



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FÓSFORO E SALINIDADE DA ÁGUA NO CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E
OSMÓLITOS EM MUDAS DE PINHEIRA**

FRANCISCO HÉLIO ALVES DE ANDRADE

AREIA, 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FÓSFORO E SALINIDADE DA ÁGUA NO CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E
OSMÓLITOS EM MUDAS DE PINHEIRA**

FRANCISCO HÉLIO ALVES DE ANDRADE

Sob a Orientação do Professor

Walter Esfrain Pereira

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

Areia, PB
Fevereiro de 2018

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A553f Andrade, Francisco Hélio Alves de.

Fósforo e salinidade da água no crescimento, trocas gasosas e osmólitos em mudas de pinheira / Francisco Hélio Alves de Andrade. - Areia, 2018.
64 f.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Annona squamosa L. 3. Salinidade - água de irrigação. 4. Adubação fosfatada. 5. Produção de mudas. I. Pereira, Walter Esfrain. II. Título.

UFPB/BC



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**FÓSFORO E SALINIDADE DA ÁGUA NO CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E
OSMÓLITOS EM MUDAS DE PINHEIRA**

FRANCISCO HÉLIO ALVES DE ANDRADE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em Agronomia
(Agricultura Tropical) pela comissão organizadora:

**Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira - DFCA/CCA/UFPB
(Orientador)**

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante - PPGA/CCA/UFPB

Prof. Dr. Raimundo Andrade - DAE/CCHA/UEPB

Data da realização: 22 de Fevereiro de 2018.

Presidente da Comissão Organizadora
Dr. Walter Esfrain Pereira
(Orientador)

Dedico

A os meus pais Rita de Cassia Alves de Andrade e Francisco Ivo de Andrade, meus avós Maria do Carmo Alves e Sebastião Alves, Agostinha Braga e meu falecido avô Feliciano Vicente de Andrade, por sempre mostrar o caminho certo da vida.

A os meus irmãos Cicero Damião Alves de Andrade e Heberton Kelvi Alves de Andrade, por sempre me apoiarem na jornada acadêmica e ajudarem nos momentos difíceis.

Agradeço...

A DEUS, pela oportunidade da vida e fortalecimento em todos os momentos difíceis.

Ao Orientador, Dr. Walter Esfrain Pereira, por ter confiado em meu trabalho e pela assistência sempre que precisei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, (UFPB), pela oportunidade casual na realização deste curso.

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

Aos meus amigos que de alguma forma me ajudaram na minha pesquisa, Miguel Barbora, Anselmo Ferreira, Rafael Moraes, Tiago Aires, Rosinaldo, Doda, Flaviano, Aldevan, Eugênio Silva, Jucelino ao grupo LAPROV e o professor Josemir Moura Maia, por abrir as portas para realização de análises e assistência.

Aos amigos que fazem parte de minha vida Camila Ferreira, madrinha de crisma Ronimeire Torres, Isabela Clemente, Fátima Queiroz, Tiago Pereira, Ygor Leal, Rubéns Rolim, Kadson Frutuoso, Izabela Thaís, que sempre esteve dando força nesta caminhada.

A minha amiga especial Senhora Francisca das Chagas Sobrinha.

ANDRADE, F. H. A. **Fósforo e salinidade da água no crescimento, trocas gasosas e osmólitos em mudas de pinheira.** Areia, Paraíba: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Fevereiro. 2018, 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

RESUMO

A salinidade da água de irrigação torna-se um problema para as culturas, inclusive da pinheira, no entanto, a adoção de técnicas específicas devem contribuir para o uso de água salina na agricultura. O fósforo é um nutriente importante, pois em condições de deficiência limita o crescimento de mudas de pinheira. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência da salinidade da água e doses de superfosfato triplo (SFT) sobre o crescimento, trocas gasosas e osmólitos em mudas de pinheira. O experimento foi realizado em ambiente protegido de janeiro a março de 2017 na UFPB, Campus IV, Areia, PB, em delineamento de blocos casualizados com base na matriz de composto central de Box, referente às combinações de doses de superfosfato triplo (SFT) (0,0; 0,87; 3,0; 5,1; 6 g dm⁻³) e CEai (0,5; 1,1; 2,5; 3,9 e 4,5 dS m⁻¹). Foram avaliados: altura de planta, diâmetro do caule, massa da matéria seca da parte aérea, massa da matéria seca total, e os teores de Na⁺, K⁺, Ca⁺², P foliar, fotossíntese líquida, taxa de transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência do uso da água, eficiência de carboxilação, prolina, glicina-betaína, açúcares redutores e não redutores. Foi observado efeito de interação em diâmetro do caule, eficiência de carboxilação (A/C_i), glicina-betaína, açúcares redutores e açúcares não redutor. Já Altura de planta, Massa da matéria seca da parte aérea e total, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, índice de qualidade de Dickson, Na⁺, K⁺, Ca⁺², fósforo e prolina sofreram efeito quando são submetidas a doses de SFT. E as variáveis de Na⁺, K⁺, Ca⁺², fósforo, trocas gasosas e prolina sofreram efeito isolado do fator CEai. A interação de fósforo e CEai

promove maiores teores de osmólitos protetores glicina-betaina, açúcares redutores e açúcares não redutores em mudas de pinheira. Doses de superfosfato triplo e CEai elevadas, reduz o conteúdo de K^+ foliar e aumento a relação Na^+/K^+ . As doses de superfosfato triplo promove maior crescimento em mudas de pinheira, assim, aos 78 dias recomenda-se aplicação de $2,24 \text{ g dm}^{-3}$ de superfosfato triplo no substrato. As doses de superfosfato triplo não atenuaram os efeitos negativos da condutividade elétrica da água de irrigação. A dose de $4,8 \text{ g dm}^{-3}$ de SFT promoveu maior teor foliar de prolina. A salinidade da água de irrigação prejudica as trocas gasosas em mudas de pinheira e aumenta o conteúdo de prolina foliar. Tanto as altas condutividades elétricas da água de irrigação, quanto, as doses elevadas de SFT provocaram estresse as mudas de pinheiras.

Palavras-chave: *Annona squamosa* L., salinidade, adubação fosfatada, produção de mudas.

ANDRADE, Francisco Hélio Alves de. **Phosphorus and water salinity on growth, gas exchange and osmolytes on custard apple seedlings.** 2018. 64 p. Dissertation (Master of Science in Agronomy) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Advisor: Dr. Walter Esfrain Pereira

GENERAL ABSTRACT

The salinity of irrigation water becomes a problem for irrigation of crops, including custard apple, however, the adoption of specific techniques should contribute to use of saline water in agriculture. Phosphorus is an important nutrient, because under deficient conditions it limits the growth of seedlings. The aim of this study was to evaluate the influence of water salinity and triple superphosphate doses (TSP) on growth, gas exchange and osmolytes in *Annona squamosa* L. seedlings. The experiment was carried out under greenhouse conditions, from January to March, 2017 at the UFPB, Campus II, Areia, PB, in a randomized block design based on the Central Composite Box Design, referring to triple superphosphate doses (TSP) (0.0, 0.87, 3.0, 5.1, 6 g.dm⁻³) and CEai (0.5, 1.1, 2.5, 3.9 and 4.5 dS.m⁻¹). Were evaluated: plant height, stem diameter, shoot dry matter mass, total dry matter mass, Na⁺, K⁺, Ca⁺², P leaf content, net photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, water use efficiency, carboxylation efficiency, proline, glycine-betaine, reducing and non-reducing sugars. It was observed interaction effect on stem diameter, carboxylation efficiency (A / Ci), glycine-betaine, reducing sugars and non-reducing sugars. Plant height, total shoot dry matter mass, absolute growth rate, relative growth rate, Dickson quality index, Na⁺, K⁺, Ca⁺², phosphorus and proline had an effect when they were submitted to doses of TSP. And the Na⁺, K⁺, Ca⁺², phosphorus, gaseous exchange and proline variables had an isolated CEwi effect. The interaction of phosphorus and CEwi promotes higher levels of glycine-betaine, reducing sugars and non-reducing sugars in custard apple seedlings. Triple

superphosphate and CEwi high doses reduced K^+ leaf content and increased Na^+/K^+ ratio. Triple superphosphate doses promote greater growth in custard apple seedlings, so at 78 days, it is recommended to apply 2.24 g dm^{-3} of triple superphosphate in the substrate. Triple superphosphate doses did not attenuate the negative effects of the electrical conductivity of irrigation water. The dose of 3.2 g dm^{-3} of TSP promoted greater leaf content of proline. The salinity of irrigation water impairs gas exchange in custard apple seedlings and increases leaf proline content. Both the high electrical conductivities of the irrigation water, and the high doses of TSP caused stress to the custard apple seedlings.

Keywords: *Annona squamosa* L., salinity, phosphate fertilization, seedling production.

TABELAS E FIGURAS

ARTIGO I

CRESCIMENTO E TEORES FOLIARES DE Na^+ , K^+ , Ca^{2+} E P EM MUDAS DE PINHEIRA SOB ÁGUAS SALINAS E FÓSFORO NO SUBSTRATO

Tabela 1. Codificação dos tratamentos de SFT e CEai e seus respectivos níveis.....	23
Tabela 2. Atributos de fertilidade e físicos do solo e salinidade da água do açude Jacaré utilizado no experimento.....	24
Tabela 3. Atributos de salinidade do substrato no início (SI) e ao final do experimento.	25
Tabela 4. Análise de salinidade da água de irrigação utilizada no experimento.....	25
Figura 1. Diâmetro do caule (A) sob aplicação da CEai e doses de fósforo, altura de mudas (B), massa da matéria seca da parte aérea (C) e massa da matéria seca total (D) em função de doses de superfosfato triplo (AFT) em mudas de pinheira.....	29
Figura 2. Taxa de crescimento absoluto (A), taxa de crescimento relativo (B) e índice de qualidade de Dickson (C) em função de doses de superfosfato triplo (AFT) em mudas de pinheira.....	30
Figura 3. Teores foliares de Na^+ (A), K^+ (B), Ca^{+2} (C), relação Na^+/K^+ (D) e fósforo (E) em função da CEai em mudas de pinheira.....	32
Figura 4. Teores foliares de Na^+ (A), K^+ (B), Ca^{+2} (C), relação Na^+/K^+ (D) e fósforo (E) submetidas a doses de superfosfato triplo (SFT) em mudas de pinheira....	36

ARTIGO II

FÓSFORO E SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NAS TROCAS GASOSAS E OSMÓLITOS FOLIARES EM MUDAS DE PINHEIRA NORMAS DA REVISTA IRRIGA

Tabela 1. Codificação dos tratamentos de SFT e CEai e seus respectivos níveis.....	47
Tabela 2. Atributos de fertilidade e físicos do solo e salinidade da água do açude Jacaré utilizado no experimento.....	48
Tabela 3. Atributos de salinidade do substrato no início (SI) e ao final do experimento.	49
Tabela 4. Análise de salinidade da água de irrigação utilizada no experimento.....	49
Figura 1. Fotossíntese líquida (A) em função da condutividade elétrica da água de irrigação CEai aos 30 e 48 dias de estresse salino em mudas de pinheira.....	53
Figura 2. Taxa de transpiração (A) e condutância estomática (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação CEai aos 30 dias de estresse salino em mudas de pinheira.....	54
Figura 3. Concentração interna de CO ₂ (A) e eficiência do uso da água (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação CEai aos 48 dias, após o início da aplicação das concentrações salinas em mudas de pinheira.....	54
Figura 4. Eficiência de carboxilação em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) aos 30 dias e aos 48 dias de estresse salino em função da CEai e de doses de fósforo em mudas de pinheira.....	55
Figura 5. Aplicação diária de água na capacidade de retenção de 50% em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) em mudas de pinheira...	56
Figura 6. Teor de prolina foliar (A e B), açúcares não redutores (C e D), glicina-betaina (E) e açúcares redutores (F), em função da condutividade elétrica da água de irrigação CEai e doses de SFT aos 48 dias de estresse salino em mudas de pinheira.....	58

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS.....	16
ARTIGO I.....	19
CRESCIMENTO E TEORES DE Na^+ , K^+ , Ca^{+2} E P EM MUDAS DE PINHEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO FOSFATADA.....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS.....	37
ARTIGO II.....	43
TROCAS GASOSAS E TEORES DE OSMÓLITOS PROTETORES EM MUDAS DE PINHEIRA SUBMETIDAS A ESTRESSE SALINO E DOSES DE FÓSFORO..	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	44
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	60

INTRODUÇÃO GERAL

A pinha (*Annona squamosa* L.) conhecida como fruta-do-conde, ou, ata pertence à família das Anonáceas. Segundo Léon (1987) a pinha teve origem em terras da América central, logo depois México e introduzida no oriente médio nas Filipinas. Por sua adaptação às regiões áridas e semiáridas, o Brasil e Índia se destacam com as maiores áreas plantadas (COELHO et al., 2012). Em solo brasileiro a pinheira e a gravioleira são os mais populares entre as anonáceas, tendo a região Nordeste como a maior produtora, se destacando a Bahia, Pernambuco e Ceará e fora do nordeste São Paulo e Minas Gerais (LEMOS, 2014).

No Nordeste do Brasil, um dos grandes problemas se refere à presença de sais na água de irrigação e no solo, conforme Medeiros et al. (2012) a região é diferenciada por apresentar baixa precipitação pluviométrica e elevadas perdas de água por evapotranspiração, a qual, apresentar mais de 60% de áreas de climas áridos. Consequentemente, ocasionando elevação nas concentrações de sais nos locais de armazenamento de água, comprometendo assim, a qualidade da água de irrigação. Segundo Costa et al. (2011), o uso de técnicas adequadas na formação de mudas é de suma importância, para promover plantas saudáveis e vigorosas para formação dos pomares, por exemplo, melhoria do microclima de produção, volumes de recipientes, substratos, irrigação e nutrição. Esta etapa bem conduzida garante menor custo e maior produção.

Uma das técnicas que pode melhorar e maximizar a produção de mudas se diz respeito, a irrigação com água de baixa qualidade diluída com água de boa qualidade, no entanto, não ultrapassando os limites de cada cultura. Pois, em situações salinas os efeitos osmóticos e iônicos influenciam o desenvolvimento das plantas, promovendo alterações nas atividades metabólicas das células e no processo de alongamento celular, afetando o crescimento da planta, e podendo levar até a morte do vegetal (SAÍRAM; TYAGI, 2004; TAIZ et al., 2017). Já para (AHMED; MONTANI, 2010), além de proporcionar alteração no potencial osmótico, promove desequilíbrio nutricional,

onde induz a inibição do crescimento e conseqüentemente, agravos na atividade agrícola. Outros autores como, Oliveira et al. (2015) verificaram redução na emergência, crescimento e acúmulo de matéria seca com aumento salinidade da água de irrigação, em maracujazeiro amarelo.

A baixa disponibilidade de fósforo em solos brasileiros faz necessário uso de adubos fosfatados na produção de mudas. Sendo que o fósforo (P) é um elemento essencial para o metabolismo vegetal, em particularmente no desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea da planta, além de, auxiliar na germinação e melhoria na produção das culturas quando aplicado em doses ótimas (KNAPIK, 2005; MANICA et al., 2003). No entanto, planta com deficiência de fósforo apresenta baixa taxa de crescimento nos primeiros estágios de desenvolvimento, limitação fotossintética e afeta a produção das culturas (FAGERIA et al., 2004).

Em condições de estresse, algumas substâncias com função osmoprotetora contribuem para o ajustamento osmótico. Entre essas substâncias, a prolina, glicina-betaína e os carboidratos são as principais (ASHRAF et al., 2011) Na qual, suas funções são de reduzir perda de água, mantendo a turgência e o gradiente de absorção de água na célula (LISAR et al., 2012). Esses compostos orgânicos desempenham na estabilização de enzima/proteínas e proteção da membrana (BOHNERT; JENSEN, 1996).

Na tentativa de viabilizar o uso de água salina e o suprimento de adubação fosfatada na produção de mudas de pinheira, objetivou-se avaliar o desempenho de mudas de pinheira no crescimento, produção de biomassa, análises iônicas, trocas gasosas e osmolitos protetores como açúcares redutores e não redutores, prolina e, glicina-betaína sob condições salinas e adubação fosfatada.

REFERÊNCIAS

- AHMED, B. A.; MONTANI, I. S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 165-170, 2010
- ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v. 11, n.1, p. 249-296, 2011.
- BOHNERT, H. J.; JENSEN, R. G. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. **Trends in Biotechnology**, v. 14, n. 3, p. 89-97, 1996.
- COELHO, I. R.; CAVALCANTE, U. M. T.; CAMPOS, M. A. S.; SILVA, F. S. B. Uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na promoção do crescimento de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L., Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 933-937, 2012.
- COSTA, E.; DURANTE, L. G. Y.; NAGEL, P. L.; FERREIRA, C. R.; SANTOS, A. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 1017-1025, out-dez, 2011.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. **Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro**. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S. R. S. eds. Fósforo na agricultura Brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 2004. p.435 -455.
- KNAPIK, J. G. Utilização do Pó de Basalto como Alternativa à Adubação convencional na produção de Mudas de *Mimosa scabrella* BENTH e *Prunus sellowii* KOEHNE. 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba
- LEMOS, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 36, edição especial, e., p. 077-085, Janeiro 2014.
- LEON, J. **Botánica de los cultivos tropicales**. San José, IICA, 1987, 444p.

- LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. **Water stress in plants: causes, effects and responses**. In: RAHMAN, I. M. M. Water Stress. Rijeka: INTECH, 2012, p. 1-14.
- MANICA, I. **Frutas Anonáceas: Ata ou Pinha, Atemóia, Cherimólia e Graviola. Tecnologia de Produção, Pós-colheita e Mercado**. Porto Alegre, Cinco Continentes, 2003. 596p.
- MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.
- OLIVEIRA, F. A.; LOPES, M. A. C.; SÁ, F. V. S.; NOBRE, R. G.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; PAIVA, E. P. Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.4, p.471-478, Out./Dez. 2015.
- SAIRAM, R. K.; TYAGY, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v.86, n.3, p.407-421, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal, Porto Alegre, ARTMED**. 5º ed., 2017, 918p

ARTIGO I

CRESCIMENTO E TEORES FOLIARES DE Na^+ , K^+ , Ca^{2+} E P EM MUDAS DE PINHEIRA SOB ÁGUAS SALINAS E FOSFORO NO SUBSTRATO

NORMAS DA REVISTA IRRIGA

CRESCIMENTO E TEORES FOLIARES DE Na^+ , K^+ , Ca^{2+} E P EM MUDAS DE PINHEIRA SOB ÁGUAS SALINAS E FÓSFORO NO SUBSTRATO

1 RESUMO

Devido à salinidade da água de irrigação interferir diretamente no crescimento das plantas em geral, inclusive da de pinheira e o fósforo pelas suas funções no crescimento e porte de energias às plantas deve exercer efeitos positivos na atenuação dos sais às plantas. Assim, Pelo exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de superfosfato triplo, no crescimento e teores foliares de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e P de mudas de pinheira. O experimento foi realizado em ambiente protegido, no delineamento experimental de blocos casualizados com base na matriz de composto central de Box, referente a nove tratamentos com combinações de doses de fósforo de 0,0; 1,1; 3; 5,13 e 6 g dm^{-3} de superfosfato triplo (SFT) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) de 0,5; 1,1; 2,5; 3,91 e 4,5 dS m^{-1} no crescimento e teores foliares de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e fósforo em mudas de pinheira aos 78 dias após a semeadura. Foi observado efeito de interação para diâmetro do caule, no entanto, o crescimento sofreu efeito das doses de superfosfato triplo. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Fósforo foram estimulados pelos fatores isolados da CEai e SFT. As doses de SFT promove maior crescimento em mudas de pinheira, assim, aos 78 dias recomenda-se aplicação de 2,24 g dm^{-3} de superfosfato triplo no substrato; Doses de SFT e CEai elevadas reduz o conteúdo de K^+ foliar e aumento a relação Na^+/K^+ ; As doses de superfosfato triplo não atenuaram os efeitos negativos da CEai.

Palavras-chave: *Annona squamosa* L.; água salina; superfosfato triplo; produção de mudas.

GROWTH AND OF Na^+ , K^+ , Ca^{2+} AND P LEAF CONTENTS IN CUSTARD APPLE SEEDLINGS UNDER SALINE WATER AND PHOSPHORUS IN SUBSTRATE

2 ABSTRACT

Due to the salinity of the irrigation water directly interfere in the growth of the plants in general, and the phosphorus by its functions in the growth and energy carrying of the plants must exert a positive effect on the attenuation of the salts to the plants. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of the electrical conductivity of irrigation water (CEai) and triple superphosphate doses on the growth and leaf contents of Na^+ , K^+ , Ca^{+2} and P of custard apple seedlings. The experiment was carried out under greenhouse conditions, in a randomized block design based on the Central Composite Box Design, referring to nine treatments with combinations of triple superphosphate doses (TSP) (0.0, 0.87, 3.0, 5.1, 6 $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$) and electrical conductivity of irrigation water (CEai) (0.5, 1.1, 2.5, 3.9 and 4.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$), in the growth and foliar contents of Na^+ , K^+ , Ca^{+2} and phosphorus in custard apple seedlings at 78 days after sowing. An interaction effect was observed for stem diameter; however, growth was affected by triple superphosphate doses. Na^+ , K^+ , Ca^{+2} and P leaf contents were stimulated by the factors isolated from CEai and TSP. The doses of TSP promoted greater growth in custard apple seedlings, so at 78 days it is recommended to apply 2.24 g dm^{-3} of triple superphosphate in the substrate; High TSP and CEai doses reduce K^+ leaf content and increase Na^+/K^+ ratio; Triple superphosphate doses did not attenuate the negative effects of CEai.

Keywords: *Annona squamosa* L.; saline water; triple superphosphate; seedling production

3 INTRODUÇÃO

A pinha (*Annona squamosa* L.) conhecida como fruta-do-conde, ou ata, pertence à família das Anonáceas. Segundo Léon (1987), a pinha teve origem em terras da América central, logo depois México e introduzida no oriente médio nas Filipinas. Por sua adaptação a regiões áridas de semiáridas o Brasil e Índia se destacam com as maiores áreas plantadas (COELHO et al., 2012). Dentre as anonáceas, a pinheira e a gravioleira são as mais importantes na região Nordeste que é a maior produtora, se destacando a Bahia, Pernambuco e Ceará, e no Sudeste os Estados de São Paulo e Minas Gerais (LEMOS, 2014).

As águas utilizadas para irrigação, na região Nordeste, seja de barragens, rios e poços possuem condutividade elétrica, na maioria dos casos, superior ao tolerado para irrigação, durante a formação de mudas. Na tentativa de reduzir o problema, o uso de técnicas que possibilitem o uso de águas de nível salino mais elevado deve ser adotado. Nesse contexto se insere os biofertilizantes e drenagem do substrato Mesquita et al. (2015), substratos por Silva Junior et al. (2017) e diluição de águas salinas na produção de mudas, pode habilitar o uso na formação de mudas.

Conforme Silva Junior et al. (2017) a salinidade diminui o potencial osmótico, reduzindo a disponibilidade água no solo comprometendo o rendimento das culturas. No entanto, o K^+ e Ca^{+2} interagem positivamente durante o desenvolvimento de plantas de várias espécies e um efeito benéfico desses íons ocorre nas condições de estresse salino (WU et al., 2014; DINIZ NETO et al., 2014; SILVA et al., 2017).

Um fator fundamental na formação de mudas é o uso de fósforo, uma vez que os solos brasileiros são desprovidos do mesmo. O fósforo faz parte do crescimento da planta Pois, é constituinte de molécula de ATP e NADPH formada na fase fotoquímica da fotossíntese, e posteriormente usado no ciclo de Calvin Benson (TAIZ; ZAIGER et al., 2017). Assim, o fosforo atua como estimulante no crescimento de biomassa, evidenciado por Samarão et al. (2011), que

verificaram incremento da massa da matéria seca da parte aérea de mudas de gravioleira com aplicação de doses de fósforo no solo.

No entanto, a salinidade da água afeta negativamente o crescimento de mudas, como também, a baixa disponibilidade de fósforo no substrato. Com isso, objetivou-se avaliar o crescimento, teores de Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e P foliares em mudas de pinheira submetidas à salinidade da água e doses de fósforo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de janeiro a março de 2017, em ambiente protegido no Setor de Fruticultura da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB, situado na Mesorregião do Agreste Paraibano e Microrregião do Brejo paraibano. Segundo a classificação de Koppen o clima é AS', quente e úmido, com temperatura máxima de 29,5 e mínima 18,7 °C, umidade relativa entre 77,4 a 91%. Durante o período experimental a temperatura do ar no interior da estufa variou de 43,0 e mínima de 22,7°.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos obtidos com base no composto central de Box, somando nove tratamentos com combinações entre doses de fósforo e condutividade elétrica das águas de irrigação (CEai) (Tabela 1 e 2). A fonte de superfosfato triplo na formulação de 46% de Fósforo e 10% de cálcio, sendo introduzida no substrato na profundidade de 10 cm, e a condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) através da diluição de uma água salina com água do açude do jacaré da cidade de Remígio, PB.

As sementes foram provenientes de frutos maduros de forma manual, proveniente do pomar da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, Catolé do Rocha, Paraíba. Posterior às sementes foram lavadas em água corrente e postas a secarem a sombra durante 48 horas. A semeadura foi realizada na profundidade de 1 cm em sementeiras com capacidade de 200 células, após a

emergência foi transplantado para os recipientes plásticos com capacidade de 4 dm³, com substrato constituído pela combinação de solo (60%), vermiculita (30%) e areia lavada com água (10%) do volume do substrato, conforme Alves (2012).

Tabela 1. Codificação dos tratamentos de SFT e CEai e seus respectivos níveis

Tratamentos	Valores		Níveis	
	SFT	CEai	SFT	CEai
1	0,87	1,1	-1	-1
2	5,13	1,1	1	-1
3	5,13	3,91	1	1
4	0,87	3,91	-1	1
5	3	0,5	0	- α
6	3	2,5	0	0
7	3	4,5	0	α
8	0	2,5	- α	0
9	6	2,5	α	0

O solo utilizado como parte do substrato, conforme os Critérios do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo - SiBCS, foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Amarelo distrófico de textura arenosa (SANTOS et al., 2013) coletada na camada de 0 a 20 cm. Após coletado, o material de solo submetido às análises de químicas quanto à fertilidade e salinidade, física empregando as metodologias contidas em (EMBRAPA, 2009) (Tabela 3).

Tabela 2. Atributos de fertilidade e físicos do solo e salinidade da água do açude Jacaré utilizado no experimento

Fertilidade	Valores	Físicos	Valores	Água	Valores
pH em água (1:2,5)	6,2	AG (g kg⁻¹)	454	pH	7,8
P (mg dm⁻³)	45,96	AF (g kg⁻¹)	435	CE (dS m⁻¹)	41,85
K⁺ (mg dm⁻³)	127,5	Silte (g kg⁻¹)	192	Ca⁺² (mmolc L⁻¹)	8,68
Na⁺ (cmolc dm⁻³)	0,09	Argila (g kg⁻¹)	219	Mg⁺² (mmolc L⁻¹)	127,5
Ca⁺²+Mg⁺² (cmolc dm⁻³)	1,80	Ada (g kg⁻¹)	27	Na⁺ (mmolc L⁻¹)	362,9
Ca⁺² (cmolc dm⁻³)	0,98	GF (%)	87,7	K⁺ (mmolc L⁻¹)	8,23
Mg⁺² (cmolc dm⁻³)	0,82	Ds (g cm⁻³)	1,00	SO₄⁻² (mmolc L⁻¹)	23,02
Al⁺³ (cmolc dm⁻³)	0,00	Dp (g cm⁻³)	2,61	CO₃⁻² (mmolc L⁻¹)	4,25
H⁺+Al⁺³ (cmolc dm⁻³)	1,32	Pt (m³ m⁻³)	0,62	HCO₃⁻ (mmolc L⁻¹)	18,75
SB (cmolc dm⁻³)	2,22	Ucc (g kg⁻¹)	169,3	Cl⁻ (mmolc L⁻¹)	568,0
C (g kg⁻¹)	6,03	Upmp (g kg⁻¹)	117,91	RAS (mmolc L⁻¹)	43,98
M.O g kg⁻¹	10,40	Ad (g kg⁻¹)	51,40	PSS (%)	71, 53
CTC (cmolc dm⁻³)	3,54	Classe textural	F. A. A.	Classificação	C ₄ S ₄
V (%)	62,71				

SB: Soma de base; C: Carbono; CTC: Capacidade de troca de catiônica; V: Saturação por base; AG: Areia grossa; AF: Areia fina; Ada: Argila disponível em água; GF: Grau de floculação; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade total; Ucc: Umidade volumétrica ao nível da capacidade de campo – 0,033 Mpa; Upmp: Umidade ao nível do ponto de murchamento permanente - 1,5 Mpa; Ad: Água disponível, M.O: Matéria orgânica; C.E.: Condutividade elétrica; RAS: Relação de adsorção de sódio; PST: Porcentagem de sódio solvido.

As análises de salinidade dos substratos foram realizadas antes da aplicação do experimento e após 78 do transplante das mudas de pinheira para os vasos, nos quais foram realizados as análises de salinidade do extrato de saturação do substrato (Tabela 3). No início do experimento foram realizadas às análises de salinidade da água de irrigação após as diluições com a água do açude Jacaré, Remígio, PB utilizada no experimento (Tabela 4).

Tabela 3. Atributos de salinidade do substrato no início (SI) e ao final do experimento

Trat	pH	C.E.	SO ₄ ⁻² mgL ⁻¹	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	PSS	Classif.
.....mmol _c L ⁻¹														
*SI	7,8	0,62	222,11	1,18	4,16	3,00	2,0	1,00	0,00	20,00	10,00	3,40	3,61	N. salino
1	6,5	4,10	98,15	2,81	24,73	11,50	2,5	9,00	0,00	5,00	65,00	10,31	12,24	Salino
2	6,58	4,78	484,84	2,10	14,46	11,00	1,5	9,50	0,00	5,00	25,00	6,17	7,27	Salino
3	6,34	6,49	56,38	2,27	30,92	11,50	1,0	10,5	0,00	5,00	55,00	12,89	15,08	S.sódico
4	5,81	4,15	149,96	2,14	12,47	8,50	3,0	5,50	0,00	5,00	15,00	6,05	7,12	Salino
5	6,7	3,7	171,62	2,73	3,90	9,00	1,5	11,5	0,00	0,00	11,00	6,00	10,12	N. Salino
6	5,53	5,66	187,86	2,10	17,90	11,00	3,0	8,00	0,00	5,00	25,00	7,63	9,09	Salino
7	5,87	12,22	146,10	3,29	60,33	16,00	4,5	11,5	0,00	5,00	95,00	21,33	23,20	S.sódico
8	5,51	5,31	134,49	1,91	19,22	8,00	0,0	8,00	0,00	0,00	50,00	9,61	11,44	Salino
9	5,67	9,05	149,96	2,47	39,99	16,50	4,5	12,0	0,00	5,00	85,00	13,92	16,16	S.sódico

C.E.: Condutividade Elétrica; RAS: Relação de Adsorção de Sódio; PST: Porcentagem de Sódio Solvido.

Tabela 4. Análise de salinidade da água de irrigação utilizada no experimento

CEai	pH	SO ₄ ⁻² mgL ⁻¹	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	PSS	Classif
.....mmol _c L ⁻¹													
0,5	6,76	4,56	0,22	2,86	0,35	0,12	0,23	0,00	2,10	2,90	6,84	8,11	C ₂ S ₁
1,1	7,13	5,63	0,29	5,69	0,83	0,16	0,67	0,00	2,60	7,60	8,83	10,53	C ₃ S ₂
2,5	7,60	7,89	0,57	13,89	1,93	0,25	1,68	0,20	2,00	19,00	14,14	16,39	C ₃ S ₂
3,9	7,80	11,30	0,69	21,39	3,43	0,32	3,11	0,5	3,30	32,00	16,33	18,33	C ₄ S ₄
4,5	8,03	12,83	0,85	25,01	3,61	0,36	3,25	0,70	3,10	36,60	18,62	20,76	C ₄ S ₄

CEai: Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS: Relação de adsorção de sódio; PSS: Porcentagem de sódio Solvido. Classificação de (RICHARDS, 1954).

A irrigação foi iniciada aos 20 dias após a emergência e foi realizada a cada dois dias, sempre mantendo a umidade do substrato e 50 %. Na qual se pesou 500g de solo seco, foi introduzido em um funil de vidro, posteriormente inserido 200 ml de água. Após 3 horas foi verificada quantidade de água retida pelo substrato, sendo chamado de capacidade de retenção de água do substrato (CRAS) de 100%. Posteriormente calculado para 40% da CRAS. Fórmula:

$$CRAS = MR + MSS + ARS$$

CRAS = Capacidade de retenção de água do substrato;

MR= Massa do recipiente;

MSS= Massa do substrato seco;

ARS= Água retida no substrato.

Aplicação de água foi seguida pela formula: $AAD = CRAS - CRAS_{48h}$

AAD = Aplicação de água diária;

CRASF = Capacidade de retenção de água do substrato fixo;

CRAS48h = Capacidade de retenção de água do substrato após 48 horas.

Após 78 dias da implantação do experimento foram determinadas as seguintes variáveis: altura da muda, diâmetro do caule, massa da matéria seca da parte aérea, massa da matéria seca total, e os teores de Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , P.

A altura de mudas (AM) foi medida com régua graduada em centímetro, tomando como referência a distância do colo ao ápice caulinar da planta e o diâmetro do colo (DC) foi calculado com auxílio de um paquímetro digital de 0,1 mm de precisão, no colo da planta a 1 cm do solo.

A massa da matéria seca, tanto da parte aérea (MMSPA), quanto total da planta (MMST), foi obtida através da pesagem do material vegetal seco em estufa com circulação de ar a 65°C por 72 horas.

A taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de crescimento absoluto (TCA) foi obtido partir dos dados de altura de planta e diâmetro do caule, conforme Benincasa (2003) e Floss (2004).

Através das formulas:

$$TCR = \frac{M2 - M1}{T2 - T1}$$

$$TCA = \frac{\ln M2 - \ln M1}{T2 - t1}$$

Na qual:

TCA = Taxa de crescimento absoluto;

TCR = Taxa de crescimento relativo;

M1 = Medição inicial da altura ou diâmetro;

M2 = Medição final da altura ou diâmetro;

T2-T1 = Intervalo de tempo;

ln = logarítimo natural ou neperiano.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960) foi determinado mediante a seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MMST}{\frac{H}{D} + \frac{MMSR}{MMSPA}}$$

Onde:

MMST: Massa da massa seca total (g);

H: Altura da parte aérea (cm);

D: Diâmetro do colo (mm)

MMSR: Massa da matéria seca das raízes (g);

MMSPA: Massa da massa seca da parte aérea (g).

Os teores de íons Na⁺, K⁺ e Ca²⁺ foram determinados no Laboratório para Tecnologias de Produção Vegetal da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, Catolé do Rocha, PB. As

análises foram realizadas de acordo com Silva et al. (2009) em extratos aquosos obtidos pela adição de 50 mg de matéria seca (MS) de folhas para 10 mL de água deionizada.

O teor foliar de fósforo foi determinado no Laboratório de Análise de Tecido de Planta, Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, PB, por digestão com H_2O_2 e H_2SO_4 contido em TEDESCO et al. (1995).

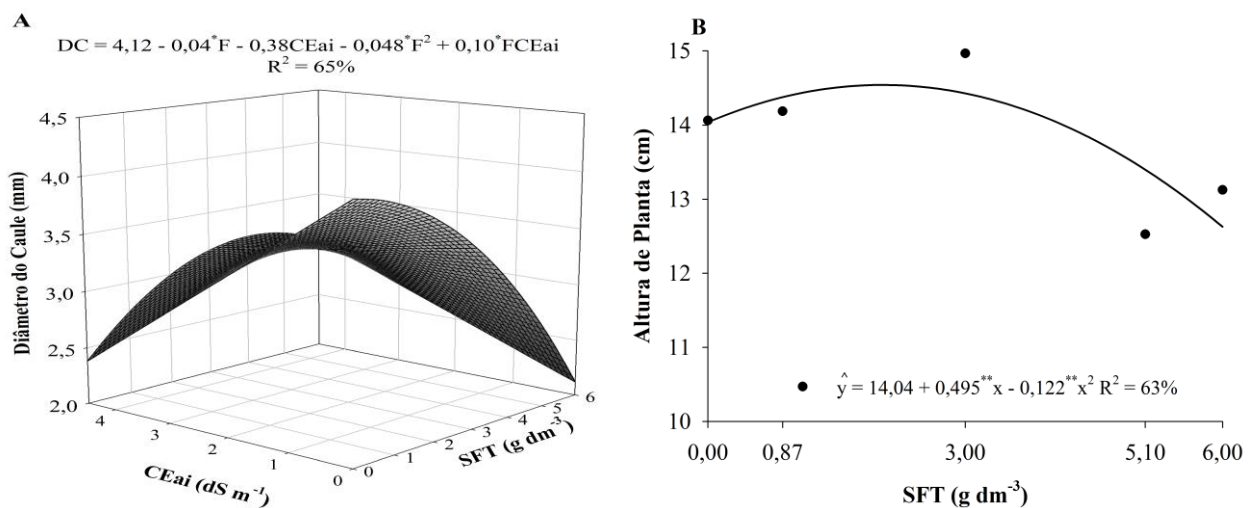
Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão até 5% de significância, utilizando o programa SAS[®] University (CODY, 2015).

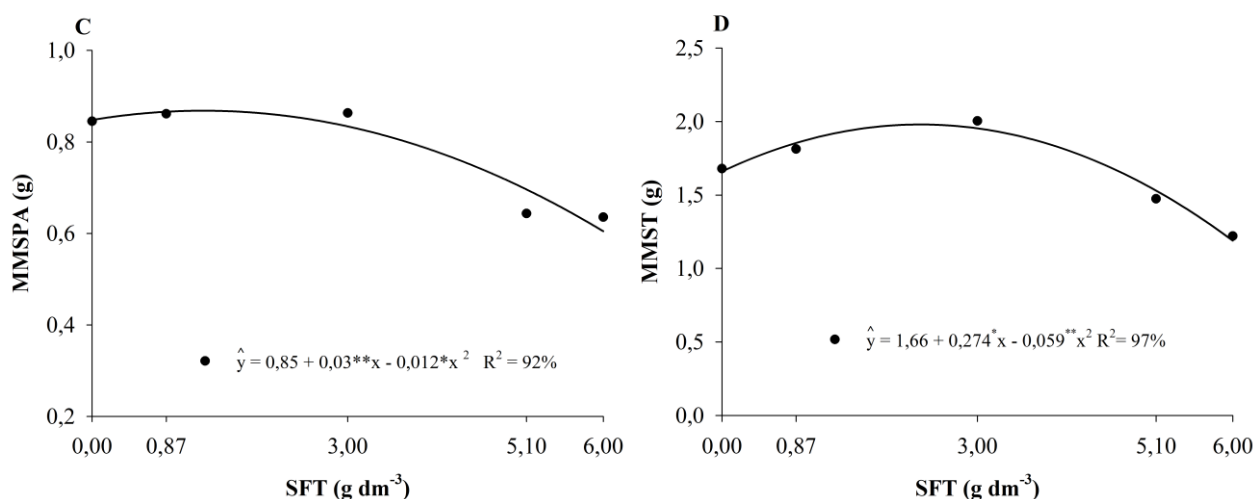
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre doses de fósforo e salinidade das águas exerceu efeitos significativos no diâmetro do caule, pelos resultados da (Figura 1A) constata-se que o aumento da salinidade da água e das doses de superfosfato triplo inibiu o crescimento das plantas pelo diâmetro caulinar. No entanto, o maior diâmetro de 3,93 mm (Figura 1A) correspondeu a dose estimada de $0,125 \text{ g dm}^{-3}$ de SFT nas plantas irrigadas com a água de menor salinidade de 0,5 CEai. Pela respectiva Figura, constata-se que condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) acima de 0,5 CEai e doses acima $0,125 \text{ g dm}^{-3}$ de SPT inibiram o crescimento no diâmetro do caule. Também foi verificado redução do diâmetro do caule com aumento da salinidade por Sá et al. (2015) em mudas de pinheira. Essa redução pode ser resposta do desbalanço nutricional provocado pelo complexo de sais, mas também ao efeito iônico específico de Na^+ e Cl^- que são os componentes em maior proporção de todas as águas utilizadas na irrigação das mudas (Tabela 4), induzindo a toxicidade às plantas até mesmo nas doses crescentes de fósforo. Outro fato importante, a aplicação diária de água foi maior nos tratamentos com maiores concentrações de CEai e SFT, uma vez que, o ajustamento osmótico acarretou menor absorção de água pela maior concentração de solutos no substrato.

O aumento das doses de superfosfato triplo promoveu o crescimento das mudas em altura (Figura1B), e formação de biomassa da matéria seca da parte aérea (Figura1 C) e total das mudas (Figura1D) até os maiores valores de 14,50 cm, 0,86 e 2,00 g muda⁻¹ respectivamente as doses máximas estimadas de 2,02; 1,25 e 2,32 g dm⁻³ de SFT, com valores estimados. Esses resultados estão diferente com os de Pereira et al. (2015) que obtiveram de massa da matéria seca da parte aérea com 5,84 g dm⁻³ e massa da matéria seca total de 5,79 g dm⁻³ em mudas de pinheira.

Figura 1. Diâmetro do caule (A) sob aplicação da CEai e doses de fósforo, altura de mudas (B), massa da matéria seca da parte aérea (C) e massa da matéria seca total (D) em função de doses de superfosfato triplo (AFT) em mudas de pinheira.

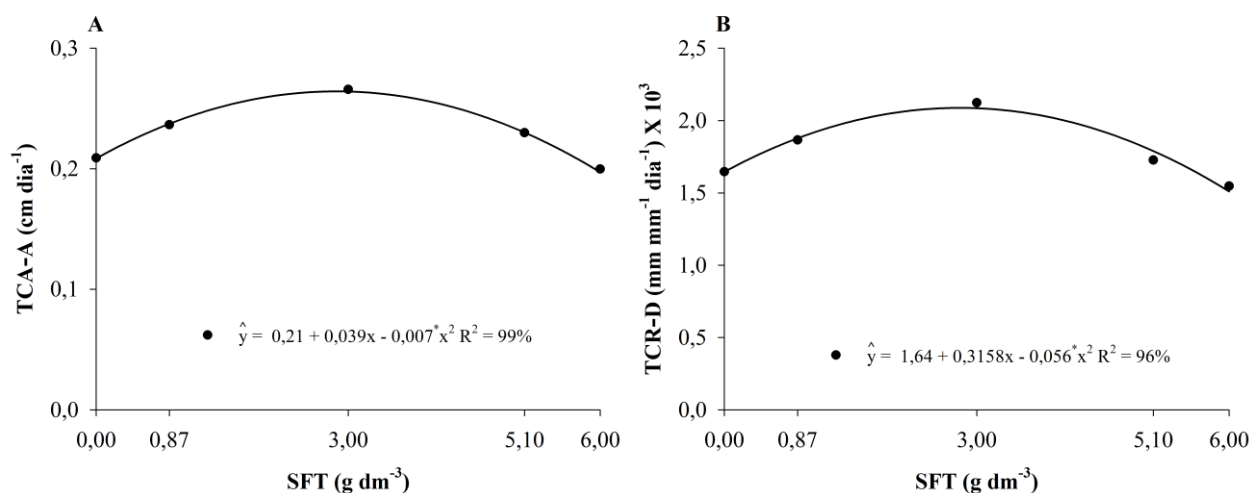


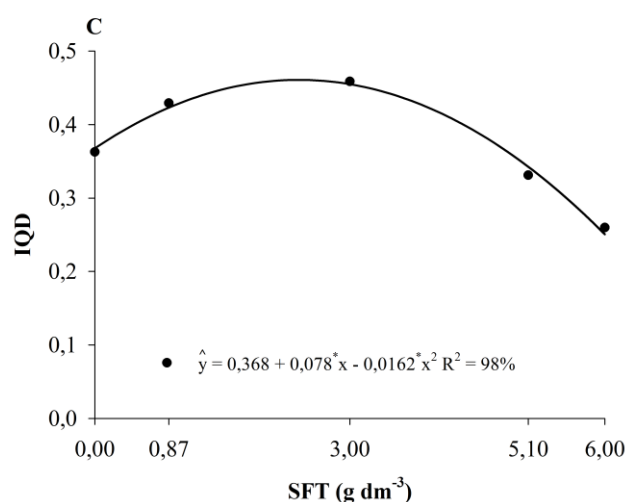


******, *****; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F.

O e crescimento absoluto em altura, relativo do caule e o índice de qualidade das mudas exibiram respostas semelhantes aos efeitos das doses de SFT (Figura 2). A taxa de crescimento absoluta da altura (Figura 2A), relativo do diâmetro caulinar (Figura 2B) e o índice de qualidade das mudas (Figura 2C) aumentaram, respectivamente de 0,210 para 0,264 cm dia⁻¹, 1,64 para 2,09 mm mm⁻¹ dia⁻¹ e de 0,368 para 0,461 entre as mudas do substrato sem fósforo e nas doses máximas estimadas de 2,78; 2,82 e 2,41 g dm⁻³ de superfosfato triplo ou de fósforo.

Figura 2. Taxa de crescimento absoluto (A), taxa de crescimento relativo (B) e índice de qualidade de Dickson (C) em função de doses de superfosfato triplo (AFT) em mudas de pinheira.





**, *; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

Para o crescimento em altura, a dose máxima estimada de SFT foi a mesma apresentada o por Fey et al. (2010) em mudas de maracujazeiro amarelo adubadas com superfosfato simples irrigadas com água sem restrição para agricultura. O maior incremento da taxa de crescimento relativo (TCR-D) de 2,1 foi encontrado na dose estimada de 2,82 g dm⁻³ (Figura 2 B). Já Fey et al (2010) verificaram diminuição da TCR em virtude da aplicação de fosforo e dos dias de avaliação. O fosforo em quantidades ideais promove efeitos crescentes na TCR. Porém, valores elevados provocam toxicidade iônica e consequentemente aumento da taxa respiratória, Implicando maior gasto com a manutenção das estruturas, resultando em maior respiração (PEREIRA, 1989).

A TCR é conceituada como um índice de eficiência, já que representa a capacidade da planta em produzir material novo (FEY et al., 2010). Conforme Chiariello et al. (1991), na avaliação do crescimento relativo não necessitar de pressuposições matemáticas a TCR é mais efeitos de manejo agrônômico.

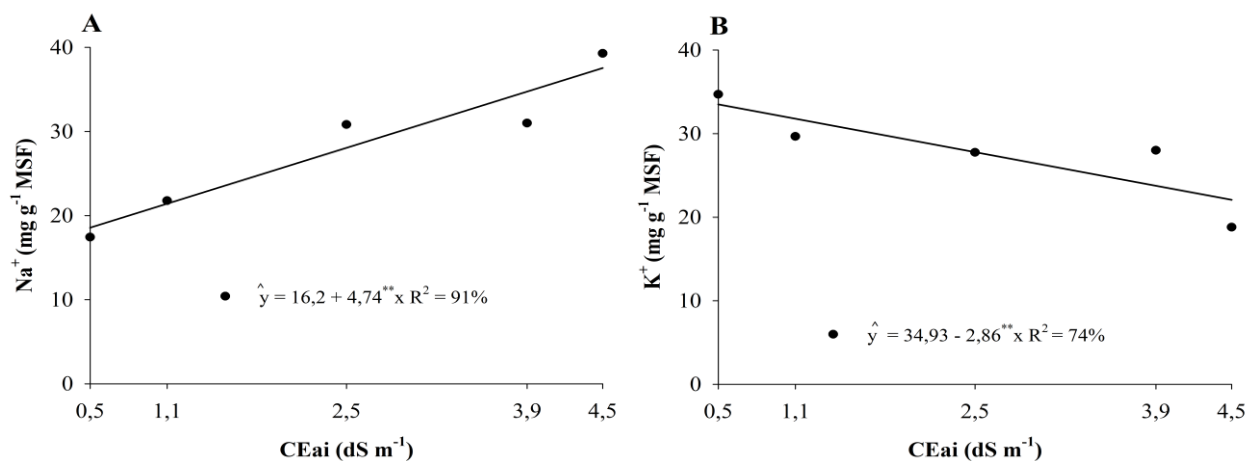
A dose estimada de 2,41 g dm⁻³ promoveu maior valor (0,462) no índice de qualidade de Dickson (IQD). A eficiência do fósforo também foi constatado por outros pesquisadores, Freitas et al. (2013) constatarem efeito positivo no IQD na dose 143,16 mg P muda⁻¹ em mudas de pinheira, e

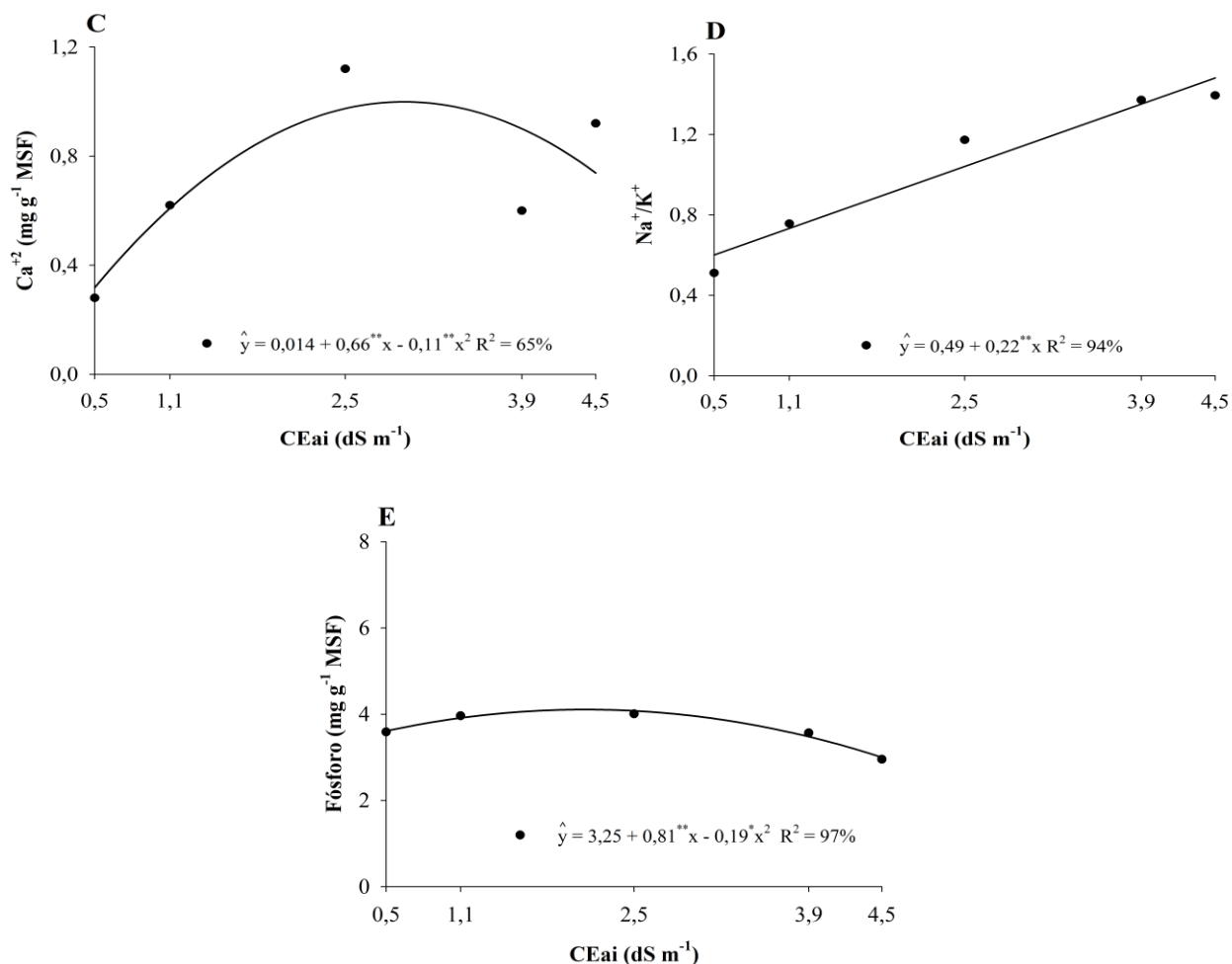
Freitas et al. (2017) verificaram efeito linear crescente para IQD, onde a maior dose de fósforo 600 mg dm⁻³ por 25% da saturação de base resultou em maior valor de IQD em mudas de *Cassia grandis*. O índice de qualidade de Dickson é um dos melhores parâmetros utilizados para avaliação da qualidade de mudas. Quanto maior o valor do IQD, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES; PAIVA, 2012).

Os maiores incrementos na taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e índice de qualidade de Dickson devem representar estímulo do fósforo ao potencial genético da cultura, provavelmente por fazer parte de moléculas de nucleotídeo do DNA, composto que armazena e disponibiliza energia para as atividades e funções metabólicas. O fósforo Também faz parte de moléculas energéticas como ATP e NADPH que auxilia na formação dos esqueletos de carbono, e consequentemente no crescimento vegetal. No entanto, altas doses de fósforo diminuiu o crescimento da pinheira, provavelmente devido à toxicidade iônica acarretando degradação das membranas celulares e necrose foliar.

Os teores de Na⁺, K⁺, Ca⁺², Na⁺/K⁺ e fósforo sofreram significância no efeito isolado dos fatores, condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de superfosfato triplo (SFT) em mudas de pinheira (Figura 3 e 4).

Figura 3. Teores foliares de Na⁺ (A), K⁺ (B), Ca⁺² (C), relação Na⁺/K⁺ (D) e fósforo (E) em função da CEai em mudas de pinheira.





******, *****; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

Para os teores de Na^+ e relação Na^+/K^+ houve acréscimo com o aumento da CEai com aumento unitário de 16,2 mg g⁻¹ MSF e relação 0,46 (Figura 3A e D). Enquanto que, os maiores valores encontrados foram 37,53 mg g⁻¹ MSF de Na^+ e 1,48 de Na^+/K^+ na CEai de 4,5 dS m⁻¹.

O aumento no teor de Na^+ se deve o maior acúmulo de sódio tanto na substrato de 60 mmol_c L⁻¹ (Tabela 3), e na adição da água salina (Tabela 4) com 25mmol_c L⁻¹ por irrigação no maior valor da CEai de 4,5 dS m⁻¹. Alves et al. (2011) constataram maior teor foliar de Na^+ com o aumento da salinidade em plantas de cajueiros.

Já o complemento da relação Na^+/K^+ foliar se deve, por incremento no teor de Na^+ (Figura 3A) e redução na quantificação de K^+ (Figura 3B) foliar provocada pelo aumento da condutividade

elétrica da água de irrigação (CEai). Conforme Greenway; Muns (1980), estes tipos de relação são fundamentais para o funcionamento normal da celular sob condições de estresse salino. No entanto, os mesmos autores relatam que relação igual ou menor que 0,6 é primordial para manutenção na eficiência do metabolismo em plantas não-halófitas.

O teor de K^+ na folha diminuiu com o aumento da condutividade da água de irrigação (Figura 3B). O maior teor do íon foi estimado por derivação na CEai de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ evidenciando valor de $33,5 \text{ mg g}^{-1}$ MSF. Alves et al. (2011) também constataram redução com o aumento da salinidade em plantas de cajueiro. O acúmulo de Na^+ na célula ocasiona distúrbios metabólicos, devido competição com o K^+ pelos sítios ativos das enzimas (BLUMWALD, 2000).

O teor de Ca^{+2} na folha em função da condutividade elétrica da água de irrigação teve comportamento quadrático e valor ótimo em 3 dS m^{-1} , acarretando valor de 1 mg g^{-1} de MSF (Figura 3 C). A CEai interfere negativamente o acúmulo de Ca^{+2} a partir da concentração de 3 dS m^{-1} . Alves et al. (2011) relatam, que a aplicação de Ca^{+2} no meio radicular aumentou o influxo de Na^+ em plântulas de cajueiro. Apse; Blumwald (2007) mencionam que a absorção de Na^+ pelas raízes das plantas é mediado por vias sensíveis e insensíveis a Ca^{+2} . Assim, provavelmente a cultura da pinheira tenha absorção de Na^+ por vias insensíveis a Ca^{+2} , havendo um aumento do Ca^{+2} até 3 dS m^{-1} . Conforme Niu et al. (1995) relataram, que o rápido aumento do Ca^{+2} no citoplasma atua como sinal de estresse, onde não se confirma efeito de tolerância ao estresse salino.

A condutividade elétrica da água de irrigação estimula o aumento do conteúdo de fósforo foliar até $2,13 \text{ dS m}^{-1}$, a partir deste valor a redução significativa no teor de fósforo foliar (Figura 3E). Fernandes et al. (2002) não constataram, efeito no acúmulo de fósforo foliar em razão da salinidade. No entanto, os mesmos autores verificaram que houve redução no conteúdo de fósforo radicular a partir de 15 mmol L^{-1} de NaCl. Provavelmente o aumento do NaCl (Tabela 3) no

substrato a partir de $2,13 \text{ dS m}^{-1}$ tenha acarretado menor atividade do superfosfato triplo ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) na solução do substrato.

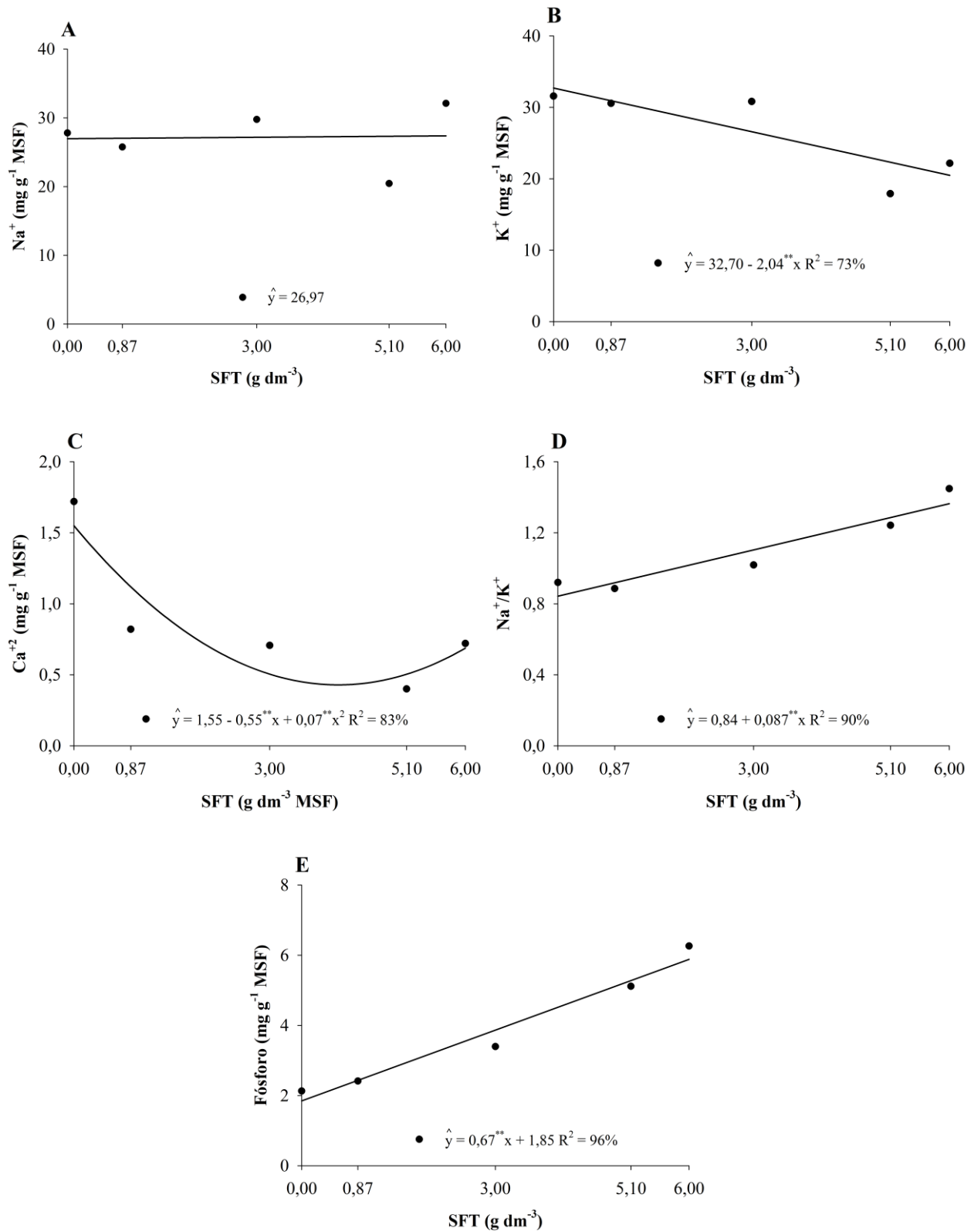
O conteúdo de Na^+ foliar não sofreu efeito quando submetido a doses de superfosfato triplo (Figura 4A). Já para o conteúdo de K^+ pode-se observar uma redução com aumento das doses de superfosfato triplo (Figura 4B). Assim, percebe-se que pode existir uma relação negativa entre K^+ e o superfosfato triplo em mudas de pinheira. Já soares et al. (2007) não constataram efeito no conteúdo de K^+ em mudas de graviola.

Para o conteúdo de Ca^{+2} pode-se perceber redução com aumento das doses de superfosfato triplo até a dose estimada por derivação de $3,9 \text{ g dm}^{-3}$, e posteriormente incremento até a dose de 6 g dm^{-3} de superfosfato triplo (Figura 4C). Soares et al. (2007) encontraram maior conteúdo de Ca^{+2} na parte aérea de $3,37 \text{ mg g}^{-1}$ em mudas de graviola, sendo mais de três vezes superior ao encontrado na Figura 4C.

As doses de superfosfato triplo elevou a relação Na^+/K^+ com forme o aumento das doses. Isso ocorreu devido que o conteúdo de K^+ foi reduzido com aumento do superfosfato triplo. Já o teor de fósforo foliar aumentou com as doses crescentes de superfosfato triplo (Figura 4E). Lima et al. (2015) também constataram que, o aumento das doses de fósforo eleva o teor do mesmo na parte aérea em mudas de *Toona ciliata*. Já Soares et al. (2007) averiguaram que, a variação 0 a 120 mg dm^{-3} de P_2O_5 não influenciaram o conteúdo e fósforo na parte aérea em mudas de graviola.

Desta forma, a maior dose de fósforo não se torna viável para a produção de mudas de pinha, pois o maior incremento de fitomassa seca da planta e índice de qualidade Dickson foi constatado na dose $2,4$ e $2,3 \text{ g dm}^{-3}$ de fósforo.

Figura 4. Teores foliares de Na^+ (A), K^+ (B), Ca^{+2} (C), relação Na^+/K^+ (D) e fósforo (E) submetidas a doses de superfosfato triplo (SFT) em mudas de pinheira.



******, *****; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F.

6 CONCLUSÕES

As doses de superfosfato triplo promove maior crescimento em mudas de pinheira, assim, aos 78 dias recomenda-se aplicação de $2,24 \text{ g dm}^{-3}$ de superfosfato triplo no substrato;

Doses de superfosfato triplo e CEai elevadas reduz o conteúdo de K^+ foliar e aumento a relação Na^+/K^+

As doses de superfosfato triplo não atenuaram os efeitos negativos da condutividade elétrica da água de irrigação.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, A. S. **Componentes e fertilidade de substratos na formação de mudas de atemoeira**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2012.

ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.602-608, 2011.

APSE, M.P.; BLUMWALD, E. Na^+ transport in plants. **FEBS Letters**, v.581, n.12, p.2247-2254, 2007.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BLUMWALD, E. Sodium transport and salt tolerance in plant cells. *Current Opinion of Cell Biology*, v. 12, n.4, p. 76-112, 2000.

CHIARIELLO, N. R.; MOONEY, H. A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: Pearcy, R. W.; Ehleringer, J. R.; Mooney, H. A. (Eds.). **Plant Physiological Ecology: fields and instrumentation**. New York: Chapman and Hall, 1991. p. 328-365.

CODY, R. **Introdução à SAS University Edition**, p. 49, 2015.

COELHO, I. R.; CAVALCANTE, U. M. T.; CAMPOS, M. A. S.; SILVA, F. S. B. Uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na promoção do crescimento de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L., Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 933-937, 2012.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, n.1, p.10-13, 1960.

DINIZ NETO, M.A.; SILVA, I. de F. da; CAVALCANTE, L.F.; DINIZ, B.L.M.T.; SILVA, J.C.A. da; SILVA, E.C. da. Mudas de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.1, p.10-18, 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FEY, R.; ZOZ, T.; STEINER, F.; CASTAGNARA, D. D.; FERREIRA, G. Crescimento inicial de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses crescentes de superfosfato simples. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 347- 353. 2010.

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004. 536p.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017.

FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. S.; TOSTA, M. S.; DOMBROSKI, J. L. D. Fertilizante fosfatado no desenvolvimento inicial de mudas de pinheira. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p.319-327, 2013.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 116 p.

GREENWAY, H.; MUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. **Plant Physiology, Rockville**, v. 31, p. 149- 190, 1980.

LEMOS, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 36, edição especial, p. 077-085, 2014.

LEON, J. **Botânica de los cultivos tropicales**. San José, IICA, 1987, 444p.

LIMA, K. B.; RITER NETTO, A. F.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M. Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenóis totais de mudas de cedroaustraliano (*Toona ciliata*) INOCULADAS COM fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2015.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1986. 674p.

MESQUITA, F. O.; NUNES, J. C.; LIMA NETO, A. J.; SOUTO, A. G. L.; BATISTA, R. O.; CAVALCANTE, L. F. Formação de mudas de nim sob salinidade da água, biofertilizante e drenagem do solo. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 193-203, 2015.

NIU, X.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M.; PARDO, J.M. Ion Homeostasis in NaCl stress environments. **PlantPhysiology**, v.109, n.3, p.735-742, 1995.

PEREIRA, A. R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2, p.139-42, 1989.

PEREIRA, E. C.; CÂMARA, F. M.; MENDONÇA, V.; COSTA, J. M.; CARNEIRO, J. V.; SILVA, R. Fontes, proporções de materiais orgânicos e doses de fósforo na produção de mudas de pinha. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.3, p.84-96, 2015.

RICHARDS, L. A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and álcali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; FERREIRA, I. B.; ANTÔNIO NETO, P.; SILVA, L. A.; E COSTA, F. B. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 544-556, 2015.

SAMARÃO, S. S.; RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; MANHÃES, T. N.; ALVIM, L. A. M. Desempenho de mudas de graviola inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo não-esterilizado, com diferentes doses de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.81-88, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA JÚNIOR, E. G.; SILVA, A. F.; LIMA, J. S.; SILVA, M. F. C.; MAIA, J. M. Vegetative development and content of calcium, potassium, and sodium in watermelon under salinity stress on organic substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.12, p. 1-9, 2017.

SILVA, E. N. da; SILVEIRA, J.A.G.; RODRIGUES, C.R.F.; LIMA, C.S. de; VIÉGAS, R.A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmóticos de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.437-445, 2009.

SILVA, F.A. da; FERREIRA, A.A.; LIMA, D.C.; MEDEIROS, A.C. de; MARACAJÁ, P.B.; MEDEIROS, A.P. de. Estresse salino e adubação mineral na composição nutricional da cultura do milho. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.11, p.76-83, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal, Porto Alegre**, ARTMED. 5º ed., 2017, 918p

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1985. Paginação irregular. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

WU, H.; SHABALA, L.; ZHOU, M.; SHABALA, S. Durum and bread wheat differ in their ability to retain potassium in leaf mesophyll: implications for salinity stress tolerance. **Plant and Cell Physiology**, v.55, n.10, p.1749-1762, 2014.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G.

Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1613-1619, nov. 2002.

SOARES, I.; LIMA, S. C.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo. **Revista de Ciências Agronômicas**, v.38, n.4, p.343-349,2007.

ARTIGO II

**FÓSFORO E SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NAS TROCAS GASOSAS E
OSMÓLITOS FOLIARES EM MUDAS DE PINHEIRA
NORMAS DA REVISTA IRRIGA**

FÓSFORO E SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NAS TROCAS GASOSAS E OSMÓLITOS FOLIARES EM MUDAS DE PINHEIRA

1 RESUMO

A salinidade da água de irrigação é um problema na produção de mudas de pinheira, em geral, mas com interferência negativa nas regiões áridas e semiáridas, onde o uso de água é uma necessidade e exige adoção de técnicas como a adição de fósforo na tentativa de mitigar os danos da salinidade às plantas. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo e águas de salinidade crescente nas trocas gasosas e acúmulo dos osmólitos protetores durante a formação de mudas de pinheira. O experimento foi realizado em ambiente protegido, no delineamento experimental de blocos casualizados com base na matriz composto central de Box, somando nove tratamentos com combinações de doses de fósforo (0,0; 1,1; 3; 5,13 e 6 g dm⁻³ de fósforo) e CEai (0,50; 1,10; 2,50; 3,91 e 4,50 dS m⁻¹) na fotossíntese líquida, taxa de transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência do uso d água, eficiência de carboxilação, , prolina, glicina-betaína, açúcares redutores e não redutores. A interação entre fósforo e salinidade da água aumentou a eficiência de carboxilação, glicina-betaína, açúcar não redutor e açúcar redutor nas combinações de 0,50 CEai e 6 g dm⁻³; 2,48 CEai e 5,19 g dm⁻³; 0,5CEai e 5,99 g dm⁻³; 3,78 CEai e 5,99 g dm⁻³, respectivamente. A salinidade da água de irrigação prejudica as trocas gasosas em mudas de pinheira e aumenta o conteúdo de prolina foliar. A dose de 4,8 g dm⁻³ de fósforo promoveu maior teor foliar de prolina. A interação de fósforo e CEai promove maior conteúdo de glicina-betaina em mudas de pinheira.

Palavras-chave: *Annona squamosa* L., água salina, adubação fosfatada, fisiologia vegetal

PHOSPHORUS AND SALINITY OF IRRIGATION WATER IN GASEOUS EXCHANGES AND FOLIAR OSMOLYTES IN CUSTARD APPLE SEEDLINGS

2 ABSTRACT

The salinity of irrigation water is a problem in the production of custard apple seedlings in general, but with negative interference in the arid and semi-arid regions, where the use of water is a necessity and requires the adoption of techniques such as the addition of phosphorus in the attempt to mitigate salinity damage to plants. In this way, the aim was to evaluate the effect of phosphorus doses and increasing salinity waters on the gas exchanges and accumulation of protective osmolytes during the formation of custard apple seedlings. The experiment was carried out under greenhouse conditions, in a randomized block design based on the Central Composite Box Design, referring to nine treatments with combinations of triple superphosphate doses (TSP) (0.0, 0.87, 3.0, 5.1, 6 g.dm⁻³) and electrical conductivity of irrigation water (CEai) (0.5, 1.1, 2.5, 3.9 and 4.5 dS.m⁻¹), in net photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, water use efficiency, carboxylation efficiency, proline, glycine-betaine, reducing and non-reducing sugars. The interaction between phosphorus and water salinity increased the efficiency of carboxylation, glycine-betaine, reducing and non-reducing sugars in the combinations of 0.50 CEai and 6 g.dm⁻³; 2.48 CEai and 5.99 g.dm⁻³; 0.5 CEai and 5.99 g.dm⁻³; 3.78 CEai and 5.99 g.dm⁻³, respectively. The salinity of irrigation water impairs gas exchange in custard apple seedlings and increases proline leaf content. The dose of 4.8 g.dm⁻³ of phosphorus promoted a higher proline leaf content. The interaction of phosphorus and CEai promotes higher levels of glycine-betaine, protective osmolytes, reducing and non-reducing sugars in custard apple seedlings.

Keywords: *Annona squamosa* L., saline water, phosphate fertilization, plant physiology

3 INTRODUÇÃO

A pinha (*Annona squamosa* L.) conhecida como fruta-do-conde, ou, ata pertence à família das Anonáceas. A região nordeste possui maior destaque na produção de pinha. Dados recentes para o ano de 2012 mostram que os principais Estados produtores de pinha no Brasil são: Bahia, Alagoas, Pernambuco, São Paulo e Ceará (GCEA/IBGE, 2013). No Brasil dispendo da região nordeste como maior produtora da frutífera, e um dos grandes problemas se refere à presença de sais na água de irrigação e no solo, conforme Medeiros et al. (2012).

A produção de mudas é de suma importância na formação de pomares, tendo em vista, mudas vigorosas, nutricionalmente equilibradas e material genético de boa qualidade pode se ajustar à salinidade do solo e serem mais produtivas (GÓES et al., 2011).

Regiões áridas e semiáridas são caracterizadas por baixa precipitação e alta evapotranspiração, acarretando elevadas concentrações de sais nas águas subterrâneas, açudes e lagoas. O uso de diluição de água salobra na irrigação pode ser alternativo na produção de mudas de pinheira, onde pode aumentar os pomares e suprimindo a demanda pelo produto em condições áridas e semiáridas.

O funcionamento do fotossistema II (PSII) é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica e, conseqüentemente, na assimilação de carbono pelas plantas, auxiliando no diagnóstico da integridade do aparato fotossintético frente às adversidades ambientais (TESTER; BACIC, 2005). No entanto, a salinidade afeta o funcionamento do aparato fotossintético em mudas de pinheira com aumento da salinidade. Tambémem maracujazeiro amarelo visto por Freire et al. (2014). Um dos prejuízos ocasionados pela salinidade é resultante, sobretudo da elevada pressão osmótica na solução do solo reduzindo a disponibilidade de água para as plantas (CHAVES et al., 2009). Não só no solo, mas também no substrato e na produção de mudas. Todavia, plantas em ambientes adversamente salinos podem desenvolver mecanismos capazes de amenizar os efeitos

osmóticos e produzirem osmólitos protetores orgânicos, como os açúcares, prolina e glicina-betaína. Conforme Lissar et al. (2012) esses solutos desempenham papel importante na estabilização de enzimas/proteínas.

Outro fator importante na formação de mudas é a disponibilidade adequada de fósforo no substrato, além de ser elemento essencial para o metabolismo vegetal, em particularmente no desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea da planta auxilia a germinação e melhoria na produção das culturas quando aplicado em doses adequadas (KNAPIK, 2005). No entanto, planta com deficiência de fósforo apresenta baixa taxa de crescimento nos primeiros estágios de desenvolvimento, limitação fotossintética e comprometimento da produção das culturas (FAGERIA et al., 2004). Poucos estudos são relacionados ao fósforo como atenuante do efeito negativo da salinidade da água de irrigação.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da combinação fósforo e salinidade da água de irrigação nas trocas gasosas e teores de osmólitos em mudas de pinheira.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de janeiro a março de 2017, em ambiente protegido no Setor de Fruticultura da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB, situado na Mesorregião do Agreste Paraibano e Microrregião do Brejo paraibano. Segundo a classificação de Koppen o clima é AS', quente e úmido, com temperatura máxima de 29,5 e mínima 18,7 °C, umidade relativa entre 77,4 a 91%. Durante o período experimental a temperatura do ar no interior da estufa variou de 43,0 e mínima de 22,7°.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos obtidos com base no composto central de Box, somando nove tratamentos com combinações entre doses de fósforo e condutividade elétrica das águas de irrigação (CEai) (Tabela 1 e 2). A fonte de

superfosfato triplo na formulação de 46% de Fósforo e 10% de cálcio, sendo introduzida no substrato na profundidade de 10 cm, e a condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) através da diluição de uma água salina com água do açude do jacaré da cidade de Remígio, PB.

As sementes foram provenientes de frutos maduros de forma manual, proveniente do pomar da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, Catolé do Rocha, Paraíba. Posterior às sementes foram lavadas em água corrente e postas a secarem a sombra durante 48 horas. A semeadura foi realizada na profundidade de 1 cm em sementeiras com capacidade de 200 células, após a emergência foi transplantado para os recipientes plásticos com capacidade de 4 dm³, com substrato constituído pela combinação de solo (60%), vermiculita (30%) e areia lavada com água (10%) do volume do substrato, conforme Alves (2012).

Tabela 1. Codificação dos tratamentos de SFT e CEai e seus respectivos níveis

Tratamentos	Valores		Níveis	
	SFT	CEai	SFT	CEai
1	0,87	1,1	-1	-1
2	5,13	1,1	1	-1
3	5,13	3,91	1	1
4	0,87	3,91	-1	1
5	3	0,5	0	- α
6	3	2,5	0	0
7	3	4,5	0	α
8	0	2,5	- α	0
9	6	2,5	α	0

O solo utilizado como parte do substrato, conforme os Critérios do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo - SiBCS, foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Amarelo distrófico de textura arenosa (SANTOS et al., 2013) coletada na camada de 0 a 20 cm. Após coletado,

o material de solo submetido às análises de químicas quanto à fertilidade e salinidade e física empregando as metodologias contidas em (EMBRAPA, 2009) (Tabela 3).

Tabela 2. Atributos de fertilidade e físicos do solo e salinidade da água do açude Jacaré utilizado no experimento

Fertilidade	Valores	Físicos	Valores	Água	Valores
pH em água (1:2,5)	6,2	AG (g kg ⁻¹)	454	pH	7,8
P (mg dm ⁻³)	45,96	AF (g kg ⁻¹)	435	CE (dS m ⁻¹)	41,85
K ⁺ (mg dm ⁻³)	127,5	Silte (g kg ⁻¹)	192	Ca ⁺² (mmolc L ⁻¹)	8,68
Na ⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,09	Argila (g kg ⁻¹)	219	Mg ⁺² (mmolc L ⁻¹)	127,5
Ca ⁺² +Mg ⁺² (cmolc dm ⁻³)	1,80	Ada (g kg ⁻¹)	27	Na ⁺ (mmolc L ⁻¹)	362,9
Ca ⁺² (cmolc dm ⁻³)	0,98	GF (%)	87,7	K ⁺ (mmolc L ⁻¹)	8,23
Mg ⁺² (cmolc dm ⁻³)	0,82	Ds (g cm ⁻³)	1,00	SO ₄ ⁻² (mmolc L ⁻¹)	23,02
Al ⁺³ (cmolc dm ⁻³)	0,00	Dp (g cm ⁻³)	2,61	CO ₃ ⁻² (mmolc L ⁻¹)	4,25
H ⁺ +Al ⁺³ (cmolc dm ⁻³)	1,32	Pt (m ³ m ⁻³)	0,62	HCO ₃ ⁻ (mmolc L ⁻¹)	18,75
SB (cmolc dm ⁻³)	2,22	Ucc (g kg ⁻¹)	169,3	Cl ⁻ (mmolc L ⁻¹)	568,0
C (g kg ⁻¹)	6,03	Upmp (g kg ⁻¹)	117,91	RAS (mmolc L ⁻¹)	43,98
M.O g kg ⁻¹	10,40	Ad (g kg ⁻¹)	51,40	PSS (%)	71, 53
CTC (cmolc dm ⁻³)	3,54	Classe textural	F. A. A.	Classificação	C ₄ S ₄
V (%)	62,71				

SB: Soma de base; C: Carbono; CTC: Capacidade de troca de catiônica; V: Saturação por base; AG: Areia grossa; AF: Areia fina; Ada: Argila disponível em água; GF: Grau de floculação; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade total; Ucc: Umidade volumétrica ao nível da capacidade de campo – 0,033 Mpa; Upmp: Umidade ao nível do ponto de murchamento permanente - 1,5 Mpa; Ad: Água disponível, M.O: Matéria orgânica; C.E.: Condutividade elétrica; RAS: Relação de adsorção de sódio; PSS: Porcentagem de sódio Solvido.

As análises de salinidade dos substratos foram realizadas antes da aplicação do experimento e após 78 do transplante das mudas de pinheira para os vasos, nos quais foram realizados as análises de salinidade do extrato de saturação do substrato (Tabela 3). No início do experimento foram realizadas às análises de salinidade da água de irrigação após as diluições com a água do açude Jacaré, Remígio, PB utilizada no experimento (Tabela 4).

Tabela 3. Atributos de salinidade do substrato no início (SI) e ao final do experimento

Trat	pH	C.E.	SO ₄ ⁻² mgL ⁻¹	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	PST	Classif.
.....mmol _c L ⁻¹														
*SI	7,8	0,62	222,11	1,18	4,16	3,00	2,0	1,00	0,00	20,00	10,00	3,40	3,61	N. salino
1	6,5	4,10	98,15	2,81	24,73	11,50	2,5	9,00	0,00	5,00	65,00	10,31	12,24	Salino
2	6,58	4,78	484,84	2,10	14,46	11,00	1,5	9,50	0,00	5,00	25,00	6,17	7,27	Salino
3	6,34	6,49	56,38	2,27	30,92	11,50	1,0	10,5	0,00	5,00	55,00	12,89	15,08	S.sódico
4	5,81	4,15	149,96	2,14	12,47	8,50	3,0	5,50	0,00	5,00	15,00	6,05	7,12	Salino
5	6,7	3,7	171,62	2,73	3,90	9,00	1,5	11,5	0,00	0,00	11,00	6,00	10,12	N. Salino
6	5,53	5,66	187,86	2,10	17,90	11,00	3,0	8,00	0,00	5,00	25,00	7,63	9,09	Salino
7	5,87	12,22	146,10	3,29	60,33	16,00	4,5	11,5	0,00	5,00	95,00	21,33	23,20	S.sódico
8	5,51	5,31	134,49	1,91	19,22	8,00	0,0	8,00	0,00	0,00	50,00	9,61	11,44	Salino
9	5,67	9,05	149,96	2,47	39,99	16,50	4,5	12,0	0,00	5,00	85,00	13,92	16,16	S.sódico

C.E.: Condutividade Elétrica; RAS: Relação de Adsorção de Sódio; PST: Porcentagem de Sódio Solvido.

Tabela 4. Análise de salinidade da água de irrigação utilizada no experimento

CEai	pH	SO ₄ ⁻² mgL ⁻¹	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	PSS	Classif
.....mmol _c L ⁻¹													
0,5	6,76	4,56	0,22	2,86	0,35	0,12	0,23	0,00	2,10	2,90	6,84	8,11	C ₂ S ₁
1,1	7,13	5,63	0,29	5,69	0,83	0,16	0,67	0,00	2,60	7,60	8,83	10,53	C ₃ S ₂
2,5	7,60	7,89	0,57	13,89	1,93	0,25	1,68	0,20	2,00	19,00	14,14	16,39	C ₃ S ₂
3,9	7,80	11,30	0,69	21,39	3,43	0,32	3,11	0,5	3,30	32,00	16,33	18,33	C ₄ S ₄
4,5	8,03	12,83	0,85	25,01	3,61	0,36	3,25	0,70	3,10	36,60	18,62	20,76	C ₄ S ₄

CEai: Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS: Relação de adsorção de sódio; PSS: Porcentagem de sódio dissolvido. Classificação de (RICHARDS, 1954).

A irrigação foi iniciada aos 20 dias após a emergência e foi realizada a cada dois dias, sempre mantendo a umidade do substrato e 50 %. Na qual se pesou 500g de solo seco, foi introduzido em um funil de vidro, posteriormente inserido 200 ml de água. Após 3 horas foi verificada quantidade de água retida pelo substrato, sendo chamado de capacidade de retenção de água do substrato (CRAS) de 100%. Posteriormente calculado para 40% da CRAS. Fórmula:

$$\text{CRAS} = \text{MR} + \text{MSS} + \text{ARS}$$

CRAS = Capacidade de retenção de água do substrato;

MR= Massa do recipiente;

MSS= Massa do substrato seco;

ARS= Água retida no substrato.

Aplicação de água foi seguida pela formula: $\text{AAD} = \text{CRAS} - \text{CRAS}_{48\text{h}}$

AAD = Aplicação de água diária;

CRASF = Capacidade de retenção de água do substrato fixo;

CRAS_{48h} = Capacidade de retenção de água do substrato após 48 horas.

Após 30 e 48 dias do estresse salino foram avaliadas as trocas gasosas na terceira folha mais estendida com auxílio o IRGA, modelo LCPro+Portable photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), determinando as seguintes variáveis: carbono interno (C_i); taxa de transpiração (E); condutâncias estomática (g_s); taxa fotossintética (A); eficiência de carboxilação (A/C_i); eficiência do uso da água (A/E). As análises foram das 8 as 11 horas, usando a terceira folha do ápice foliar em comprimento de ondas 1400 nm.

Também foram quantificados os teores foliares de prolina; glicina-betaína; açúcares redutores e não redutores. Para a determinação dos açúcares não redutores e redutores foram determinados os açúcares solúveis totais. Na qual, a determinação do conteúdo de carboidratos solúveis totais foi realizada segundo protocolo de Dubois et al. (1956), o método de extração consta da transferência de 10 mg de massa seca para tubos de ensaio de 15 mL com tampa rosqueável. Adicionado 5 mL de água destilada e levado para banho maria por 1 hora a 100 °C. Posteriormente coletado o sobrenadante, filtrado através de algodão com auxílio de pipeta de 10 mL. Para a mensuração foi aplicado 0,5 mL do extrato em tubo de ensaio e adicionado 0,5 mL de fenol 5% e

2,5 mL de ácido sulfúrico. A determinação de AST foi realizada em espectrofotômetro a 490 nm e a concentração (mg g^{-1} MS) a partir de curva padrão de glicose.

Os açúcares redutores foram determinados conforme Summer (1924) e Miller (1959). A extração foi determinada de acordo com os açúcares solúveis totais. A marcha analítica apresentou 1,5 mL da amostra; 1,0 mL do reagente do 3,5 dinitrosalicilato (DNS), e aquecido a mistura a 100°C por 5 minutos. Depois os tubos foram resfriados e adicionado 7,5 mL de água destilada. A determinação foi em espectrofotômetro a 540 nm e depois jogado em curva padrão com concentração de glicose de 0,2 a 2 mg/mL. Os açúcares não redutores foram determinados por diferença dos açúcares solúveis totais e redutores.

A prolina foi determinada conforme Bates et al. (1973). A extração do extrato foi realizada o mesmo procedimento dos açúcares solúveis totais. Foi introduzido em tubos de ensaio de 1 mL do extrato e adicionado 1 mL do reagente de ninhidrina ácida; 1 mL de ácido acético glacial (98%) respectivamente. Após homogeneização os tubos foram hermeticamente fechados, agitados em vórtex e levados ao banho-maria por 1 hora a 100 °C. Logo após, a reação foi interrompida imediatamente com banho de gelo. Em seguida, foram adicionados à solução 2 mL de Tolueno (97%) e os tubos foram agitados em vórtex por 20 segundos. O cromóforo contendo tolueno foi aspirado da fase aquosa e realizado a leitura em espectrofotômetro a 520 nm, utilizando tolueno como padrão. A concentração de prolina (mg g^{-1} MS) foi determinada a partir de curva padrão de L-prolina.

A extração de glicina-betaína conforme Grieve e Grattan, (1983). O extrato foi obtido utilizando 10 mg da massa seca de folhas para 2 mL de água destilada, em tubos falcon e agitados no shaker por 4 horas a 25 °C. Sendo centrifugadas e o sobrenadante foi coletado e armazenado para posterior dosagem. Os compostos quaternários de amônio foram mensurados como equivalentes a GB. Para quantificação, 250 μL de extrato + 250 μL de H_2SO_4 2N foram colocadas

em tubos falcon no banho de gelo por 1 hora. Em seguida foi adicionado 200 μ L de reagente (KI-I₂) e as amostras foram mantidas a 4 °C por 16 horas. Em seguida, os tubos foram centrifugados a 10.000 $\times g$ por 15 min a 0 °C, fazendo 2 lavagens com H₂SO₄ 1N. O sobrenadante foi cuidadosamente aspirado e os cristais foram dissolvidos em 1,2-dicloroetano e misturados vigorosamente. Após 2 horas de repouso, as absorbâncias foram mensuradas a 365 nm e para os cálculos foi utilizada uma curva padrão de glicina-betaína. Os resultados foram expressos em mg glicina-betaína g⁻¹ MS.

Os dados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão até 5% de significância, utilizando o programa SAS[®] University (CODY, 2015).

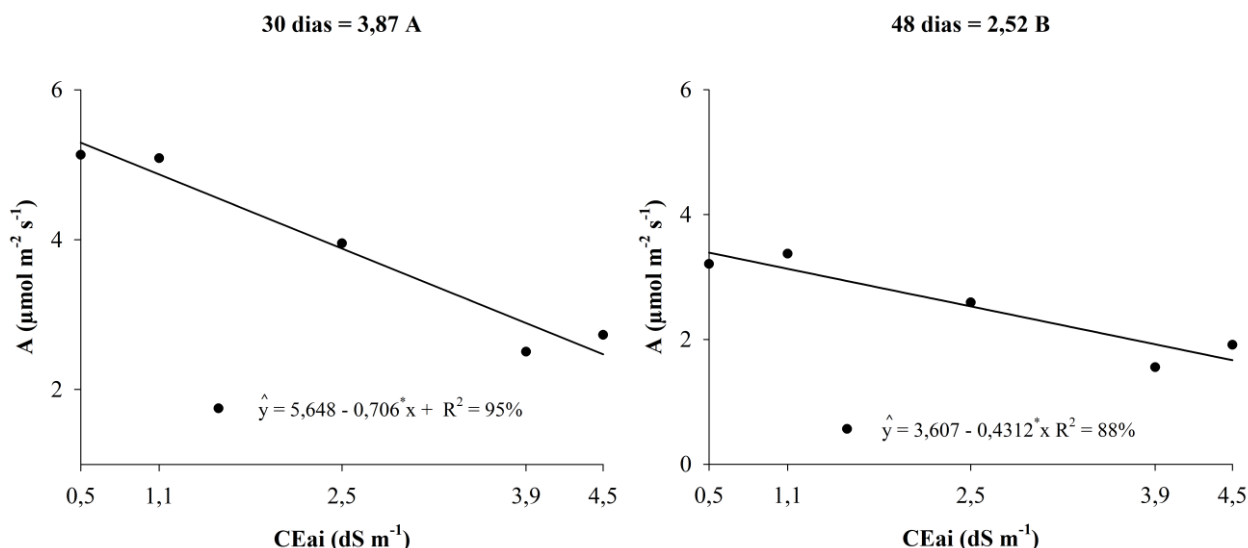
5 RESULTADO E DISCUSSÃO

A fotossíntese líquida (A) diminuiu com o aumento da CEai em ambas as datas de avaliação (Figura 1). No entanto, foram observados aos 48 dias de avaliação. Dos 30 para 48 dias se observa redução de 34,88% na fotossíntese líquida no final do experimento. Freire et al (2014) também constataram redução na fotossíntese líquida quando as plantas de maracujazeiro amarelo foi submetido a estresse salino. Comportamento semelhante foi verificado por Tuteja et al (2014), na qual estudaram, indução de tolerância a salinidade através o Pea p68, uma Helicase DeAD-Box em plantas de tabaco. Liu et al. (2014) presenciaram redução na fotossíntese líquida sobre estresse salino, quando se compara a condições normais em plantas de algodão.

As concentrações salinas reduziram drasticamente a taxa de transpiração e condutância estomática aos trinta dias de estresse salino em mudas de pinheira (Figura 2), passando por redução de 50,98 e 58,36% respectivamente. Comportamento semelhante encontrado por Freire et al (2014) quando aplicaram águas salinas na cultura do maracujazeiro amarelo em ambas as variáveis. Liu et

al (2014) verificaram que o estresse salino reduz taxa de transpiração e condutância estomáticas em plantas de algodão.

Figura 1. Fotossíntese líquida (A) em função da condutividade elétrica da água de irrigação CEai aos 30 e 48 dias de estresse salino em mudas de pinheira.



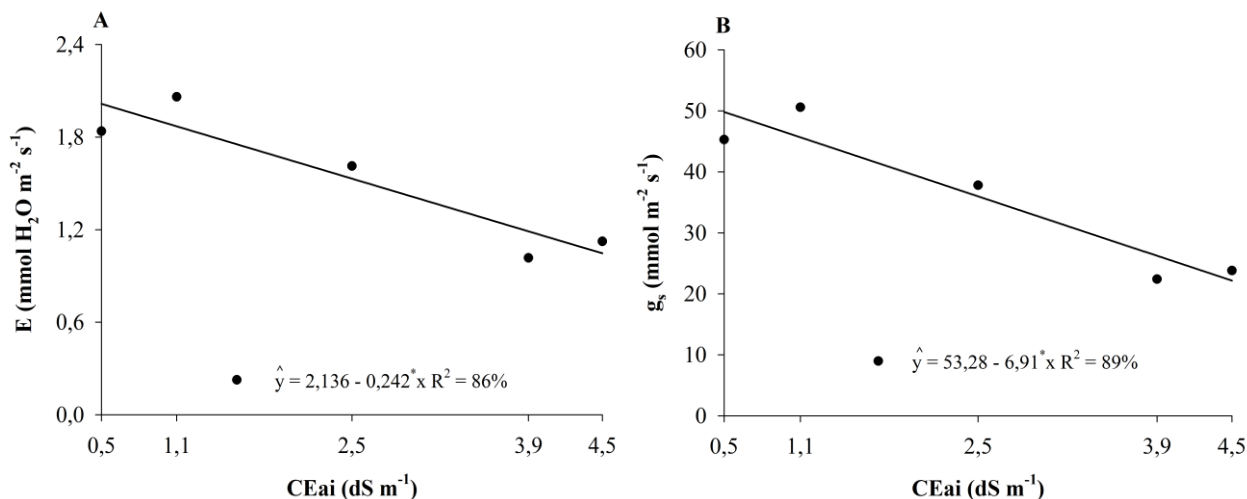
**, *; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F. Letras maiúsculas iguais não difere estatisticamente pelo teste Tukey

A concentração de interna de CO₂ foi impulsionada pelo aumento do estresse salino em plantas de pinheira (Figura 3A). Com isso, pode se observar aumento de 128,47 na CEai de 0,5 dS m⁻¹, para 232,91 μmol CO₂ mol⁻¹ ar na concentração de 4,5 dS m⁻¹, equivalente a um incremento de 44,84% na concentração interna de CO₂. Enquanto que, a eficiência do uso da água foi restringida com o aumento do estresse aos 48 dias em mudas de pinheira (Figura 3 B). O aumento da Ci de CO₂ e a redução da eficiência do uso da água pode estar atribuída aos baixos valores da g_s no aumento da CEai (Figura 2B).

Aos 30 dias de estresse foi observado que apenas a CEai influenciou a eficiência de carboxilação, havendo redução na medida que eleva salinidade da água de irrigação em mudas de pinheira. Contudo, aos 48 dias de estresse foi observado efeito tanto da CEai, quanto das doses de SFT. No entanto, é notório o declínio de 0,219 aos 30 dias para 0,152 aos 48 dias de estresse salino.

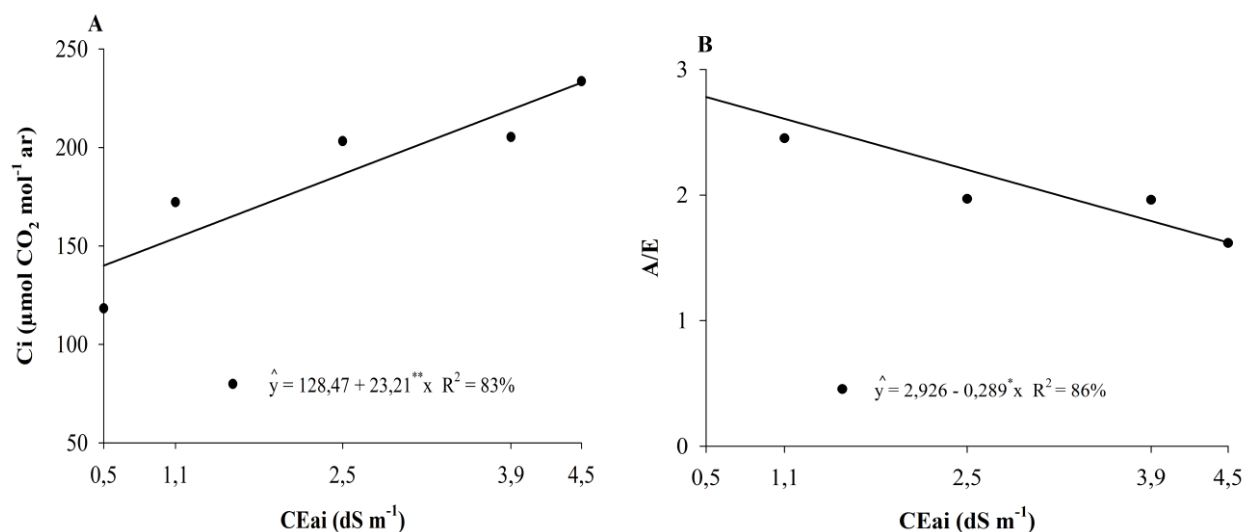
O fato pode ser relacionado com o tempo de estresse que possa ter danificado o aparato fotossintético localizado na membrana do tilacóide.

Figura 2. Taxa de transpiração (A) e condutância estomática (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação CEai aos 30 dias de estresse salino em mudas de pinheira.



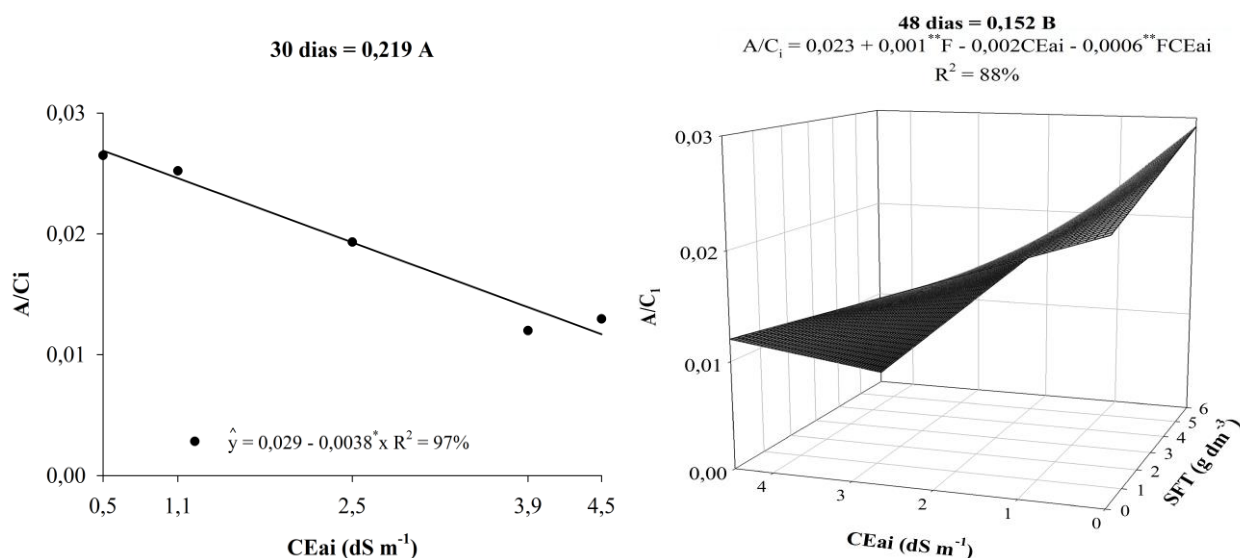
**, *; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

Figura 3. Concentração interna de CO_2 (A) e eficiência do uso da água (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) aos 48 dias, após o início da aplicação das concentrações salinas em mudas de pinheira.



**, *; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

Figura 4. Eficiência de carboxilação em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) aos 30 dias e aos 48 dias de estresse salino em função da CEai e de doses de fósforo em mudas de pinheira.



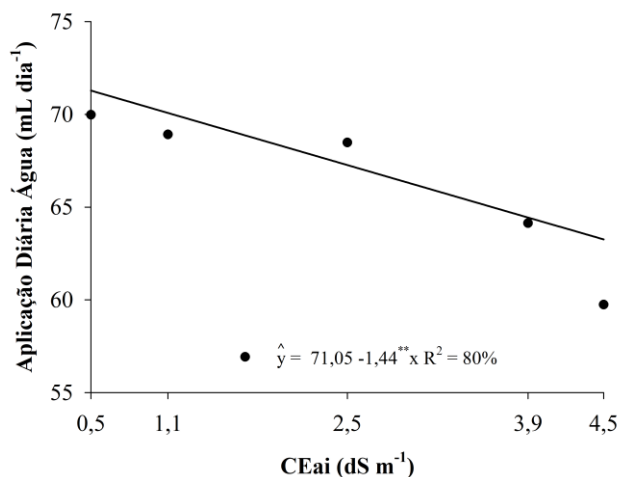
******, *****; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

A aplicação diária de água foi reduzida com o aumento da CEai (Figura 5). Provavelmente pela diminuindo o potencial osmótico, reduzindo a disponibilidade hídrica para as mudas de pinheira. Coelho et al. (2014) verificaram que o aumento da CEai aumenta a humidade do solo, porém diminui o potencial osmótico foliar em plantas de feijão. Meloni et al. (2003) mencionam que a diminuição do efeito osmótico no solo limita a absorção de água pelo sistema radicular, na qual, causa resistência estomática reduzindo a fixação de CO₂.

No entanto, a diminuição do efeito osmótico reduziu a taxa transpiratória, condutância estomática e assimilação de CO₂. Onde também, Os estresses abióticos, incluindo a salinidade, causam a superprodução de ROS, o que leva ao estresse oxidativo nas plantas (TUTEJA et al.,

2014). Afetando diretamente a proteína D1 no centro de reação (YAMAMOTO et al., 2008). Interferindo nas trocas gasosas em plantas, visto no presente trabalho.

Figura 5. Aplicação diária de água na capacidade de retenção de 50% em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) em mudas de pinheira.



**, *; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

A condutividade elétrica da água de irrigação estimulou o aumento no teor de prolina foliar, e redução no teor de açúcares não redutor (Figura 6 A e C) respectivamente. A condutividade elétrica da água de irrigação estimulou acumulação de prolina nos tecidos foliares em mudas de pinheira (Figura 2 A). Na qual, houve um aumento de 39,34% na CEai de 4,5 dS m⁻¹, quando se compara com a testemunha. Sendo um dos indicadores do estresse salino em plantas de pinheira. Conforme Turkan (2011) indica que o conteúdo elevado de prolina nas plantas, aumenta a capacidade de tolerar os estresses ambientais. Nas mudas de pinheira submetidas às doses crescentes de SFT, o conteúdo de prolina é aumentada até a dose estimada de 4,8 g dm⁻³, com valor de 2,43 mg g⁻¹ de MSF (Figura 5 B). No entanto, doses acima de 4,8 g dm⁻³ de SFT promoveu redução no conteúdo de prolina nas folhas de pinheira. Sarker e Karmoker (2011) constataram maior incremento de prolina quando as plantas estavam em deficiência de fósforo nas hastes, no

entanto, no sistema radicular, houve redução da prolina na presença de fósforo em plantas *Lens culinaris* Medik. A proline serve como um aceitador de prótons e está envolvido na reciclagem de NADPH através da sua síntese a partir de glutamato (HARE E CRESS 1999) e assim mantém a relação $\text{NADP}^+ / \text{NADPH}$ apropriada compatível com metabolismo (HAYAT et al., 2012).

Já para os açúcares não redutores observou-se que superfosfato triplo proporcionou os maiores valores em 6 g dm^{-3} respectivamente (Figura 6 D). As doses de SFT propicia resultados antagônicos da CEai, a qual, o RNS tem incremento na dose de 6 g dm^{-3} de superfosfato fosfato triplo (TSP) de $3,66 \text{ mg g}^{-1}$ de MSF respectivamente. No entanto, Javed et al. (2014) estudando tratamento com solo salino (8 dS m^{-1}) e controle ($2,14 \text{ dS m}^{-1}$) em diferentes genótipos, constataram que os maiores teores de açúcares não redutores foram obtidos na presença de 8 dS m^{-1} no solo em cinco genótipos de *Carthamus tinctorius*. Já Ashraf et al. (2018) averiguaram, que plantas de milho sobre estresse salino acumula mais proteínas solúveis totais.

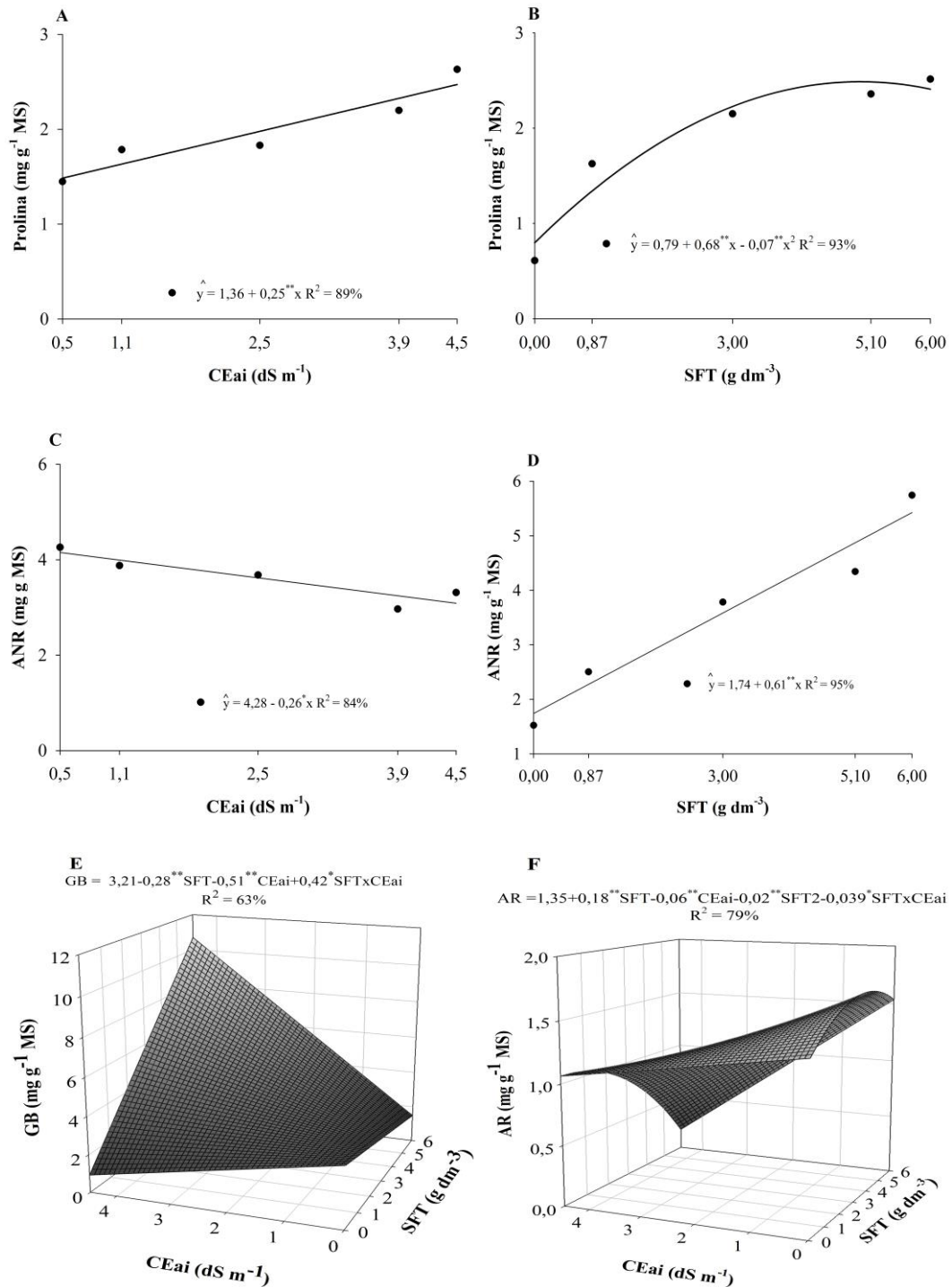
O conteúdo de glicina-betaina (Figura 6E) mostrou ativo nas maiores CEai e SPT. Pode-se observar forte aumento em ambos os parâmetros nas maiores condutividade elétrica da água de irrigação e superfosfato triplo ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$ e 6 g dm^{-3}), na qual verifica-se valor de 10,57 e $37,92 \text{ mg g}^{-1}$ MSF respectivamente. A glicina-betaina possui papel importante na proteção celular em vegetais, através do balanço osmótico, estabilização da estrutura de proteínas e da proteção do aparato fotossintético (CHA-UM et al., 2006).

Os açúcares redutores ou monossacarídeos são açúcares de utilização rápida pelo vegetal, pode ser direcionada para determinada função assim que formados. O comportamento da CEai na dose de 6 g dm^{-3} de SPT nos açúcares redutores (Figura 6F), pode ser associado a alta produção de aminoácidos, visto que, esta mesma interação promoveu maiores valores de glicina-betaina. Na qual, provavelmente este aumento na produção de aminoácidos esteja relacionado ao ajustamento osmótico celular. Sarker e Karmoker (2011), estudando a deficiência de fósforo em (*Lens culinaris*

Medik.), averiguaram que a presença do fósforo promoveu maior incremento de açúcar redutor em folhas e hastes.

A prolina, carboidratos e glicina-betaina estão entre os compostos orgânicos acumulados em vegetais sob estresse (ASHRAF et al., 2011). O ajuste osmótico é uma resposta de tolerância celular fundamental ao estresse osmótico e pode ser realizado pela acumulação de osmoprotetores (LIU et al., 2014). O potencial osmótico é um reflexo direto da capacidade de ajuste osmótico no nível fisiológico e tem sido usado como um índice efetivo para avaliar os genótipos das culturas para a tolerância ao estresse osmótico (ZHU, 2002). Numerosos estudos mostraram que a prolina livre é um osmólito multifuncional mais amplamente distribuído em muitos organismos e desempenhava papéis importantes no aprimoramento da tolerância ao estresse osmótico (KRASENSKY; JONAK, 2012).

Figura 6. Teor de prolina foliar (A e B), açúcares não redutores (C e D), glicina-betaina (E) e açúcares redutores (F), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de SFT aos 48 dias de estresse salino em mudas de pinheira.



******, *****; Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F

6 CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação prejudica as trocas gasosas em mudas de pinheira e aumenta o conteúdo de prolina foliar.

A dose de 4,8 g dm⁻³ de SFT promoveu maior teor foliar de prolina;

A interação de fósforo e CEai promove maior conteúdo de glicina-betaina em mudas de pinheira;

Tanto as altas condutividades elétricas da água de irrigação, quanto, as doses elevadas de SFT provocaram estresse as mudas de pinheiras.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, A. S. **Componentes e fertilidade de substratos na formação de mudas de atemoeira.**

Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2012.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v. 11, n.1, p. 249-296, 2011.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

CEAGESP. **Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

CHA-UM, S.; SUPAIBULWATANA, K.; KIRDMANEE, C. Water relation, photosynthetic ability and growth of Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica* cv. KDML 105) to salt stress by application of exogenous glycine betaine and choline. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 192, n. 1, p. 25-36, 2006.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, n.4, p.551-560, 2009.

CODY, R. **Introdução à SAS University Edition**, p. 49, 2015.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, E. R. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700–705, 2014.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n.3, p. 350-356, 1956.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA-FILH, M.P.; STONE, L.F., **Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro**. In: YAMADA, T., ABADÍA, S.R.S (Ed.) **Fósforo na agricultura brasileira**, Piracicaba: Potafos, p. 435-455. 2004.

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

GÓES, G. B.; DANTAS, D. J.; ARAÚJO, W. B. M.; MELO, I. G. C.; MENDONÇA, V. Utilização de húmus de minhoca como substrato na produção de mudas de tamarindeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.4, p.125-131, 2011.

GRIEVE, C. M.; GRATTAN, S. R. Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium-compounds. **Plant and Soil**, v. 70, n. 2, p. 303-307, 1983.

HARE, P. D.; CRESS, W. A.; STADEN, J. V. Proline synthesis and degradation: a model for elucidating stress-related signal transduction. **Jornal de Botânica Experimental**, v. 50, n. 333, p. 413–434, 1999.

HAYAT, S.; HAYAT, Q.; ALYEMENI, M. N.; WANI, A. S.; PICHTEL, J.; AHMAD, A. Role of proline under changing environments. **Plant Signal Beha**, v.7, n.11, p. 1456–1466, 2012.

JAVED, S.; BUKHARI, S. A.; M. ASHRAF, Y.; MAHMOOD, S.; IFTIKHAR, T. Effect of salinity on growth, biochemical parameters and fatty acid composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) **Pakistan Journal of Botany**, v.46, n. 4, p. 1153-158, 2014.

KRAUSE, K. P.; HILL, L.; REIMHOLZ, R.; HAMBORG, N. T.; SONNEWALD, U.; STITT, M. Sucrose metabolism in cold-stored potato tubers with decreased expression of sucrose phosphate synthase. *Plant Cell Environ.* v.21, n.3, p.285–299, 1998.

KNAPIK, J. G. **Utilização do Pó de Basalto como Alternativa à Adubação convencional na produção de Mudas de *Mimosa scabrella* BENTH e *Prunus sellowii* KOEHNE.** 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

KRASENSKY, J & JONAK, C. Reestruturas metabólicas e redes reguladoras induzidas pelo estresse por seca, sal e temperatura. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n.4, p. 1593-1608, 2012.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. **Water stress in plants: causes, effects and responses.** In: RAHMAN, I. M. M. *Water Stress*. Rijeka: INTECH, 2012, p. 1-14.

LIU, G.; LI, X.; JIN, S.; LIU, X.; ZHU, L.; NIE, Y.; ZHANG, X. Overexpression of Rice NAC Gene *SNAC1* Improves Drought and Salt Tolerance by Enhancing Root Development and Reducing Transpiration Rate in Transgenic Cotton. **PLOS ONE**, v. 9, n. 1, p. 86895, 2014.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.

MELONI, D.A.; OLIVA, M.A. MARTINEZ, C. A. CAMBRAIA, J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, n.1, p.69 -76, 2003.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, n.31, n.3, p.426, 1959.

RICHARDS, L. A. (ed.) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60

ROLLAND, F.; MOORE, B.; SHEEN, J. Sugar sensing and signaling in plants. **Plant Cell**. V.14, p. 185-205, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SARKER, B. C.; KARMOKER, J. L. Effects of phosphorus deficiency on accumulation of biochemical compounds in lentil (*Lens culinaris* Medik.). **Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 23-27, 2011.

SUMMER, J. B. The estimation of sugar in diabetic urine using dinitrosalicylic acid. **Journal of Biological Chemistry**, v. 62, n.2, p. 287-290, 1924.

TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **Plant Physiology**, v. 137, p. 791-793, 2005.

TURKAN, I. Plant responses to drought and salinity stress: developments in post-genomic Era. In: TURKAN, I. (Ed) *Advances in botanical research*. **London: Elsevier**, v. 57, p.105-150. 2011.

TUTEJA, N.; BANU, M. S. A.; HUDA, K. M. K.; GILL, S. S.; JAIN, P.; PHAM, X. H.; TUTEJA, R. Pea p68, a DEAD-Box Helicase, Provides Salinity Stress Tolerance in Transgenic Tobacco by Reducing Oxidative Stress and Improving Photosynthesis Machinery. **PLOS ONE**, v. 9, n. 5: 98287, 2014.

WANG, Z. & STUTE. G. W. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. **American Society for Horticultural Science**, v.117, n. 5 p. 816-823, 1992.

YAMAMOTO, Y.; AMINAKA, R. YOSHIOKA, M.; KHATOON, M.; KOMAYAMA, K.; TAKENAKA, D.; YAMASHITA, A.; NIJO, N.; INAGAWA, K.; MORITA, N.; SASAKI, T.; YAMAMOTO, Y. Quality control of photosystem II: impact of light and heat stresses. **Photosynthesis Research**, v. 98, n. 1-3, p. 589 –608, 2008.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, n.1, p. 247-273, 2002.