



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

ANTÔNIA ADAILHA TORRES SOUZA

**MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS DE PINHEIRA (*Annona squamosa* L.)
IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS SUBMETIDAS A DOSES
DE NPK**

MOSSORÓ

2021

ANTÔNIA ADAILHA TORRES SOUZA

**MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS DE PINHEIRA (*Annona squamosa* L.)
IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS SUBMETIDAS A DOSES
DE NPK**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça

Coorientadora: Dra. Emanoela Pereira de Paiva

MOSSORÓ

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S191m SOUZA, ANTÔNIA ADAILHA TORRES .
MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS DE PINHEIRA (Annona squamosa L.) IRRIGADAS COM AGUAS RESIDUARIAS SALINAS SUBMETIDAS A DOSES DE NPK / ANTONIA ADAILHA TORRES SOUZA. - 2021.
58 f. : il.

Orientador: VANDER MENDONÇA.
Coorientador: EMANOELA PEREIRA PAIVA.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2021.

1. Annona squamosa L. 2. propagação. 3. reúso de água. 4. manejo da adubação. I. MENDONÇA, VANDER, orient. II. PAIVA, EMANOELA PEREIRA, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTÔNIA ADAILHA TORRES SOUZA

**MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS DE PINHEIRA (*Annona squamosa* L.)
IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS SUBMETIDAS A DOSES
DE NPK**


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Agronomia: Fitotecnia.

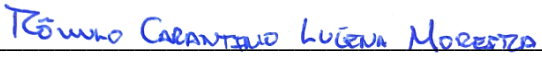
Linha de Pesquisa: Práticas Culturais


Defendida em: 23/08/2021

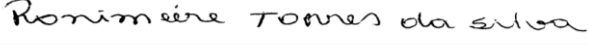
BANCA EXAMINADORA


Vander Mendonça, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

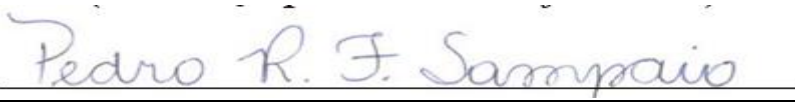

Emanoela Pereira de Paiva, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador


Rômulo Carantino Lucena Moreira, Pesq. Dr. (UFCG)
Membro Examinador


Luciana Freitas de Medeiros Mendonça, Profa. Dra. (UFCG)
Membro Examinador


Ronimeire Torres da Silva, Pesq. Dra. (UFPB)

Ronimeire Torres da Silva, Pesq. Dra. (UFPB)
Membro Examinador


Pedro Ramualyson Fernandes Sampaio, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Ao meu grande pai, Edivaldo Cândido de Souza (In memoriam), que foi meu maior incentivador e com certeza estaria muito feliz e orgulhoso. Essa conquista também é sua.

OFERREÇO

À toda minha família pelo amor, incentivo e apoio. Sem vocês, nada disso seria possível.

Dedico

AGRADECIMENTOS

"Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós." (Antoine de Saint-Exupéry)

Várias pessoas estiveram ao meu lado durante essa longa caminhada. Fica muito difícil de expressar minha gratidão por meio de palavras. Contudo, sou grata a Deus, pela dádiva da vida, pelo amor, sua misericórdia e por ter me guiado com sabedoria e amparado nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Edivaldo Cândido de Souza (*In memoriam*) e Dalvaneide Pinto Torres de Souza pelo amor, ensinamentos e incentivos que, mesmo diante das muitas adversidades da vida, nunca mediram esforços para me permitir o acesso à educação. Essa conquista é de vocês

À toda minha família em especial as minhas irmãs Halainne Torres, Dalyene Dantas, Daliana Dantas, Pedro Victor e Luma Beatriz (sobrinhos que são umas bênçãos) pelo amor, apoio e paciência.

A meu marido Paulo Davi, pela motivação diária, obrigada por sempre se fazer presente, ouvindo atento as minhas inúmeras inquietações, desânimos e sucessos ao longo desse percurso. Agora nosso bebê já pode vim.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), seu corpo docente, que oportunizaram uma educação de qualidade; especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, o qual tenho muito orgulho de fazer parte.

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

Ao meu orientador, professor D. Sc. Vander Mendonça, pelos ensinamentos repassados e pela compreensão, serei eternamente grata.

A minha coorientadora, D. Sc. Emanoela Pereira de Paiva, pela amizade e ajuda durante a realização deste trabalho. Foram muitos os conhecimentos repassados.

Ao amigo D. Sc. Vanies de Sá pela imensurável ajuda e contribuições para execução deste trabalho, muito obrigada por todo o acolhimento, amizade e experiências compartilhadas.

Aos membros da banca da qualificação e defesa que se dispuseram a participar desse momento e, também, contribuir na avaliação e enriquecimento deste trabalho.

A todos os amigos do Grupo de Pesquisa em Fruticultura-GPF, por estarem sempre dispostos a ajudar desde a condução dos experimentos até a finalização dessa pesquisa, por todo o aprendizado durante o tempo em que convivemos. Sinto-me honrada em ser membro desse grupo.

A toda a equipe do Laboratório de Análises de Sementes (LAS), em especial a Lilia Souza, Emanoela Paiva, Kleane Targino, Tatianne Raianne e Sara Monaliza pela ajuda e companheirismo na condução desse trabalho e realização das análises.

As amigas: Lilia Souza, Uilma Laurentino, Keiviane, pela amizade, cumplicidade momentos compartilhados ao longo desses anos de graduação e pós-graduação.

A todos que acompanharam este percurso, me deram forças e torceram por mim. Minha eterna gratidão.

*ACIMA DE TODO CONHECIMENTO,
CONHEÇA A CRISTO.*

JOHN WESLEY

Souza, Antonia Adailha Torres. **Morfofisiologia de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) irrigadas com águas residuárias salinas submetidas a doses de npk** 2021. 58f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró- RN, 2020.

RESUMO GERAL

O cultivo de pinheira irrigada tem crescido no Nordeste brasileiro nos últimos anos. Sobretudo, devido à limitação de água de qualidade para irrigação nesta região, é necessário buscar estratégias de manejo de solo e água de modo a diminuir o aumento da concentração de sais no solo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a interação entre doses de NPK e a salinidade na mitigação do estresse salino em mudas de pinheira irrigadas com águas residuárias salinas. O estudo foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, em delineamento de blocos casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, com quatro repetições totalizando 15 tratamentos com 120 plantas. Foram testadas três águas de irrigação, sendo água de abastecimento local ($CEa = 0,53 \text{ dS m}^{-1}$), rejeito de dessalinizadores por osmose reversa ($CEa = 3,50 \text{ dS m}^{-1}$) e efluente da piscicultura ($CEa = 3,50 \text{ dS m}^{-1}$). E cinco doses de NPK, referentes as proporções de 25, 50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação de $100:300:150 \text{ mg dm}^{-3}$ de N:P:K. As mudas foram conduzidas em recipientes plásticos com capacidade de 2 dm^3 , a aplicação dos tratamentos teve início no primeiro dia, logo após a semeadura. Aos 90 dias após a semeadura as mudas foram avaliadas quanto ao crescimento, acúmulo de biomassa e nutrientes. Ainda nesse período, foram avaliadas as trocas gasosas foliares, fluorescência da clorofila e o acúmulo de biomassa. A irrigação com rejeito salino e efluente da piscicultura restringem o crescimento das mudas de pinheira independente da dose de NPK utilizada. A homeostase iônica das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura é otimizada com adubação com 50% da recomendação de NPK. Para produção de mudas irrigadas com água de abastecimento recomenda-se a dose de 75%, correspondente a 75, 225 e 112,5 mg de N, $P_2O_5^-$ e K_2O por dm^3 , respectivamente Para produção de mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura recomenda-se a dose média de 50% correspondente a 50, 150 e 75 mg de N, $P_2O_5^-$ e K_2O por dm^3 , respectivamente. O uso do rejeito salino e efluente da piscicultura na irrigação de mudas de pinha reduz a atividade fotossintética e o acúmulo de biomassa. As melhores respostas fisiológicas e acúmulo de biomassa ocorrem nas doses de NPK de 75% ($75:225:112,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de N:P:K) para mudas irrigadas com água de abastecimento, 60% ($60:180:90 \text{ mg dm}^{-3}$ de N:P:K) para irrigadas com rejeito salino e 40% ($40:120:60 \text{ mg dm}^{-3}$ de NPK), para irrigadas com efluente da piscicultura.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona squamosa* L., propagação, reúso de água, manejo da adubação.

ABSTRACT

The cultivation of irrigated pine tree has grown in Northeast Brazil in recent years. Above all, due to the limited quality water for irrigation in this region, it is necessary to seek soil and water management strategies in order to reduce the increase in the concentration of salts in the soil. In this sense, the objective was to evaluate the interaction between NPK doses and salinity in the mitigation of salt stress in sugar apple seedlings irrigated with saline wastewater. The study was carried out in a greenhouse at the Federal Rural University of Semi-Árido (UFERSA), in Mossoró-RN, in a randomized block design, in a 3 x 5 factorial scheme, with four replications totaling 15 treatments with 120 plants. Three irrigation waters were tested: local water supply (CEa = 0.53 dS m⁻¹), waste from reverse osmosis desalination plants (CEa = 3.50 dS m⁻¹) and fish farm effluent (CEa = 3, 50 dS m⁻¹). And five doses of NPK, referring to the proportions of 25, 50, 75, 100 and 125% of the fertilizer recommendation of 100:300:150 mg dm⁻³ of N:P:K. The seedlings were placed in plastic containers with a capacity of 2 dm³, the application of treatments began on the first day, right after sowing. At 90 days after sowing, the seedlings were evaluated for growth, biomass and nutrient accumulation. Also during this period, leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and biomass accumulation were evaluated. Irrigation with saline waste and fish farm effluent restricts the growth of pine seedlings regardless of the dose of NPK used. The ionic homeostasis of seedlings irrigated with saline waste and fish farm effluent is optimized with fertilization with 50% of the NPK recommendation. For the production of seedlings irrigated with water supply, a dose of 75% is recommended, corresponding to 75, 225 and 112.5 mg of N, P₂O₅- and K₂O per dm³, respectively. For the production of seedlings irrigated with saline waste and effluent from fish farming it is recommended an average dose of 50% corresponding to 50, 150 and 75 mg of N, P₂O₅- and K₂O per dm³, respectively. The use of saline waste and fish farm effluent to irrigate pine cones reduces photosynthetic activity and biomass accumulation. The best physiological responses and biomass accumulation occur at NPK doses of 75% (75:225:112.5 mg dm⁻³ of N:P:K) for seedlings irrigated with water supply, 60% (60:180: 90 mg dm⁻³ of N:P:K) for irrigated with saline waste and 40% (40:120:60 mg dm⁻³ of NPK) for irrigated with fish farm effluent.

Keywords: *Annona squamosa* L., propagation, water reuse, fertilization management.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	– Análise química e física do solo utilizado no experimento.....	10
Tabela 2	– Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®.....	11
Tabela 3	– Análise das águas utilizadas na irrigação das mudas de pinha.....	11
Tabela 4	– Condutividade elétrica (CEes) e o pHes do extrato de saturação do solo sob irrigação com águas salinas e diferentes doses de NPK.....	12
Tabela 5	Resumo do teste F e teste de médias para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), comprimento da raiz principal (CRP) e massa seca total (MST) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....	13
Tabela 6	Resumo do teste F e teste de médias para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) na parte aérea de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....	16
Tabela 7	Resumo do teste F e teste de médias para o acúmulo sódio (Na), e relação sódio/potássio (Na/K), sódio/cálcio (Na/Ca) e sódio/magnésio (Na/Mg) na parte aérea de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....	19

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1** – Análise química e física do solo utilizado no experimento.....29
- Tabela 2** – Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®.....30
- Tabela 3** – Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas de pinheira.....31
- Tabela 4** Condutividade elétrica (CEes) e o pHes do extrato de saturação do solo sob irrigação com águas salinas e diferentes doses de NPK.....32
- Tabela 5** – Teste F e teste de médias para concentração interna de CO₂ (C_i , em $\mu\text{mol mol}^{-1}$), transpiração (E , em $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , em $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A_N , em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (A_N/C_i) e temperatura foliar (T_l , em °C) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....33
- Tabela 6** Teste F e teste de médias para eficiência quântica atual do PSII ($Y(\text{II})$), taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), coeficiente de extinção quântico de extinção fotoquímica (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ($Y(\text{NPQ})$) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....38
- Figura 7** Teste F e teste de médias para massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....40

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1** – Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para altura de planta, AP (A), diâmetro do caule, DC (B), número de folhas, NF (C), massa seca total, MST (D) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas (♦ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura) e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. * e ^{ns} = Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente..... 15
- Figura 2** – Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para acúmulo de nitrogênio, N (A), fósforo, P (B), potássio, K⁺ (C), cálcio, Ca²⁺ (D) e magnésio, Mg²⁺ (E) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas (♦ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura) e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. * e ^{ns} = Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente..... 17
- Figura 3** – Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para sódio, Na⁺ (A), relação sódio/potássio, Na⁺/K⁺ (B), sódio/cálcio, Na⁺/Ca²⁺ (C) e sódio/magnésio, Na⁺/Mg²⁺ (D) na parte aérea de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas (♦ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura) e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. * e ^{ns} = Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente..... 20

CAPÍTULO II

- Figura 1** – Análise de regressão e teste de Tukey para concentração interna de CO₂, *C_i* (A), transpiração, *E* (B), condutância estomática, *g_s* (C), taxa de assimilação de CO₂, *A* (D), eficiência instantânea de carboxilação, *EiC_i* (E) e eficiência instantânea do uso da água, *EiU_A* (F) de mudas de pinha sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....35
- Figura 2** – Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para temperatura foliar, (*T_l*) de mudas de pinha sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.....38
- Figura 3** – **Figura 3.** Massa seca da parte aérea, MSPA (A) e massa seca da raiz, MSR (B) de mudas de pinha sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura..... 41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	4
CAPÍTULO I CRESCIMENTO E HOMEOSTASE IÔNICA DE MUDAS DE PINHEIRA IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS.....	6
RESUMO:.....	66
ABSTRACT:.....	77
1 INTRODUÇÃO.....	88
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	99
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	1313
4 CONCLUSÕES.....	2323
REFERÊNCIAS.....	2424
CAPÍTULO II RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS DE PINHEIRA IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS E DOSES DE NPK.....	26
RESUMO:.....	Error! Bookmark not defined.26
ABSTRACT:.....	Error! Bookmark not defined.27
1 INTRODUÇÃO.....	2828
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	2929
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4 CONCLUSÕES.....	Error! Bookmark not defined.42
REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura brasileira é uma das mais diversificadas do mundo e surge como uma importante alternativa para a geração de emprego e renda no país, o que tem impulsionado muito investimento nesse setor, sobretudo, na produção de frutas tropicais voltadas para o consumo interno e exportação. Dentre as frutíferas, a família Anonáceas vem se destacando por apresentar uma boa opção de cultivo e produzem frutas com grande interesse comercial além da satisfatória rentabilidade.

A família Anonáceas compreende um grande número de gêneros e espécies, são predominantemente nativas das regiões tropicais, com cerca de 2.500 espécies distribuídas em aproximadamente 135 gêneros (CHATROU et al., 2004; ALMEIDA et al., 2011). O Brasil e Índia destacam-se com os maiores países com áreas plantadas (COELHO et al., 2012). No Brasil, a pinheira é a espécie da família anonáceas de maior expressão, cultivada praticamente em quase todos os estados brasileiros, em razão da boa adaptação e condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo (SÃO JOSÉ et al., 2014), essa frutífera ainda apresenta grande importância sob o ponto de vista socioeconômico, além de impulsionar a economia regional em áreas mais carentes (SILVA et al., 2007).

O cultivo da pinheira vem crescendo nos últimos anos nas regiões semiáridas, destacando-se a região Nordeste como a principal produtora pelos estados da Bahia (70%), Pernambuco (8,3%), Alagoas (7,4%) e Rio Grande do Norte (6,7%) a maior produtividade e qualidade dos frutos nos períodos de safra e entressafra ocorre em função do uso da irrigação associada às condições climáticas adequadas para o cultivo (LEMOS, 2014).

Apesar da escassez de dados sobre área plantada, volume produzido e comercialização dessa cultura, sabe-se que a expansão de cultivo é ascendente, com forte prevalência da agricultura familiar, pequenos e médios produtores, embora sua expressividade social e econômica, o rendimento nacional ainda é baixo devido ao nível tecnológico dos produtores ser muito diversificado com grande carência em informações técnicas a respeito da cultura.

Essa baixa produtividade, também pode estar relacionada a disponibilidade hídrica, pois embora a região do Nordeste brasileiro apresente excelentes condições edafoclimáticas para produção da pinheira, não atende as exigências hídricas da cultura para o cultivo em escala comercial, em virtude da restrição hídrica em termos de quantidade e qualidade. É sabido que a escassez hídrica no semiárido é um problema que exige uma resposta prioritária, todavia sua causa é decorrente da baixa incidência e má distribuição das chuvas, além da alta taxa de evaporação que ocorre ao longo do ano (WALTER et al., 2018), e diante da reduzida oferta de

água de boa qualidade, já considerada insuficiente para as necessidades básicas da humanidade, incluindo a irrigação de terras agrícolas (ASHRAF et al., 2017), faz-se necessário o uso de águas com qualidade inferior, no entanto, grande parte dessas águas contém elevadas concentrações de sais dissolvidos, que afetam negativamente a produção agrícola (PAIVA et al., 2016).

O uso da água salina na irrigação surge como alternativa para suprir a demanda hídrica em regiões áridas e semiáridas, onde existe escassez deste recurso e o raro volume armazenado nem sempre é de boa qualidade (COSTA; MEDEIROS, 2017). Portanto, a utilização de água com teores elevados de sais sem um manejo adequado geralmente provoca toxidez no metabolismo vegetal provocando efeitos adversos nas relações solo-água-plantas, devido ao acúmulo excessivo dos íons de Na^+ e Cl^- , além da redução do potencial osmótico do solo, que reduz a absorção de água e nutrientes pela planta, os efeitos deletérios causados pela toxidade nas plantas podem expressar-se fisiologicamente propiciando reflexos morfofisiológicos, visto que, a elevada concentração de íons no fluxo transpiratório provoca injúrias nas folhas, além da senescência precoce (SILVA et al., 2008).

Figueiredo et al. (2019) avaliando as respostas ecofisiológicas em plantas de pinheiras submetidas a diferentes níveis salinos, concluíram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação causou efeitos negativos sobre as variáveis da fluorescência da clorofila *a*. Para Veloso et al. (2019) a utilização de água salina para fins de irrigação dificulta a eficiência quântica do fotossistema II nas plantas de graviola, quando irrigadas com água de $2,3 \text{ dSm}^{-1}$ aos 120 dias após a semeadura.

Uma das alternativas apontadas para aumentar a disponibilidade hídrica e tentar sanar problemas da escassez hídrica em regiões áridas e semiáridas é a técnica de reúso de água. Para fins de irrigação a água de reúso apresenta vários os benefícios, incluindo a recarga do lençol freático e a fertirrigação de diversas culturas, desde que, respeitando os limites ambientais de aplicação para garantia do nível de qualidade (BARROS et al., 2020) e quando manejada adequadamente mitiga os problemas de poluição ambiental, e fornece nutrientes as plantas (SCHAER-BARBOSA; SANTOS; MEDEIROS, 2014).

Alguns estudos visando o aproveitamento e reutilização de água para fins agrícolas foram realizados com frutíferas por alguns autores, por exemplo, em maracujazeiro amarelo (ALMEIDA et al., 2012), mamoeiro (BEZERRA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020), em goiabeira (NÓBREGA et al., 2017) em mangueira (PEREIRA JUNIOR et al., 2020), em pinheira (ANDRADE et al., 2020).

Além disso, é necessário desenvolver alternativas de manejos de modo a atenuar os efeitos causados pelo excesso de sais nas plantas e/ou no solo, devido ao excesso no uso de água salina na irrigação (LIMA et al., 2020). Uma estratégia de manejo que vem sendo estudada como importante ferramenta para reduzir os efeitos deletérios do uso de água salina na irrigação é o aporte de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), devido às funções que desempenham cada um desses elementos (WANDERLEY et al., 2018). Uma vez que o estado nutricional das plantas é um fator que pode ser levado em consideração para a caracterizar a tolerância das plantas a salinidade, visto que, incrementos na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K e Ca, e interferem nas suas funções fisiológicas.

Neste contexto, torna-se necessário estudos sobre interação entre a salinidades da água de irrigação e doses de NPK, na tentativa de mitigar os efeitos negativos do estresse salino sobre o crescimento, e a fisiologia da pinheira de modo a contribuir para o estabelecimento dessa cultura nas regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, L. R.; SAMPAIO, P. R. F.; AZEVEDO, J.; DIAS, N. S. Utilização de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 69-75, 2012.
- ALMEIDA, J. R. G. S.; LIMA, J. T.; OLIVEIRA, H. R.; OLIVEIRA, M. R.; MEIRA, P. R. M.; LÚCIO, A. S. S. C. Antinociceptive activity of discretamine isolated from *Duguetia moricandiana*. **Natural Product Research**, v. 25, n. 20, p. 1908-1915, 2011.
- ANDRADE, E.; SARMENTO, M. I. A.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; MOREIRA J. N.; NÓBREGA, E. P.; CAIANA, C. R. A.; BEZERRA NETO, F. C.; MEDEIROS, A. C.; MARACAJÁ, P. B. Reutilização de água para produção de mudas de pinha. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e536974403, 2020.
- ASHRAF, MUHAMMAD.; SHAHZAD, S. M.; AKHTAR, N. IMTIAZ, M. Salinization/sodification of soil and physiological dynamics of sunflower irrigated with saline-sodic water amending by potassium and farm yard manure. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7, n. 4, p. 476-487, 2017.
- BARROS, J. C. S. M.; RÊGO FILHO, L. M.; CELESTINO, R. C. A.; PROHMANN, L. L. Águas de reúso para irrigação de pomar de lima ácida 'Tahiti' (*citrus latifolia* Tanaka). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1224-1239, 2020.
- BEZERRA, D. E. L.; BEZERRA, D. E. L.; LIMA FILHO, P.; PEREIRA JÚNIOR, E. B.; AZEVEDO, P. R. L.; SILVA, E. A. Reúso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no Semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 5-11, 2019.
- CHATROU, L. W.; RAINER, H.; MAAS, P. J. M. Annonaceae (Soursop family). In SMITH N. et al. (eds.). **Flowering Plants of Neotropics**. New York Botanical Garden, p. 18-20, 2004
- COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 6, n. 3, p. 169-177, 2017.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; GONÇALVES, A. C. M.; RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; DIAS, T. J.; ALBURQUERQUE, M. B. Gas exchanges in sugar apple (*Annona squamosa* L.) subjected to salinity stress and nitrogen fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n.12, p. 1959-1966, 2019.
- LEMOS, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, ed. especial, p. 77-85, 2014.
- 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.

NÓBREGA, E. P.; SARMENTO, M. I. A.; RODRIGUES, M. L. M.; OLIVEIRA, P. R. R.; FERREIRA NETO, J.; MARACAJÁ, P. B. Desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira irrigadas com diferentes tipos de água. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 2, p. 01-09, 2017.

OLIVEIRA, H. A.; BATISTA, R. O.; SÁ, F. V. S.; DIAS, N. S.; FERREIRA, A. K. C. Growth and mineral composition of papaya and passion fruit seedlings irrigated with gray water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1037-1048, 2020.

PAIVA, F. I. G.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. A.; MOTA, A. F.; COSTA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, H. S. Qualidade da fibra do algodoeiro BRS verde irrigado com Águas de diferentes níveis salinos. **Irriga**, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 209-220, 2016.

PEREIRA JUNIOR, E. B.; SILVA, I. S. C.; SARMENTO, W. D.; OLIVEIRA FILHO, F. S.; RODRIGUES, M. C. E.; ARAÚJO, M. R. S.; SANTOS, P. A. Produção de mudas de mangueira irrigadas com diferentes tipos de águas no sertão paraibano. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 43-48, 2020.

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. M. de; 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. 1, n.36, p. 86-93, 2014.

SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P., Waste water reuse as a mitigating factor to the effects of droughts in the state of Bahia Semi-Arid Viability study, **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 17-32, 2014.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO N. F.; AZEVEDO NETO. Physiologi- Physiological responses to salt stress in Young umbu plants. **Enviromental and Experimental botany**, v. 63, p. 147-157, 2008.

SILVA, J. C. G.; CHAVES, M. A.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALVES, J. F. T. A influência da cobertura morta sobre características físicas e químicas de frutos da pinha (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. vol.29, n.2, pp. 287-291. 2007.

VELOSO, L. L. DE S. A.; SILVA, A. A. R.; CAPITULINO, J. D. LIMA G. S. DE.; AZEVEDO, C. A. V. DE.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D. Photochemical efficiency and growth of soursop rootstocks subjected to salt stress and hydrogen peroxide. **AIMS Agriculture and Food**, v. 5, n.1, p.1–13, 2019.

WALTER, J.; LÜCK, E.; BAURIEGEL, A.; FACKLAM, M.; ZEITZ, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: **A geophysical approach**. v. 310, p. 1–11. 2018.

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.

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO E HOMEOSTASE IÔNICA DE MUDAS DE PINHEIRA IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS

RESUMO: A pinheira é uma frutífera tropical altamente adaptada às condições climáticas da região nordeste do Brasil, o que justifica a necessidade de expansão das áreas cultivadas, porém os problemas decorrentes da salinidade da água nessa região são constantes. Uma das alternativas para minimizar os efeitos deletérios do estresse salino é a adoção de práticas de manejo de adubação mineral promovendo um aumento na tolerância da cultura aos sais. Com isso, objetivou-se avaliar doses de NPK na mitigação do estresse salino em mudas de pinheira irrigadas com águas residuárias salinas. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, sendo três águas de irrigação (água de abastecimento local (controle); rejeito de dessalinizadores; efluente da piscicultura) e cinco proporções da recomendação de NPK (25; 50; 75; 100; 125% da recomendação de adubação), com quatro repetições. As mudas foram conduzidas em recipientes com capacidade de 2 dm³ preenchido com solo de textura arenosa por 90 dias. Nesse período as mudas foram avaliadas quanto ao crescimento, acúmulo de biomassa e nutrientes. A irrigação com rejeito salino e efluente da piscicultura restringem o crescimento da muda de pinheira independente da dose de NPK utilizada. A homeostase iônica das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura é otimizada com adubação com 50% da recomendação de NPK. Para produção de mudas irrigadas com água de abastecimento recomenda-se a dose de 75%, correspondente a 75, 225 e 112,5 mg de N, P₂O₅ e K₂O por dm³, respectivamente. Para produção de mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura recomenda-se a dose média de 50% correspondente a 50, 150 e 75 mg de N, P₂O₅ e K₂O por dm³, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona squamosa* L., irrigação, estresse salino, adubação, nutrição de plantas.

GROWTH AND IONIC HOMEOSTASIS OF PINE SCREENS IRRIGATED WITH SALIN RESIDUARY WATERS

ABSTRACT: Pine is a tropical fruit that is highly adapted to climatic conditions in the northeast region of Brazil, which justifies the need for expansion of cultivated areas, but the problems arising from the salinity of water in this region are constant. One of the alternatives to minimize the harmful effects of salt stress is the adoption of mineral fertilizer management practices, promoting an increase in the culture's tolerance to salts. Thus, the objective was to evaluate NPK doses in the mitigation of salt stress in pine seedlings irrigated with saline wastewater. The experiment was carried out in a greenhouse, in a randomized block design, in a 3 x 5 factorial scheme, with three irrigation waters (local water supply (control); desalination waste; fish farm effluent) and five proportions of the recommendation of NPK (25; 50; 75; 100; 125% of the fertilization recommendation), with four repetitions. The seedlings were conducted in containers with a capacity of 2 dm³ filled with a sandy textured soil for 90 days. During this period, the seedlings were evaluated for growth, accumulation of biomass and nutrients. Irrigation with saline waste and fish farm effluent restricts the growth of the sugar apple seedling regardless of the dose of NPK used. The ionic homeostasis of seedlings irrigated with saline waste and fish farm effluent is optimized with fertilization with 50% of the NPK recommendation. For the production of seedlings irrigated with water supply, a dose of 75% is recommended, corresponding to 75, 225 and 112.5 mg of N, P₂O₅- and K₂O per dm³, respectively. For the production of seedlings irrigated with saline waste and fish farming effluent, an average dose of 50% corresponding to 50, 150 and 75 mg of N, P₂O₅- and K₂O per dm³, respectively, is recommended.

KEY WORDS: *Annona squamosa* L., irrigation, salt stress, fertilization, plant nutrition

1. INTRODUÇÃO

A pinha (*Annona squamosa* L.) é uma frutífera pertencente à família Annonaceae, de clima tropical seco (PEREIRA; KAVATI, 2011), dependendo da região pode ser conhecida como ata ou fruta-do-conde. Dentre as anonáceas, essa espécie apresenta grande expressão econômica no Brasil, por apresentar fácil adaptabilidade edafoclimática e demanda crescente no mercado consumidor.

O cultivo de pinha tem aumentado nos últimos anos, devido aos elevados preços que seus frutos tem alcançado no mercado, mas além de satisfatória rentabilidade, essa fruta vem despertando o interesse dos fruticultores, por ser cultivada sob as mais variadas condições climáticas principalmente nos estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco, São Paulo e Ceará (LEMOS, 2014), além das propriedades alimentares, as anonáceas apresentam valor medicinal com propriedades farmacêuticas (SINGH, 2011; MADHU et al., 2012).

Entretanto, a expansão dessa cultura, enfrenta diversas limitações de ordem agrônoma, devido às recomendações de adubação serem realizadas de maneira empírica e da notória escassez de estudos experimentais sobre exigências nutricionais, principalmente em condições semiáridas, onde o desequilíbrio nutricional associado ao estresse salino podem promover efeitos drásticos no estabelecimento e produção da cultura (CAVALCANTE et al., 2012; SÁ et al., 2015; 2021).

A produção de mudas das culturas em geral, é um fator determinante para o sucesso da produção agrícola. Portanto, o uso de mudas vigorosas promove estandes mais uniformes, menor mortalidade devido a estresses bióticos e abióticos, e conseqüentemente maior produtividade da cultura (SANTOS et al., 2017); no entanto, o excesso de sais solúveis, comumente encontrados em fontes de água do Nordeste do Brasil, pode inibir o crescimento das mudas e inviabilizar a produção de mudas e conseqüentemente, a produtividade agrícola.

O uso em excesso de água salina compromete o crescimento e a produtividade das mudas, devido os efeitos osmótico e iônico. O efeito osmótico é resultante da alta concentração de sais na zona radicular, e promove diminuição do potencial osmótico e conseqüentemente do potencial hídrico do solo, restringindo a disponibilidade de água para a planta (WAN et al., 2017). O efeito iônico, refere-se ao acúmulo de certos íons específicos principalmente Na^+ e Cl^- que promovem toxicidade (VOLKO; BEILBY, 2017). Além disso, o efeito iônico promove um desequilíbrio nutricional ocasionado pelas

alterações nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta, por exemplo, o excesso do íon Na^+ no meio inibe absorção de K^+ e Ca^{2+} , Mg^{2+} , e o Cl^- inibe a absorção de NO_3^- e H_2PO_4^- (RIBEIRO et al., 2016; SÁ et al., 2020).

Assim, é preciso buscar estratégias de manejo de solo e água, a exemplo do manejo de adubos orgânicos e minerais junto ao manejo da irrigação, de modo a diminuir o aumento da concentração de sais no solo, e seus efeitos negativos sobre as plantas (SÁ et al., 2015). De acordo com Lacerda et al. (2006) o nível ótimo do nutriente para uma espécie, na ausência de sais, pode ser tóxico para algumas plantas quando cultivadas em meio salino. Para Sá et al. (2019) o efeito benéfico do incremento da adubação no crescimento, fisiologia e produção das plantas depende da condição de salinidade em que a planta se encontra.

Com isso, objetivou-se avaliar doses de NPK na mitigação do estresse salino em mudas de pinheira irrigadas com águas residuárias salinas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a agosto de 2019 em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, localizada no campus Leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, localizado nas coordenadas geográficas de $5^\circ 12'$ de latitude Sul e $37^\circ 19'$ de longitude Oeste, com altitude média de 18 m. O clima predominante na área de estudo é do tipo BSwh', no período de condução do experimento foram registradas as temperaturas máximas e mínimas de 44,2 e 20,4 °C, e umidades máximas e mínimas de 86 e 22%. A temperatura média e umidade média diária ao longo do experimento foram de 33,8 °C e 49%, respectivamente.

A casa de vegetação é formada por uma cobertura na forma de arco, com 6,4 m de largura, 18 m de comprimento e pé direito de 3,0 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 μm , protegida nas laterais com malha negra 50%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado, conduzido em esquema fatorial 3 x 5, o primeiro fator consiste em três águas de irrigação (água de abastecimento local (controle); rejeito de dessalinizadores; efluente da piscicultura), enquanto o segundo fator corresponde a cinco proporções de NPK (25; 50; 75; 100; 125%

da recomendação de adubação), perfazendo 15 tratamentos com quatro repetições e duas mudas por repetição, totalizando 120 plantas.

Para a produção das mudas, sementes foram extraídas de frutos de pinha adquiridos em supermercado local. Foi adotado o procedimento de lavagem em água corrente para a retirada de restos de polpa, em seguida, foram postas para secar à sombra sob jornal. Para quebra da dormência, as sementes foram submetidas ao método de desponte, antes de serem semeadas (BRASIL, 2009). A semeadura foi realizada em sacos de polietileno com capacidade de 2 dm³ litros, inicialmente foram semeadas três sementes com 1,5cm de profundidade, após a emergência realizou-se desbaste de modo a permanecer apenas uma planta por saco. Diariamente, as mudas foram avaliadas visualmente visando o controle preventivo de doenças e/ou pragas.

O solo utilizado foi proveniente de uma área virgem da fazenda experimental da UFERSA Campus de Mossoró, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico, conforme EMBRAPA (2013). As amostras de solos foram coletadas na camada de 0,0 - 30,0 cm e levadas para o laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, onde foram avaliadas as características físicas e química seguindo metodologia da EMBRAPA (2009), cujas características físico-químicas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado no experimento.

pH	M.O. (%)	P --- (mg dm ⁻³)	K ⁺ ----	Na ⁺ ----	Ca ²⁺ ----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ -----	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	SB	t	CTC	V ----- %	PST -----
5,30	1,67	2,1	54,2	21,6	2,70	0,90	0,05	1,82	3,83	3,88	5,65	68	2,0
	Densidade (kg dm ⁻³)			Areia				Silte					Argila
	1,60			820				30					150

Após caracterização física e química do solo, a acidez do solo foi corrigida com cal hidratada, com teores de CaO e MgO 48% e 24%, a Saturação por Bases foi elevada para 90% e após 15 dias, o solo foi adubado de acordo com as recomendações de Novais et al. (1991), para vasos em cultivo protegido, sendo aplicado 300 mg de P₂O₅⁻, 150 mg de K₂O, e 100 mg de N, por dm³ de solo, através da fertirrigação, utilizando como fonte de Ureia (45% de N) e Cloreto de Potássio (KCl = 60% de K₂O) e monoamônio fosfato (MAP = 12% de N e 50% de P₂O₅⁻). A adubação com micronutrientes foi realizada via foliar com o fertilizante Liqui-Plex Fruit®, na proporção de 3 ml L⁻¹ de calda, seguindo a recomendação do fabricante (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®.

Parâmetros								
N	Ca	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn ^r	C.O.
-----g L ⁻¹ -----								%
73,50	14,70	78,63	14,17	0,74	73,50	1,47	73,50	2,45

N – Nitrogênio; Ca - Cálcio; S – Enxofre; B – Boro; Cu – Cobre; Mn – Manganês; Mo – Molibdênio; Zn – Zinco; C.O. – carbono orgânico.

No tocante as águas de irrigação, foram coletas e armazenadas em recipientes plásticos de 150 L, água de abastecimento local (CEa = 0,53 dS m⁻¹), efluente da piscicultura, provenientes do cultivo de tilápias do setor de piscicultura da UFERSA, e rejeito dessalinizadores de osmose reversa de comunidades rurais do município de Mossoró. A condutividade elétrica (CE) da água de rejeito de dessalinizadores foi igualada a CE do efluente da piscicultura por meio de diluições deste, com água de abastecimento até a Ce = 3,5 dS m⁻¹. A aplicação dos tratamentos teve início no primeiro dia, logo após a semeadura.

Tabela 3. Análise das águas utilizadas na irrigação das mudas de pinha.

Fontes hídricas	Parâmetros									
	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
	H ₂ O	dS m ⁻¹	-----mmol _e L ⁻¹ -----							
1 AA	7,80	0,53	0,31	6,64	0,30	1,10	2,60	0,20	2,80	7,9
2 RS	8,10	3,50	0,35	19,37	5,70	8,80	30,80	0,60	2,30	7,2
3 EP	8,20	3,50	0,66	16,34	8,90	12,20	22,60	1,20	3,40	5,0

Fonte hídrica 1 - água de abastecimento; Fonte hídrica 2 - rejeito salino; Fonte hídrica 3 – efluente da piscicultura pH (H₂O) - Potencial hidrogeniônico em água; CE - Condutividade elétrica; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Mg²⁺ - Magnésio; Ca²⁺ - Cálcio; Cl⁻ - Cloro; CO₃²⁻ - Carbonato; HCO₃⁻ - Bicarbonato; RAS - Razão de adsorção de sódio.

Após o preparo do solo, foi realizado uma irrigação de modo a deixa-lo próximo a máxima retenção de água, e as irrigações subsequentes foram realizadas uma vez ao dia de modo a deixar o solo com umidade próxima à capacidade máxima de retenção, com base no método da lisimetria de drenagem, sendo a lâmina aplicada acrescida de uma fração de lixiviação de 15% a cada 30 dias. O volume aplicado (Va) por recipiente foi obtido pela diferença entre a lâmina anterior (La) aplicada menos a média de drenagem (d), dividido pelo número de recipientes (n), como indicado na equação 1:

$$Va = \frac{La - D}{n(1 - FL)} \quad (1)$$

O volume total de água aplicada por planta foi de 3,68 L, correspondente a uma aplicação de 1,18 g de sais nas plantas irrigadas com água de abastecimento (0,5 dS m⁻¹)

e 8,24 g de sais nas plantas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura. Aos 90 dias após a semeadura foi aplicada mais uma lâmina de lixiviação (15%), o volume drenado foi coletado, no qual foi medida a condutividade elétrica da água de drenagem (CEd), utilizando-se um condutivímetro de bancada com os dados expresso em dS m^{-1} ajustados para temperatura de 25°C . A condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e o pH foram estimados segundo a metodologia de Ayers e Westcot (1999), para solos de textura média (Tabela 4), usando a Equação 2:

$$CEes = \frac{CEd}{2} \quad (2)$$

Tabela 4. Condutividade elétrica (CEes) e o pHes do extrato de saturação do solo sob irrigação com águas salinas e diferentes doses de NPK.

Recomendação de adubação de NPK(%)	CEes (dS m^{-1})			pHes		
	AA	RS	EP	AA	RS	EP
25	1,12	4,64	4,94	6,64	6,28	6,77
50	1,86	5,98	4,50	6,35	5,96	6,85
75	2,10	4,65	4,99	6,37	5,96	6,6
100	2,75	5,34	6,19	6,34	5,89	6,19
125	2,93	4,78	5,62	5,56	5,39	5,81

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP - efluente da piscicultura.

Aos 90 dias após a semeadura as mudas foram avaliadas quanto a medições de altura, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal e número de folhas. A altura foi mensurada utilizando régua graduada partindo-se do solo até a inserção do meristema apical sendo os dados expressos em cm. O diâmetro do caule foi determinado por meio de paquímetro digital a 1cm da superfície do solo, as leituras foram expressas em mm. O número de folhas foi determinado por meio da contagem simples das folhas verdes totalmente expandidas de cada planta.

Após a análise de crescimento as mudas foram seccionadas em folhas, caule e raiz e acondicionados em sacos de papel do tipo Kraft, colocadas em estufa com circulação de ar forçada, à 65°C até atingirem peso constante e pesadas em balança analítica (0,0001 g), sendo os resultados expressos em g. De posse destes dados, foi mensurado a massa seca total (MST) (g).

A matéria seca das folhas foram trituradas em moinho de aço do tipo Willey, com posterior armazenamento em sacos plástico etiquetados de onde seguiram para análise. No laboratório o material passou por digestão via úmida (H_2SO_4 98% p.a. + H_2O_2 , 98%

p.a.) em sistema aberto, para a determinação das concentrações foliares totais de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl; e digestão em ácido nítrico (HNO₃ 98% p.a.) em forno micro-ondas para a obtenção do extrato utilizado na leitura das concentrações foliares totais de fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e sódio (Na⁺) de acordo com os procedimentos descritos em EMBRAPA (2009), e as leituras foram realizadas em Plasma por Acoplamento Indutivo (ICP). De posse dos dados, estimou-se a quantidade de gramas por planta e determinou-se a relação Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca²⁺ e Na⁺/Mg²⁺.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, teste 'F', nos casos de significância, realizou-se teste de médias para os fatores qualitativos (águas salinas) e regressão para o fator quantitativo (doses de NPK), ao nível de 5% de significância, com auxílio do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores água e doses de NPK sobre a altura de planta (p<0,01), diâmetro do caule (p<0,01), número de folhas (p<0,01) e massa seca total (p<0,001) (Tabela 5). Para comprimento da raiz principal houve efeito significativo (p<0,001) das águas de irrigação (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo do teste F e teste de médias para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), comprimento da raiz principal (CRP) e massa seca total (MST) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Fontes de variação	Teste F (<i>p</i> -valor)					
	GL	AP	DC	NF	CRP	MST
Bloco	3	0,152	0,8936	0,067	0,875	0,028
Águas	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Doses de NPK	4	0,000	0,003	0,000	0,417	0,000
Águas x Doses de NPK	8	0,001	0,002	0,005	0,053	0,000
Erro	42	--	--	--	--	--
CV(%)		9,35	7,79	6,66	9,24	11,73
Teste de Tukey (<i>p</i> < 0,05)						
Tratamentos	(cm)	(mm)	Folhas	(cm)	(g)	
1 – AA	26,57a	4,92a	15,35a	26,84a	3,41a	
2 – RS	15,60b	4,27b	10,25b	24,47b	1,30b	
3 – EP	15,27b	4,05b	10,05b	23,81b	1,23b	
DMS	1,37	0,26	0,61	1,77	0,17	

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP - efluente da piscicultura. GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

As maiores AP e NF das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento foram obtidas nas doses de 85,15 e 89,12 de NPK equivalente aos valores 29,33 cm e 16 folhas, respectivamente (Figuras 1A, C). Nas mudas de pinheira irrigadas com rejeito salino, as maiores AP e NF foram obtidas nas doses de 45,83 e 40,75 de NPK equivalentes aos valores 16,35 cm, 10 folhas, respectivamente (Figuras 1A, C). Nas mudas de pinheira irrigadas com efluente da piscicultura, as maiores AP e NF foram obtidas nas doses de 56,09 e 53,75% de NPK equivalente aos valores 17 cm e 11 folhas, respectivamente (Figuras 1A, C).

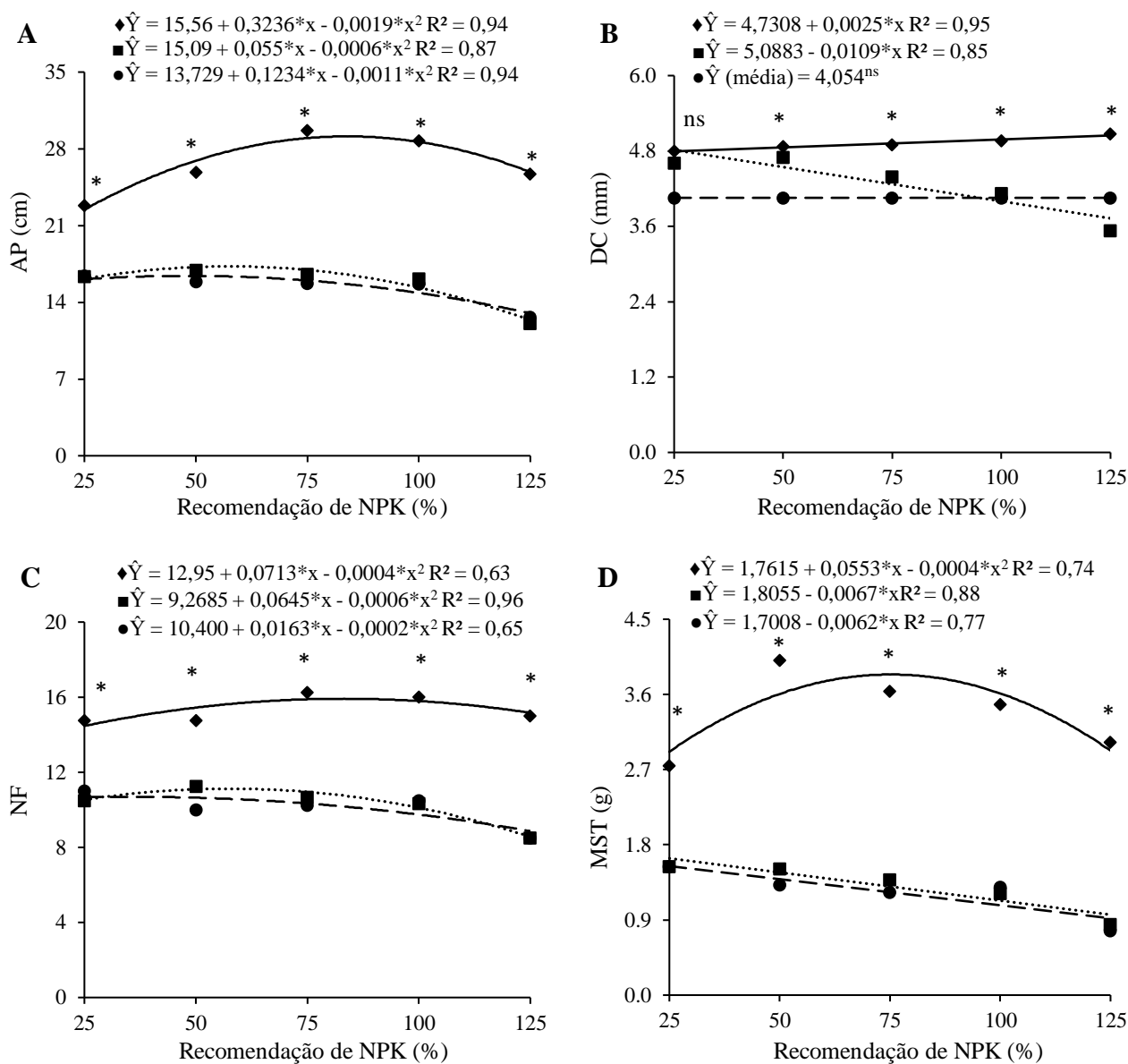


Figura 1. Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para altura de planta, AP (A), diâmetro do caule, DC (B), número de folhas, NF (C), massa seca total, MST (D) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas (♦ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura) e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. * e ^{ns} = Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Em todas as doses de NPK as mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura obtiveram médias inferiores em até 41,3 e 42,5% para AP, 33,2 e 34,5% para NF e 61,9 e 63,9% para MST, em relação a água de abastecimento, respectivamente (Figuras 1A, C e D). Não houve, diferença significativa entre as médias do rejeito salino e o efluente da piscicultura para as doses de NPK (Figuras 1A, C, D)

No DC das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento houve um incremento de 5,21% na dose de 125% em relação a 25% de NPK (Figura 1B). Para as mudas irrigadas com rejeito salino houve uma redução de 22,6% na dose de 125% em relação a 25% de NPK (Figura 1B). Quando irrigadas com efluente da piscicultura, não houve ajuste significativo das doses de NPK, obtendo-se valores médios de 4,054 mm (Figura 1B).

A dose de 25% de NPK não houve diferença significativa entre as médias das águas de irrigação (Figura 1B). Nas doses de 50 e 75% de NPK, os menores valores foram observados nas mudas irrigadas com efluente da piscicultura e não houve diferença entre as mudas irrigadas com água de abastecimento e rejeito salino (Figura 1B). Nas doses de 100 e 125% não houve diferença entre as mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura e os maiores valores de DC foram observados em mudas irrigadas com água de abastecimento.

A maior MST das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento foi obtida na dose de 69,12% de NPK, equivalente a 3,67 g (Figura 1D). A MST das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura, foram reduzidas em 40,9 e 40,1% na dose de 125% em relação a 25% de NPK (Figura 1D).

O CRP da pinheira foi reduzido em 8,8 e 11,3% com o uso do rejeito salino e do efluente da piscicultura na irrigação, em relação as mudas irrigadas com água de abastecimento (controle) (Tabela 5).

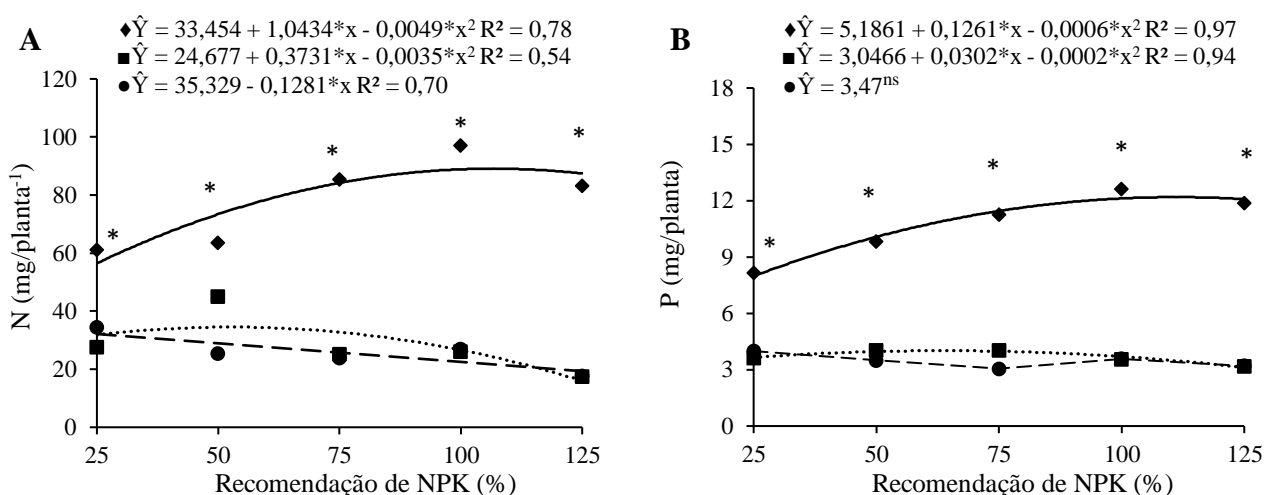
Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores água e doses de NPK sobre o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo do teste F e teste de médias para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) na parte aérea de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Teste F (<i>p</i> -valor)						
Fontes de variação	GL	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Bloco	3	0,504	0,683	0,445	0,728	0,662
Águas	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Doses de NPK	4	0,177	0,019	0,000	0,000	0,000
Águas x Doses de NPK	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Erro	42	--	--	--	--	--
CV(%)		22,91	15,66	13,14	13,32	13,89
Teste de Tukey (<i>p</i> < 0,05)						
Tratamentos	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
1 - AA	78,06 a	10,74 a	39,13 a	44,80 a	32,11 a	
2 - RS	25,72 b	3,60 b	13,49 b	21,77 b	18,25 b	
3 - EP	29,01 b	3,47 b	11,45 b	14,75 c	18,15 b	
DMS	7,79	0,71	2,16	2,77	2,45	

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP - efluente da piscicultura. GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Os maiores acúmulos de N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ nas mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento foram obtidas nas doses de 106,5, 105,1, 83,3, 80,0 e 74,1% de NPK, equivalente aos valores de 88,99, 11,81, 46,03, 49,83 e 25,44 mg/planta, respectivamente (Figuras 2A, B, C, D e E).



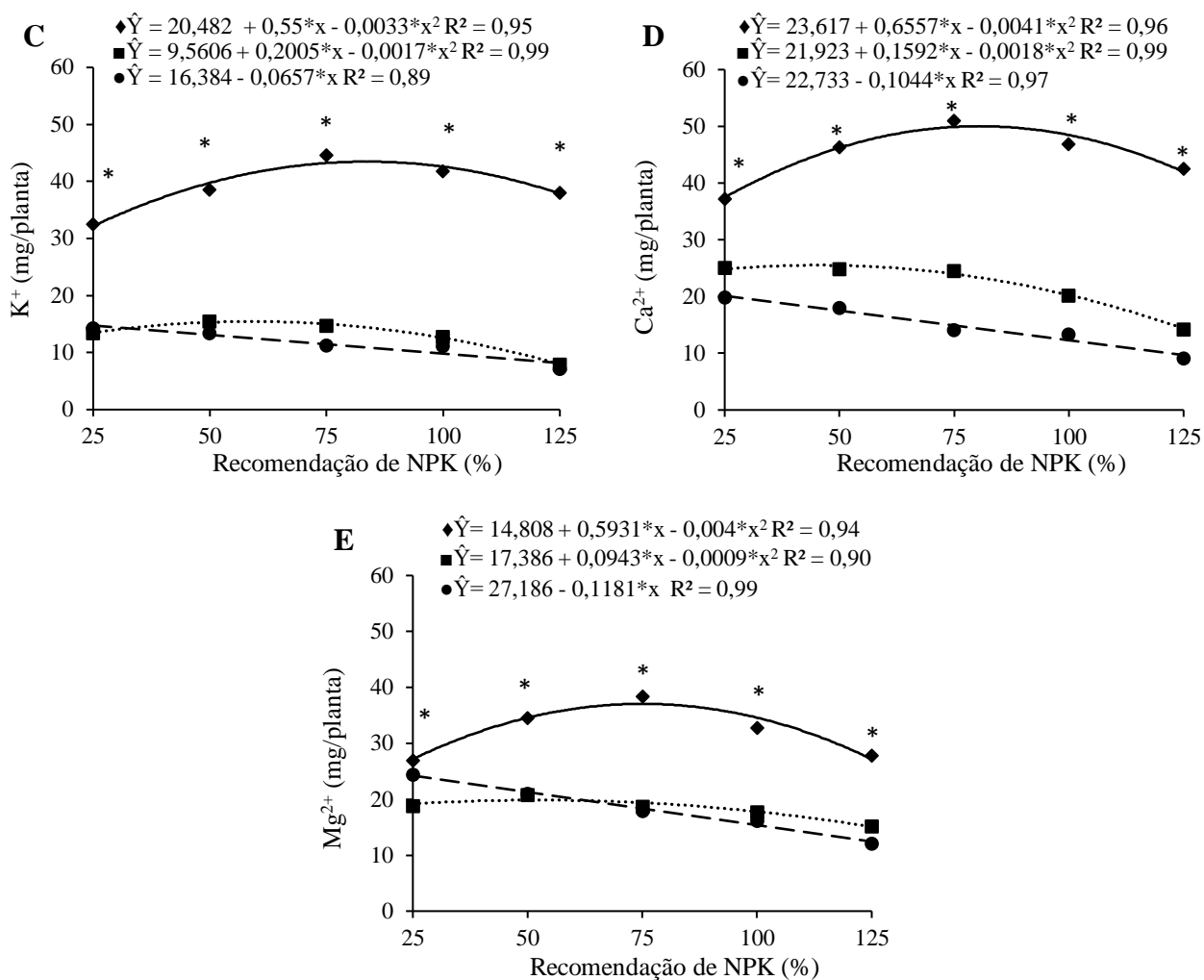


Figura 2. Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para acúmulo de nitrogênio, N (A), fósforo, P (B), potássio, K^+ (C), cálcio, Ca^{2+} (D) e magnésio, Mg^{2+} (E) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas (◆ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura) e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. * e ^{ns} = Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

As mudas irrigadas com rejeito salino obtiveram os maiores acúmulos de N, P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} nas doses de 53,3; 75,5; 59,0; 74,1 e 52,4% de NPK, equivalente aos valores de 34,60; 4,18; 15,47; 36,80 e 19,85 mg/planta, respectivamente (Figuras 2A, B, C, D e E). Quando as mudas foram irrigadas com efluente da piscicultura houve reduções de 39,88; 3,47; 15,47; 10,44 e 11,81 mg/planta nos acúmulos de N, P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} na dose de 125% em relação a dose 25% de NPK (Figuras 2A, B, C, D e E).

Em todas as doses de NPK, as mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura obtiveram acúmulos de nutrientes inferiores aos das plantas irrigadas com água de abastecimento, com reduções no acúmulo de nutrientes em até 67,05 e 62,83% para o N, 64,48 e 67,69% para o P, 65,52 e 70,73% para o K^+ , 51,41 e 67,08% para o

Ca^{2+} , 43,16 e 43,48% para o Mg^{2+} , em relação a água de abastecimento, respectivamente (Figuras 2A, B, C, D e E). Os acúmulos de N, P, K^+ e Mg^{2+} foram semelhantes nas mudas irrigadas com rejeito salino e o efluente da piscicultura nas diferentes doses de NPK, os teores de Ca^{2+} foram maiores em mais de 6,20 mg/planta quando a irrigação foi com rejeito salino em relação ao efluente da piscicultura nas doses 25, 75 e 100% de NPK (Figuras 2A, B, C).

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores água e doses de NPK sobre o para o acúmulo sódio (Na), e relação sódio/potássio (Na^+/K^+), sódio/cálcio ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) e sódio/magnésio ($\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$) na parte aérea de mudas de pinheira (Tabela 7).

O maior acúmulo de Na^+ das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento foram obtidos na dose de 60,5% de NPK, equivalente aos valores de 15,93 mg/planta, respectivamente (Figura 3A). As mudas irrigadas com rejeito salino obtiveram os maiores acúmulos de Na^+ sob a dose de 83,4% de NPK, equivalente aos valores de 10,97 mg/planta, respectivamente (Figura 3A). Quando as mudas foram irrigadas com efluente da piscicultura houve reduções de 48,37 mg/planta no acúmulo de Na^+ entre as doses de 125% e 25% de NPK (Figura 3A).

Na dose de 100% de NPK, não houve diferença entre as águas de irrigação para o acúmulo de Na^+ (Figura 3A). Na dose de 25% de NPK os acúmulos de Na^+ das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura foram superiores em 11,9 e 22,6% aos observados nas mudas irrigadas com água de abastecimento (Figura 3A). Nas doses de 50 e 75% de NPK os acúmulos de Na^+ das mudas irrigadas com água de abastecimento foram superiores em 54,5 e 42,2% aos das mudas irrigadas com rejeito salino e em 23,2 e 47,5% ao das mudas irrigadas com efluente da piscicultura (Figura 3A). Na dose de 125% de NPK, os acúmulos de Na^+ das mudas irrigadas com rejeito salino foram superiores em 41,1 e 12,9% aos observados nas mudas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, respectivamente (Figura 3A).

Tabela 7. Resumo do teste F e teste de médias para o acúmulo sódio (Na), e relação sódio/potássio (Na/K), sódio/cálcio (Na/Ca) e sódio/magnésio (Na/Mg) na parte aérea de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Fontes de variação	Teste F (<i>p</i> -valor)				
	GL	Na	Na^+/K^+	$\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$
Bloco	3	0.932	0.536	0,934	0,979
Águas	2	0.002	0.000	0.000	0.000

Doses de NPK	4	0.000	0.000	0.000	0.000
Águas x Doses de NPK	8	0.000	0.000	0.000	0.000
Erro	42	--	--	--	--
CV(%)		15.07	15.50	9,68	7,10
Teste de Tukey (p < 0,05)					
Tratamentos		Na	Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ /Ca ²⁺	Na ⁺ /Mg ²⁺
1 – AA		14.19 a	0.36 c	0,32 c	0,44 b
2 - RS		12.35 b	0,96 b	0,60 b	0,69 a
3 – EP		12.12 c	1.07 a	0,84 a	0,67 a
DMS		1.49	0,09	0,04	0,03

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP – efluente da piscicultura. GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

As menores relações de Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca²⁺ e Na⁺/Mg²⁺ nas mudas de pinheira irrigadas com rejeito salino foram obtidas nas doses de 48,5, 57,0 e 65,7% de NPK equivalente aos valores 0,89, 0,44 e 0,57 (Figuras 3B, C e D). Nas mudas de pinheira irrigadas com efluente da piscicultura as menores relações Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca²⁺ e Na⁺/Mg²⁺ foram obtidas nas doses de 76,0, 71,7 e 70,0% de NPK equivalente aos valores de 0,93, 0,72 e 0,61 (Figuras 3B, C e D). Quando irrigadas com água de abastecimento houve reduções de 34,1, 31,9, e 23,9% nas relações Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca²⁺ e Na⁺/Mg²⁺ entre a dose de 125% em relação a dose de 25% de NPK (Figuras 3B, C e D).

As relações Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca²⁺ e Na⁺/Mg²⁺ das mudas irrigadas com água de abastecimento foram inferiores em até 2,67, 1,88 e 1,57 vezes as relações obtidas nas mudas irrigadas com rejeito salino e 3,00, 2,63 e 1,52 vezes menores que as relações obtidas nas mudas irrigadas com efluente da piscicultura (Tabela 7). As relações Na⁺/K⁺ e Na⁺/Ca²⁺ das mudas irrigadas com efluente da piscicultura foram superiores em 16,7 e 56,4% para dose de 25% de NPK, 48,5 e 73,8% para dose de 50% de NPK e 28,4 e 67,3% para dose de 75% de NPK, aos das mudas irrigadas com rejeito salino, respectivamente (Figuras 3B e C). Não houve diferença na relação Na⁺/Mg²⁺ entre as mudas irrigadas com efluente da piscicultura e rejeito salino (Figura 3D).

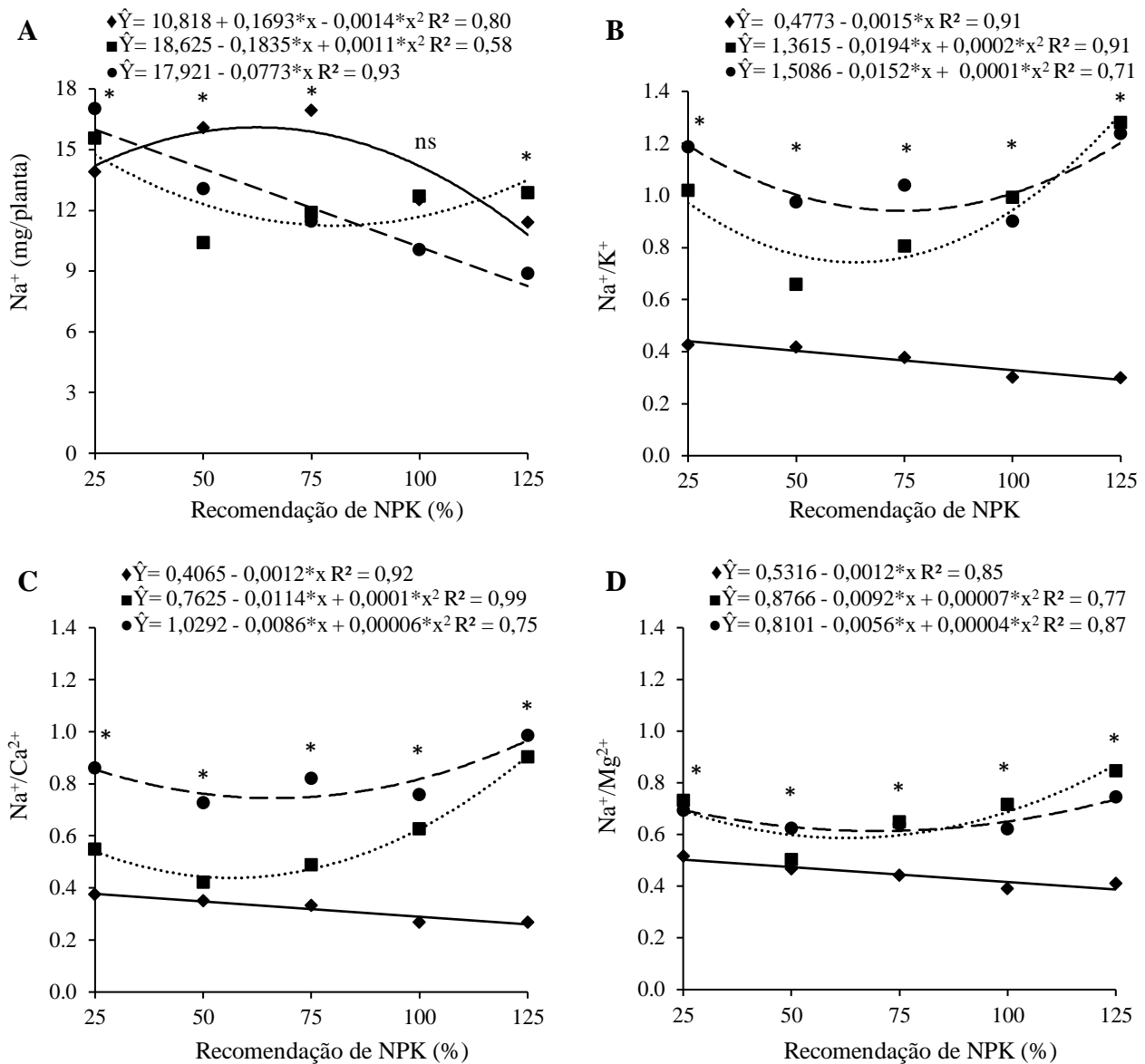


Figura 3. Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para sódio, Na^+ (A), relação sódio/potássio, Na^+/K^+ (B), sódio/cálcio, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ (C) e sódio/magnésio, $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ (D) na parte aérea de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas (◆ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura) e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. * e ^{ns} = Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

O maior crescimento e acúmulo de biomassa das mudas de pinheira em condições de baixa salinidade foram obtidas entre as doses de NPK de 69 a 89%, sendo recomendado a dose de 75%, correspondente a 75, 225 e 112,5 mg de N, P_2O_5^- e K_2O por dm^3 , respectivamente. Houve redução do crescimento das mudas em doses superiores a essa (75%), devido as doses de NPK elevaram a CEes (Tabela 4), nessas condições as mudas reduziram o acúmulo de N, P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} na parte aérea e também houve

redução no acúmulo de sódio e nas relações Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, e $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$. Sá et al. (2019) verificaram que efeito benéfico do incremento da adubação no crescimento, fisiologia e produção das plantas depende da condição de salinidade em que a planta se encontra. As plantas não apresentaram sintomas de toxicidade em resposta a doses de NPK, assim, as restrições no crescimento são atribuídas ao aumento da CEes e consequentemente redução do potencial osmótico do solo.

O efeito osmótico é resultante da alta concentração de sais na zona radicular, e promove diminuição do potencial osmótico e consequentemente do potencial hídrico do solo, restringindo a disponibilidade de água para a planta (WAN et al., 2017). De acordo com Oliveira et al. (2013) a incapacidade da planta realizar o ajuste osmótico, resulta em deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico, e provoca alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, assim como observado nas mudas de pinheira.

A irrigação com água de alta salinidade reduziu o crescimento das mudas de pinheira, independente da fonte de água utilizada. A redução dos índices de crescimento da pinheira sob condições de estresse salino também foram verificadas por Passos et al. (2005), Sá et al. (2015) e Silva et al. (2018). As respostas das mudas a adubação com NPK foi semelhante em mudas irrigadas com rejeito salino e efluente. O maior crescimento das mudas nas condições de alta salinidade foi obtido entre as doses de 25,00 e 53,75% da recomendação de NPK, sendo recomendado a dose de 50% correspondente a 50, 150 e 75 mg de N, P_2O_5^- e K_2O por dm^3 , respectivamente. O aumento da dose de NPK nas mudas irrigadas com água salina reduziu linearmente o crescimento da muda, e esses resultados indicam que o nível ótimo do nutriente para pinheira na ausência de estresse salino é tóxico quando ela é cultivada em meio salino.

De acordo com Lacerda et al. (2006) o nível ótimo do nutriente para uma espécie, na ausência de sais, pode ser tóxico para algumas plantas quando cultivadas em meio salino. Esse comportamento foi observado para pinheira (Figura 1). A resposta de crescimento e acúmulo de biomassa à adubação diminuiu quando as plantas foram irrigadas com o rejeito salino e o efluente da piscicultura. Essa diminuição em termos da recomendação utilizada de NPK, foi de 35 pontos percentuais. E configura um requerimento menor de NPK em cerca de 35, 120 e 60 mg de N, P_2O_5^- e K_2O por dm^3 , respectivamente.

Na dose de 25% de NPK, o solo irrigado com água alta salinidade obteve CEes superiores em 4,1 e 4,4 vezes para o rejeito salino e o efluente da piscicultura, respectivamente, em relação a CEes do solo na mesma dose irrigado com água de baixa

salinidade. Essa elevada CEEs ocasionou restrição no crescimento da raiz e da parte aérea da planta, como também redução no acúmulo de N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ na planta em relação as plantas irrigadas com água de baixa salinidade. O teor de Na⁺ nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade também foi superior ao obtido nas plantas irrigadas com água de alta salinidade nas doses de 50 e 75% de NPK. Esse menor acúmulo de nutrientes e Na⁺ são explicados pelo acúmulo de biomassa obtido nas plantas da baixa salinidade ser duas vezes maior que o obtido pelas plantas na alta salinidade, principalmente nas doses de 50 e 75% de NPK, que se aproximam da dose ótima para produção de mudas de pinheira na baixa salinidade.

Nas doses de 50, 75 e 100% de NPK, os valores de Na⁺/K⁺, das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura foram inferiores aos obtidos nas doses de 25 e 125% de NPK. Esse resultado coincide com menores acúmulos de Na⁺ nas mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura, e com maiores acúmulos de K⁺ e Ca²⁺ nas mudas irrigadas com rejeito salino, indicando que essas doses de NPK contribuíram para homeostase iônica das mudas de pinheira. Entretanto, os valores de Na⁺/K⁺ das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura e de Na⁺/Ca²⁺ nas irrigadas com efluente da piscicultura indicam que as mudas absorveram duas vezes mais Na⁺ que K⁺ e Ca²⁺ na condição de baixa salinidade, e nas doses de 25 e 125% de NPK, indicando que além do efeito osmótico, o efeito iônico também foi responsável por restringir o crescimento e acúmulo de biomassa das mudas de pinheira.

O efeito iônico, refere-se ao acúmulo de certos íons específicos principalmente Na⁺ e Cl⁻ que promovem toxicidade (VOLKO; BEILBY, 2017). Além disso, o efeito iônico promove um desequilíbrio nutricional ocasionado pelas alterações nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta (Andrade et al., 2018; Sá et al., 2020). Na condição de baixa salinidade, o acúmulo de nutrientes seguiu a ordem de N, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e P, no entanto, na alta salinidade a ordem mudou para N, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P. Assim, infere-se que a restrição da absorção e acúmulo de K⁺ devido a competição com o Na⁺, foi o principal responsável pela redução no crescimento e acúmulo de biomassa das mudas de pinheira.

A restrição na absorção de K⁺ em detrimento do aumento do Na⁺ em mudas de pinheira em condições de estresse salino foi constatado por Andrade et al. (2018), avaliando doses de fósforo para minorar o estresse salino, entretanto o aumento isolado do fósforo não mitigou o estresse salino na mudas de pinheira, sendo constatado relação Na⁺/K⁺ de até 1,48. No presente estudo foi constatado relação Na⁺/K⁺ de 0,89 sob a dose

de 48,5% de NPK, indicando que adubação adequada de NPK pode melhorar absorção de K^+ , e consequente mitigar o estresse salino em mudas de pinheira.

4. CONCLUSÕES

A irrigação com rejeito salino e efluente da piscicultura restringem o crescimento das mudas de pinheira independente da dose de NPK utilizada.

A homeostase iônica das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura é otimizada com adubação com 50% da recomendação de NPK.

Para produção de mudas irrigadas com água de abastecimento recomenda-se a dose de 75%, correspondente a 75, 225 e 112,5 mg de N, $P_2O_5^-$ e K_2O por dm^3 , respectivamente.

Para produção de mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura recomenda-se a dose média de 50% correspondente a 50, 150 e 75 mg de N, $P_2O_5^-$ e K_2O por dm^3 , respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. H. A.; PEREIRA, W. E.; MORAIS, R. R.; SILVA, A. F.; BARBOSA NETO, M. A. Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48: n.2, p. 190-199, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SDA/ACS, 399 p, 2009.
- CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; CURVÊLO, C. R. S.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Estado nutricional de pinheira sob adubação orgânica do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p.579-588, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35: p. 1039-1042, 2011.
- LACERDA, C. F.; MORAIS, M. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.258- 263, 2006.
- LEMOS, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 36: no.spel. p. 077-085, 2014.
- MADHU, CH.; BRAINARD, J. P.; RAJ, P. G.; SWAPN, J.; RAO, S. S. Anti ulcer activity of aqueous extract of *Annona squamosal* leaves on rats. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v.3, p.4.429-4.433, 2012.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (org.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p. 189-254.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA, A. A. T.; FERREIRA, J. A.; SOUZA, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.465-471, 2013.
- PASSOS, V. M.; SANTANA, N. O.; GAMA, F. C.; OLIVEIRA, J. G.; AZEVEDO, R. A.; VITÓRIA, A. P. Growth and ion uptake in *Annona muricata* and *A. squamosa* subjected to salt stress. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 2, p. 285-288, 2005.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33: n. 1- Ed. Esp. p. 92-108, 2011.

RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, Ed. Esp., Grandes Culturas, p. 233-247, 2016.

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

SÁ, F. V. S.; Gheyi, H. R.; LIMA, G. S.; FERREIRA NETO, M.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L. Cultivation of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen proportions. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 41, n.2, p. 395-406, 2020.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. The right combination of N-P-K fertilization may mitigate salt stress in custard apple (*Annona squamosa* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 43, p. 1-12, 2021.

SANTOS, V. A. dos; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. dos R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, p. 33-40, 2017.

SILVA, A. R., BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO, L. M.; BEZERRA, M. A. F. Frequency of irrigation with saline water in sugar-apple seedlings produced on substrate with polymer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22: n.12, p. 825-830, 2018.

SINGH, S. Pharmacological screening of combined extract of *Annona squamosa* and *Nigella sativa*. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 2: 5p. 20-529, 2011.

VOLKOV, V.; BEILBY, M. J. Salinity tolerance in plants: mechanisms and regulation of ion transport. **Frontiers in Plant Science**, v. 8: p. 1795, 2017.

WAN, Q.; HONGBO, S.; ZHAOLONG, X.; JIA, L.; DAYONG Z.; YIHONG, H. Salinity tolerance mechanism of osmotin and osmotin-like proteins: a promising candidate for enhancing plant salt tolerance. **Current Genomics**, v. 18: p. 553-556, 2017.

CAPÍTULO II

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS DE PINHEIRA IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SALINAS E DOSES DE NPK

RESUMO - O estresse salino destaca-se como um dos principais fatores limitantes na produção agrícola nas regiões áridas e semiáridas, devido os efeitos osmótico e iônico sobre as plantas. Neste contexto, objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas de mudas de pinheira irrigadas com águas residuárias salinas sob diferentes doses de NPK. Para isso, o experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, com quatro repetições. Foram testadas três águas de irrigação, sendo elas água de abastecimento local (controle), rejeito de dessalinizadores e efluente da piscicultura. E cinco doses de NPK, referentes as proporções de 25, 50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação de 100:300:150 mg dm⁻³ de N:P:K. As mudas foram conduzidas em recipientes com capacidade de 2 dm³ preenchido com solo de textura arenosa por 90 dias após a semeadura. No final desse período foram avaliadas as trocas gasosas, fluorescência da clorofila e o acúmulo de biomassa. O uso do rejeito salino e efluente da piscicultura na irrigação de mudas de pinha reduziu a atividade fotossintética e o acúmulo de biomassa. As melhores respostas fisiológicas e acúmulo de biomassa ocorrem nas doses de NPK de 75% (75:225:112,5 mg dm⁻³ de N:P:K) para mudas irrigadas com água de abastecimento, 60% (60:180:90 mg dm⁻³ de N:P:K) para irrigadas com rejeito salino e 40% (40:120:60 mg dm⁻³ de NPK), para irrigadas com efluente da piscicultura.

PALAVRAS-CHAVE - *Annona squamosa* L.. Estresse salino. Trocas gasosas. Eficiência fotoquímica. Quenching fotoquímico.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF SUGAR APPLE SEEDLING IRRIGATED WITH SALINE WASTEWATERS AND NPK DOSES

ABSTRACT - Salt stress stands out as one of the main limiting factors in agricultural production in arid and semiarid regions, due to its osmotic and ionic effects on plants. In this context, the objective was to evaluate the physiological responses of pine seedlings irrigated with saline wastewater under different doses of NPK. For this, the experiment was carried out in a greenhouse, in a randomized block design, in a 3 x 5 factorial scheme, with four replications. Three irrigation waters were tested: local water supply (control), desalination waste and fish farm effluent. And five doses of NPK, referring to the proportions of 25, 50, 75, 100 and 125% of the fertilizer recommendation of 100:300:150 mg dm⁻³ of N:P:K. Seedlings were cultivated in containers with a capacity of 2 dm³ filled with sandy soil for 90 days after sowing. At the end of this period, gas exchange, chlorophyll fluorescence and biomass accumulation were evaluated. The use of saline waste and fish farm effluent to irrigate pine cones reduced photosynthetic activity and biomass accumulation. The best physiological responses and biomass accumulation occur at NPK doses of 75% (75:225:112.5 mg dm⁻³ of N:P:K) for seedlings irrigated with water supply, 60% (60:180: 90 mg dm⁻³ of N:P:K) for irrigated with saline waste and 40% (40:120:60 mg dm⁻³ of NPK) for irrigated with fish farm effluent.

KEY WORDS - *Annona squamosa* L.. Saline stress. Leaf gas exchange. Photochemical efficiency. Photochemical quenching.

1 INTRODUÇÃO

A pinheira (*Annona squamosa* L.) é uma das principais espécies da família Annonaceae, originária da América Central e adaptado ao clima tropical do Brasil. Os frutos são utilizados principalmente para consumo *in natura* por apresentarem propriedades medicinais e nutricionais, em especial vitaminas A, B, C, E e K1, antioxidantes, ácidos graxos poliinsaturados e minerais essenciais (LIU; YUAN; JING, 2013; LIU et al., 2015). Além disso, o cultivo desta espécie na região semiárida brasileira tornou-se uma importante alternativa agroeconômica (LEMOS, 2014).

No semiárido brasileiro, os principais pomares comerciais são irrigados, no entanto, nessa região a água disponível para irrigação é restrita e costumam apresentar elevada concentração de sais solúveis, o que reduz a produtividade das culturas (SÁ et al., 2019; SÁ et al., 2021). Além de que, fontes alternativas de água para irrigação, como rejeito de dessalinizações e efluentes da piscicultura e carcinicultura vêm sendo cada vez mais empregadas e estudadas para irrigação no semiárido (DIAS et al., 2021).

As plantas jovens de pinheira são moderadamente sensíveis a salinidade, mas em condições de estresse salino reduzem o crescimento, fotossíntese, condutância estomática, eficiência fotoquímica e a absorção de água e nutrientes (ANDRADE et al., 2018; MARLER; ZOZOR 1996; SÁ et al., 2015).

O estresse salino ocasiona restrições osmóticas e iônicas nas plantas, devido a altas concentrações de sais solúveis causarem alterações do potencial osmótico solo, impedindo que a planta absorva água, e devido ao acúmulo de íons tóxico, como o Na^+ e Cl^- provocando desequilíbrio na nutrição nas plantas, em função da competição iônica com outros íons essenciais (GUPTA; HUANG, 2014; VOLKOV; BEILBY, 2017; WAN et al., 2017).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos visando melhorar a resposta de mudas de pinheira à salinidade da água de irrigação, como frequência de irrigação e uso de polímeros (SILVA et al., 2018), adubação fosfatada (ANDRADE et al., 2018), adubação nitrogenada (FIGUEIREDO et al., 2019) e adubação orgânica (SÁ et al., 2015). No entanto, água salina a partir de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ são restritivas ao desenvolvimento das mudas de pinheira. Sá et al. (2021) avaliando manejos de adubação em plantas de pinheira irrigadas com água salina até a fase de produção, constataram que a adubação adequada mitiga os efeitos do estresse salino sobre o crescimento, a fotossíntese e a produção da

pinheira irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹. Mas, pouco se sabe sobre o manejo de adubação de mudas de pinheira irrigadas com água salina.

Com isso, objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas de mudas de pinheira irrigadas com águas residuárias salinas sobre diferentes doses de NPK.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN no período de maio a agosto de 2019. No período de condução do experimento foram registradas as temperaturas máximas e mínimas de 44,2 e 20,4 °C, e umidades máximas e mínimas de 86 e 22%, respectivamente.

A pesquisa foi conduzida em delineamento de blocos casualizado (DBC), em esquema fatorial 3 x 5, sendo três águas de irrigação (água de abastecimento local (controle), rejeito de dessalinizadores e efluente da piscicultura) e cinco proporções de NPK (25; 50; 75; 100; 125% da recomendação de adubação), com quatro repetições e duas mudas por repetição, totalizando 120 plantas.

As mudas de pinheira foram produzidas por meio do método de propagação seminífera. As sementes foram obtidas de frutos maduros e sadios adquiridos em rede de supermercado local. Em seguida as sementes foram extraídas manualmente, lavadas em água corrente, dispostas em papel-toalha à sombra para secagem durante uma semana, posteriormente foi realizado o processo de quebra de dormência de acordo com a metodologia das Regras de análises de sementes (BRASIL, 2009).

A semeadura foi realizada em sacos com capacidade de 2 dm³ litros, inicialmente foram semeadas três sementes com 1,5cm de profundidade, após a emergência realizou-se desbaste de modo a permanecer apenas uma planta por saco. Diariamente foram avaliadas de forma preventiva o surgimento de pragas e/ou doenças nas mudas. Não sendo observado a ocorrência durante o experimento.

O solo (Latosolo) utilizado foi coletado de uma área virgem da Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA, distrito de Alagoinha, Mossoró, RN. As amostras de solos foram coletadas na camada de 0,0 - 30,0 cm, destorroadas, peneiradas (4 mm) e caracterizadas quanto aos atributos físicos e química seguindo metodologia da Teixeira et al. (2017) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado no experimento.

pH	M.O. (%)	P --- (mg dm ⁻³)	K ⁺ ----	Na ⁺ ----	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ -----	H+Al	SB (cmol _c dm ⁻³)	t	CTC	V	PST ----- % -----
5,30	1,67	2,1	54,2	21,6	2,70	0,90	0,05	1,82	3,83	3,88	5,65	68	2,0
Densidade (kg dm ⁻³)		Areia			Silte (g kg ⁻¹)					Argila			
1,60		820			30					150			

Após caracterização física e química do solo, a acidez do solo foi corrigida com cal hidratada, com teores de CaO e MgO 48% e 24%, a Saturação por Bases foi elevada para 90% e após 15 dias, o solo foi adubado de acordo com as proporções da recomendações de Novais, Neves e Barros (1991), para dose de 100% de NPK foi adicionado 300 mg de P₂O₅, 150 mg de K₂O, e 100 mg de N, por dm³ de solo, através da fertirrigação, utilizando Ureia (45% de N), Cloreto de Potássio (KCl = 60% de K₂O) e monoamônio fosfato (MAP = 12% de N e 50% de P₂O₅). A adubação com micronutrientes foi realizada via foliar com o fertilizante Liqui-Plex Fruit®, na proporção de 3 ml L⁻¹ de calda, seguindo a recomendação do fabricante (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®.

Parâmetros								
N	Ca	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn	C.O.
----- g L ⁻¹ -----								%
73,50	14,70	78,63	14,17	0,74	73,50	1,47	73,50	2,45

N – Nitrogênio; Ca - Cálcio; S – Enxofre; B – Boro; Cu – Cobre; Mn – Manganês; Mo – Molibdênio; Zn – Zinco; C.O. – carbono orgânico.

Com relação as águas de irrigação, foram coletadas e armazenadas em recipientes plásticos de 150 L, água de abastecimento local (CEa = 0,55 dS m⁻¹), efluente da piscicultura, provenientes do cultivo de tilápias do setor de piscicultura da UFERSA, e rejeito dessalinizadores de osmose reversa de comunidades rurais do município de Mossoró. A condutividade elétrica (CE) da água de rejeito de dessalinizadores foi igualada a CE do efluente da piscicultura por meio de diluições deste, com água de abastecimento até a CE = 3,5 dS m⁻¹.

Tabela 3. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas de pinheira.

Fontes hídricas	Parâmetros									
	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
	H ₂ O	dS m ⁻¹	-----mmolc L ⁻¹ -----							
1 AA	7,80	0,53	0,31	6,64	0,30	1,10	2,60	0,20	2,80	7,9
2 RS	8,10	3,50	0,35	19,37	5,70	8,80	30,80	0,60	2,30	7,2
3 EP	8,20	3,50	0,66	16,34	8,90	12,20	22,60	1,20	3,40	5,0

Fonte hídrica 1 - água de abastecimento; Fonte hídrica 2 - rejeito salino; Fonte hídrica 3 - efluente da piscicultura pH (H₂O) - Potencial hidrogeniônico em água; CE - Condutividade elétrica; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Mg²⁺ - Magnésio; Ca²⁺ - Cálcio; Cl⁻ - Cloro; CO₃²⁻ - Carbonato; HCO₃⁻ - Bicarbonato; RAS - Razão de adsorção de sódio.

Após o preparo do solo, foi realizado uma irrigação de modo a deixa-lo próximo a máxima retenção de água, e as irrigações subsequentes foram realizadas uma vez ao dia de modo a deixar o solo com umidade próxima à capacidade máxima de retenção, com base no método da lisimetria de drenagem, sendo a lâmina aplicada acrescida de uma fração de lixiviação de 15% a cada 30 dias. O volume aplicado (Va) por recipiente foi obtido pela diferença entre a lâmina anterior (La) aplicada menos a média de drenagem (D), dividido pelo número de recipientes (n), como indicado na equação 1:

$$Va = \frac{La - D}{n(1 - FL)} \text{ (Eq.1)}$$

O volume total de água aplicada por planta foi de 3,68 L, correspondente a uma aplicação de 1,18 g de sais nas plantas irrigadas com água de abastecimento (0,5 dS m⁻¹) e 8,24 g de sais nas plantas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura (3,5 dS m⁻¹). Aos 90 dias após a semeadura foi aplicada mais uma lâmina de lixiviação (15%), o volume drenado foi coletado, no qual foi medida a condutividade elétrica da água de drenagem (CED), utilizando-se um condutivímetro de bancada com os dados expresso em dS m⁻¹ ajustados para temperatura de 25°C e o pH. A condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e o pH (Tabela 4), foram determinados usando a Equação 2 (Eq.2), proposta Ayers e Westcot (1999) para solos de textura média.

$$CEes = \frac{CEd}{2} \text{ (Eq.2)}$$

Tabela 4. Condutividade elétrica (CEes) e o pHes do extrato de saturação do solo sob irrigação com águas salinas e diferentes doses de NPK.

Recomendação de adubação de NPK(%)	CEes (dS m ⁻¹)			pHes		
	AA	RS	EP	AA	RS	EP
25	1,12	4,64	4,94	6,64	6,28	6,77
50	1,86	5,98	4,50	6,35	5,96	6,85
75	2,10	4,65	4,99	6,37	5,96	6,6
100	2,75	5,34	6,19	6,34	5,89	6,19
125	2,93	4,78	5,62	5,56	5,39	5,81

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP – efluente da piscicultura.

Aos 90 dias após a semeadura as mudas foram avaliadas quanto trocas gasosas, no período de 7 às 9 horas da manhã. As avaliações foram feitas nas folhas totalmente expandidas situadas no terço superior de cada planta, com analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro⁺ Portable Photosynthesis System[®] (ADC Bio Scientific Limited, UK) LCPro⁺ com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min⁻¹. De modo a obter a fotossíntese líquida (A_N) em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, transpiração (E) em mmol de H₂O m⁻² s⁻¹, condutância estomática (g_s) em mol de H₂O m⁻² s⁻¹ e a concentração interna de CO₂ (C_i) em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e temperatura foliar (TI) em °C. De posse desses dados, foi quantificado a eficiência no uso da água (EUA) (A_N/E) em ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹ e a eficiência de carboxilação (A_N/C_i) em decimal (SÁ et al., 2019).

Logo após a análise de trocas gasosas foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*, usando-se um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizou-se o protocolo Fv/Fm para avaliações em condições de escuro. Nessas condições, estimou-se a máxima eficiência quântica do PSII (Fv/Fm) (SÁ et al., 2019). E ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, procederam-se as avaliações em condições de claro, por meio do protocolo Yield. Para obtenção da fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'), taxa de transporte de elétrons (ETR) e atual eficiência quântica do fotossistema II (PS II) (Y(II)).

Com esses dados, determinou-se: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') (OXBOROUGH; BAKER, 1997), o coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL) (KRAMER et al., 2004), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y(NPQ)) (KRAMER et al., 2004) e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y(NO)) (KRAMER et al., 2004).

Após as análises fisiológicas, as mudas foram coletadas e seccionadas em parte aérea e raiz e acondicionados em sacos de papel do tipo Kraft, colocadas em estufa com circulação de ar forçada, à 65 °C até atingirem peso constante e pesadas em balança

analítica (0,0001 g), para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), sendo os resultados expressos em g por planta.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, teste 'F', nos casos de significância, realizou-se teste de médias para os fatores qualitativos (águas salinas) e regressão para o fator quantitativo (doses de NPK), ao nível de 5% de significância, com auxílio do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ($p < 0,001$) entre os fatores água de irrigação e doses de NPK sobre a taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A_N), eficiência de carboxilação (A_N/Ci), temperatura foliar (Tl). Houve efeito significativo ($p < 0,001$) das águas para concentração interna de CO_2 (Ci) e eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$). Houve efeito significativo das doses de NPK para Ci ($p < 0,001$) e $EiUA$ ($p < 0,01$) (Tabela 5).

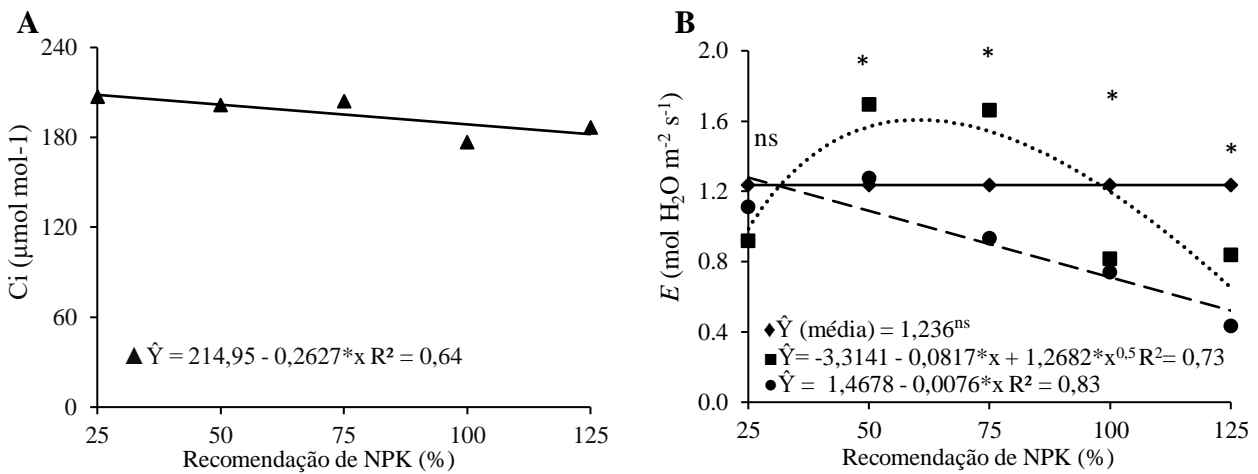
Tabela 5. Teste F e teste de médias para concentração interna de CO_2 (Ci , em $\mu mol mol^{-1}$), transpiração (E , em $mmol de H_2O m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (gs , em $mol de H_2O m^{-2} s^{-1}$), fotossíntese líquida (A_N , em $\mu mol m^{-2} s^{-1}$), eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$, em $\mu mol m^{-2} s^{-1}/mol de H_2O m^{-2} s^{-1}$), eficiência de carboxilação (A_N/Ci) e temperatura foliar (Tl , em $^{\circ}C$) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Fontes de variação	Teste F (p -valor)						
	Ci	E	gs	A_N	$EiUA$	A_N/Ci	Tl
Bloco	0,714	0,075	0,001	0,263	0,528	0,841	0,000
Águas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Doses de NPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Águas x Doses de NPK	0,164	0,000	0,000	0,000	0,282	0,000	0,000
C.V.(%)	8,26	13,30	14,04	14,91	8,64	22,29	0,49
Teste de Tukey ($p < 0,05$)							
Águas	Ci	E	gs	A_N	$EiUA$	A_N/Ci	Tl
AA	207,25 a	1,24 a	0,056 a	5,75 a	4,66 a	0,028 a	32,74 c
RS	192,95 b	1,19 a	0,047 b	4,99 b	4,23 b	0,026 a	34,18 b
EP	175,90 c	0,90 b	0,030 c	3,57 c	3,92 c	0,021 b	35,60 a
DMS	12,19	0,11	0,047	0,546	0,283	0,004	0,128

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP - efluente da piscicultura. GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A C_i das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura foram reduzidas em 6,90 e 15,12% em relação as mudas irrigadas na água de abastecimento, respectivamente (Tabela 5). A C_i foi reduzida em função do aumento da dose de NPK, em até 12,61%, ao comparar as doses de 25 e 125% (Figura 1A).

A E , g_s , A_N e A_N/C_i das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento não ajustaram-se aos modelos testados, e apresentaram médias de 1,23 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 0,055 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 5,75 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) e 0,027, respectivamente (Figuras 1B, C, D, E). Nas mudas irrigadas com rejeito salino obtiveram os melhores valores de E , g_s , A_N e A_N/C_i nas doses de 60, 62, 61 e 64% de NPK, com médias de 1,61 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 0,07 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 6,82 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) e 0,036, respectivamente (Figuras 1B, C, D, E). Já nas mudas de pinheira irrigadas com efluentes da piscicultura a E , g_s , A_N , A_N/C_i foram reduzidas linearmente com o aumento das doses de NPK, com reduções de até 59,22, 64,10, 58,64 e 72,20% ao comparar as doses de 25 e 125%, respectivamente (Figuras 1B, C, D, E).



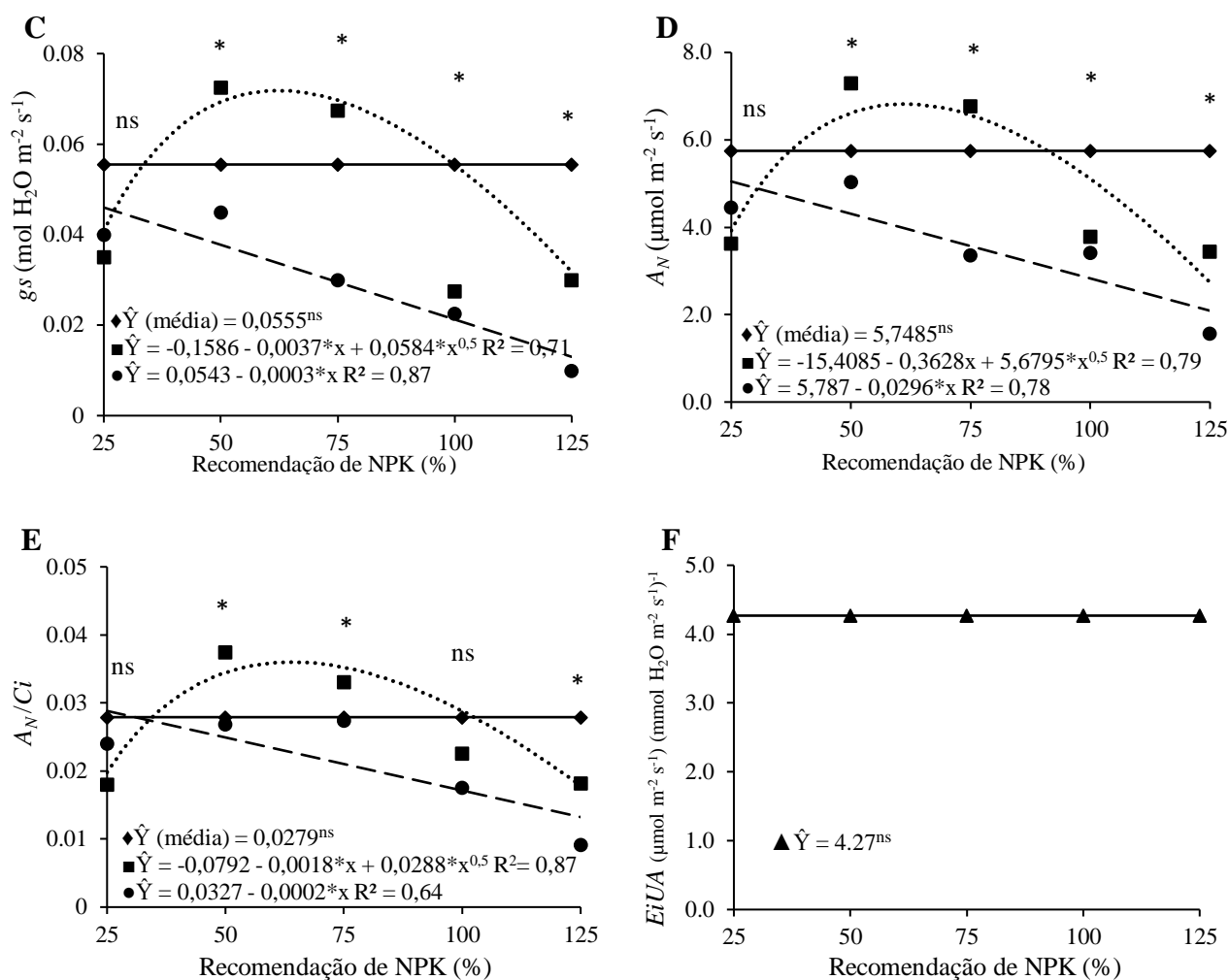


Figura 1. Análise de regressão e teste de Tukey para concentração interna de CO_2 , C_i (A), transpiração, E (B), condutância estomática, g_s (C), taxa de assimilação de CO_2 , A (D), eficiência instantânea de carboxilação, $EiCi$ (E) e eficiência instantânea do uso da água, $EiUA$ (F) de mudas de pinha sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. \blacklozenge água de abastecimento, \blacksquare rejeito salino e \bullet efluente da piscicultura. * e ^{ns} = significativo a 5% de probabilidade e não significativo para parâmetros de ajuste da análise de regressão e para teste de Tukey entre médias dentro de cada dose de NPK, respectivamente.

Na dose de 25% de NPK as maiores médias de E , g_s , A_N e A_N/C_i foram obtidas na pinheira irrigada com água de abastecimento, e não houve diferença entre as médias das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura (Figuras 1B, C, D, E). Na dose de 50% de NPK, as maiores médias de E , g_s , A_N e A_N/C_i foram obtidas na pinheira irrigada com rejeito salino (Figuras 1B, C, D, E). Em E , A_N e A_N/C_i foram observadas médias semelhantes para água de abastecimento e efluente da piscicultura (Figuras 1B, D, E). Os menores valores g_s , foram obtidas no efluente da piscicultura (Figuras 1C). Na dose de 75% de NPK, as maiores médias de E , g_s , A_N e A_N/C_i foram obtidas nas mudas

irrigadas com rejeito salino (Figuras 1B, C, D, E). Em E e A_N/C_i foram observadas médias semelhantes para água de abastecimento e efluente da piscicultura (Figuras 1B, D). Os menores valores g_s e A_N , foram obtidas no efluente da piscicultura (Figuras 1C, E).

Na dose de 100% de NPK, não houve diferença entre as águas de irrigação para A_N/C_i (Figuras 1E). Já nas E , g_s e A_N , os maiores valores de foram obtidos nas mudas irrigadas com água de abastecimento, e não houve diferença entre as médias das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura (Figuras 1B, C, D). Na dose de 125% de NPK, as mudas irrigadas com água de abastecimento obtiveram as maiores médias de E , g_s e A_N , seguidas do rejeito salino e efluente da piscicultura, respectivamente (Figuras 1B, C, D). Nessa dose as mudas irrigadas com água de abastecimento obtiveram as maiores médias de A_N/C_i , e não houve diferença entre o rejeito salino e efluente da piscicultura (Figuras 1E).

A $EiUA$ das mudas pinheira irrigada com rejeito salino e efluente da piscicultura foram reduzidas em 9,22 e 15,87% em relação as irrigadas com água de abastecimento, respectivamente (Tabela 5). Para adubação com NPK, não houve ajuste significativo da regressão, com média de $4,27 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ (Figura 1F).

As trocas gasosas das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) foram indiferentes as doses de NPK. Nessa condição, foi observado os valores médios de $1,24 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para E , $0,056 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para g_s , $5,75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para A_N e $0,028$ para A_N/C_i . Os resultados observados estão dentro da faixa adequada observada na literatura para plantas jovens de pinheira (FIGUEIREDO et al., 2019; SÁ et al., 2021). Apesar de não haver diferença entre doses de NPK na atividade fotossintética, o melhor acúmulo de biomassa na parte aérea ocorre na dose de 75% da recomendação de NPK. Essa redução é explicada pelo incremento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) em função das adubações com NPK (Tabela 4). O a restrição osmótica imposta pelo incremento da CEes pode não reduzir a A_N , mas diminui o número de folhas e a área fotossinteticamente ativa da planta, restringindo o acúmulo de biomassa (SILVA et al., 2021).

Na análise de trocas gasosas das mudas irrigadas com rejeito salino ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) os melhores valores de E , g_s , A_N e A_N/C_i foram obtidos em doses de 60 à 64% da recomendação de NPK, mas as mudas adubadas com doses de 50 à 100% da recomendação NPK, obtiveram E , g_s , A_N e A_N/C_i , superiores ou iguais aos das mudas irrigadas com água de abastecimento (controle) e superiores aos das mudas irrigadas com efluente da piscicultura.

Silva et al. (2014) verificou que alguns genótipos tem capacidade de aumentar a taxa fotossintética como mecanismo de tolerância à salinidade. Nas mudas de pinheira irrigadas com rejeito salino, o aumento de A_N coincidiu com o aumento da MSPA, sendo observado os maiores valores dessas variáveis nas doses de 61 e 69,5% da recomendação de NPK. Porém, os acúmulos de massa seca da parte aérea e raiz das mudas irrigadas com rejeito salino foram baixos, sendo inferiores aos das mudas irrigadas com água de baixa salinidade em até 59% para MSPA e 67% para MSR.

Nas mudas irrigadas com efluente da piscicultura, houve reduções lineares da E , g_s , A_N e A_N/C_i , com o aumento das doses de NPK. Nesse tratamento as reduções na condutância estomática em função do aumento das doses de NPK coincidem com as reduções na C_i , A_N , E . A irrigação com efluente da piscicultura proporcionou as menores C_i , A_N e E , e conseqüentemente os menores E_iUA e A_N/C_i . Em condições de estresse salino as plantas fecham seus estômatos como mecanismo de defesa deixando de captar o CO_2 (HUSSAIN et al., 2012), e as restrições de CO_2 nas células do mesófilo diminui a eficiência da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), e conseqüentemente a assimilação de CO_2 (TAIZ et al., 2017). Nessas condições as reduções em A_N foram maiores que as reduções em E , diminuído a E_iUA . De acordo com Silva et al. (2014), a diminuição de A_N/C_i é indicativo de mal funcionamento do fotossistema II, e conseqüentemente baixa produção de trifosfato de adenosina (ATP) e de fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina reduzida (NADPH) (HUSSAIN et al., 2012).

A T_l das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento, rejeito salino e efluente da piscicultura foram incrementadas em 9,16, 2,99 e 4,54%, entre as doses de 25 e 125% de NPK, respectivamente (Figura 2). As mudas irrigadas com efluente da piscicultura obtiveram as maiores médias de T_l , seguidas das mudas irrigadas com rejeito salino e água de abastecimento em todas as doses de NPK, respectivamente (Figura 2). A transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da T_l , no entanto devido às menores aberturas estomáticas ocorre diminuição da transpiração, levando aumento na temperatura foliar (FIGUEIREDO et al., 2019). Nas mudas de pinheira, houve aumento da temperatura foliar com incremento das doses de NPK, independente da água de irrigação, porém com efluente da piscicultura e rejeito salino as temperaturas médias das folhas foram superiores em 8,7 e 4,4% as obtidas nas mudas irrigadas com água de abastecimento. O aumento da temperatura foliar é um indicativo de dissipação de energia por meio de irradiação de calor (TAIZ et al., 2017).

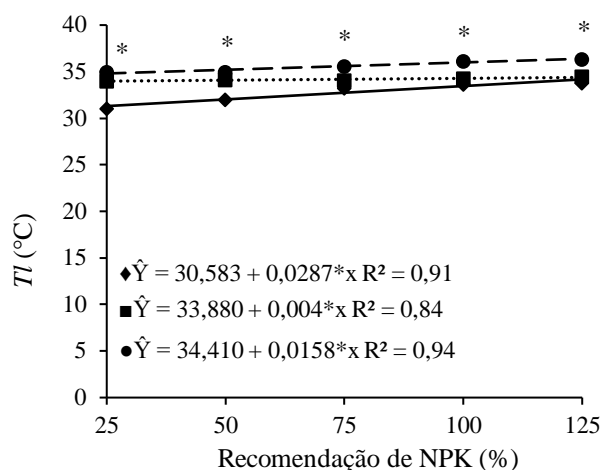


Figura 2. Análise de regressão e teste de Tukey ($p < 0,05$) para temperatura foliar, (TI) de mudas de pinha sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura. ◆ água de abastecimento, ■ rejeito salino e ● efluente da piscicultura. * e ^{ns} = significativo a 5% de probabilidade e não significativo para parâmetros de ajuste da análise de regressão e para teste de Tukey entre médias dentro de cada dose de NPK, respectivamente.

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre as águas de irrigação e as doses de NPK para as variáveis de fluorescência da clorofila a (Tabela 6). Mas, houve efeito significativo no fator água de irrigação para máxima eficiência quântica do PSII (Fv/Fm) ($p < 0,01$), eficiência quântica atual do PSII ($Y(II)$) ($p < 0,001$), taxa de transporte de elétrons (ETR) ($p < 0,05$), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') ($p < 0,001$) e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y_{NPQ}) ($p < 0,001$) (Tabela 6). As doses de NPK não influenciaram a eficiência e o quenching fotoquímico das mudas de pinheira (Tabela 6).

A Fv/Fm , $Y(II)$ e a ETR das mudas de pinheira foram reduzidas quando irrigadas com rejeito salino em 2,6, 35,7 e 23,44 % e em 2,3, 35,7 e 23,3% quando irrigadas com efluente da piscicultura, em relação as mudas irrigadas com água de abastecimento, respectivamente (Tabela 6). A Fo' e o Y_{NPQ} das mudas de pinheira foi incrementada em 51,34 e 27,97% quando irrigadas com rejeito salino e em 47,79 e 28,16% quando irrigadas com efluente da piscicultura, em relação as mudas irrigadas na água de abastecimento, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo do teste F e teste de médias para eficiência quântica atual do PSII ($Y(II)$), taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), coeficiente de extinção quântico de extinção fotoquímica (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y_{NPQ}) e rendimento quântico

de extinção fotoquímica não regulada (Y_{NO}) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Teste F (<i>p</i> -valor)							
Fontes de variação	Fv/Fm	Y(II)	ETR	Fo'	qL	Y _(NPQ)	Y _(NO)
Bloco	0,671	0,155	0,721	0,896	0,524	0,164	0,531
Águas	0,005	0,000	0,044	0,000	0,541	0,000	0,717
Doses de NPK	0,952	0,334	0,946	0,095	0,767	0,314	0,685
Águas x Doses de NPK	0,832	0,141	0,559	0,054	0,905	0,127	0,688
CV(%)	2,66		28,31	15,68	39,01	32,37	14,78
Teste de Tukey (<i>p</i> < 0,05)							
Águas	Fv/Fm	Y	ETR	Fo'	qL	Y _{NPQ}	Y _{NO}
AA	0,732 a	0,42 a	52,12 a	5,59 b	0,015 a	0,529 b	0,048 a
RS	0,713 b	0,27 b	39,90 b	8,46 a	0,015 a	0,677 a	0,050 a
EP	0,715 b	0,27 b	39,99 b	7,87 a	0,014 a	0,678 a	0,050 a
DMS	0,147	0,07	11,45	0,88	0,003	0,07	0,007

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP – efluente da piscicultura. GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

O uso de rejeito salino e efluente da piscicultura na irrigação diminuiu na eficiência do PSII (Fv/Fm e a Y(II)). Esses resultados corroboram com a diminuição de A_N e A_N/C_i , indicando que além do fechamento estomáticos a falta de ATP e NADPH comprometeu a atividade fotossintética. Esse fato também foi verificado por Sá et al. (2021) em plantas de pinha irrigadas com água salina na fase vegetativa e reprodutiva.

As reduções em Fv/Fm e a Y(II) das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura, podem ser explicadas pela redução da ETR. Nessa condição a energia que chega no PSII não está seguindo na cadeia de transporte de elétrons e se acumula no PSII, e a dissipação dessa energia pode ocorrer de duas formas, com aumento da fluorescência ou do aumento da irradiação de calor (TAIZ et al., 2017). Nesse trabalho, houve aumento da TI e conseqüentemente parte da energia acumulada foi dispersada na forma de calor. Outra parte foi dissipada por meio de extinção fotoquímica regulada ($Y_{(NPQ)}$) e por perdas de energia devido a danos no aparato fotossintético (Fo') (KRAMER et al., 2004; OXBOROUGH; BAKER, 1997; SANTOS et al. 2020; SILVA et al., 2021).

A interação entre as águas de irrigação e as doses de NPK foi significativa para massa seca da parte aérea (MSPA) ($p > 0,01$) e massa seca da raiz (MSR) ($p > 0,001$) (Tabela 7).

Tabela 7. Teste F e teste de médias para massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de mudas de pinheira sob irrigação com águas salinas e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Teste F (<i>p</i> -valor)		
Fontes de variação	MSPA	MSR
Bloco	0,525	0,015
Águas	0,000	0,000
Doses de NPK	0,000	0,000
Águas x Doses de NPK	0,001	0,000
CV(%)	13,14	21,22
Teste de Tukey ($p < 0,05$)		
Águas	MSPA	MSR
1 - AA	2,11 a	1,30 a
2 - RS	0,87 b	0,43 b
3 - EP	0,82 b	0,41 b
DMS	0,13	0,12

AA - água de abastecimento; RS - rejeito salino; EP – efluente da piscicultura. GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A MSPA das mudas de pinheira irrigadas com água de abastecimento, rejeito salino e efluente da piscicultura apresentaram comportamento quadrático em função das doses de NPK, com os maiores valores nas doses de 75,0, 69,5 e 43% da recomendação de NPK equivalente aos valores 2,24, 1,11 e 0,92 g por planta, respectivamente (Figura 4A). Na MSR não houve ajuste dos modelos testados na irrigação com água de abastecimento, obtendo-se média de 1,271 g por planta (Figura 4B). Nas mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura houve redução de 56 e 57% na MSR com o aumento da dose de NPK de 25 para 125% da recomendação, respectivamente (Figura 4B).

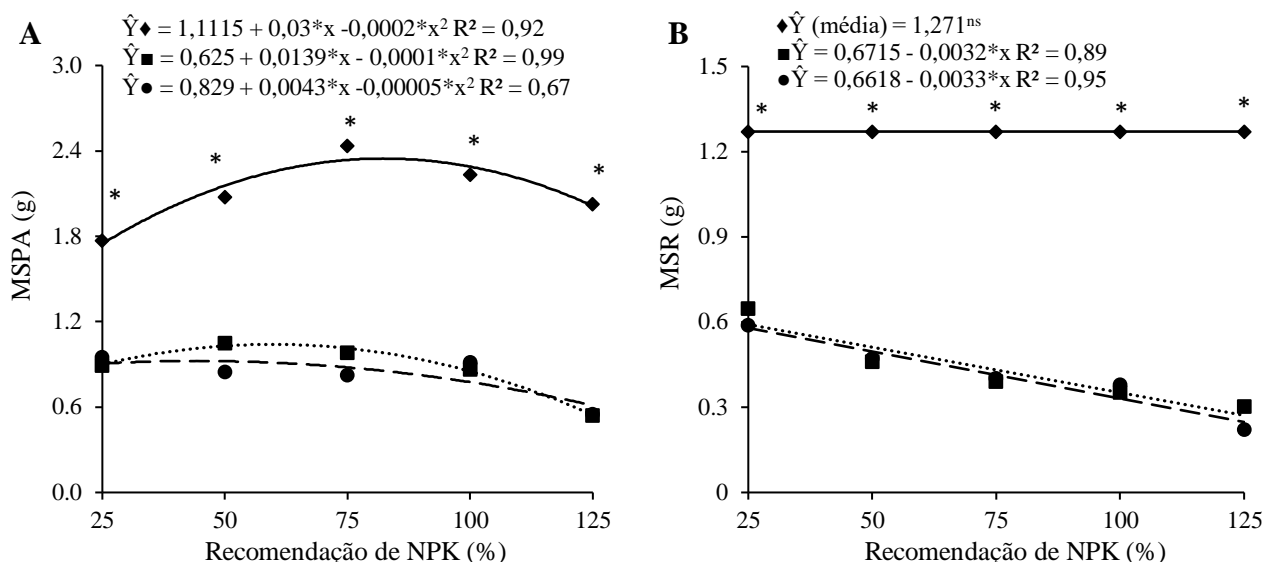


Figura 3. Massa seca da parte a\u00e9rea, MSPA (A) e massa seca da raiz, MSR (B) de mudas de pinheira sob irriga\u00e7\u00e3o com \u00e1guas salinas e doses de NPK, aos 90 dias ap\u00f3s a sementeira. \blacklozenge \u00e1gua de abastecimento, \blacksquare rejeito salino e \bullet efluente da piscicultura. * e ^{ns} = significativo a 5% de probabilidade e n\u00e3o significativo para par\u00e2metros de ajuste da an\u00e1lise de regress\u00e3o e para teste de Tukey entre m\u00e9dias dentro de cada dose de NPK, respectivamente.

As MSPA e MSR das mudas de pinheira irrigadas com \u00e1gua de abastecimento foram superiores \u00e0s obtidas nas mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura em todas as doses de NPK (Figuras 4A e 4B). Foram observadas redu\u00e7\u00f5es de at\u00e9 59 e 61% na MSPA e at\u00e9 67 e 68% na MSR das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura em rela\u00e7\u00e3o as irrigadas com \u00e1gua de abastecimento, respectivamente (Figuras 4A e 4B). N\u00e3o houve diferen\u00e7a nos ac\u00famulos de MSPA e MSR das mudas irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura dentro das doses de NPK (Figuras 3A e 4B).

Apesar das mudas irrigadas com efluente da piscicultura apresentarem atividade fotossint\u00e9tica inferior a das mudas irrigadas com rejeito salino, n\u00e3o houve diferen\u00e7a nos ac\u00famulos de MSPA e MSR em fun\u00e7\u00e3o da irriga\u00e7\u00e3o com essas \u00e1guas residu\u00e1rias, e com ambas o ac\u00famulo de biomassa foi inferior ao das mudas irrigadas com \u00e1gua de abastecimento. O estresse salino ocasiona restri\u00e7\u00f5es osm\u00f3ticas e i\u00f4nicas nas plantas, devido a altas concentra\u00e7\u00f5es de sais sol\u00faveis causarem altera\u00e7\u00f5es do potencial osm\u00f3tico solo, impedindo que a planta absorva \u00e1gua, e devido ao ac\u00famulo de \u00edons t\u00f3xico, como o Na⁺ e Cl⁻ provocando desequil\u00edbrio na nutri\u00e7\u00e3o nas plantas, em fun\u00e7\u00e3o da competi\u00e7\u00e3o i\u00f4nica com outros \u00edons essenciais (GUPTA; HUANG, 2014; VOLKOV; BEILBY, 2017; WAN et al., 2017).

A perda de eficiência do PSII associada ao fechamento estomático contribuíram para redução da taxa fotossintética, e conseqüentemente para os menores acúmulos de massa seca da parte aérea e da raiz nas mudas de pinheira irrigadas com rejeito salino e efluente da piscicultura.

4 CONCLUSÕES

O uso do rejeito salino e efluente da piscicultura na irrigação de mudas de pinha reduz a atividade fotossintética e o acúmulo de biomassa.

As melhores respostas fisiológicas e acúmulo de biomassa ocorrem nas doses de NPK de 75% (75:225:112,5 g dm⁻³ de N:P:K) para mudas irrigadas com água de abastecimento, 60% (60:180:90 g dm⁻³ de N:P:K) para irrigadas com rejeito salino e 40% (40:120:60 g dm⁻³ de NPK), para irrigadas com efluente da piscicultura.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.H.A. *et al.* Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n.2, p. 190-199, 2018.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009, 399 p.
- DIAS, N. S. *et al.* Potential Agricultural Use of Reject Brine from Desalination Plants in Family Farming Areas. In: TALEISNIK, E.; LAVADO R.S. (eds) **Saline and Alkaline Soils in Latin America**. Springer, Cham, 2021. Cap. 5, p. 101-118.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p.109-112, 2014.
- FIGUEIREDO, F. R. A. *et al.* Gas exchanges in sugar apple (*Annona squamosa* L.) subjected to salinity stress and nitrogen fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 12, p. 1959-1966, 2019.
- GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, n. 1, p. 1-18, 2014.
- HUSSAIN, S. *et al.* Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v.81, n. 7, p.103- 112, 2012.
- KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, v. 1, p. 209-218, 2004.
- LEMOS, E. E. P. The production of *Annona* fruits in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. especial, p. 77-85, 2014.
- LIU, K. *et al.* Identification of phenological growth stages of sugar apple (*Annona squamosa* L.) using the extended BBCH-scale. **Scientia Horticulturae**, v. 181, n. 2, p. 76-80, 2015.
- LIU, K.; YUAN, C.; JING, G. Effect of exogenous oxalic acid treatment on ripening and preservation of *Annona squamosa* L. fruits during postharvest storage. **Food Scientia**, v. 34, n. 14, p. 329-334, 2013.
- MARLER, T. E., ZOZOR, Y. Salinity influences photosynthetic characteristics, water relations, and foliar mineral composition of *Annona squamosa* L. **Journal of the American Society for Science**, v. 121, n. 2 p. 243-248, 1996.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (org.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p. 189-254.

OXBOROUGH, K.; BAKER, N. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 1473-1483, 1997.

SÁ, F. V. S. *et al.* The right combination of N-P-K fertilization may mitigate salt stress in custard apple (*Annona squamosa* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 43, n. 4, p. 1-12, 2021.

SÁ, F. V. S. *et al.* 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. *et al.* Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. **Irriga**, v.20, p.544-556, 2015.

SANTOS, S. T. *et al.* Photochemical efficiency of basil cultivars fertigated with salinized nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 320-325, 2020.

SILVA, L. A. *et al.* Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1-7, 2014.

SILVA, J. S. *et al.* Morphophysiology of mini watermelon in hydroponic cultivation using reject brine and substrates. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 402-408, 2021.

SILVA, A. R. *et al.* Biomass of sugar-apple seedlings under saline water irrigation in substrate with polymer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p.610-615, 2018.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

VOLKOV, V.; BEILBY, M. J. Salinity Tolerance in Plants: Mechanisms and Regulation of Ion Transport. **Frontiers in Plant Science**, v. 8 n. 10, p. 1795, 2017.

WAN, Q. *et al.* Salinity Tolerance Mechanism of Osmotin and Osmotin-like Proteins: A Promising Candidate for Enhancing Plant Salt Tolerance. **Current Genomics**, v. 18, n. 6, p. 553-556, 2017.