com N-P-K, aos 760 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		FO	FM	FV	FV/ FM	NFr <sup>1</sup>
Níveis de salinos (NS)	1	28372,68 <sup>ns</sup>	851467,68 <sup>*</sup>	2881200,00 <sup>**</sup>	0,0380 <sup>**</sup>	24,08 <sup>*</sup>
Combinações de adubação (CA)	7	8504,87 <sup>ns</sup>	209856,33 <sup>ns</sup>	893556,47 <sup>ns</sup>	0,00712 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>
Interação (NS x CA)	7	10714,25 <sup>ns</sup>	457069,25 <sup>**</sup>	156036,80 <sup>ns</sup>	0,00392 <sup>ns</sup>	6,27 <sup>ns</sup>
Blocos	2	718,520 <sup>ns</sup>	63828,64 <sup>ns</sup>	99348,58 <sup>ns</sup>	0,00634 <sup>ns</sup>	13,93 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	9750,80	112580,17	154880,58	0,00427	4,82
CV		11,29	10,15	16,85	9,02	19,14

ns, \*, \*\* Não significativo, significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após transformação de dado em  $\sqrt{x}$

Para a fluorescência máxima de pinha (Tabela 6) observa-se que quando as plantas foram submetidas à CEa de 0,8 dS m<sup>-1</sup> não houve diferença significativa entre as distintas combinações de adubação. Deste modo, pode-se inferir que o aumento percentual de 100 para 125% no suprimento mineral para as plantas, seja de N ou P ou K isoladamente ou em conjunto, não afeta a Fm de pinha quando irrigada com água de baixa salinidade, permitindo inferir que, em função do custo de aquisição dos insumos, o fornecimento da C<sub>1</sub> corresponde a 100-100-100% da recomendação de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O sob salinidade de 0,8 dS m<sup>-1</sup>, ou seja, se constitui em uma alternativa de adubação para a cultura. Já as plantas irrigadas com água de 3,0 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 6), os maiores valores de Fm (3348,66; 3463,00;

3538,33; 3486,66 e 3282,66) foram alcançados através das combinações C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> e C<sub>7</sub>, diferindo-se significativamente das demais combinações.

**Tabela 6:** Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e as combinações de adubação com N-P-K para fluorescência máxima (Fm) de pinha, aos 695 dias após o transplante.

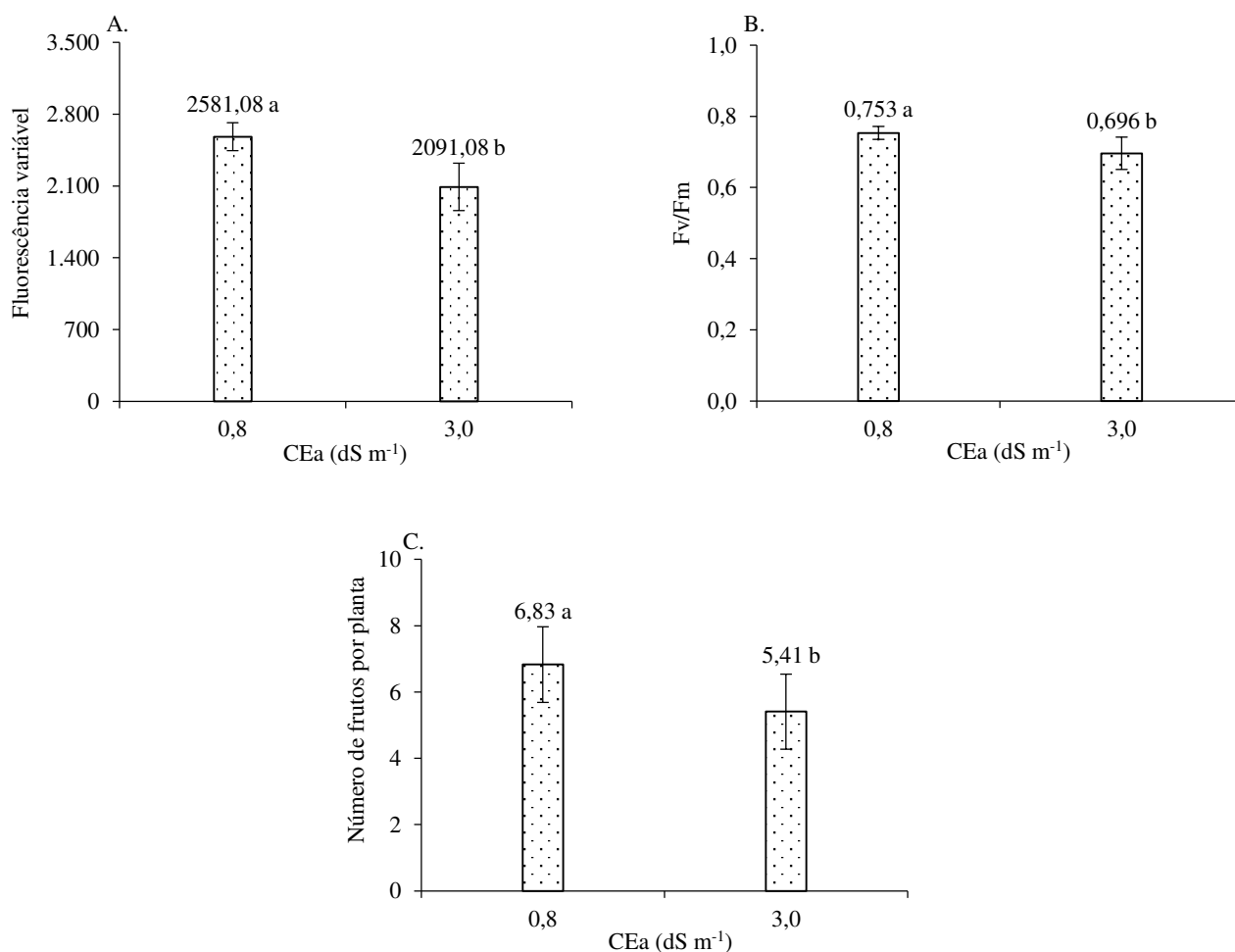
Combinações de adubação (N-P-K)	Fluorescência máxima (Fm)	
	Níveis salinos - CEa (dS m <sup>-1</sup> )	
	0,8	3,0
C <sub>1</sub> - 100-100-100	3718,66aA ± 63,67	2665,66bB ± 174,76
C <sub>2</sub> - 100-100-125	3184,33aA ± 97,17	3011,66bA ± 182,30
C <sub>3</sub> - 100-125-100	3382,00aA ± 163,74	3348,66aA ± 128,86
C <sub>4</sub> - 100-125-125	2899,00aB ± 393,58	3463,00aA ± 130,81
C <sub>5</sub> - 125-100-100	3392,00aA ± 113,01	3538,33aA ± 216,04
C <sub>6</sub> - 125-100-125	3691,33aA ± 78,90	3486,66aA ± 164,44
C <sub>7</sub> - 125-125-100	3632,00aA ± 104,61	3282,66aA ± 122,66
C <sub>8</sub> - 125-125-125	3617,33aA ± 104,25	2589,00bB ± 125,87

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula não apresentam diferenças significativas para salinidade da água de irrigação e distintas combinações de adubação com N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente, pelos testes de Tukey e Skott-Knott a  $p \leq 0,05$ , respectivamente; número ± erro padrão (n = 3)

Ao analisar o desdobramento da interação entre os níveis salinos dentro de cada combinação de N-P-K (Tabela 6) nota-se que sob CEa de 0,8 dS m<sup>-1</sup>, os maiores valores de Fm (3718,66; 3184,33; 3382,00; 3392,00; 3691,33; 3632,00 e 3617,33) foram encontrados nas plantas que receberam as combinações de 100-100-100; 100-100-125; 100-125-100; 125-100-100; 125-100-125; 125-125-100 e 125-125-125% de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente. Por outro lado, ao utilizar água com condutividade elétrica de 3,0 dS m<sup>-1</sup>, os maiores valores de Fm (3011,66; 3348,66; 3463,00; 3538,33; 3486,66 e 3282,66) pertencem as plantas adubadas com as combinações C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> e C<sub>7</sub>, respectivamente.

O aumento da Fm pode indicar uma tentativa de compensação fotossintética aumentando sua atividade para obter maior assimilação de CO<sub>2</sub>, enquanto sua redução indica uma desaceleração na atividade fotossintética, visando minimizar os efeitos tóxicos da salinidade (Flowers & Flowers, 2005). Em razão da fluorescência máxima que representa a intensidade máxima da fluorescência, quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem sua capacidade máxima de reações fotoquímicas (Suassuna et al., 2010; Silva et al., 2015).

A fluorescência variável das plantas de pinha diferiu estatisticamente entre os valores de CEa (Figura 3A). A partir disso, constata-se que, as plantas submetidas à irrigação com água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> apresentaram Fv de 2581,1 enquanto que o menor valor (2091,1) das plantas irrigadas com CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup>, ou seja, as plantas de pinha apresentaram redução da Fv de 490 (18,98%) sob maior nível salino (3,0 dS m<sup>-1</sup>). A diminuição da Fv é um indicativo que o aparato fotossintético tenha sido prejudicado pelo estresse salino, tendo em vista os declínios nos teores de clorofila a e total (Figuras 1A e B) comprometendo o fotossistema II, com reflexos negativos no processo fotossintético. Além disso, a Fv reflete a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr) e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese (Baker, 2008; Dias et al., 2018).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Figura 3.** Fluorescência variável - Fv (A), eficiência quântica do fotossistema - Fv/Fm (B), aos 695 dias após transplântio (DAT), e número de frutos por planta (C) de pinha,

em função das condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), aos 760 dias após o transplante.

Semelhantemente ao ocorrido para  $F_v$ , a  $F_v/F_m$  de pinha também foi influenciada de forma relevante pela salinidade da água de irrigação (Figura 3B). Observa-se que, a eficiência quântica do fotossistema II das plantas submetidas a  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  se deu de maneira negativa, sendo inferior em 0,057 em relação as que estavam sob CEa de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ . Vê-se ainda (Figura 3B) que, o maior valor para  $F_v/F_m$  (0,75) ocorreu nas plantas cultivadas sob menor salinidade ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) enquanto que, naquelas sob a maior CEa se encontrou o menor valor (0,70). Os valores de  $F_v/F_m$  entre 0,75 e 0,85 é um indicativo que o aparelho fotossintético está intacto (Reis & Campostrini, 2011; Silva et al., 2015).

A inibição na eficiência quântica do FSII detectada nas plantas cultivadas com águas salinas indica a ocorrência de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII, fato que promove a formação de espécies reativas de oxigênio (Gonçalves et al., 2010; Lima et al., 2019). Corroborando com este estudo, Freire et al. (2014) avaliando o rendimento quântico e trocas gasosas do maracujazeiro amarelo irrigado com água de baixa ( $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ ) e alta salinidade ( $4,50 \text{ dS m}^{-1}$ ) também observaram efeito depressivo da elevada CEa tanto para  $F_v$  quanto para  $F_v/F_m$ .

Para o número de frutos por planta (Figura 3C), as que passaram por irrigação com CEa de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  apresentaram NFr estatisticamente superior em comparação com as cultivadas com água de maior nível salino ( $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Confrontando os valores do NFr (Figura 3C) das plantas sob CEa de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  em relação às submetidas ao nível salino de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ , constata-se redução de 20,79% (1,42 frutos por planta) por causa da menor absorção de água e nutrientes pelas plantas, resultante do aumento dos níveis de salinidade do solo, em função da irrigação com água de elevada CEa, ocasionando danos na membrana celular (Figura 2A), e redução no potencial hídrico pelo estresse oxidativo na planta, o que leva a uma redução na produção agrícola (Lima et al., 2015).

Os pesquisadores Bezerra et al. (2019) analisando a produção da goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada verificaram que, o aumento da CEa de 0,3 para  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  diminuiu em 15,46 e 28,13% o número de frutos colhidos, respectivamente, no primeiro e segundo ciclos da cultura.



#### 4. CONCLUSÕES

A condutividade elétrica da água de irrigação de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  diminui os teores de clorofila a e total, o número de frutos por planta, a eficiência fotoquímica. Aumenta os teores de carotenoides e danos na membrana celular da pinha, aos 695 dias após o transplante.

A adubação com as combinações de 100-125-125; 125-125-100 e 125-125-125% de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O resulta em maior dano na membrana celular de pinha.

A maior fluorescência máxima se dá na condutividade elétrica da água de irrigação de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  e adubação com 100-100-100 e 125-125-125% da dose recomendada de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.
- BAKER, B. Chlorophyll Fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.89-113, 2008.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. DE; LACERDA, C. F. DE; LIMA, B. G. F.; BONIFÁCIO, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. **Bioscience Journal**, v.35, p.837-848, 2019.
- BRAZ, R. DOS S.; LACERDA, C. F. DE; ASSIS JÚNIOR, R. N. DE; FERREIRA, J. F. DA S.; OLIVEIRA, A. C. DE; RIBEIRO, A. DE A. Growth and physiology of maize under water salinity and nitrogen fertilization in two soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, p.907-913, 2019.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. DA. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v.23, p.220-234, 2018.
- DINIZ, G. L.; SALES, G. N.; SOUSA, V. F. DE O.; ANDRADE, F. H. A. DE; SILVA, S. S. DA; NOBRE, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.4, p.218-228, 2018.
- FALK, J.; MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: Antioxidation and beyond. **Journal Experimental Botany**, v.61, p.1549-1566, 2010.
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, p.15-24, 2005.
- FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. DE. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.82-91, 2014.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P. DUARTE, W. DE G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades

- de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.378-386, 2010.
- GUIMARÃES, A. A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. D. S.; DANTAS, D. D. J.; PAULA, Y. C. M.; RODRIGUES, G. S. O. Doses de sulfato de zinco na produção de mudas de pinheira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.153-158, 2010.
- HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.5, p.39-46, 2010.
- LIMA, G. S. DE; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. R. DA. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, p.214-225, 2019.
- LIMA, G. S. DE; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A.; SILVA, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p.1-10, 2015.
- LIMA, G. S. DE; SILVA, J. B. DA; SOUZA, L. DE P.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R. Tolerance of precocious dwarf cashew clones to salt stress during rootstock formation stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.474-481, 2020.
- MELO, H. F. DE; SOUZA, E. R. DE; CUNHA, J. C. Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.232-237, 2017.
- NUNKAEWA, T.; KANTACHOTE, D.; KANZAKI, H.; NITODA, T.; RITCHIE, R. J. Effects of 5-aminolevulinic acid (ALA)-containing supernatants from selected *Rhodospseudomonas palustris* strains on rice growth under NaCl stress, with mediating effects on chlorophyll, photosynthetic electron transport and antioxidative enzymes. **Electronic Journal of Biotechnology**, v.17, p.19-26, 2014.
- OLIVEIRA, F. I. F. DE; SOUTO, A. G. DE L.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, W. J. F. DE; MEDEIROS, S. A. DA S.; OLIVEIRA, F. F. DE. Biomass and chloroplast

- pigments in jack fruit seedlings under saline stress and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v.31, p.622-631, 2018.
- REIS, F. DE O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: Um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, p.284-295, 2011.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and álcali soils. Washington: U.S, **Departament of Agriculture**, 1954. 156p. Handbook 60.
- SANTOS, M. R. E.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v.7, p.33-41, 2016.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, p.1002-1013, 2013.
- SILVA, A. R. A. DA; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F. DE; SOUSA, C. H. C. DE; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.10, p.317-325, 2016.
- SILVA, A. Q.; SILVA, H. Nutrição e adubação de anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MORAIS, O.M.; REBOUÇAS, T. N. H. (ed.) Anonáceas, produção e mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia). Vitória da Conquista (BA): DFZ/UESB, 1997. p.118-137.
- SILVA, F. G. DA; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. DE; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. DE. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.946-952, 2015.
- SOUSA, J. R. M. DE; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; SILVA, F. DE A. F. D. DA; LIMA, G. S. DE. Dano na membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v.22, p.353-368, 2017.
- SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. DE; SOUSA, M. S. DA S.; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D.; PEREIRA, V. M.; BRITO, M. E. B. Desenvolvimento e

eficiência fotoquímica em mudas de híbrido de maracujazeiro sob lâminas de água. **Bioscience Journal**, v.26, p.566-571, 2010.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solos. 3. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2017. 573p.

WANDERLEY, J. A. C.; AZEVEDO, C. A. V. DE; BRITO, M. E. B.; CORDÃO, M. A.; LIMA, R. F. DE; FERREIRA, G. N. Nitrogen fertilization to attenuate the damages caused by salinity on yellow passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.541-546, 2018.

**CAPITULO II - PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE *AMMONA*  
*SQUAMOSA L.* SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM N-P-K**

## **PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE *AMMONA SQUAMOSA L.* SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM N-P-K**

### **Resumo**

O estresse salino reduz o crescimento e a produção das plantas, mas a adubação adequada pode minimizar os efeitos da salinidade. Assim, objetivou-se avaliar a produção e a qualidade pós-colheita, de frutos de pinheira irrigada com água salina e adubada com combinações de nitrogênio-fosforo e potássio no segundo ano de cultivo. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial  $2 \times 8$ , com três repetições em vasos adaptados como lisímetros de drenagem em ambiente protegido, no município de Campina Grande, PB. Os fatores foram constituídos por dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) e oito combinações de adubação com N-P-K, sendo 100-100-100; 100-100-125; 100-125-100; 100-125-125; 125-100-100; 125-100-125; 125-125-100 e 125-125-125% da dose recomendada (100-80-40 g de  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$  por planta por ano). Também foram avaliadas a produção total, número de frutos, peso médio dos frutos, número médio de sementes e de gomos por fruto, diâmetro e altura de frutos, teores de sólidos solúveis, ácido ascórbico, potencial hidrogeniônico, acidez total titulável e índice de maturação. A irrigação com águas de 3,0  $\text{dS m}^{-1}$  reduz a produção de pinheira no segundo ano, mas adubação com combinação 125-100-125% de N-P-K incrementa o peso médio de frutos, teores de sólidos solúveis e ácido ascórbico. O alto valor da salinidade da água de irrigação afetou negativamente o número de gomos, de frutos e de sementes por planta, peso médio de fruto, diâmetro e altura de frutos. A combinação 125-100-40 g de N-P-K proporcionou maior peso médio de frutos, sólidos solúveis totais, ácido ascorbico e índice de maturação, independente do nível salino. E, a maior produção total por planta alcançada nas plantas cultivadas sob CEa de 0,8  $\text{dS m}^{-1}$  e 125-100-80 g de N-P-K.

**Palavras chaves:** escassz hidrica, salinidade, nutrição mineral.

## **PRODUCTION AND POSTHARVEST QUALITY OF *AMMONA SQUAMOSA* L. UNDER SALT STRESS AND N-P-K FERTILIZER**

### **Abstract**

Saline stress reduces plant growth and production, but adequate fertilization can minimize the effects of salinity. Thus, the objective was to evaluate the production and post-harvest quality of pine fruits irrigated with saline water and fertilized with nitrogen-phosphorus and potassium combinations in the second year of cultivation. The experiment was conducted in a randomized block design in a  $2 \times 8$  factorial scheme, with three replications in pots adapted as drainage lysimeters in a protected environment in the municipality of Campina Grande, PB. The factors were constituted by two levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC<sub>w</sub> (0.8 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>) and eight fertilizer combinations with N-P-K being 100-100-100; 100-100-125; 100-125-100; 100-125-125; 125-100-100; 125-100-125; 125-125-100 and 125-125-125% of the recommended dose (100-80-40 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per plant per year). The variables evaluated were: total production, number of fruits, average fruit weight, average number of seeds and buds per fruit, diameter and height of fruits, soluble solids content, ascorbic acid, hydrogen potential, total titratable acidity and index of maturation. Irrigation with water of 3.0 dS m<sup>-1</sup> reduces pine production in the second year, but fertilization with a combination of 125-100-125% N-P-K increases the average fruit weight, soluble solids and ascorbic acid. The high salinity value of the irrigation water negatively affected the number of buds, fruits and seeds per plant, average fruit weight, diameter and height of fruits. The combination 125-100-40 g of N-P-K provided a higher average weight of fruits, total soluble solids, ascorbic acid and maturation index, regardless of the salt level. The highest total production per plant was obtained in plants grown under EC<sub>w</sub> of 0.8 dS m<sup>-1</sup> and 125-100 -40 g N-P-K.

**Key words:** water shortage, salinity, mineral nutrition



## 1. INTRODUÇÃO

A pinha (*Annona squamosa* L.) também conhecida como ata ou fruta-do-conde é uma planta originária das Antilhas e está inserida no grupo das anonáceas fruteiras de grande importância econômica. O grande interesse pelo seu cultivo deve-se aos altos preços tanto da polpa como da fruta, com grande potencial de exportação (Braga Sobrinho, 2014). Os principais produtores mundiais de fruto são Tailândia, Filipinas, Brasil, Cuba e Índia. No Brasil, os estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco, São Paulo e Ceará destacam-se como os principais produtores, entretanto, a região Nordeste se sobressai como a principal produtora de pinha, com mais de 94% de toda a área cultivada, sendo a Bahia o maior produtor brasileiro, com área total de mais de 3.500 ha e produção de 20,8 mil toneladas (Lemos, 2014).

A região Nordeste do país possui boas condições edafoclimáticas para o cultivo da pinheira e por meio de práticas culturais como o adequado manejo da irrigação, pode chegar a produzir até duas safras por ano (Salvador, 2013). Todavia, em áreas que apresentam a escassez hídrica, a exemplo do semiárido nordestino, onde a evaporação é superior à taxa de precipitação, a insuficiência hídrica impulsiona a utilização de águas com elevadas concentrações de sais requerendo uma avaliação criteriosa de possíveis impactos, como problema de salinidade do solo (Santos & Brito, 2016).

A irrigação com águas salinas promove acumulação de sais no solo, o que reduz a disponibilidade para as plantas, com isso, provoca desequilíbrio nutricional e toxicidade de íons específicos (Cordão Terceiro Neto et al., 2013), retraindo o rendimento e a qualidade de produção requerendo, assim, o desenvolvimento de pesquisas que viabilizem o uso de águas em regiões onde os recursos hídricos são limitados (Munns & Tester, 2008; Bezerra et al., 2018). Em plantas de pinheira, o estresse salino diminui o crescimento, trocas gasosas, o teor de clorofila, a fluorescência da clorofila e a produção de frutos, devido as alterações no status hídrico e na homeostase iônica das plantas (Marler & Zozor, 1996; Passos et al., 2005; Sá et al., 2021).

Entre as alternativas empregadas para minimizar os efeitos deletérios causados pelas altas concentrações de sais nas plantas destaca-se a fertilização com macronutrientes N, P e K, pela inibição competitiva entre os elementos com íons, como cloreto e sódio na zona radicular, bem como os efeitos benéficos no crescimento e produção das culturas. Assim, o manejo da adubação se evidencia como importante

estratégia, capaz de favorecer a aquisição de nutrientes pelas plantas sob condições de salinidade (Silva et al., 2011). Todavia, são insuficientes as informações acerca do fornecimento combinado com elementos sob condições de estresse salino, sobretudo, seus efeitos sobre a produção e qualidade pós-colheita de frutos da pinha.

O nitrogênio é essencial para qualquer vegetal, pois é constituinte da maioria das reações bioquímica e composto como aminoácidos, proteínas e prolina, que elevam a capacidade de ajustamento osmótico das plantas (Oliveira et al., 2014). O fósforo integra composições estruturais e participa na respiração e na fotossíntese, além de ser um nutriente envolvido em processos de liberação de energia para reações metabólicas (Simão et al., 2018), o que favorece a absorção e assimilação de N, enquanto que, o potássio favorece a formação e translocação de carboidratos e o uso eficiente da água pelas plantas (Araújo et al., 2012).

Sendo assim, com esse trabalho objetivou-se avaliar a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de pinheira sob irrigação com águas salinas e adubação com combinações de nitrogênio, fosforo e potássio, no segundo ano de cultivo, sob condições de ambiente protegido.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

Os tratamentos estudados foram constituídos com base na combinação de dois fatores, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e oito proporções de nitrogênio, fosforo e potássio – N-P-K (C<sub>1</sub>= 100-100-100; C<sub>2</sub>= 100-100-125; C<sub>3</sub>= 100-125-100; C<sub>4</sub>= 100-125-125; C<sub>5</sub>= 125-100-100; C<sub>6</sub>= 125-100-125; C<sub>7</sub>= 125-125-100 e C<sub>8</sub> = 125-125-125% da dose recomendada de N-P-K para o segundo ano de cultivo por Silva & Silva, 1997). O delineamento adotado foi distribuído em blocos ao acaso, com três repetições, e a parcela constituída de uma planta. A combinação de 100-100-100% da recomendação correspondeu à aplicação de 100-80-40 g por planta ano<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Para condução da pesquisa foram utilizados recipientes plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, capacidade de 250 kg de solo, preenchidos com 1,0 kg de brita, seguido de 235 kg de um *Psammets* de textura franco-argilo-arenosa (solo de ocorrência comum no semiárido do Nordeste do Brasil), do município de Esperança, PB, ao serem devidamente destorroados os seus atributos físico-químicos (Tabela 7) foram determinados conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017).

**Tabela 7:** Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	M.O dag kg <sup>-1</sup>	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	PST %	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	2,48	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Ds ----- (kg dm <sup>-3</sup> ) ----	Dp
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5				
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

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> + A<sup>13+</sup>) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA – Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

As águas utilizadas na irrigação foram preparadas com a adição de sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, à água de abastecimento do município de Campina Grande (CEa=0,4 dS m<sup>-1</sup>), mantendo uma proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, que representa a composição média das águas utilizadas nas pequenas propriedades do semiárido nordestino (Medeiros, 1992).

As irrigações foram realizadas em um turno de rega de três dias, aplicando em cada lisímetro um volume de água, de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume a ser aplicado em cada irrigação determinado a cada 15 dias, de acordo com a necessidade hídrica das plantas mediante balanço de água determinado pela Eq. 8:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \dots\dots\dots (8)$$

Em que: VI = Volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação (mL); Va e Vd = volume aplicado e drenado no evento de irrigação anterior (mL); e FL = fração de lixiviação de 0,10.

Ao final do primeiro ano de cultivo, as plantas foram submetidas a um período de 15 dias de estresse hídrico e, posteriormente, realizada uma poda (limpeza). Só após esse processo que, começou o segundo ano de cultivo. Os frutos formados puderam crescer sem qualquer desbaste.

As combinações de adubação seguiram a recomendação para anonáceas, proposta por Silva & Silva (1997), com doses de NPK partindo de 100% recomendação para 125%, já as fontes de fertilizantes foram ureia (45% N), monoamônio fosfato (61% de  $P_2O_5$  e 12% N) e cloreto de potássio (60%  $K_2O$ ). As adubações se distribuíram em duas vezes ao mês, sendo uma na primeira e outra na quarta semana, via fertigação. A aplicação de micronutrientes efetuada via foliar em intervalos de sete dias na dose de  $0,5 \text{ g L}^{-1}$  com o fertilizante foliar comercial Quimifol Nutri<sup>®</sup>, composto de 25% de potássio ( $K_2O$ ), 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro, 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco.

A colheita dos frutos iniciou-se aos 695 e continuou até 760 dias após o transplântio, quando os frutos apresentavam maturidade fisiológica, caracterizada pela transição da coloração de verde escuro para verde claro na casca e início do afastamento dos carpelos, sendo realizadas diariamente até o fim da produção das plantas. À medida que se fazia a colheita determinou-se o número de frutos por planta (NF), produção total por planta (PTP), peso médio de frutos (PMF), número médio de sementes por fruto (NMS) e de gomos por fruto (NGF), por contagem simples por cada fruto. A PTP determinada a partir do somatório do peso de todos os frutos colhidos. Já o PMF mediante a relação entre a produção total por planta e o número de frutos, enquanto o diâmetro e a altura dos frutos medindo-se a circunferência e a distância entre o pedúnculo e a base dos frutos usando paquímetro digital.

Após a colheita foram retiradas amostras da polpa, para determinação da qualidade físico-química. O teor de ácido ascórbico foi identificado em polpa natural logo após o preparo pelo método Tillmans (titulométrico), que se baseia na redução de 2-6-diclorofenol-indofenol (DFI) pelo ácido ascórbico através da metodologia do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). O teor de SST ocorreu por leitura direta em refratômetro, conforme metodologia de Association of Official Analytical Chemists International (AOAC, 1995). A ATT se deu pelo método da titulação (IAL, 2008). Com os dados de SST e ATT obteve-se o índice de maturação através da relação SST/ATT.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, e, posteriormente, submetidos ao teste de Tukey (em nível de 0,05 de probabilidade) para os níveis salinos enquanto que, o fator combinações de adubação com N-P-K foi comparado pelo teste de Scott-Knott, desdobrando-se a interação sempre que significativa a 0,05 de probabilidade, por meio do Software estatístico Sisvar (Ferreira, 2014). Devido à heterogeneidade dos dados de NF e PMF observados através dos testes de normalidade e homogeneidade de variâncias, eles foram transformados em  $\sqrt{x}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos significativos foram encontrados no fator níveis salinos sobre o número de frutos por planta, produção total por planta, peso médio de frutos, número médio de sementes, número de gomos por fruto, o diâmetro e a altura de pinheira (Tabela 8). Para a combinação de adubação e a interação entre os fatores (NS x CA) o efeito expressivo se deu apenas para a produção total por planta. Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) das combinações de N-P-K nos componentes de produção da pinheira, exceto para produção total ( $p < 0,01$ ).

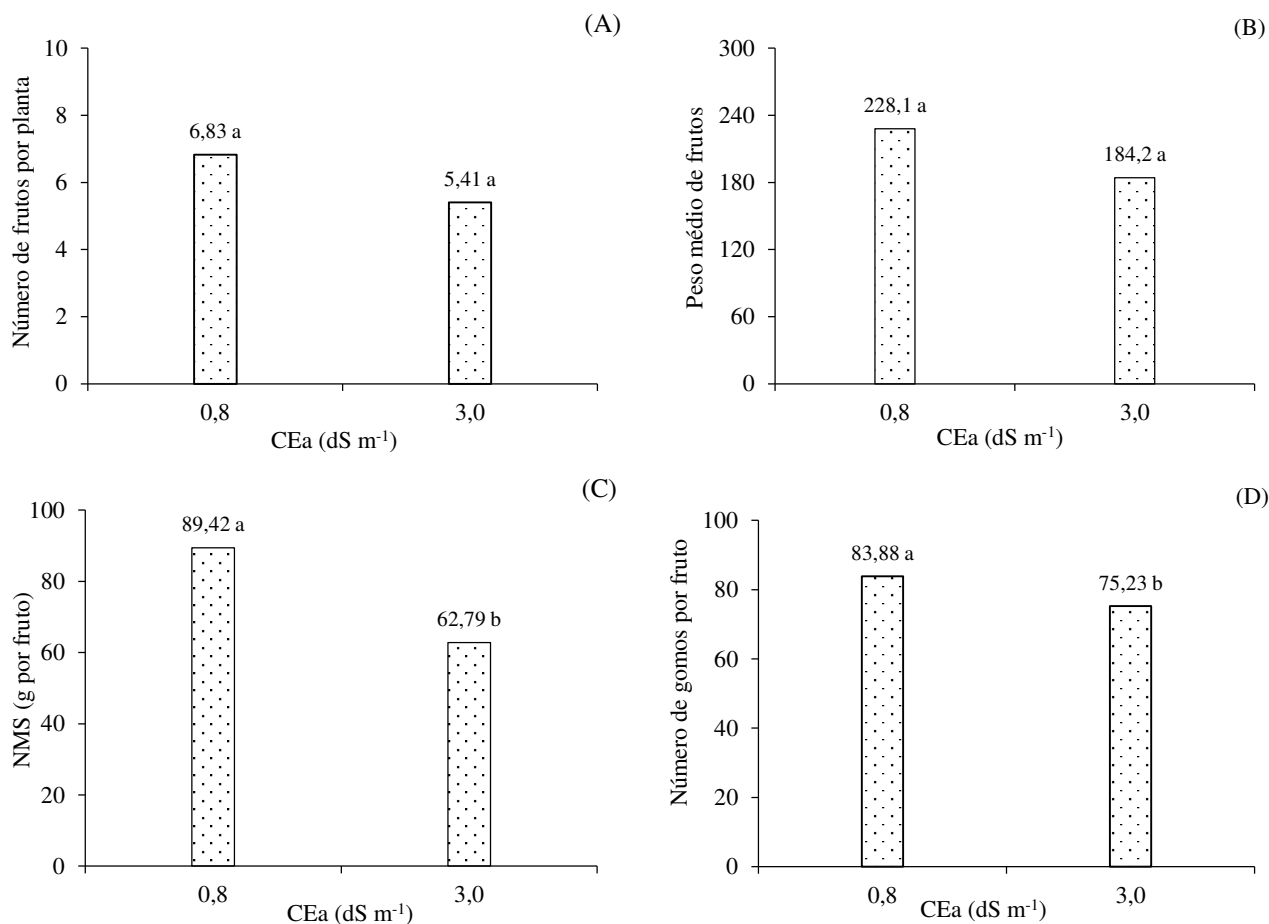
**Tabela 8:** Resumo da análise de variância do número total de frutos (NF), produção total por planta (PTP), peso médio de fruto (PMF), número médio de sementes por fruto (NMS), número de gomos por fruto (NGF), diâmetro (DF) e altura (AF) de frutos de pinheira irrigada com águas salinas sob diferentes combinações de adubação com N-P-K, aos 760 dias após o transplântio.

Fontes de variação	Teste F						
	NF <sup>1</sup>	PTP	PMF <sup>1</sup>	NMS	NGF	DF	AF
Níveis de salinos (NS)	**	**	*	*	*	**	**
Combinação de adubação (CA)	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x CA)	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Blocos	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	17,48	18,01	18,44	21,10	13,92	16,68	11,68

ns, \*\*, \* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ . ; <sup>1</sup>Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

O aumento da salinidade da água de irrigação de 0,8 para 3,0 dS m<sup>-1</sup> resultou em decréscimos no NF, PMF, NMS e NGF de 20,79; 19,24; 29,78 e 10,31%, respectivamente (Figura 4). A diminuição da produção é reflexo da redução no número de frutos, na massa e tamanho dos frutos pelo estresse salino. Nessas condições, ocorre encolhimento do tamanho dos frutos, devido às mudanças que afetam a assimilação de CO<sub>2</sub>, e conseqüentemente, limitam divisão e alongamento celular (Bezerra et al., 2018; Lima et al., 2019). O aumento da concentração de sais, diminui o potencial osmótico da solução do solo, requerendo das plantas maior gasto de energia para absorção de água e nutrientes

para o seu desenvolvimento (Sá et al., 2019; Dias et al., 2021). O efeito iônico compromete o número de flores e a fecundação, diminuindo o número de sementes por frutos, o que tem efeito direto no crescimento na formação e desenvolvimento de frutos (Silva et al., 2021).



Médias seguidas de letra diferente diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 4.** Número de frutos por planta - NTF (A), peso médio de frutos (B), número total de sementes - NTS (C) e de gomos por fruto (D) de pinha, em função das condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), aos 760 dias após o transplante.

As reduções nos componentes de produção (NF, PMF, NMS e NGF) em condições de salinidade podem estar relacionadas às lesões celulares, bem como do estresse oxidativo nas plantas (Lima et al., 2015), assim como da redução na pressão de turgescência que afetam de maneira negativa a expansão da parede celular, o crescimento das plantas e assim, sua produção (Freire et al., 2010). Dias et al. (2011) avaliando a qualidade física e a produção de maracujá amarelo em função do uso de biofertilizante e irrigação com águas salinas (CEa variando de 0,5 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>), constataram que, o

incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação provocou redução no número de frutos por planta.

Para a produção total por planta (Tabela 9), com o desdobramento dos dados verifica-se que, as plantas irrigadas com CEa de 0,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup> não foram influenciadas de forma significativa pela salinidade da água quando adubadas com as combinações C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub>. Observa-se também que, a irrigação com água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> resultou em maior produção total dos frutos (2249,62) das plantas que receberam 125-125-100% de N-P-K, diferindo-se de forma significativa das demais combinações de adubação. Já as plantas cultivadas sob CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup> as maiores PTP foram das combinações C<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> e C<sub>8</sub> (em média 1115,70 g).

De modo geral, percebe-se (Tabela 9) que com exceção das plantas adubadas com C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub>, o estresse salino promoveu diminuição acentuada na produção total por planta de pinheira. A restrição osmótica no solo salino diminuiu a disponibilidade de água para planta e o fruto, aumentando a concentração de solutos compatíveis (açúcares) no fruto e, com isso, o sabor dos frutos, conferindo maior qualidade (Ianckiewicz et al., 2013). De acordo com Silva et al. (2014), as doses adequadas de potássio e nitrogênio também incrementam os teores de sólidos solúveis totais em frutos, conferindo também melhor qualidade.

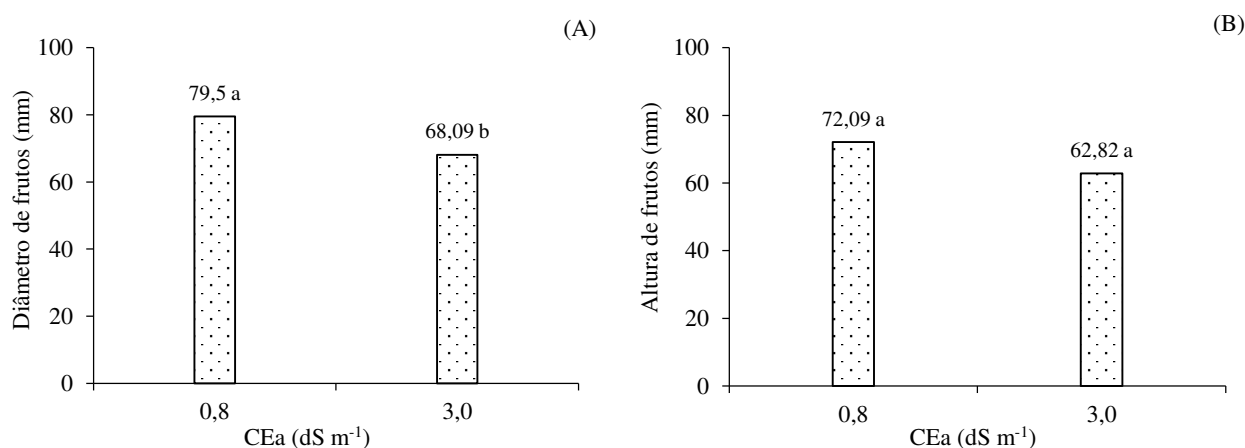
**Tabela 9:** Desdobramento da interação entre os níveis de salinidade da água e as combinações de recomendação de adubação com N-P-K para produção total por planta de pinheira, aos 760 dias após o transplantio.

Combinações de adubação (N-P-K)	Produção total por planta (g por planta)	
	Níveis salinos - CEa (dS m <sup>-1</sup> )	
	0,8	3,0
C <sub>1</sub> -100-100-100%	1780,416 bA	735,400 bB
C <sub>2</sub> - 100-100-125%	1777,450 bA	950,530 aB
C <sub>3</sub> - 100-125-100%	1605,226 bA	845,266 bB
C <sub>4</sub> - 100-125-125%	545,656 dA	520,066 bA
C <sub>5</sub> - 125-100-100%	1213,850 cA	1068,806 aA
C <sub>6</sub> - 125-100-125%	707,966 dA	1261,240 aB
C <sub>7</sub> -125-125-100%	2249,620 aA	769,846 bB
C <sub>8</sub> - 125-125-125%	1847,030 bA	1182,250 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não indicam diferenças significativas para salinidade da água de irrigação e distintas combinações de adubação com N-P-K, respectivamente, pelos testes de Tukey e Skott-Knott a  $p \leq 0,05$ , respectivamente. Na combinação C<sub>1</sub> adubação consistiu de 100, 80 e 40 g de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por planta por ano.

O diâmetro e a altura de frutos das plantas de pinheira (Figuras 5A e 5B) irrigadas com CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma diminuição de 11,41 e 9,27 mm, respectivamente,

em relação as que estavam em CEa de  $0,8 \text{ dSm}^{-1}$ . Segundo Freire et al. (2010), em culturas que crescem sob condições de estresse salino, pode ocorrer redução no tamanho dos frutos, devido às mudanças que afetam a assimilação de  $\text{CO}_2$ , também pela redução da taxa de divisão e alongamento celular. Lima et al. (2020), em pesquisa avaliando os efeitos da irrigação com águas salinas (CEa de  $0,6$  a  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) na produção e composição físico-química pós-colheita dos frutos *in natura* de aceroleira ‘BRS 366 Jaburu’, também verificaram que o aumento da CEa de  $0,6$  para  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  resultou em diminuição nos diâmetros dos frutos e na massa fresca de frutos. Barreiro Neto et al. (2017), estudando influência da salinidade da água variando de  $0,28$  a  $2,28 \text{ dS m}^{-1}$  na produção e qualidade de frutos de três genótipos de abacaxizeiro, verificaram que o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu redução no diâmetro dos frutos.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 5.** Diâmetro (A) e altura de frutos (B) de pinheira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, aos 760 dias após o transplantio.

Houve efeito significativo dos níveis salinos sobre os sólidos solúveis totais, teores de ácido e ascórbico da polpa dos frutos de pinheira. As combinações de adubação influenciaram de forma significativa os sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, acidez total titulável e o índice de maturação enquanto a interação entre os fatores (NS  $\times$  CA) promoveu efeito expressivo apenas para os teores de ácido ascórbico da polpa de frutos de pinheira (Tabela 10).



**Tabela 10:** Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais (SST), ácido ascórbico (AA), acidez total titulável (ATT) e índice de maturação (SST/ATT) da polpa de frutos de plantas de pinheira irrigada com águas salinas sob diferentes combinações de adubação com NPK, aos 760 dias após o transplântio.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	SST	AA	ATT	SST/ATT
Níveis de salinos (NS)	61,20**	2,48**	0,00027 <sup>ns</sup>	816,99 <sup>ns</sup>
Combinação de adubação (CA)	17,99**	0,83**	0,00088*	775,85**
Interação (NS × CA)	10,56*	0,72**	0,00060 <sup>ns</sup>	379,76 <sup>ns</sup>
Blocos	1,80 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,00089 <sup>ns</sup>	518,71 <sup>ns</sup>
Resíduo	3,60	0,16	0,00036	216,15
C.V (%)	12,06	14,72	9,77	18,07

Os sólidos solúveis totais dos frutos de pinheira foram influenciados pela interação entre os fatores níveis salinos e combinação de adubação (Tabela 11). Através do desdobramento da interação verifica-se que, as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,8 dS m<sup>-1</sup>, os maiores teores de sólidos solúveis totais (14,86; 15,73; 16,4; 15,93; 14,53 e 17,73 °Brix) foram das plantas de pinheira que receberam as combinações de adubação C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> e C<sub>7</sub>. Todavia, não houve diferenças significativas entre as citadas combinações de adubação. Enquanto que, os menores valores de sólidos solúveis totais foram das combinações C<sub>4</sub> e C<sub>8</sub> (em média 10,83 °Brix).

**Tabela 11:** Desdobramento da interação entre os níveis de salinidade da água e as combinações de recomendação de adubação com N-P-K para os sólidos solúveis totais da polpa de pinheira, aos 760 dias após o transplântio.

Combinações de adubação (N-P-K)	Sólidos solúveis totais (°Brix)	
	Níveis salinos - CEa (dS m <sup>-1</sup> )	
	0,8	3,0
C <sub>1</sub> -100-100-100%	14,866 aA	18,000 aA
C <sub>2</sub> - 100-100-125%	15,733 aA	16,733 aA
C <sub>3</sub> - 100-125-100%	16,400 aA	16,400 aA
C <sub>4</sub> - 100-125-125%	9,600 bB	14,800 aA
C <sub>5</sub> - 125-100-100%	15,933 aA	14,533 aA
C <sub>6</sub> - 125-100-125%	14,533 aA	16,800 aA
C <sub>7</sub> -125-125-100%	17,733 aA	19,000 aA
C <sub>8</sub> - 125-125-125%	12,066 bB	18,666 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não indicam diferenças significativas para salinidade da água de irrigação e distintas combinações de adubação com N-P-K, respectivamente, pelos testes de Tukey e Skott-Knott a p ≤ 0,05, respectivamente. Na combinação C<sub>1</sub> adubação consistiu de 100, 80 e 40 g de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por planta por ano.

Percebe-se que as plantas de pinheira submetidas à água com condutividade elétrica de 3,0 dS m<sup>-1</sup>, não apresentaram diferença estatística entre as combinações de adubação, entretanto, os maiores valores de sólidos solúveis foram observados nas plantas

submetidas as combinações de adubação C<sub>7</sub> e C<sub>8</sub> (Tabela 11). Os valores dos sólidos solúveis totais do presente estudo ficaram abaixo do recomendado, pelo regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco o mínimo de 24°Brix de sólidos solúveis totais (Brasil, 2018).

Silva et al. (2014) estudando a influência da adubação nitrogenada e potássica no melão rendilhado notaram resposta linear da aplicação de doses crescentes de nitrogênio sobre os sólidos solúveis totais do melão, mas também constataram resposta quadrática para SST em função da adubação potássica como o máximo °Brix (9,73) com aplicação de 263,44 mg de potássio dm<sup>-3</sup> do solo, concluindo então que, o excesso deste nutriente no solo diminui o teor de sólidos solúveis totais. Santos et al. (2011) avaliando a qualidade da cana-de-açúcar sob adubação fosfatada identificaram aumento no teor de sólidos solúveis do caldo em função da aplicação de fósforo e concluíram que esta é uma resposta positiva da adubação fosfatada sobre a absorção de nitrogênio e fotossíntese promovendo aumento na percentagem aparente de açúcares.

Os tores de ácido ascórbico da polpa de plantas de pinheira foram afetados pela interação entre os níveis salinos e combinações de adubação com N-P-K (Tabela 12). Pois, constata-se que, as plantas irrigadas com água de salinidade 0,8 dS m<sup>-1</sup> e submetidas a combinação de adubação C<sub>7</sub> tiveram o maior teor de ácido ascórbico (4,03 mg 100g<sup>-1</sup>) embora não diferindo estatisticamente das demais combinações. Os teores de ácido ascórbico obtidos neste estudo (em média 2,790 mg 100g<sup>-1</sup>) não estão em conformidade com a Instrução Normativa N° 37, de 1° de outubro de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que estabelece 37 mg 100g<sup>-1</sup> como teor adequado para o processo tecnológico (Brasil, 2018).

O fornecimento de N na faixa ótima favorece maior taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> não deprimindo outras vias biosintética relacionadas com os hidratos de carbono, mantendo equilíbrio com a taxa fotossintética líquida, não demandando esqueletos de carbonos para a assimilação de N, o que resultaria em competição e consequente, redução na concentração de constituintes orgânicos, tais como AA, açúcares e hidratos de carbono (Marschner, 2012). Enquanto que, o fósforo atua no metabolismo energético, o que favorece a absorção e assimilação de N, bem como a fotossíntese por agir sobre reações de síntese de açúcares, ácidos nucleicos e coenzimas (Aular & Natale, 2013), favorecendo a síntese do AA em condições de estresse salino, melhorando a qualidade dos frutos.

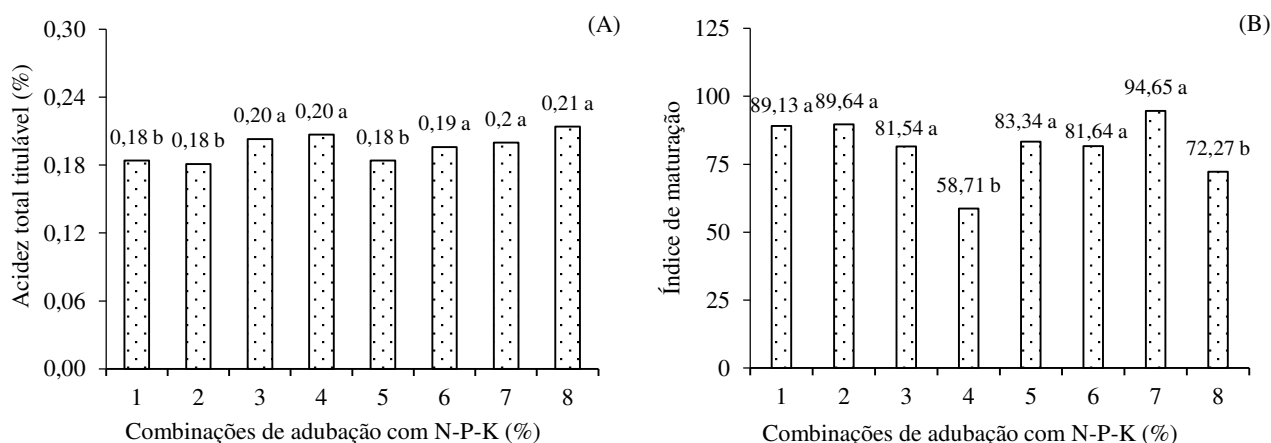
**Tabela 12:** Desdobramento da interação entre os níveis de salinidade da água e as combinações de recomendação de adubação com N-P-K para o teor de ácido ascórbico da polpa de pinheira, aos 760 dias após o transplântio.

Combinações de adubação (N-P-K)	Teor de ácido ascórbico (mg 100g <sup>-1</sup> )	
	Níveis salinos - CEa (dS m <sup>-1</sup> )	
	0,8	3,0
C <sub>1</sub> -100-100-100%	2,420 aA	2,686 aA
C <sub>2</sub> - 100-100-125%	2,420 aA	3,040 aA
C <sub>3</sub> - 100-125-100%	2,680 aA	3,040 aA
C <sub>4</sub> - 100-125-125%	1,793 aB	2,950 aA
C <sub>5</sub> - 125-100-100%	2,326 aA	2,770 aA
C <sub>6</sub> - 125-100-125%	2,150 aB	3,040 aA
C <sub>7</sub> -125-125-100%	4,030 aA	2,950 aB
C <sub>8</sub> - 125-125-125%	2,683 aB	3,670 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não indicam diferenças significativas para salinidade da água de irrigação e distintas combinações de adubação com N-P-K, respectivamente, pelos testes de Tukey e Skott-Knott a  $p \leq 0,05$ , respectivamente. Na combinação C<sub>1</sub> adubação consistiu de 100, 80 e 40 g de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por planta por ano.

Ao utilizar água de condutividade elétrica de 0,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup> observa-se que, não houve diferença significativa das distintas combinações de adubação com N-P-K nos teores de ácido ascórbico. Contudo, nas plantas adubadas com C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub> e C<sub>8</sub>, os maiores valores de ácido ascórbico (2,95; 3,04 e 3,67 mg 100g<sup>-1</sup>) foram obtidos sob irrigação com CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup>. Este aumento nos teores de ácido ascórbico, em tratamentos com alta dose de potássio deve-se ao fato de o potássio ser considerado o nutriente mineral da qualidade dos frutos, que desempenha papel fundamental no aumento do tamanho; na espessura da casca; no índice de acidez da polpa, do teor de ácido ascórbico e sólidos solúveis totais (Anjos et al., 2015). O ácido ascórbico é um composto não enzimático de baixo peso molecular e antioxidante que atua na diminuição da produção de espécies reativas de oxigênio (ERO's), aumentando assim, a tolerância ao estresse (Alhasnawi et al., 2016).

Para acidez total titulável (Figura 6A), as plantas de pinheira cultivadas sob as combinações de adubação de C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub> e C<sub>8</sub> se destacaram com os maiores valores (0,203; 0,207; 0,196; 0,200; 0,214% respectivamente). O fornecimento de NPK nas combinações de C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>5</sub> resultaram em menores médias (0,184; 0,181; 0,184%) para acidez total titulável, diferindo-se estatisticamente do grupo citado anteriormente.



C<sub>1</sub>= 100-100-100; C<sub>2</sub>= 100-100-125; C<sub>3</sub>= 100-125-100; C<sub>4</sub>= 100-125-125; C<sub>5</sub>= 125-100-100; C<sub>6</sub>= 125-100-125; C<sub>7</sub>= 125-125-100 e C<sub>8</sub> = 125-125-125% da dose recomendada de N-P-K; Médias seguidas de mesma letra não indicam diferenças significativas para distintas combinações de adubação com N-P-K, pelo teste de Skott-Knott a 0,05 de probabilidade. Na combinação C<sub>1</sub> adubação consistiu de 100, 80 e 40 g de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por planta por ano.

**Figura 6.** Acidez total titulável - ATT (A) e índice de maturação (B) da polpa de pinheira em função das combinações de adubação com N-P-K, aos 760 dias após o transplantio.

O decréscimo da acidez da polpa do fruto é considerado por Silva (2004), como desejável para o processo de amadurecimento, pois essa situação favorece o acúmulo de açúcares nos frutos. Conforme Chitarra & Chitarra (2005), a acidez titulável de uma fruta é dada pela presença de ácidos orgânicos que decrescem em função do avanço da maturação devido à oxidação no ciclo dos ácidos tricarboxílicos, sendo fundamentais na síntese de compostos fenólicos, lipídios e aromas voláteis. A acidez total titulável obtida nesta pesquisa está na faixa ideal para composição de um suco de pinha com padrões de identidade e qualidade, conforme a Instrução Normativa Nº 37, de 1º de Outubro de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2018).

As distintas combinações de adubação com N-P-K influenciaram significativamente o índice de maturação (Figura 6B), cujo maior valor (94,65) foi obtido aconteceu quando as plantas foram submetidas à combinação de C<sub>7</sub> de N-P-K, não se diferenciando estatisticamente das combinações C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub> e C<sub>6</sub> de N-P-K. Em contrapartida, as combinações C<sub>4</sub> e C<sub>8</sub> de N-P-K promoveram as menores médias (58,71 e 72,27). A relação entre sólidos solúveis e acidez total também conhecida como índice de maturação é uma das formas mais utilizadas para avaliar o sabor das frutas, sendo mais representativo do que a medição isolada de açúcares ou acidez titulável, proporcionando boa ideia de equilíbrio entre essas duas variáveis (Chitarra & Chitarra, 2005).

#### 4. CONCLUSÕES

A irrigação com águas de 3,0 dS m<sup>-1</sup> diminui a produção de frutos, o número de sementes por fruto, o peso médio de fruto, o diâmetro e altura de frutos de pinheira.

A maior produção total por planta e teor de ácido ascórbico das plantas sob salinidade da água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> são das plantas de pinheira sob adubação com 125-125-100% da recomendação, correspondendo ao 125-100-40 g por planta ano<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

O fornecimento de 125-100-40 g por planta ano<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O aumenta os teores de sólidos solúveis e o índice de maturação, independente do nível salino.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhasnawi, A.N., Radziah, C.M.Z., Kadhimi, A.A., Isahak, A., Mohamad, A., & Yusoff, W.M.W. (2016) Enhancement of antioxidant enzymes activities in rice callus by ascorbic acid under salinity stress. **Biologia Plantarum**, 60(4):783-787. doi: 10.1007/s10535-016-0603-9.
- Anjos, D.C., Hernandez, F.F.F., Costa, J.M.C., Caballero, S.U., & Moreira, V.O.G. (2015) Fertilidade do solo, crescimento e qualidade de frutos do mamoeiro Tainung sob fertirrigação com potássio. **Revista Ciência Agronômica**, 46(4):774-785. doi: 10.5935/1806-6690.20150065.
- Araújo, H.S., Quadros, B.R., Cardoso, A.I.I., & Corrêa, C.V. (2012) Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42(4):469-475. doi: 10.1590/S1983-40632012000400004.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1995). Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists.(16<sup>a</sup> ed.) Washington.
- Aular, J., & Natale, W. (2013) Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(4):1214-1231. doi: 10.1590/S0100-29452013000400033.
- Barreiro Neto, M.B., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Lacerda, J.T., & Carvalho, R.A. (2017) Influência da salinidade da água de irrigação na produção e qualidade de frutos em genótipos de abacaxizeiro. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, 11(6):71-79.
- Bezerra, I.L. Nobre, R.G., Gheyi, H.R., Sousa, L.P., Pinheiro, F.W.A., & Lima, G.S. de. (2018) Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(1):32-37. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n1p32-37.
- Braga Sobrinho, R. (2014) Produção integrada de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36(Número especial):102-107. doi: 10.1590/S0100-29452014000500012.
- Brasil. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 out de 2018 Seção I, p. 23.

- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio (2ª ed.). Lavras: UFLA.
- Cordão Terceiro Neto, C.P.C., Gheyi, H.R., Medeiros, J.F., Dias, N.S., & Campos, M.S. (2013) Produtividade e qualidade de melão sob manejo com água de salinidade crescente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43(4):354-362. doi: 10.1590/S1983-40632013000400007.
- Dias, A. S., Lima, G. S. de, Gheyi, H. R., Elias, J. J., Silva, S. S., & Pinheiro, F. W. A. (2021) West Indian cherry production under irrigation with saline water and potassium-phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 25(7):472-479. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v25n7p472-479.
- Dias, T.J., Cavalcante, L.F., Nunes, L.C., Freire, J.L.O., Beckmann-Cavalcante, M.Z., Santos, G.P. dos (2011) Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(3):229-236. doi: 10.1590/S1415-43662011000300002.
- Ferreira, D.F. (2014) Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2):109-112. doi: 10.1590/S1413-70542014000200001.
- Freire, A.L.O., Saraiva, V.P., Miranda, J.R.P., & Bruno, G.B. (2010) Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(Suplemento):1133-1144. doi: 10.5433/1679-0359.2010v31n4Sup1p1133.
- Ianckievicz, A., Takahashi, H.W., Fregonezi, G. A. F., & Rodini, F. K. (2013) Production and development of culture of *Physalis L.* subjected to different levels of electrical conductivity of nutrient solution. **Ciência Rural**, 43(3):438-444. doi: 10.1590/S0103-84782013000300010.
- Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008). Métodos físico-químicos para análises de alimentos (4ª ed.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Lemos, E.E.P. (2014) A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(1):77-85. doi: 10.1590/S0100-29452014000500009.
- Lima, G. S. de, Silva, A. R. P. da, Sá, F. V. da S., Gheyi, H. R., & Soares, L. A. dos A. (2020). Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, 33(1):217-225. doi:10.1590/1983-21252020v33n123rc.

- Lima, G.S. de, Nobre, R.G., Gheyi, H.R., Soares, L.A.A., & Silva, A.O. (2015) Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, 46(1):1-10. doi: 10.1590/S1806-66902015000100001.
- Lima, G.S. de, Pinheiro, F.W.A., Dias, A. S., Gheyi, H. R., Soares, L. A. dos A., Silva, S. S. da (2019). Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 23(4): 250-256. doi: 0.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p250-256.
- Marler, T. E., & Zozor, Y. (1996) Salinity influences photosynthetic characteristics, water relations, and foliar mineral composition of *Annona squamosa* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 121(2):243-248. doi:10. 21273/JASHS. 121.2. 243.
- Marschner, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants. (3<sup>a</sup> ed.). Amsterdam: Academic Press.
- Medeiros, J.F. de (1992). Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, 59(1):651-681. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
- Oliveira, F.A., Medeiros, J.F., Alves, R.C., Linhares, P.S.F., Medeiros, A.M.A., & Oliveira, M.K.T. (2014) Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(5):480-486. doi:10.1590/S1415-43662014000500003.
- Passos, V.M., Santana, N.O, Gama, F.C., Oliveira, J.G., Azevedo, R.A., & Vitória, A.P. (2005) Growth and ion uptake in *Annona muricata* and *A. squamosa* subjected to salt stress. **Biologia Plantarum**, 49(1):285-288. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-5288-4>.
- Sá, F. V. da S., Gheyi, H. R., Lima, G. S. de, Paiva, E. P., Silva, L. A., Moreira, R. C. L., Fernandes, P. D., & Dias, A. S. (2019) Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, 35(1):211-221. doi: 10.14393/BJ-v35n1a2019-41742.



- Sá, F. V. da S., Gheyi, H. R., Lima, G. S. de, Pinheiro, F. W. A., Paiva, E. P., Moreira, R. C. L., Silva, L. A., & Fernandes, P. D. (2021) The right combination of N-P-K fertilization may mitigate salt stress in custard apple (*Annona squamosa* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, 43(4): 1-12. doi: 10.1007/s11738-021-03225-1.
- Salvador, T.L. (2013). Estudo do desenvolvimento de flores e caracterização físico-química de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, Brasil.
- Santos, D.H., Silva, M.A., Tiritan, C.S., Foloni, J.S.S., & Echer, F.R. (2011) Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(5):443-449. doi: 10.1590/S1415-43662011000500002.
- Santos, M.R., & Brito, C.F.B. (2016) Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, 7(1):33-41. doi: 10.12971/5175.
- Silva, A. A.; Melo, S. S.; Umbelino, B. F.; Sá, F. V. S.; Dias, N. S.; & Ferreira Neto, M. (2021) Cherry tomato production and seed vigor under irrigation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 25(6):380-385. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p380-385.
- Silva, A. Q., & Silva, H. (1997). Nutrição e adubação em anonáceas. In A. R. São José, I. V. B. Ouza, O. M. Moraes, & T. N. H. Rebouças (Eds.), *Anonáceas: produção e mercado pinha, graviola, atemóia e cherimólia*. Vitória da Conquista, BR: UESB-DFZ.
- Silva, E.N. da, Ribeiro, R.V., Silva, S.F.L., Viégas, R.A., & Silveira, J.A.G. (2011) Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agrícola*, 68(1):62-68. doi: 10.1590/S0103-90162011000100010.
- Silva, F.L.B., Lacerda, C.F., Sousa, G.G., Neves, A.L.R., Silva, G.L., & Sousa, C.H.C. (2011) Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(4):383-389. doi: 10.1590/S1415-43662011000400009.
- Silva, M.C., Silva, T.J.A., Bonfim-Silva, E.M., & Farias, L.N. (2014) Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(6):581-587. doi: 10.1590/S1415-43662014000600003.

- Silva, P.S., Menezes, J.B., Oliveira, O.F.; & Silva, P.I.B. (2004) Distribuição do teor de sólidos solúveis totais no melão. **Horticultura Brasileira**, 21(1):31-33. doi: 10.1590/S0102-05362003000100006.
- Simão, E. de P., Resende, A.V. de, Gontijo Neto, M.M., Borghi, E., & Vanin, A. (2018) Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 17(1):76-90.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). (Org.), Manual de métodos de análise de solo (3ª ed.). Brasília, DF: EMBRAPA.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução da disponibilidade de água de boa qualidade no decorrer dos anos está sendo um obstáculo para a produção de alimentos, principalmente, em regiões semiáridas, surgindo a cada dia a necessidade de desenvolver estratégias para lidar com a problemática. Desse modo, o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas que possibilitem a utilização de água salina e manejos que amenizem os impactos negativos dos sais sob a produção agrícola, é de extrema importância. Com base nestes princípios, o trabalho objetivou avaliar fisiologia, produção e qualidade pós-colheita de frutos de pinheira em função da irrigação com água salinas e combinação de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.

Após aplicação dos níveis salinos constatou-se que, as altas concentrações de sais presentes na água de irrigação induzem redução da atividade fotossintética, nos componentes de produção, na fluorescência da clorofila a e ocasionou danos à integridade da membrana celular dos tecidos foliares. A adubação com 125:125:100 da dose recomendada de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O promoveu a formação de frutos com maior teor de ácido ascórbico e de sólidos solúveis.

É importante destacar que, a partir dos resultados encontrados é necessário dar continuidade a pesquisa para agregar informações relativas ao nível de salinidade limiar e as limitações do estresse salino sobre a nutrição das plantas. Ademais, são incipientes na literatura trabalhos que avaliam a combinação de adubação na atenuação dos efeitos deletérios da salinidade na cultura da pinheira. Dessa forma, é de extrema importância para garantia da produção dessa fruteira no semiárido, o desenvolvimento de pesquisas que enfatizem a dinâmica sinérgica ou antagônica das combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em plantas cultivadas com águas salinas.