



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**FERNANDA MIRELE DOS SANTOS MEDEIROS**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ATENUANTE DA SALINIDADE  
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM MUDAS DE ROMÃ**

**POMBAL- PB**

**2023**

**FERNANDA MIRELE DOS SANTOS MEDEIROS**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ATENUANTE DA SALINIDADE  
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM MUDAS DE ROMÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

**POMBAL- PB**

**2023**

M488a Medeiros, Fernanda Mirele dos Santos.

Adubação nitrogenada como atenuante da salinidade da água de irrigação em mudas de romã / Fernanda Mirele dos Santos Medeiros. –Pombal, 2023.  
42 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof.

Dr. Geovani Soares de Lima”.

Referências.

1. *Punica granatum* L. 2. Fruticultura. 3. Romãzeira - Fisiologia. 4. Irrigação de culturas. I. Soares, Lauriane

**FERNANDA MIRELE DOS SANTOS MEDEIROS**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ATENUANTE DA SALINIDADE DA ÁGUA  
DE IRRIGAÇÃO EM MUDAS DE ROMÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 11/07/2023.

BANCA EXAMINADORA:

Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Orientadora - Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares  
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Geovani Soares de Lima

Co-orientador - Prof. Dr. Geovani Soares de Lima  
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Jean Telvio Andrade Ferreira

Membro – MSc. Jean Telvio Andrade Ferreira  
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

Ana Paula Nunes Ferreira

Membro – MSc. Ana Paula Nunes Ferreira  
(Universidade Federal Rural do Semiárido – PPGMSA – UFRSA)

**POMBAL-PB**

**2023**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe, minha fonte de coragem e determinação, ao meu filho que é minha maior inspiração, minha orientadora e aos meus amigos e familiares.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que foi o meu socorro bem presente nos dias tempestuosos, sem ele ao meu lado eu não teria conseguido.

Agradeço a minha família em especial aos meus pais Delmira e Valderi, que foram o meu suporte, aos meus irmãos Fernando e Alison que sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço ao meu esposo, João Marcos que mesmo chegando quase no final dessa trajetória fez uma grande diferença, estando ao meu lado me animando e encorajando com palavras de incentivo.

Ao meu filho, João Emanuel que é a razão de tudo, o meu incentivo diário, por quem eu luto incansavelmente todos os dias em busca do melhor, obrigada meu filho por ser o meu maior incentivador.

Agradeço aos meus amigos da vida acadêmica que se tornaram família, Maria, Larissa, Jéssica, Irlan, Victória, Sabrina, Luana, Tácila, Janine, Adriana, e tantos outros que tornaram tudo mais leve, meu muito obrigada. Em especial o meu amigo fiel, Michael que sempre esteve comigo, em todos os momentos desde o princípio e nunca me deixou desistir mesmo diante das adversidades encontradas ao longo do percurso.

Aos meus professores e a minha orientadora Lauriane, que sempre foi mais que uma orientadora, foi uma amiga, conselheira, uma mãe acadêmica que sempre acreditou em mim e na minha capacidade, a ela minha eterna gratidão.

Agradeço em especial a minha avó, Severina (*in memoriam*) a mulher mais forte, determinada e guerreira que já conheci, o meu maior exemplo de vida, que com certeza está vibrando comigo este momento tão especial, obrigada vovó, nós conseguimos.

MEDEIROS, F. M. dos S. **Adubação nitrogenada como atenuante da salinidade da água de irrigação em mudas de romã**. 2023. 41f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal, PB.

## RESUMO

A escassez de água de boa qualidade é um fator limitante para a agricultura irrigada, principalmente em regiões semiáridas, sendo a utilização de águas com elevados teores de sais, nesse contexto, uma alternativa a ser considerada. Assim, faz-se necessário a adoção de estratégias agronômicas adequadas, dentre elas, a adubação nitrogenada, visando garantir a sustentabilidade do sistema de produção. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a tolerância da romãzeira quando submetida à adubação com nitrogênio e irrigação com águas de diferentes níveis salinos. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. O delineamento foi em blocos casualizados com esquema fatorial  $5 \times 5$  com quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por três plantas, cujos tratamentos serão cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,8; 3,3; 4,8 e 6,3  $\text{dS m}^{-1}$ ) e cinco doses de nitrogênio (50; 75; 100; 125 e 150% da recomendação), sendo a dose de 100% correspondente a 100 mg N por  $\text{kg}^{-1}$  de solo. A salinidade da água a partir de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$  promove diminuição nas relações hídricas, trocas gasosas e teores de pigmentos cloroplastídeos da romãzeira aos 270 dias após o plantio. As doses de nitrogênio não atenuaram os efeitos deletérios do estresse salino sobre as trocas gasosas e os teores de clorofila *a* das plantas de romãzeira. A salinidade da água aumenta o extravasamento de eletrólitos, independentemente das doses de nitrogênio.

**Palavras-chave:** *Punica granatum* L., fruticultura, fisiologia.

MEDEIROS, F. M. dos S. **Nitrogen fertilization as an attenuator of irrigation water salinity in pomegranate seedlings.** 2023. 41f. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande, Center for Science and Agri-food Technology. Pombal, PB.

### ABSTRACT

The scarcity of good quality water is a limiting factor for irrigated agriculture, especially in semi-arid regions, and the use of water with high levels of salts, in this context, is an alternative to be considered. Thus, it is necessary to adopt appropriate agronomic strategies, among them, nitrogen fertilization, in order to guarantee the sustainability of the production system. Therefore, the objective of this work was to evaluate the tolerance of the pomegranate tree when submitted to nitrogen fertilization and irrigation with water of different saline levels. The work was carried out in a greenhouse belonging to the Center for Agrifood Sciences and Technology - CCTA of the Federal University of Campina Grande - UFCG. The design was in randomized blocks with a  $5 \times 5$  factorial scheme with four replications, with the experimental plot consisting of three plants, whose treatments will be five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.3; 1.8; 3.3; 4.8 and  $6.3 \text{ dS m}^{-1}$ ) and five doses of nitrogen (50; 75; 100; 125 and 150% of the recommendation), with the dose of 100% corresponding to  $100 \text{ mg N per kg}^{-1}$  of soil. Water salinity from  $0.3 \text{ dS m}^{-1}$  promotes a decrease in water relations, gas exchange and chloroplast pigment levels in pomegranates at 270 days after planting. Nitrogen doses did not attenuate the deleterious effects of saline stress on gas exchange and chlorophyll a content in pomegranate plants. Water salinity increases electrolyte leakage, regardless of nitrogen doses.

**Keywords:** *Punica granatum* L., fruit growing, physiology.

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 1</b> Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), extravasamento de eletrólitos (EE), condutância estomática (gs), clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> ) e carotenoides (Car) da romãzeira cv. Molar, irrigada com água salinas e adubação nitrogenada aos 270 dias após o plantio.....	27
<b>Tabela 2</b> Resumo da análise de variância referente a condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração intercelular de CO <sub>2</sub> (Ci) e a taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> da romãzeira cv. Molar, irrigada com água salinas e adubação nitrogenada aos 270 dias após o plantio.....	30
<b>Tabela 3</b> Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e fitomassa seca total (FST) em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico (EM) e genótipos (G) de algodoeiro aos 130 dias após a semeadura.....	27
<b>Tabela 4</b> Resumo da análise de variância referente diâmetro das brotações (DB), comprimento das brotações (CB), número de folhas (NF), fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca de caule (FSC) e fitomassa seca das raízes (FSR) da romãzeira cv. Molar, irrigada com água salinas e adubação nitrogenada aos 270 dias após o plantio.....	33

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Coleta e armazenamento das estacas semilenhosas de romãzeira cv. Molar.....	22
<b>Figura 2</b> Detalhes dos recipientes e substrato utilizados para o plantio das estacas de romãzeira.....	22
<b>Figura 3</b> Conteúdo relativo de água – CRA da romãzeira em função da salinidade da água de irrigação (CEa) (A); déficit de saturação hídrica – DSH (B) e extravasamento de eletrólitos – EE (C) da romãzeira em função das doses de nitrogênio aos 270 dias após o plantio.....	28
<b>Figura 4</b> Teores de clorofila <i>a</i> (A) da romãzeira em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de adubação nitrogenada e teores de clorofila <i>b</i> (B) em função dos níveis de salinidade da água - CEa aos 270 dias após o transplântio (DAT).....	29
<b>Figura 5</b> Condutância estomática - $g_s$ (A), transpiração - $E$ (B), concentração intercelular de $CO_2 - C_i$ (C) e taxa de assimilação de $CO_2 - A$ (D) das mudas de romãzeira cv. Molar, em função dos níveis de salinidade da água - CEa aos 270 dias após o plantio.....	31
<b>Figura 6</b> Diâmetro das brotações – DB da romãzeira em função das doses de nitrogênio (A), comprimento das brotações – CB (B) e número de folhas (C) em função da salinidade da água de irrigação (CEa) aos 270 dias após o plantio.....	33
<b>Figura 7</b> Fitomassa seca do caule – FSC (A) e fitomassa seca das folhas (B) e de raízes (C) da romãzeira em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e fitomassa seca do caule em função das doses de nitrogênio (B) aos 270 dias após o plantio.....	35

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELA .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.2. Geral.....	14
2.3. Específicos .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
3.1. Aspectos gerais da romãzeira .....	15
3.2. Qualidade da água para agricultura .....	15
3.3. Efeito dos sais sobre as plantas e os atributos do solo.....	17
3.4. Adubação nitrogenada nas culturas .....	19
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
4.1. Localização .....	20
4.2. Fatores e delineamento estatístico .....	20
4.3. Implantação e condução experimental.....	20
4.3.1. Produção das mudas.....	20
4.3.2. Adubação.....	22
4.3.3. Preparo da água salinizada e manejo da irrigação .....	22
4.3.4. Tratos culturais e fitossanitários.....	23
4.4. Variáveis analisadas.....	23
4.4.1. Parâmetros fisiológicos .....	23
4.4.2. Crescimento.....	25
4.4.3. Fitomassas .....	25
4.5. Análises estatísticas .....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas envolve aspectos quantitativos e qualitativos, causando restrições de uso para consumo humano, animal e na irrigação (KHAN et al., 2016; MERMOUD et al., 2005). Em tais regiões, ainda é comum a ocorrência de fontes de água com elevada concentração de sais, principalmente sódio, limitando o uso na agricultura (NEVES et al., 2009). Em muitas áreas, a irrigação com água salina é cada vez mais necessária, tendo em vista a limitação de recursos hídricos, associada ao balanço hídrico negativo, em boa parte do ciclo; entretanto, a utilização de água com elevados teores de sais aumenta o risco de salinização do solo, devido à acumulação de íons na zona radicular (LETEY et al., 2007).

A salinidade é um dos principais fatores a limitar o crescimento e a produtividade das culturas, devido à redução do potencial osmótico na solução do solo podendo, também, ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, em razão da acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais, especialmente cloro e sódio (AYDIN et al., 2012; MGUIS et al., 2012). Águas salinas podem ser utilizadas na irrigação de culturas em fase(s) do desenvolvimento em que é menor o seu efeito na redução da produção (ASHRAF e HARRIS, 2004), dependendo do grau da tolerância da espécie à salinidade e de melhorias no manejo da água e do solo (LACERDA et al., 2003).

Dentre as espécies de expressão econômica para cultivo sob condições de salinidade está a romãzeira (*Punica granatum* L.) uma frutífera que apresenta boa aptidão de produção em regiões áridas e semiáridas, cuja produção pode ser expandida para regiões onde a água disponível é de baixa qualidade, devido a sua tolerância ao estresse salino (HOLLAND et al., 2009; MAAS e HOFFMANN, 1977). Entretanto, poucos estudos têm sido realizados buscando avaliar a tolerância da romãzeira às condições de salinidade em diferentes estádios fenológicos; em geral, os estudos abrangem todo o ciclo e, entre seus efeitos, a salinidade compromete o crescimento, os parâmetros fisiológicos e a produção das plantas quando são irrigadas com águas de elevada salinidade (EL- KHAWAGA et al., 2012; KHAYYAT et al., 2014).

Em outro aspecto, o suprimento nutricional através do manejo da adubação, destaca-se entre as principais tecnologias aplicadas para aumentar a produtividade dos cultivos e a rentabilidade, sendo o nitrogênio, um dos principais macronutrientes responsáveis por esse aumento (CHAVES et al., 2011). Esta alta dependência das culturas em nitrogênio pode estar relacionada às funções deste elemento nas plantas, uma vez que, desempenha função estrutural,

fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal (FLORES et al., 2002). Nesse contexto, vários estudos têm constatado que o acúmulo desses solutos orgânicos eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade (LACERDA et al., 2003; SILVA et al., 2008).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2. Geral**

Avaliar a morfofisiologia da romãzeira submetida à adubação nitrogenada e irrigação com águas de diferentes níveis salinos.

### **2.3. Específicos**

Determinar as trocas gasosas de porta-enxertos de romãzeira cultivada sob salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada.

Registrar as alterações no crescimento ocasionadas às plantas de romã pelo estresse salino e adubação nitrogenada.

Avaliar o acúmulo de fitomassa dos porta-enxertos ocasionadas às plantas de romã pelo estresse salino e adubação nitrogenada.

Identificar as doses de nitrogênio capazes de atenuar os efeitos do estresse salino sobre a formação de porta-enxertos de romãzeira.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Aspectos gerais da romãzeira**

A romãzeira (*Punica granatum* L.) é frutífera exótica conhecida popularmente como romãzeira, romeira e granado. É um arbusto lenhoso, ramificado, da família Punicaceae, nativa da região que abrange desde o Irã até o Himalaia, a noroeste da Índia. Tem sido cultivada há muito tempo por toda a região Mediterrânea da Ásia, América, África e Europa (LORENZI e SOUZA, 2001). Nas condições climáticas brasileiras a romãzeira apresenta boa adaptabilidade e sua produção vem crescendo nos últimos anos, chegando a 2,03 mil toneladas de frutas frescas comercializadas no país, em 2011 (IBRAF, 2012).

Tem sido utilizada como planta frutífera, ornamental (parques e jardins) e reúne propriedades medicinais (LORENZI et al., 2006). É uma planta que possui uma copa mais ou menos arredondada, rala, seu tronco é ereto e bastante ramoso, mede de dois a cinco metros de altura. Seus ramos se revestem de espinhos quando jovens, de casca avermelhadas, que se tornam acinzentadas nos ramos adultos e no tronco (CORRÊA et al., 1978).

Os frutos são consumidos *in natura*, em saladas, na guarnição de pratos, na forma de geleias, molhos e sucos. É um arbusto ramoso ou arvoreta de até 3 m de altura, com folhas simples, cartáceas, dispostas em grupos de 2 ou 3, de 4-8 cm de comprimento. As flores são solitárias, constituídas de corola vermelho alaranjada e um cálice esverdeado, duro e coriáceo (LORENZI e MATOS, 2002). Tem folhas pequenas, brilhantes e flores dispostas nas extremidades dos ramos, de cor vermelho-alaranjada e frutos esféricos, com muitas sementes em camadas, as quais se acham envolvidas em arilo polposo (WERKMAN et al., 2008).

A romã é classificada quanto ao padrão respiratório como um fruto não-climatérico, portanto, a colheita deve ser realizada quando o fruto atinge a maturidade plena na planta, período que reúne maiores características de qualidade. A época ideal para a colheita varia entre 4,5 e 6 meses após a floração, dependendo da variedade e das condições climáticas. Se o período de colheita for antecipado, os frutos são de baixa qualidade, porque não têm desenvolvido a cor, aroma e sabor característicos; se for tardia, são obtidos frutos mais susceptíveis a doenças e sujeitos a rápida deterioração em condições de armazenamento (SERRANO, 2012).

#### **3.2. Qualidade da água para agricultura em regiões semiáridas**

As fontes hídricas no mundo são abundantes, mas, mal distribuídas na superfície terrestre. Em alguns locais, a demanda é tão elevada em relação à oferta que a disponibilidade

de hídrica superficial está sendo reduzida, e os recursos subterrâneos estão se esgotando rapidamente (SETTI et al., 2001). Tal fato, é comum em regiões áridas e semiáridas, pelos baixos índices pluviométricos e intensa evaporação, intensificando-se a prática da irrigação como uma alternativa para viabilizar a produção agrícola (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006).

Segundo Ayers e Westcot (1999), o conceito de qualidade da água está relacionado com características que podem afetar sua adequabilidade para usos específicos, isto é, os requisitos podem variar em função do uso específico da água. Tais características podem ser de ordem física, química e biológica ainda, segundo esses autores, a água de irrigação pode ser classificada segundo três critérios: o primeiro, utilizando-se a condutividade elétrica da água, relacionado-se ao risco de salinização; o segundo critério se refere ao risco de sodicidade, ou problema de estrutura dos agregados e infiltração de água no solo; e o terceiro se refere aos riscos de toxicidade por íons específicos.

Medeiros (1997) e Ayers e Westcot (1999) enfatizam que qualidade da água de irrigação diz respeito à massa e ao tipo de sais nela dissolvidos, destacando-se, na maioria das vezes, os sais de Na, Ca, Mg e K, na forma de cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos, em diferentes proporções, dependendo da fonte de água, de sua localização geográfica, época e outros fatores. De acordo com Richards (1954), os sais encontrados em maior proporção nos solos salinos são compostos de cálcio, sódio e magnésio na forma de cloretos e sulfatos, encontrando-se, com menor frequência, compostos de potássio, carbonato e bicarbonato.

Silva Junior et al. (1999), estudando a composição iônica do cristalino do Nordeste brasileiro, verificaram predomínio de águas cloretadas sódicas, com alguma variação, independentemente do nível de salinidade, dos locais e das fontes de origem. Em estudos realizados no Nordeste por Leprun (1983), foi observada variação na salinidade da água, com gradiente no sentido de um crescimento da mineralização na sucessão açude<rio<poços rasos<poços profundos; em relação à época do ano notou-se, também, que há variação na composição das águas dos açudes, da estação chuvosa para a seca, havendo aumento nas concentrações, em valores percentuais de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , enquanto o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e, principalmente, o  $\text{HCO}_3^-$ , diminuíram relativamente na estação seca.

A utilização de águas salinas para irrigação, nessas regiões, depende da tolerância das culturas, do clima, solos, métodos de irrigação e práticas de manejo, o que torna as classificações de água, quanto à qualidade, não aconselhadas para se avaliar a sua adequabilidade para irrigação, por variar conforme o manejo (RHOADES et al., 2000). Segundo Biggar et al. (1984), o problema da salinidade, em áreas irrigadas, agrava-se quando,

por balanço de sais, é maior a entrada que a saída de íons, indicando acréscimo de concentração salina na área considerada. Portanto, é imprescindível a avaliação da qualidade da água como medida preventiva dos processos de salinização gradativos, pelo acúmulo de sais oriundos de irrigações sucessivas.

Além das características físico-químicas da água, outros fatores devem ser considerados e analisados em conjunto, quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação (AYERS e WESTCOT, 1999). Nesse caso, devem ser levados em consideração: a concentração de sais e composição química da água, tolerância das culturas aos sais, propriedades físicas e químicas do solo, práticas de manejo do solo, água e cultura; condições climáticas; método de irrigação e condições de drenagem (CONTRERAS e ELIZONDO, 1980).

Dentre os parâmetros usados para avaliação da qualidade da água de irrigação a condutividade elétrica da água é o mais utilizado, correspondendo à medida da capacidade dos íons presentes na água em conduzir eletricidade; sendo proporcionalmente ao aumento da concentração dos sais (RIBEIRO et al., 2005). Entretanto, quatro aspectos importantes devem ser considerados: salinidade, sodicidade, toxicidade de íons e teores de bicarbonato; essas variáveis são fundamentais na determinação da qualidade agrônômica da água (BARROSO et al., 2011). Para que a interpretação da qualidade da água para irrigação seja feita de maneira correta, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, tanto nas culturas, quanto no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO et al., 2006).

### **3.3. Efeito dos sais sobre as plantas e os atributos do solo em regiões semiaridas**

A salinidade exerce efeitos complexos sobre as plantas, como efeitos osmóticos ou influência sobre as relações hídricas; efeitos por toxicidade específica dos íons; efeitos por desequilíbrio nutricional e efeitos sobre o balanço de energia (CAVALCANTE et al., 2010; ALVES et al., 2011). A concentração excessiva de sais na solução do solo diminui a energia livre da água, reduzindo sua absorção pelas plantas, denominado efeito osmótico. Nas células vegetais há uma membrana semipermeável que permite a passagem de água, mas evita a passagem de sais. Quanto mais salina a água, mais osmoticamente difícil é sua extração da solução do solo (BARROS JUNIOR et al., 2008).

A redução no potencial hídrico dos tecidos, causada pelo excesso de sais, provoca restrição no crescimento, porque as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular. O balanço osmótico é essencial

para o crescimento dos vegetais em meio salino, e qualquer falha nesse balanço resultará em injúrias semelhantes aos do estresse hídrico, como a perda de turgescência e a redução no crescimento, resultando em plantas atrofiadas, desidratadas e resultando em morte das células, conseqüentemente (ASHRAF e HARRIS, 2004).

A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico, ocasionando o problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica, provocado pela salinidade, poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido. Dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra em suas células (MEDEIROS, 1992; PARIDA e DAS, 2005).

Os processos mais diretamente associados com a toxicidade iônica são a senescência e a morte celular, ambas induzidas por salinidade. Esses dois processos são complexos e interligados e são respostas comuns das plantas a estresses abióticos (SILVEIRA et al., 2010). Os efeitos causados pelos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  predominantes em ambientes salinos, estão associados aos distúrbios em relação ao balanço iônico ( $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{+2}$  em relação ao  $\text{Na}^+$ ) e à absorção desbalanceada de elementos essenciais (MEDEIROS e GHEYI, 1997), bem como à ação específica desses íons sobre o funcionamento de enzimas e membranas (FLORES, 1990).

Dentre as principais conseqüências do acúmulo de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas podem ser citadas a necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002). Dessa forma, haverá limitação da atividade fotossintética não só devido ao fechamento estomático ocasionado pelo estresse osmótico, mas também, pelo efeito dos sais sobre as folhas (CRUZ, 2003).

O acúmulo de sais solúveis e, especificamente, de sódio numa área agrícola, além de reduzir o potencial osmótico da solução do solo, altera o pH, causa desbalanceamento nutricional e desestruturação de seus agregados. O efeito dos sais sobre o solo depende, basicamente da interação eletroquímica existente entre os sais e suas partículas constituintes, refletindo diretamente no grau de estabilização de seus agregados. A característica principal desse efeito é a expansão da argila do tipo 2:1, quando úmida e a contração quando seca, devido ao excesso de sódio trocável. Quando a expansão for exagerada, poderá ocorrer a fragmentação dos agregados, causando a dispersão da argila e modificando a estrutura do solo. Em geral, em solos sódicos, ou seja, com excesso de sódio trocável, há problemas de permeabilidade e

qualquer excesso de água causará encharcamento na superfície do solo, afetando a germinação das sementes e o crescimento das plantas, por falta de aeração (MEDEIROS et al., 2008).

O excesso de sais pode, ainda, afetar a qualidade química dos solos. As desordens nutricionais, observadas em plantas cultivadas em solos salinos e sódicos, estão diretamente relacionadas com a limitação do crescimento radicular e redução da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Nesse caso, pode ocorrer a precipitação de sais menos solúveis após saturação da solução do solo com íons de alta solubilidade. Essa queda na disponibilidade é comum em íons cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) e potássio ( $\text{K}^{+}$ ), em função do aumento da concentração de  $\text{Na}^{+}$  na solução do solo, causando desbalanço na relação entre eles (FREIRE e FREIRE, 2007).

### **3.4. Adubação nitrogenada nas culturas**

A adubação mineral é um importante fator para agricultura, sendo o nitrogênio o macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas (MILLER e CRAMER, 2004). É um dos elementos que possui papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das culturas, e seu uso pode reduzir os efeitos da salinidade nas plantas (DIAS et al., 2012) aumentando, dessa forma, a tolerância das plantas à salinidade. Conforme Ribeiro et al. (2015) a eficiência da adubação nitrogenada depende do nível de salinidade do solo, presença ou ausência de matéria orgânica, dentre outros fatores.

Este nutriente se destaca como um dos mais necessários para as plantas, pois desempenha função estrutural e faz parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas e prolina, entre outros, elevando a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumenta a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino. Desta forma, o manejo adequado da adubação nitrogenada pode ser uma alternativa para atenuar o efeito da salinidade sobre as plantas (OLIVEIRA et al., 2014). Entretanto, a eficiência da adubação nitrogenada depende do tipo de absorção do nutriente, nível de salinidade do solo, presença ou ausência de matéria orgânica, dentre outros fatores (RIBEIRO et al., 2015).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização**

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude e 37°48'01" de longitude, a uma altitude de 194 m.

### **4.2. Fatores e delineamento estatístico**

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial  $5 \times 5$ , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,3; 1,8; 3,3; 4,8 e 6,3 dS m<sup>-1</sup>) e cinco doses de adubação nitrogenada (N1-50, N2-75, N3-100, N4-125 e N5-150%), com quatro repetições e três plantas por parcela, perfazendo o total de trezentas unidades experimentais. A dose de 100% correspondente a 100 mg de nitrogênio por kg<sup>-1</sup> de solo, conforme a indicação de adubação potássica para ensaio em vaso conforme Novais et al. (1991).

### **4.3. Implantação e condução experimental**

#### **4.3.1. Produção das mudas**

Foram utilizadas estacas herbáceas da variedade ‘Molar’ por meio de estaquia, as estacas foram adquiridas de várias plantas matrizes de romãzeira sadias e vigorosas, propagadas por sementes. As estacas foram coletadas no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, no início da manhã e posteriormente colocadas em caixa de isopor, sendo acomodadas em camadas e cobertas por papel toalha umedecidas, para evitar desidratação; em seguida, foram lavadas em água corrente e desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 2%, por 5 minutos e padronizadas quanto ao tamanho, estabelecendo-se o comprimento de 15 cm e diâmetro médio de 4,5 mm (Figura 1). Antes da semeadura, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo, utilizando-se a respectiva água de cada tratamento.



**Figura 1.** Coleta e armazenamento das estacas semilenhosas de romãzeira cv. Molar.

As estacas foram plantadas enterrando-se 1/3 do seu comprimento, em tubetes citropotes com dimensões de 10 x 25 cm e se utilizando substrato constituído por solo (84%) + areia (15%) + esterco bovino (1%) (Figura 2).



**Figura 2.** Detalhes dos recipientes e substrato utilizados para o plantio das estacas de romãzeira.

O preenchimento dos recipientes foi realizado colocando-se uma proporção de 2:1:1 de um Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa, areia e matéria orgânica (como fonte utilizaram-se o esterco bovino bem curtido), proveniente da zona rural do município de São Domingos, PB, cujas características químicas e físico-hídricas foram obtidas conforme a metodologia propostas por Donagema et al. (2011):  $\text{Ca}^{2+} = 2,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^{2+} = 5,84 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{Na}^+ = 0,09 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{K}^+ = 0,21 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+} = 0,00 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{CTC} = 8,56 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; matéria orgânica =  $3,80 \text{ dag kg}^{-1}$ ;  $\text{P} = 11,99 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $\text{pH em água (1:2,5)} = 7,00$ ; condutividade elétrica do extrato de saturação =  $0,20 \text{ dS m}^{-1}$ ; areia =  $846,3 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $137,0$

$\text{g kg}^{-1}$ ; argila =  $16,3 \text{ g kg}^{-1}$ ; umidade a 33,42 kPa =  $11,16 \text{ dag kg}^{-1}$ ; umidade a 1519,5 kPa =  $4,23 \text{ dag kg}^{-1}$ .

#### **4.3.2. Adubação**

As adubações foram realizadas em cobertura, conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), colocando-se as quantidades de 150 e 300  $\text{mg kg}^{-1}$  de solo de potássio e fósforo, respectivamente, nas formas de cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente; sendo o fósforo aplicado em fundação e o potássio via água de irrigação, aos 30 e 50 dias após o plantio (DAP). O fator adubação nitrogenada foi parcelado em aplicações via fertirrigação, em intervalos de dez dias, sendo as doses aplicadas por recipiente determinadas conforme a recomendação de N ( $100 \text{ mg N kg}^{-1}$  de solo) utilizando-se a ureia.

#### **4.3.3. Preparo da água salinizada e manejo da irrigação**

A água utilizada na irrigação do tratamento de menor salinidade ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) foi proveniente do sistema público de abastecimento de Pombal - PB; os demais níveis salinos foram preparados conforme a proporção equivalente de 7:2:1, entre Na: Ca: Mg, respectivamente, a partir dos sais NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , essa relação está predominante em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (AUDRY e SUASSUNA, 1995).

No preparo da água de irrigação dos maiores níveis de salinidade, foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais ( $10 \cdot \text{meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$  de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), aferindo-se os valores com um condutivímetro (leitura ajustada à temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Após preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 80 litros, um para cada nível de CEa estudado, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade.

Após o transplântio, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se, em cada recipiente, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 10 dias.

#### 4.3.4. Tratos culturais e fitossanitários

O controle de pragas e doenças foi realizado por intervenção química, tal como aplicações preventivas de defensivos comerciais, como inseticidas do grupo químico Neonicotinoide (pó solúvel) e fungicida do grupo químico Dicarboximida (pó solúvel) conforme a necessidade; utilizando um pulverizador manual de compressão prévia, com tanque em polietileno de alta massa molar, com capacidade volumétrica de 5 L; Já para o controle de plantas invasoras nos citropotes, foram realizadas capinas manuais durante o período de condução do experimento com o objetivo de neutralizar a competição interespecífica por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura.

#### 4.4. Variáveis analisadas

##### 4.4.1. Parâmetros fisiológicos

a) Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica

Para determinação do conteúdo relativo de água (CRA) e déficit de saturação hídrica (DSH), aos 270 DAP, realizou-se a coleta das folhas, determinando-se a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 horas. Depois, foi retirado o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (MT); posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar (temperatura  $\approx 65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até atingir massa constante) para obtenção da massa seca (MS). A obtenção do CRA e DSH foi feita conforme Lima et al. (2019), pelas equações 1 e 2.

$$CRA = \frac{Mf - Ms}{Mt - Ms} \times 100 \quad (1)$$

$$DSH = \frac{Mt - Mf}{Mt - Ms} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

CRA = teor relativo de água (%);

DSH = déficit de saturação hídrica (%);

MF= massa fresca de folha (g);

MT= massa túrgida (g); e,

MS = massa seca (g).

#### b) Extravasamento de eletrólitos

Para verificar a integridade da membrana celular sob condições do estresse salino, foi determinado o extravasamento de eletrólitos (EE) aos 270 DAP. Retirando, por unidade experimental, dez discos foliares de área 2,8 cm<sup>2</sup> cada, com auxílio de um perfurador de ferro, os quais foram lavados e acondicionados em beckers contendo 50 mL de água destilada fechados com papel alumínio e mantidos em temperatura de 25 °C por 90 minutos. Após este período, procedeu-se à determinação da condutividade elétrica inicial (Ci) usando-se um condutivímetro de bancada. Em seguida, os beckers foram submetidos à temperatura de 90 °C, durante 90 minutos em estufa de ventilação forçada quando se procedeu novamente à mensuração da condutividade elétrica final (Cf). O extravasamento de eletrólitos foi expresso como a porcentagem de condutividade inicial em relação à condutividade elétrica após o tratamento por 90 minutos a 90 °C. O percentual de extravasamento de eletrólitos foi obtido de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), conforme a equação 3.

$$\%EE = (Ci/Cf) \times 100 \quad (3)$$

Em que:

%EE = percentual de extravasamento de eletrólitos (%);

Ci = condutividade elétrica inicial (dS m<sup>-1</sup>);

Cf = condutividade elétrica final (dS m<sup>-1</sup>).

#### c) Trocas gasosas

Aos 270 DAP, foram mensuradas as trocas gasosas através da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> - *A* (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração - *E* (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática - *gs* (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> - *Ci* (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo “LCPro<sup>+</sup>” da ADC BioScientific Ltda. As leituras foram realizadas entre 06:30e 09:00 horas da manhã, na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical sob condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO<sub>2</sub> e utilizando uma fonte artificial de radiação estabelecida através da curva de resposta fotossintética à luz obtendo-se o ponto de saturação fotossintética por luz.

#### **4.4.2. Crescimento**

Aos 270 DAP foram avaliados o número de folhas (NF) – na contagem das folhas, foram consideradas as folhas com comprimento superior a 3 cm, e com coloração característica da espécie; comprimento das brotações (cm) (CB) – foi mensurado com auxílio de uma régua; e diâmetro das brotações (mm) (DB) – determinado por meio de medições na porção mediana das brotações, com uso de um paquímetro digital, com leituras em ‘mm’.

#### **4.4.3. Fitomassas**

A fitomassa seca total foi obtida ao final do experimento, aos 270 dias após o plantio (DAP), através da fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca da raiz (FSR). O acúmulo de fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca da raiz (FSR) foram obtidas através da separação, secagem em estufa a uma temperatura constante de 65°C por um período de 48 horas e logo após pesagem das respectivas partes das mudas de romãzeira em balança de precisão de 0,001 g.

#### **4.5. Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos a verificação da homogeneidade das variâncias e posteriormente foi à análise de variância pelo teste F ao nível de ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de salinidade da água e as doses de nitrogênio. Quando a interação entre os fatores (NS x DN) foi significativa, realizou-se o desdobramento dos níveis salinos dentro de cada dose, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, com base nos resultados da análise de variância (Tabela 1), efeito significativo dos níveis salinos da água de irrigação (NS) sobre o conteúdo relativo de água (CRA), clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*). Já em relação ao fator doses de nitrogênio, constata-se a ocorrência de efeito significativo sobre o déficit de saturação hídrica (DSH), extravasamento de eletrólitos (EE) e clorofila *a*. Em relação à interação entre os fatores (NS × DN), observa-se efeito significativo apenas em relação à variável clorofila *a* aos 270 DAP. Para os teores de carotenóides (Car) não se constata efeito dos fatores estudados, esse fato fortalece a ideia de que os tratamentos correspondentes à irrigação com água salinizada durante a produção das mudas de romãzeira, fato positivo, pois os carotenóides são pigmentos acessórios na absorção e transferência de energia radiante, e protetores da clorofila no tocante à fotooxidação (Tabela 1).

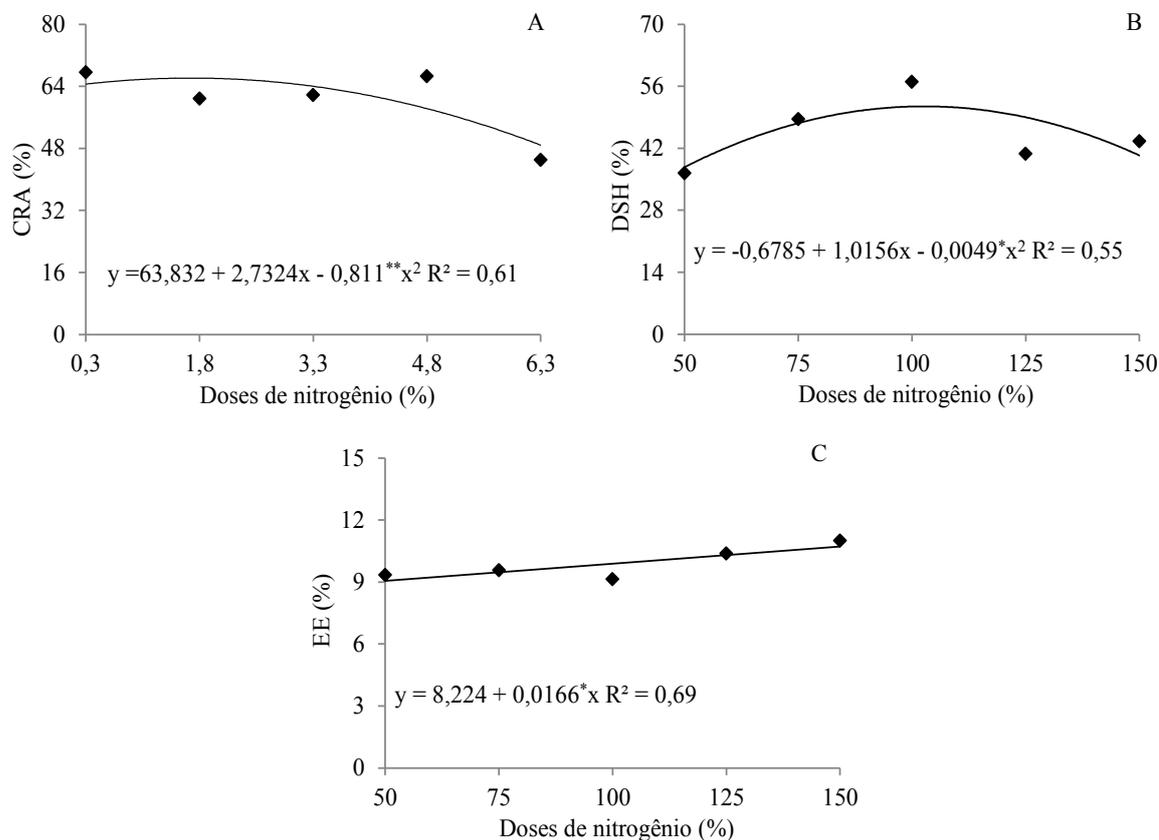
**Tabela 1.** Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), extravasamento de eletrólitos (EE), condutância estomática (gs), clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e carotenóides (Car) da romãzeira cv. Molar, irrigada com água salinas e adubação nitrogenada aos 270 dias após o plantio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		CRA	DSH	EE	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Car
Níveis salinos (NS)	4	2000,616**	1250,296 <sup>ns</sup>	4,739 <sup>ns</sup>	46,69**	23,88**	0,11 <sup>ns</sup>
Doses de N (DN)	4	807,915 <sup>ns</sup>	469,257*	7,623*	22,57*	12,50 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
Interação (NS × DN)	16	1591,239 <sup>ns</sup>	1251,491 <sup>ns</sup>	4,171 <sup>ns</sup>	29,13**	7,00 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
Blocos	3	2365,673 <sup>ns</sup>	3018,175 <sup>ns</sup>	2,372 <sup>ns</sup>	82,98 <sup>ns</sup>	22,43 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	126,547	271,662	2,605	8,82	5,97	0,28
CV (%)		19,28	36,43	16,51	20,58	38,02	13,23

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

Os níveis de salinidade da água afetaram o conteúdo relativo de água das plantas de romãzeira de forma quadrática e de acordo com a equação de regressão (Figura 3A), nota-se o valor máximo estimado de 65,99% obtido nas plantas submetidas à salinidade da água de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, e a diferença de 24,34% entre o menor (0,3 dS m<sup>-1</sup>) e o maior (6,3 dS m<sup>-1</sup>) nível de salinidade. A redução na turgescência das folhas pode estar relacionada à redução na

disponibilidade de água ocasionada pelo aumento na concentração de sais, além do efeito tóxico, por meio do aumento da concentração de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no solo (CHAVES et al., 2009).



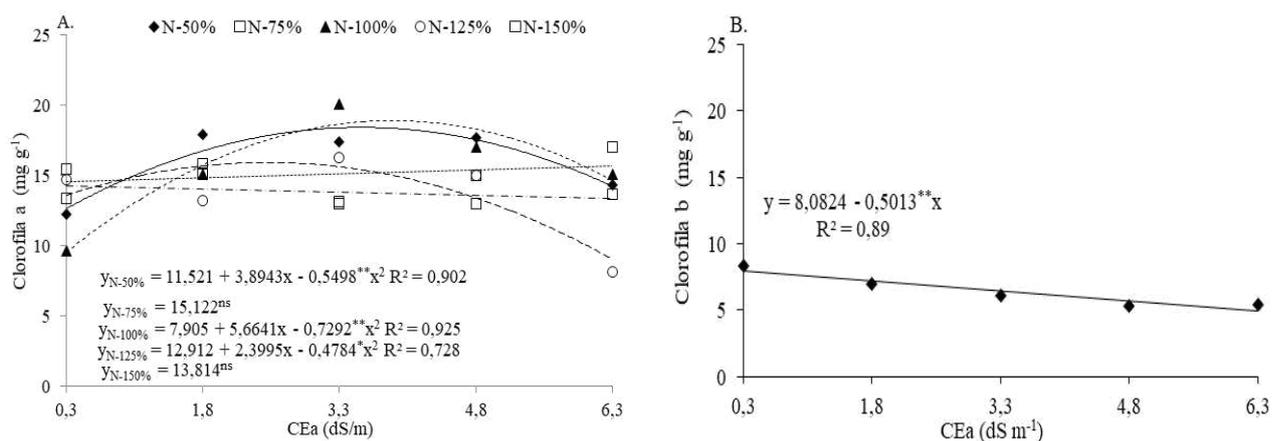
**Figura 3.** Conteúdo relativo de água – CRA da romãzeira em função da salinidade da água de irrigação (CEa) (A); déficit de saturação hídrica – DSH (B) e extravasamento de eletrólitos – EE (C) da romãzeira em função das doses de nitrogênio aos 270 dias após o plantio.

Para o déficit de saturação hídrica (DSH) em função das doses de nitrogênio, constata-se que o modelo ao qual os dados se ajustaram em termos de DSH, foi o quadrático (Figura 3B) onde nota-se resposta positiva no fornecimento da adubação nitrogenada até a dose de 104 mg de N por  $\text{kg}^{-1}$  de solo, obtendo o DSH de 51,94%. Infere-se conforme resultados que a menor (50 mg de N por  $\text{kg}^{-1}$  de solo) e a maior (150 mg de N por  $\text{kg}^{-1}$  de solo) dose de adubação nitrogenada foram prejudiciais em termos de déficit de saturação hídrica, assim, essa restrição no estado hídrico foliar, observada por meio do déficit de saturação de água no limbo foliar, pode afetar a absorção de nutrientes pelas raízes; conseqüentemente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas são severamente prejudicados (LIMA et al., 2019).

Para o extravasamento de eletrólitos (EE) em função das doses de nitrogênio (Figura 3D), verifica-se aumento no EE com o incremento das doses de nitrogênio, onde as plantas que

receberam a maior dose (150 mg de N por kg<sup>-1</sup>) tiveram um EE de 8,32%; isto pode ter ocorrido devido a acidez liberada durante o processo de mineralização da amônia fornecida através da ureia, no qual ocorre liberação de hidrogênio, proporcionando efeito direto no pH do solo (FAGERIA et al., 2011).

De acordo com as equações de regressão para os teores de clorofila *a* em função dos níveis de salinidade da água e doses de adubação nitrogenada (Figura 4A), o modelo que melhor os dados de Cl *a* se ajustaram foi o quadrático, onde nota-se que as plantas que receberam doses de 50, 100 e 125 mg N kg<sup>-1</sup> de solo e que estavam sob irrigação com água de CEa de 3,4; 3,9 e 2,5 dS m<sup>-1</sup> respectivamente, com maiores teores de clorofila *a* (18,40, 18,90 e 15,92 mg g<sup>-1</sup>). Já para as plantas cultivadas sob as doses de 75 e 150 mg N kg<sup>-1</sup> de solo independentemente dos níveis de CEa constata-se teores de clorofila *a* de 15,12 e 13,81 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4A). Vários autores atribuem essa redução ao antagonismo na absorção de nitrogênio devido à interação NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup> nos locais de transporte de íons, pois o cloreto resulta em severa despolarização da membrana sendo associada à inibição não competitiva na absorção de nitrato (CHEN et al., 2010; FAROOQ et al., 2015). Muitos genótipos de romã mostraram um declínio no teor de clorofila em resposta ao estresse salino (MELGAR et al., 2008; MASTROGIANNIDOU et al., 2016).



**Figura 4.** Teores de clorofila *a* (A) da romãzeira em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de adubação nitrogenada e teores de clorofila *b* (B) em função dos níveis de salinidade da água - CEa aos 270 dias após o plantio.

Verifica-se, aos 270 DAP, que apenas o fator salinidade da água afetou o teor de clorofila *b* (Tabela 2), em que, conforme a equação de regressão (Figura 4B), o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor, foi o linear, indicando decréscimo na Cl *b* de 6,20% por aumento

unitário da CEa, ou seja, redução de 37,91% ( $3,0 \text{ mg g}^{-1}$ ) na Cl *b* das plantas irrigadas com água de  $6,3 \text{ dSm}^{-1}$  em relação às submetidas a  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Em geral, a concentração de clorofila nas plantas tem uma forte correlação negativa com a salinidade, devido a influência na absorção de alguns íons, como  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+2}$ , que são envolvidos na formação de clorofila, além disso, a enzima degradadora de clorofila clorofilase é mais ativa sob estresse salino (SIVSTEV et al., 1973). De forma semelhante, Mastrogiannidou et al. (2016) avaliando os efeitos do NaCl, KCl e  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sobre o crescimento, íons teciduais, teor de clorofila e resposta antioxidante de *P. granatum*, verificaram que o excesso de sais resultou em um declínio significativo nos teores de clorofila nas folhas das plantas de romãzeira, com o tratamento com KCl na concentração de 120 mM, apresentando os valores mais baixos em relação ao controle.

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 2) observa-se efeito significativo dos níveis salinos sobre a condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  (Ci) e a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A). As doses de nitrogênio e a interação entre os fatores (NS  $\times$  DN) não influenciou de forma significativa nenhuma das variáveis analisadas. Almeida (2017) estudando o efeito dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre o crescimento, fotossíntese e bioquímica das mudas de romãzeiras, também observaram efeito significativo dos níveis de salinidade sobre a condutância estomática, transpiração, concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  de mudas de romãzeiras aos 120 dias de irrigação salina.

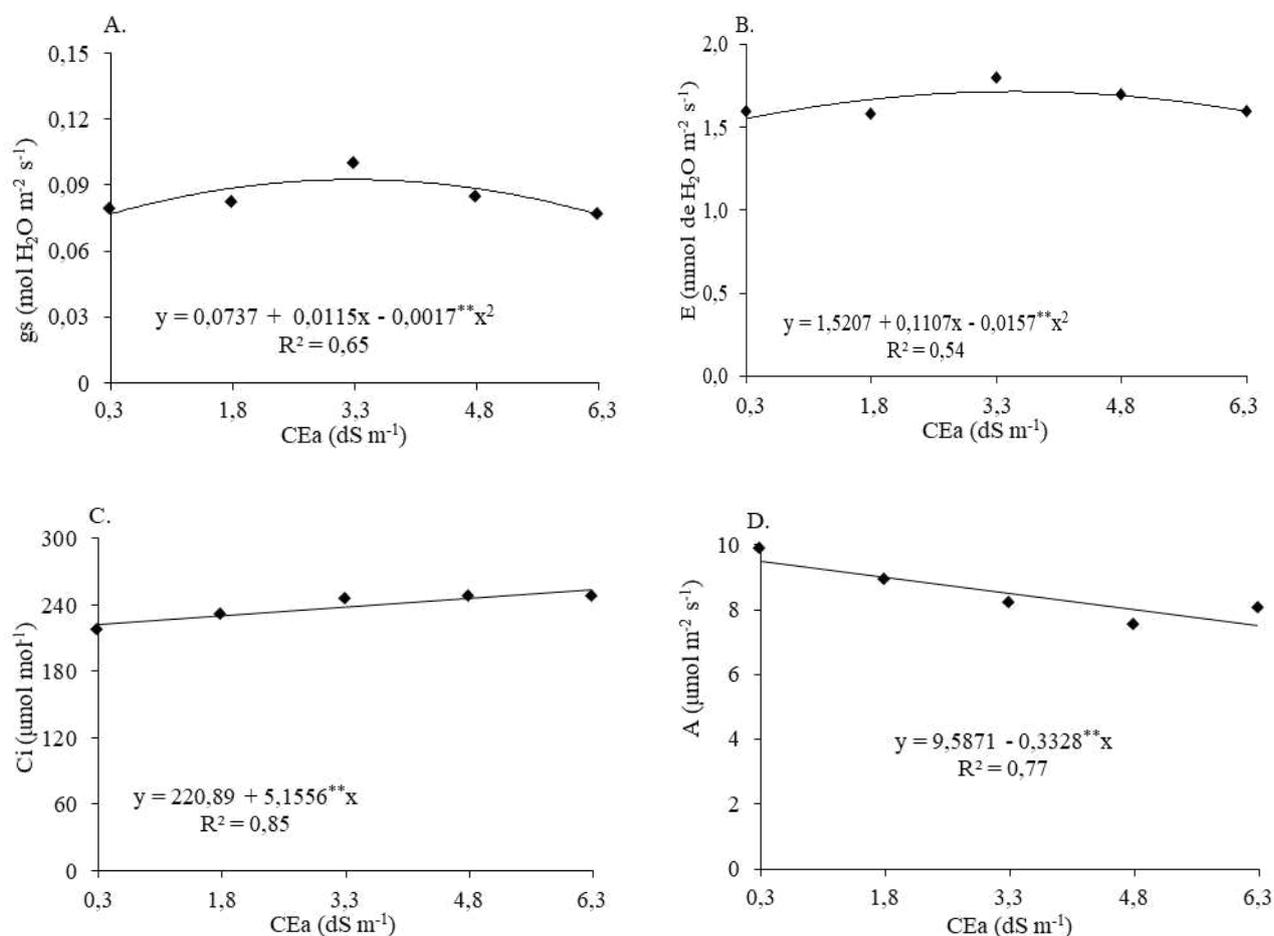
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente a condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  (Ci) e a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  da romãzeira cv. Molar, irrigada com água salinas e adubação nitrogenada aos 270 dias após o plantio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		gs	E	Ci	A
Níveis salinos (NS)	4	0,0017**	0,3647**	3539,59**	15,19**
Doses de N (DN)	4	0,0001 <sup>ns</sup>	0,1036 <sup>ns</sup>	626,59 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>
Interação (NS $\times$ DN)	16	0,0006 <sup>ns</sup>	0,1231 <sup>ns</sup>	2124,69 <sup>ns</sup>	5,03 <sup>ns</sup>
Blocos	3	0,0010*	0,7065**	7224,00**	9,35**
Resíduo	72	0,0003	0,0704	564,77	2,14
CV (%)		20,70	16,54	9,99	17,90

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

Os níveis de salinidade da água afetaram a condutância estomática das plantas de romãzeira de forma quadrática e de acordo com a equação de regressão (Figura 5A), nota-se

que o valor máximo estimado de  $0,093 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi obtido nas plantas submetidas à salinidade da água de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , decrescendo a partir de deste nível de CEa e alcançando o valor de  $0,078 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  quando utilizaram o maior nível salino da água ( $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). A redução da  $g_s$  dar-se em decorrência do fechamento estomático ocasionado pelos efeitos osmóticos promovidos pela salinidade, como mecanismo de defesa da planta para minimizar as perdas de água pelas folhas e, conseqüentemente, a absorção de água e sais da solução do solo, sem comprometer a atividade fotossintética (HUSSAIN et al., 2012). Dias et al. (2018) ao avaliar os efeitos da salinidade da água (CEa de  $0,8$  e  $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) sobre as trocas gasosas da aceroleira cv. BRS 366 Jaburu, constataram que o incremento da CEa de  $0,8$  para  $3,8 \text{ dS m}^{-1}$  proporcionou diminuição na condutância estomática das plantas, aos 180 dias após o transplântio.



**Figura 5.** Condutância estomática -  $g_s$  (A), transpiração -  $E$  (B), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  -  $C_i$  (C) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  -  $A$  (D) das mudas de romãzeira cv. Molar, em função dos níveis de salinidade da água - CEa aos 270 dias após o plantio.

Semelhante ao observado para gs (Figura 5A), a transpiração das plantas de romãzeira foi influenciada de forma quadrática pela salinidade da água. Conforme equação de regressão (Figura 5B) constata-se que a irrigação com água de condutividade elétrica de 3,6 dS m<sup>-1</sup> ocasionou maior valor estimado de *E* (1,716 μmol mol<sup>-1</sup>), decrescendo a partir deste nível de CEa. Mastrogiannidou et al. (2016) associam que a redução da transpiração em plantas sob estresse salino está relacionada com o fechamento estomático em resposta ao estresse osmótico causado pelo aumento da salinidade. Estudando as trocas gasosas da acerola enxertada em função do estresse salino (CEa de 0,8 e 3,8 dS m<sup>-1</sup>), Dias et al. (2019) observaram que o incremento da salinidade da água de 0,8 para 3,8 dS m<sup>-1</sup> reduziu acentuadamente a transpiração foliar das plantas, aos 400 dias após o transplantio.

A concentração intercelular de CO<sub>2</sub> da romãzeira aumentou linearmente em função do incremento nos níveis salinos da água. A partir da equação de regressão (Figura 5C) observa-se acréscimos na *C<sub>i</sub>* de 2,33% por incremento unitário da CEa, ou seja, ao utilizar água com condutividade elétrica de 6,3 dS m<sup>-1</sup> houve um aumento de 12,20% (30,93 μmol mol<sup>-1</sup>) em relação as plantas cultivadas sob CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Verifica-se, aos 270 DAP que salinidade da água afetou a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 5D), com decréscimo na *A* de 3,47% por aumento unitário da CEa. O aumento na concentração intercelular de CO<sub>2</sub> é um indicativo de deterioração da estrutura fotossintética, pois os danos causados às estruturas responsáveis pelo a fixação de CO<sub>2</sub> não se deve apenas a fatores estomáticos, mas também ao acúmulo de sais nas folhas (HUSSAIN et al., 2012). O aumento na concentração interna de CO<sub>2</sub> em função do aumento da salinidade também foi observado em outras culturas como acerola (DIAS et al., 2018; DIAS et al., 2019) e algodoeiro (LIMA et al., 2017).

Conforme análise de variância verifica-se que os níveis salinos da água de afetaram significativamente o comprimento das brotações (CB), número de folhas (NF), fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca de caule (FSC) e fitomassa seca das raízes (FSR) aos 270 DAS (Tabela 4). Já as doses de hidrogênio tiveram efeito significativo para o diâmetro das brotações (DB) e fitomassa seca de caule (FSC). A interação entre os fatores (NS × DN) não afetaram significativamente nenhuma das variáveis de crescimento e acúmulo de fitomassa da romãzeira cv. Molar (Tabela 4).

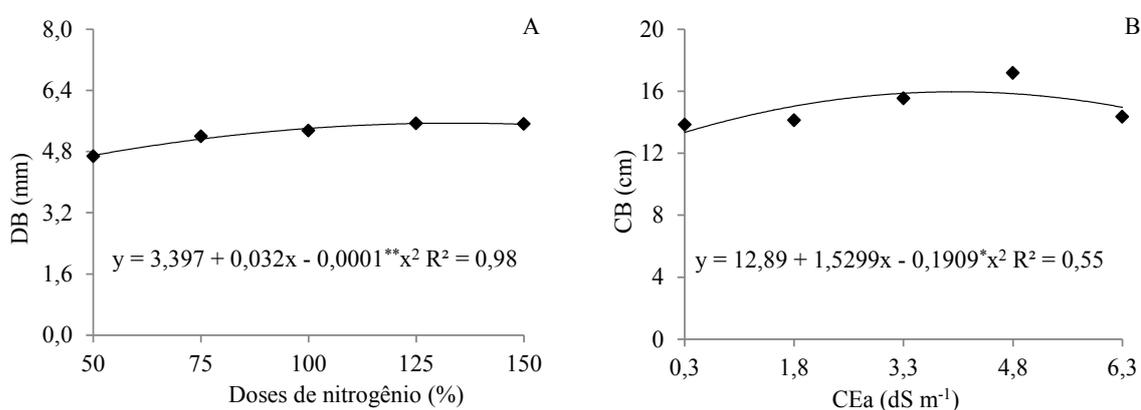
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente diâmetro das brotações (DB), comprimento das brotações (CB), número de folhas (NF), fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca de

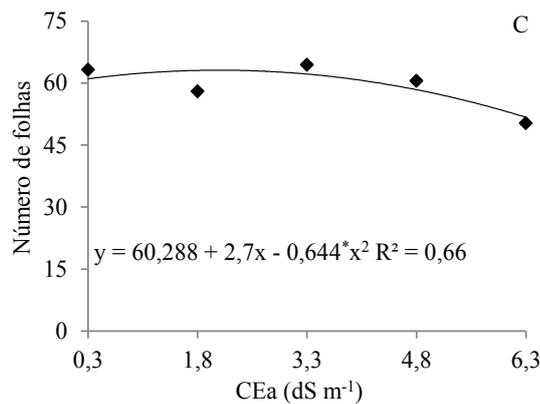
caule (FSC) e fitomassa seca das raízes (FSR) da romãzeira cv. Molar, irrigada com água salinas e adubação nitrogenada aos 270 dias após o plantio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		DB	CB	NF	FSF	FSC	FSR
Níveis salinos (NS)	4	0,317 <sup>ns</sup>	37,758*	853,66**	1,597*	19,537*	17,368*
Doses de N (DN)	4	2,504*	8,813 <sup>ns</sup>	418,385 <sup>ns</sup>	0,195 <sup>ns</sup>	62,365**	3,631 <sup>ns</sup>
Interação (NS × DN)	16	0,596 <sup>ns</sup>	13,058 <sup>ns</sup>	682,278 <sup>ns</sup>	1,339 <sup>ns</sup>	26,253 <sup>ns</sup>	6,598 <sup>ns</sup>
Blocos	3	4,835 <sup>ns</sup>	1,516 <sup>ns</sup>	8207,053 <sup>ns</sup>	12,932 <sup>ns</sup>	47,595 <sup>ns</sup>	56,508
Resíduo	72	0,767	17,541	251,303	0,875	10,089	6,545
CV (%)		16,67	15,00	27,30	22,06	24,15	29,12

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

A adubação com doses crescentes de nitrogênio propiciou incrementos no diâmetro das brotações (DB) e comprimento de brotações (CB), conforme equação de regressão (Figura 6A) constata-se que houve efeito quadrático e crescente no diâmetro de brotações com aumento de 18,63% nas plantas submetidas à dose 150 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo, em comparação as plantas submetidas a dose de 50 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo. Pode-se associar esse aumento no diâmetro das brotações as funções desempenhadas pelo nitrogênio, tais como, maior alongamento, expansão, divisão celular e processo fotossintético (RANA et al., 2013).





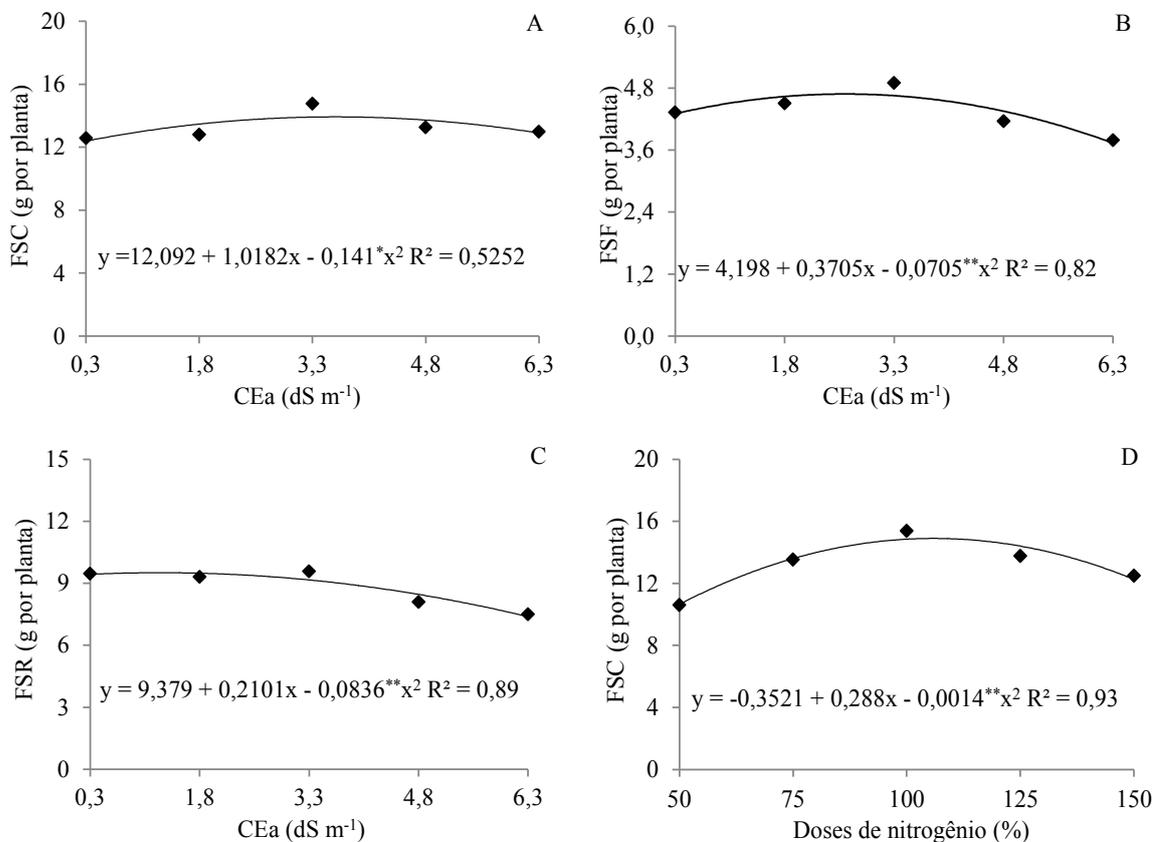
**Figura 6.** Diâmetro das brotações – DB da romãzeira em função das doses de nitrogênio (A), comprimento das brotações – CB (B) e número de folhas (C) em função da salinidade da água de irrigação (CEa) aos 270 dias após o plantio.

Aos 270 DAP verifica-se para o comprimento das brotações em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CB), cujo modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, obtendo-se o maior valor estimado para CB (15,96 cm) quando as plantas foram irrigadas com água de 4,0 dS m<sup>-1</sup>, a partir desse nível ocorreram reduções no CB da romãzeira (Figura 6B). A salinidade da água de irrigação afetou de forma significativa o número de folhas da romãzeira (Figuras 6C), verificando-se que os dados obtiveram o melhor ajuste ao modelo quadrático, cujo valor máximo estimado para NF de 62,95 folhas, obtido quando as plantas de romãzeira foram submetidas salinidade de 1,6 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Diversos estudos têm relatado que a porcentagem de sobrevivência, altura das plantas, número de nós, diâmetro do caule, peso fresco e seco da romãzeira são reduzidos com o aumento dos níveis de salinidade (ELAGAMY et al., 2010; KHAYYAT et al., 2014).

A fitomassa seca de caule da romãzeira foi afetada de forma significativa pela salinidade da água e através da equação de regressão (Figura 7A), verifica-se que o valor máximo estimado (13,93 g por planta) foi obtido nas plantas irrigadas com água de 3,6 dS m<sup>-1</sup>. A fitomassa seca de folhas da romãzeira também se ajustou ao modelo quadrático (Figura 7B), cujo valor máximo estimado (4,68 g por planta) foi obtido nas plantas irrigadas com água de 2,9 dS m<sup>-1</sup>, decrescendo-se a partir deste nível salino e alcançando-se o valor mínimo (3,73 g por planta) nas que receberam o maior nível de CEa (6,3 dS m<sup>-1</sup>). A diminuição no acúmulo de fitomassas é resultado da restrição na absorção de água e nutrientes pelas plantas, devido ao excesso de sais reduzirem o potencial osmótico da solução do solo. De acordo com Lima et al. (2017) os efeitos negativos da salinidade sobre o acúmulo de fitomassas das plantas estão associados à

sua interferência nos processos de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, de translocação de carboidratos para tecidos drenos e no desvio de fontes de energia para outros processos, tais como: ajustamento osmótico, síntese de solutos compatíveis, reparo de danos causados pela salinidade e manutenção dos processos metabólicos básicos.

A fitomassa seca de raízes da romãzeira decresceu de forma quadrática com o aumento da salinidade da água (Figura 7C), sendo o valor máximo (9,51 g por planta) obtido nas plantas irrigadas com CEa de 1,3 dS m<sup>-1</sup>, decrescendo a partir deste nível salino e alcançando-se o menor acúmulo de FSR (7,38 g por planta) quando as plantas foram irrigadas com CEa de 6,3 dS m<sup>-1</sup>. Em condições de estresse salino, o menor acúmulo de fitomassa seca de raízes pode ser atribuído ao excesso de sais na zona radicular das plantas que exerce efeitos nocivos no crescimento, em virtude do maior efeito osmótico externo à raiz e restrição ao fluxo de água do solo para as plantas (LIMA et al., 2017).



**Figura 7.** Fitomassa seca do caule – FSC (A) e fitomassa seca das folhas (B) e de raízes (C) da romãzeira em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e fitomassa seca do caule em função das doses de nitrogênio (B) aos 270 dias após o plantio.

A fitomassa seca do caule da romãzeira foi influenciada de forma significativa pelas doses de nitrogênio e através da equação de regressão (Figura 7D) verifica-se que o valor máximo estimado (14,45 g por planta) foi alcançado nas plantas adubadas com 105% da recomendação de N. Ao comparar as plantas adubadas com 150% da recomendação de N em relação as que receberam a menor dose, nota-se incremento de 0,80 g por planta. O efeito positivo do N no acúmulo de fitomassa seca de raízes pode ser atribuído às funções deste nutriente no metabolismo vegetal uma vez que participam, como constituintes da molécula de clorofila, ácidos nucleicos e proteínas, sendo ainda ativadores de muitas enzimas (MALAVOLTA, 2006).

## 6. CONCLUSÕES

A salinidade da água a partir de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  promove diminuição nas relações hídricas, trocas gasosas e teores de pigmentos cloroplastídeos da romãzeira aos 270 dias após o plantio.

As doses de nitrogênio não atenuaram os efeitos deletérios do estresse salino sobre as trocas gasosas e os teores de clorofila *a* das plantas de romãzeira.

A salinidade da água aumenta o extravasamento de eletrólitos, independentemente das doses de nitrogênio.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N. Tecnologias na produção de mudas de romãzeiras (*Punica granatum* L.). Mossoró: UFERSA, 2017. 99p. Tese Doutorado.
- ALVES, F.A.L.; FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; PEREIRA, V.L.A. Efeito do  $Ca^{2+}$  externo no conteúdo de  $Na^+$  e  $K^+$  em cajueiros expostos a salinidade. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, p.602-608, 2011.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, E. F. de F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; LEA, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.873-880, 2006.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Ciência de plantas, v. 166, ed. 1, p. 3-16, 2004.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido - um estudo de caso. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais... Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p.147-153.
- AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. v.7, p.1073-1086, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 29).
- BARROS JUNIOR, G.; GUERRA, H.O.C.; CAVALCANTI, M.L.F.; LACERDA, R.D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.350-355, 2008.
- BARROSO, A. F.; GOMES, E.G.; LIMA, A, E, O. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.15, p.588-593, 2011.
- BIGGAR, J.W.; ROLSTON, D.E.; NIELSEN, D.R. Transport of salts by water. California Agriculture, v.18, p.10-11, 1984.
- CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, H. L.; CHAVES, L.H.G.; GHEYI, H.R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. Revista de Engenharia Ambiental, v.8, p.126-133, 2011.

- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, v. 103, p. 551-560, 2009.
- CHEN, W.; HOU, Z.; WU, L.; LIANG, Y.; WEI, C. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. *Plant Soil*, v.326, p.61-73, 2010.
- CORRÊA, P. M. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, 1984.
- CRUZ, J. L. Produção e participação de matéria seca e abertura estomática do limoeiro cravo submetido a estresse salino. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, p.528-53, 2003.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. GAS Exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.32, p.429-439, 2019.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. D.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.628-633, 2018.
- DIAS, M.J.T.; SOUZA, H.A., NATALE, W.; MODESTO, C.V.; ROZANE, D.E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. *Ciências Agrárias*, v.33, p.2837-2848, 2012.
- DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.1281- 1290, 2010.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- EL- KHAWAGA, A.S.; ZAENELDEEN, E.M.A.; YOSSEF, M.A. Response of three pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress. *Middle East Journal of Agriculture Research*, v.1, p.64-75, 2012.
- ELAGAMY, S. Z.; MOSTAFA, R.A.A.; SHAABAN, M.M.; ELMAHDY, M.T. In vitro salt and drought tolerance of Manfalouty and Nab El-Gamal pomegranate cultivars. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v.4, p.1076-1082, 2010.
- FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; COELHO, A. M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*, v.34, p.361-370, 2011.

- FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; WAKEEL, A.; SIDDIQUE, K. H. M. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v.35, p.461-481, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2019.
- FLORES, H.E. Polyamines and plant stress. In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. *Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. Wiley-liss, New York, 1990, p.217-239.
- FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. cap.16, p.929-954.
- HOLLAND, D.; HATIB, K.; BAR-YA'AKOV, I. 'Pomegranate: botany, horticulture, breeding'. *Horticultural Reviews*, v.35, p.127-191, 2009.
- HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. 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, p.103-112, 2012.
- IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. 2012. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- KHAN, M.S.A.; KARIM, MA.; HAQUE, M.M.; ISLAM, M.M.; KARIM, A.J.M.S.; MIAN, M.A.K. Influence of salt and water stress on growth and yield of soybean genotypes. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Sciences*, v.39, p.167-180, 2016.
- KHAYYAT, M.; TEHRANIFAR, A.; DAVARYNEJAD, G.H.; SAYYARI-ZAHAN, M.H. Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of 'Malas-e-Saveh' and 'Shishe-Kab' pomegranates in response to salinity stress. *Photosynthetica*, v.52, n.2, p.301-312, 2014.
- LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M.A.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.P. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, v.49, p.107-120, 2003.

- LEPRUN, J. C. Primeira Avaliação das águas superficiais do Nordeste: Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro, Recife, SUDENE-DRN, 1983, p. 91-141.
- LETEY, J.; FENG, G.L. Dynamic versus steady-state approaches to evaluate irrigation management of saline waters. *Agricultural Water Management*, v.91, p.1-10, 2007.
- LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; SANTOS, J. B. dos. Cell damage, water status and gas exchanges in castor bean as affected by cationic composition of water. *Revista Caatinga*, v.32, p.482-492, 2019.
- LIMA, G. S. de; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, A. A. R. da. Gas exchanges and production of colored cotton under salt stress and nitrogen fertilization. *Bioscience Journal*, v. 33, p.1495-1505, 2017.
- LORENZI, H.; BACHER, L.B.; LACERDA, M.T.C.; SARTORI, S.F. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006.
- LORENZI, H.; Matos, J.A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. São Paulo: Instituto Plantarum de. Estudos da Flora. 512p, 2002.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division of ASCE*, v.103, p.15-134, 1977.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres, 2006. 631p.
- MASTROGIANNIDOU, E.; CHATZISSAVVIDIS, C.; ANTONOPOULOU, C.; TSABARDOUKAS, V.; GIANNAKOULA, A.; THERIOS, I. Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.16, p.621-636, 2016.
- MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; CARMO, G.A. Riscos e medidas mitigadoras para salinidade em áreas irrigadas. Reunião Sul-americana para manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas. Salvador, 2008.
- MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H. R. Manejo do sistema solo-água-plantas em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (eds.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 8, p. 239-284
- MELGAR, J. C.; SYVERTSEN, J. P.; MARTINEZ, V.; GARCIA-SANCHEZ, F. Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. *Biologia Plantarum*, v.52, p.385-390, 2008.

- MERMOUD, A.; TAMINI, T.D.; YACOUBA H. Impact of different irrigation schedules on the water balance components of an onion crop in semi-arid zone. *Agricultural Water Management*, v.77, p.282–295, 2005.
- MILLER, A.J.; CRAMER, M.D. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil*, v.274, p.3-6, 2004.
- NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Revista Ciência Rural*, v.39, p.758-765, 2009.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S., eds. *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p.189-254.
- PARIDA, A.K.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 60, p. 324-349, 2005.
- RANA, D. S.; SINGH, B.; GUPTA, K.; DHAKA, A. K. Performance of single cut forage sorghum genotypes to different fertility levels. *Forage Research*, v. 39, p. 96-98, 2013.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000, 117p. Estudos da FAO, *Irrigação e Drenagem*, 48, revisado.
- RIBEIRO, P.H.P., SILVA, S., NETO, J.D., OLIVEIRA, C.S., CHAVES, L.H.G. Crescimento e componentes de produção do girassol em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada. *Engenharia na Agricultura*, v.23, p.48-56, 2015.
- RIBEIRO, G.M.; MAIA, C.E.; MEDEIROS, J.F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.15-22, 2005.
- RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: US, 1954.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, p.1002-1013, 2013.
- SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. 2. Ed. Brasília: ANEEL/SIH, 207p. 2001.

- SILVA JUNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, p. 11-17, 1999.
- SILVEIRA, J.A.G.; SIVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIÉGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. *Manejo da salinidade na agricultura*. Fortaleza, INCTSal, p.162-178, 2010.
- SIVSTEV, M. V.; PONAMAREVA, S. V.; KUZMETSOVA, E. A. Effect of salinization and herbicide on chlorophyllase activity in tomato leaves. *Fiziologiya i Biokhimiya Kul'turnykh Rastenii*, v.20, p.62-65, 1973.
- WERKMAN, C.; GRANATO, D.C.; KERBAUY, W.D.; SAMPAIO, F.C.; BRANDÃO, A.A.H.; RODE, S.M. Aplicações terapêuticas da *Punica granatum* L. (romã). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.10, p.104-11, 2008.