



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS  
AGROINDUSTRIAIS**

**ANDERSON BARBOSA DE MEDEIROS**

**USO DE PROLINA NA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE CAJUEIRO  
SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS**

**Pombal -PB**

**2018**

**ANDERSON BARBOSA DE MEDEIROS**

**USO DE PROLINA NA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE CAJUEIRO  
SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de mestre.

**Orientador:** Prof. D.Sc. Reginaldo Gomes Nobre

**Coorientador:** M. Sc. Leandro de Pádua Souza

**Pombal - PB**

**2018**

M488u Medeiros, Anderson Barbosa de.  
Uso de prolina na produção de porta-enxerto de cajueiro sob irrigação com águas salinizadas / Anderson Barbosa de Medeiros. Pombal-PB, 2018.  
63 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.  
"Orientação: Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre, Prof. Me. Leandro de Pádua Souza".  
Referências.

1. *Anacardium occidentale* L.. 2. Salinidade. 3. BRS 226. I. Nobre, Reginaldo Gomes. II. Souza, Leandro de Pádua. III. Título.

CDU 634.573(043)

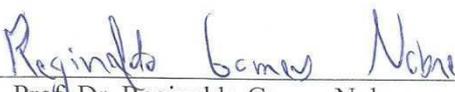
**ANDERSON BARBOSA DE MEDEIROS**

**USO DE PROLINA NA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE CAJUEIRO  
SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de mestre.

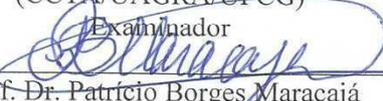
Aprovada em: 10 de abril de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
M. Sc. Leandro de Padua Souza  
(CTRN/UFCG)  
Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Anielson dos Santos Souza  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Examinador

**Pombal - PB**

**2018**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por todas as realizações na minha na vida e da minha família;

A minha esposa, Vanessa Cristina Bento Santana pelo apoio e estímulo e minha filha Ana Júlia minha motivação para seguir em frente, pelo incentivo, ajuda constante, paciência e compreensão;

A minha família, minha mãe Maria do Socorro, meu pai Josafá e minha irmã Julyana, pelo apoio e conselhos;

Ao orientador Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre, pela paciência, orientação e escolha do tema, sendo essenciais para elaboração deste trabalho;

Ao Coorientador M. Sc. Leandro de Pádua Souza pelos direcionamentos na construção deste trabalho e pela disponibilidade e calma nas horas que sempre precisei;

Ao programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais (PPGSA) e a UFCG por me proporcionar a realização do curso;

Ao professor Dr. Patrício Borges Maracajá, pela orientação, incentivos e experiência transmitida;

A todos os professores que ministraram as disciplinas pela dedicação e sabedoria, durante todo o mestrado que de alguma forma contribuíram para o meu conhecimento;

Aos amigos do grupo Salinidade Thiago, Joicy, Reynaldo, Jorge, Felipe, Sabrina, Amanda, Cris, Israel e Evandro que me ajudaram durante a realização desse trabalho.

Muito Obrigado.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento.....	31
Tabela 2. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas (AP), área foliar (AF), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) e taxa de fotossíntese (A) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 irrigado com diferentes níveis de salinidades e distintas doses de prolina, aos 65 dias após o semeio (DAS).....	35
Tabela 3. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto e relativo da altura (TCAap e TCRap) e do diâmetro do caule (TCAdc e TCRdc) de porta-enxerto de cajueiro BSR 226, no intervalo de 25 à 65 dias após o semeio irrigado com diferentes níveis de salinidades e distintas doses de prolina.....	40
Tabela 4. Resumo da análise de variância para fitomassa fresca da folha (FFF), do caule (FFC), seca da folha (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR), total (FST) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 irrigado com diferentes níveis de salinidades e distintas doses de prolina, aos 65 dias após o semeio (DAS).....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Disposição das sacolas na bancada metálica.....	30
<b>Figura 2:</b> Avaliação fisiológica com o IRGA (A) e determinação da fitomassa (B) aos 65 dias após o semeio- DAS.....	33
<b>Figura 3:</b> Diâmetro do caule – (DC) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.....	36
<b>Figura 04:</b> Altura de planta – (AP) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.....	36
<b>Figura 5:</b> Área foliar – (AF) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.....	37
<b>Figura 6:</b> Condutância estomática – gs de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.....	38
<b>Figura 7:</b> Transpiração (E) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa, aos 65 dias após semeio – DAS.....	39
<b>Figura 8:</b> Taxa de fotossíntese – (A) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.....	39
<b>Figura 9:</b> Taxa de crescimento absoluto – (TCAap) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, no intervalo de 25 à 65 dias após semeio – DAS.....	41
<b>Figura 10:</b> Taxa de crescimento relativo de altura de planta – (TCRap) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa, no intervalo de 25 à 65 dias após semeio – DAS.....	42
<b>Figura 11:</b> Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule – TCAdc em função dos níveis de CEa (A) e Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule – TCRdc em função das doses de prolina (B), no intervalo de 25 à 65 dias após semeio – DAS.....	42
<b>Figura 12:</b> Fitomassa fresca de folha – FFF (A) e seca de folha – FSF (B) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.....	44
<b>Figura 13:</b> Fitomassa fresca e seca do caule (FFC; FSC) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa, aos 65 dias após semeio – DAS.....	45
<b>Figura 14:</b> Fitomassa seca de raiz – FSR- de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.....	45
<b>Figura 15:</b> Fitomassa seca total – FST de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.....	46
<b>Figura 16:</b> Índice de Qualidade de Dickson – IQD de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.....	47

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral.....	13
2.2. Objetivos Específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Características botânicas do cajueiro.....	14
3.2. Importância econômica do cajueiro.....	15
3.3. Importância de porta-enxertos na produção de mudas de cajueiro.....	16
3.4. Qualidade da água no semiárido.....	17
3.5. Uso de água salina na irrigação.....	19
3.6. Efeito da salinidade sobre as plantas.....	21
3.7. Mecanismos de tolerância.....	23
3.8. Prolina na planta.....	26
3.9. Influência da Prolina como atenuante do estresse salino nas plantas.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1. Localização do experimento.....	29
4.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	29
4.3. Produção dos porta-enxertos.....	30
4.4. Aplicação dos tratamentos.....	31
4.5. Variáveis analisadas .....	32
4.6. Análise Estatística.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6. CONCLUSÃO.....	48
7. REFERÊNCIAS.....	49

## RESUMO

MEDEIROS, Anderson Barbosa de. (Uso de prolina na produção de porta-enxerto de cajueiro sob irrigação com águas salinizadas) 2018 63 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB.<sup>1</sup>

A escassez de água de boa qualidade e a ocorrência de longos períodos sem precipitações são fatores limitantes para a agricultura irrigada, sobretudo em regiões semiáridas, o que induz a utilização de águas salinas com tecnologias que possibilitem a produção agrícola. Neste sentido, objetivou-se avaliar a influência de doses de prolina aplicada via foliar sobre as respostas fisiológicas, de crescimento e qualidade de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 irrigados com águas de diferentes níveis salinos. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido da Universidade Federal de Campina Grande do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Campus Pombal – PB, onde usou-se o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições e duas plantas por parcela, cujos tratamentos consistiram em diferentes níveis de condutividades elétricas da água de irrigação - CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) associado as doses de prolina aplicadas via foliar – P (0; 4; 8 e 12 mmolL<sup>-1</sup>). As trocas gasosas, crescimento e a qualidade do porta-enxerto é reduzido pelo aumento da CEa da água de irrigação, no entanto, a irrigação com água de CEa de até 1,12 dS m<sup>-1</sup>, promove reduções aceitáveis de 10% na morfofisiologia do cajueiro BRS 226. Dose de 8 mmol L<sup>-1</sup> de prolina atenuaram os efeitos negativos da salinidade da água sobre o Índice de Qualidade de Dickson e fitomassa seca de raiz de cajueiro, aos 65 dias após o semeio. O aumento das concentrações de prolina não atenuaram os efeitos da salinidade sobre as variáveis fisiológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Anacardium occidentale* L., salinidade, BRS 226.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre, CCTA/UFCG.

## ABSTRACT

MEDEIROS, Anderson Barbosa de. (Use of proline in the production of cashew rootstocks under irrigation with salinized waters) 2018 63 p. Dissertation (Master in Agroindustrial Systems) – Federal University of Campina Grande, Pombal-PB<sup>1</sup>

The scarcity of good quality water and the occurrence of long periods without rainfall are limiting factors for irrigated agriculture, mainly in semi-arid regions, which induce the use of salt water and the use of technologies that allow the use of these waters in the production agricultural. In this sense, the objective of this study was to evaluate the influence of foliar proline doses on the physiological, growth and quality responses of BRS 226 cashew rootstock irrigated with waters of different saline levels. The experiment was carried out in a protected environment of the Federal University of Campina Grande of the Agro-Food Science and Technology Center, Campus Pombal - PB, where a randomized block design was used in a 5 x 4 factorial scheme with three replications and two plants (0.3, 1.0, 1.7, 2.4 and 3.1 dS m<sup>-1</sup>) associated to the doses of proline applied via the irrigation water foliar - P (0, 4, 8 and 12 mmol L<sup>-1</sup>). Gaseous exchanges, growth and root quality are reduced by increasing ECa of irrigation water, however, irrigation with ECa water of up to 1.12 dS m<sup>-1</sup>, promotes acceptable reductions of 10% in morphophysiology of cashew BRS 226. Dose of 8 mmol L<sup>-1</sup> of proline attenuated the negative effects of water salinity on the Dickson Quality Index and dried cashew root phytomass at 65 days after sowing. The increase in proline concentrations did not attenuate the effects of salinity on the physiology variables.

**KEY WORDS:** *Anacardium occidentale* L., salinity, BRS 226.

## 1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*A. occidentale* L.) é uma frutífera tropical encontrada naturalmente no Cerrado, na Caatinga e na Amazônia, onde geralmente é explorada de forma extrativista, tendo em vista que a espécie cultivada está disseminada em pomares na região Nordeste (IBGE, 2014).

De acordo com o levantamento sistemático de produção agrícola a área plantada até fevereiro de 2018 com cajueiro é de 586.396 há, com uma produção de aproximadamente 148.580 mil toneladas de castanha (IBGE, 2018).

A cajucultura consiste na principal atividade socioeconômica da região nordeste do Brasil, uma vez que a maior parte da produção é composta por pequenos produtores, com a colheita ocorrendo na entressafra de outras culturas, favorecendo a permanência de mão-de-obra no campo, além de gerar aproximadamente 55 mil empregos anualmente (ALMEIDA et al., 2017). Na região Nordeste principalmente o Ceará que vem representando quase 50% do total de castanha de caju produzida no Brasil, sendo seguido pelos estados do Rio Grande do Norte ( $\approx 22\%$ ) e Piauí ( $\approx 18\%$ ), os quais juntos representam cerca de 90% do total produzido (IBGE 2015).

No nordeste brasileiro, à propagação do cajueiro ocorre principalmente de forma sexuada, promovendo grande variabilidade genética do material vegetal e, tornando-se um fator limitante da expressão do potencial produtivo desta fruteira; como alternativa para melhorar as características produtivas, na década de 1980, surgiram os primeiros materiais com genótipos superiores chamados de cajueiro-anão, permitindo assim reproduzir qualidades de interesse agrônomico da planta matriz e proporciona uma produção homogênea, em larga escala (FERREIRA et al., 2016).

No entanto para expressar tais características o material deve ser enxertado com mudas de cajueiro, que apresentam uma alta rusticidade as condições ambientais vigentes, sendo a qualidade das mudas um fator determinante no sucesso da prática de enxertia (SUASSUNA et al., 2016).

Na região Nordeste atualmente há grandes áreas com solos salinizados, devido à natureza física e química dos solos, ao déficit hídrico e à elevada taxa de evaporação, com maior incidência do problema nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação, nos pólos de agricultura irrigada (SILVA et al., 2011).

A irregularidade na distribuição de chuvas associada às elevadas taxas de evapotranspiração, tem limitado a disponibilidade de água de qualidade para irrigação em regiões áridas e semiárida, onde tem sido comum o uso de fontes de água com alta concentração de sais, limitando o crescimento e a produção de algumas culturas (NEVES et al., 2009), como no caso do cajueiro. A utilização de água salina na irrigação tem sido um desafio para produtores rurais e pesquisadores, que constantemente desenvolvem estudos para possibilitar o uso de água de qualidade inferior sem afetar a produtividade das culturas (NASCIMENTO et al., 2015).

Portanto, existe a necessidade de utilização de tecnologias que possibilitem a exploração agrícola racional; em resposta ao estresse salino, alguns pesquisadores têm verificado correlação positiva entre a acumulação de solutos orgânicos ou osmólitos (prolina, glicina betaína, trealose, sacarose entre outros) e a tolerância das culturas ao estresse salino (LACERDA et al., 2015). O aminoácido prolina é um soluto compatível no citossol que contribui para o equilíbrio osmótico intracelular, podendo também proteger enzimas citossólicas quando a concentração de íons aumenta e, conseqüentemente, manter o potencial hídrico e a turgescência das células. Além de osmorregulador, a prolina atua favorecendo o equilíbrio redox em células estressadas (LIMA et al., 2016).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência de doses de prolina aplicado via foliar sobre as respostas fisiológicas, de crescimento e qualidade de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 irrigados com águas de diferentes níveis salinos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Analisar o efeito da salinidade da água de irrigação sob as variáveis de crescimento, fisiológicas e qualidade de porta-enxerto de cajueiro anão precoce.

Verificar se a aplicação de prolina via foliar diminui os efeitos da salinidade na produção de porta-enxertos de cajueiro anão precoce.

Identificar se há interação entre as doses de prolina com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação que contribua para a produção de porta-enxerto de cajueiro.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Características botânicas do cajueiro

Classificada botanicamente como cajueiro, denominado *A. occidentale* este pertence ao: Reino: Plantae; Divisão: Magnoliophyta; Classe: Magnoliopsida; Ordem: Sapindales; Família: Anacardiaceae; Gênero: *Anacardium*; Espécie: *Anacardium occidentale* L. (OLIVEIRA et al., 2010). Na natureza, existem basicamente dois tipos de cajueiro, o cajueiro comum (*A. occidentale* L.) e o cajueiro anão-precoce (*A. occidentale* var. *nanum*).

De acordo com Barros (1995), é uma planta perene, de ramificação baixa e porte médio. Sua copa atinge, no tipo comum, altura média de 5 a 8 m e diâmetro médio entre 12 e 14 m. Dependendo do genótipo e das condições de clima e solo, pode atingir até 15 m de altura e 20 m de diâmetro. As folhas são simples, inteiras, alternas, de aspecto subcoriáceo, glabras e curto-pecioladas, medindo de 10 a 20 cm de comprimento por 6 a 12 cm de largura. O sistema radicular é formado por uma raiz pivotante, muitas vezes bifurcada, profunda e por um conjunto de raízes laterais concentradas entre 15 e 32 cm da superfície do solo (BARROS et al., 2002).

O cajueiro comum é o mais predominante no Nordeste ocorrendo de forma natural sem a necessidade de plantio. Ele apresenta porte elevado, com altura variando entre 8 e 15 m e extensão da copa podendo atingir até 20 m, dependendo das condições de clima, solo e sanidade (CRISÓSTOMO et al., 2001).

É uma planta andromonóica, ou seja, o seu sistema reprodutivo constitui-se de flores masculinas (estaminadas) e hermafroditas na mesma planta. A inflorescência é uma panícula onde se encontram os dois tipos de flores, em quantidades e proporções que variam muito, tanto entre plantas como entre panículas de uma mesma planta (CRISÓSTOMO et al., 2001).

O pseudofruto tem um crescimento lento, em relação ao fruto, atingindo o tamanho máximo somente perto da completa maturação, devido à grande variação da relação peso do fruto/peso do falso fruto onde o fruto representa de 8 a 12% do peso total (BARROS et al., 2013).

### 3.2. Importância econômica do cajueiro

O cajueiro é composto de 60 a 74 gêneros e de 400 a 600 espécies (BEZERRA et al., 2007). Trata-se de uma frutífera tropical na qual a comercialização dos seus produtos envolve intensa atividade econômica com expressiva movimentação de recursos. Além da amêndoa, o cajueiro fornece outros produtos aceitos pelo mercado, destacando-se o líquido da casca de castanha, o suco, a polpa, os doces dentre outros derivados (MENDONÇA; MEDEIROS, 2011). A amêndoa da castanha é o principal produto do cajueiro sendo rica em proteínas, lipídios, fósforo, ferro, fibras, gordura insaturada e outros minerais (GAZZOLA et al., 2006).

Além da amêndoa, o óleo e o suco do caju também encontram mercados em expansão constante, enquanto que o pedúnculo, devido ao seu fino sabor e ao elevado teor de vitamina C (cinco vezes superior ao das frutas cítricas), tem todas as condições de ampliar sua penetração no mercado de frutas de mesa (AGRIANUAL, 2003).

O líquido da casca da castanha de caju (LCC) (*Anacardium occidentale*) representa aproximadamente 25% do peso da castanha e é considerado um subproduto de agronegócio do caju. Este líquido é uma das fontes mais ricas de lipídeos fenólicos não isoprenoides de origem natural, cuja composição química principal é: ácido anacárdico, cardanol, cardol e 2-metilcardol. O LCC é muito empregado na indústria química para a produção de matérias plásticas, isolantes e vernizes. As propriedades biológicas dos ácidos anacárdicos têm merecido atenção especial nos últimos anos, apresentando se como inibidores de enzimas medicinalmente importantes (MAZZETTO; LOMONACO, 2009).

O cajueiro é uma espécie amplamente cultivada no Semiárido Nordestino e representa uma importante fonte de emprego e renda nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, os quais são localizados em áreas sujeitas à salinização dos solos e da água. Apesar de o cajueiro ser cultivado em condições semiáridas e apresentar resistência moderada à salinidade, diversos estudos demonstram que o estresse salino afeta severamente as fases de germinação (VOIGT et al., 2009), crescimento inicial (FERREIRA-SILVA et al., 2008), enxertia (BEZERRA et al., 2002) e prefloração (CARNEIRO et al., 2007), além de induzir distúrbios metabólicos relacionados à mobilização de reservas (VOIGT et al., 2009), à fotossíntese (BEZERRA et al., 2007),

ao metabolismo do nitrogênio (VIÉGAS et al., 2004) e à homeostase iônica (VIÉGAS et al., 2001).

### **3.3 Importância de porta-enxertos na produção de mudas de cajueiro**

O Brasil está entre os maiores produtores de castanha de caju no mundo, sendo que, na safra de 2012, foram cultivados e colhidos 756.846 ha, obtendo-se a produção total de 80.630 t, com a produtividade média de 106,5 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2014). Esses dados contrastam com o cenário produtivo mundial, pois na safra agrícola de 2012, foi verificada produtividade média significativamente superior, igual a 781,5 kg de castanha por hectare (FAOSTAT, 2014). Dentre os principais motivos dessa baixa produtividade, destaca-se a formação da maioria dos cajueirais por mudas oriundas de sementes de cajueiro-comum. Por ser de espécie alógama, as plantas desses cajueiros são heterozigotas, com grande variabilidade (ADJEI; MANTE, 2007).

A produção de mudas é uma das etapas fundamentais no processo de implantação de um pomar e pode ser determinante para o sucesso da cultura a ser implantada. As técnicas de produção devem atender às necessidades do produtor, levando-se em consideração a disponibilidade e a localização de áreas, o grau de tecnologia e os recursos financeiros disponíveis (BASTOS; RIBEIRO, 2011).

A formação de mudas de qualidade, em geral, exerce um papel fundamental no crescimento e na produção das culturas. Pois, a qualidade da muda interfere no desenvolvimento das plantas em campo (ERCHER et al., 2006), sendo determinante no sucesso de um empreendimento com espécies frutíferas (FALCÃO NETO et al., 2011).

Os métodos de propagação vegetativa por enxertia e a estaquia são os mais utilizados na fruticultura, por manter as características genéticas da planta-mãe, gerando maior uniformidade dos pomares, além do aumento de produtividade e qualidade dos frutos (PASQUAL et al., 2001; HARTMANN et al., 2002).

No caso do cajueiro, os porta-enxertos são selecionados pelas características que conferem à copa, das quais destacam-se o vigor, a tolerância a pragas e doenças, a precocidade, e os incrementos na produção e nos atributos de qualidade dos frutos (ASANTE et al., 2001; CASTLE et al., 2010). Alguns autores evidenciam a existência de diferentes interações entre porta-enxertos e copas de cajueiro quanto à resistência às doenças (CARDOSO et al., 2010), tolerância à salinidade (CARNEIRO et al., 2004;

FERREIRA-SILVA et al., 2009; SOUSA et al., 2011) e exigências hídricas (OLIVEIRA et al., 2003).

Além disso, a utilização de porta-enxertos excludores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  pode resultar em plantas enxertadas mais resistentes à salinidade, desde que o genótipo apresente variabilidade genética quanto ao caráter excludor desses íons (ASHRAF; AHMAD, 2000).

### **3.4. Qualidade da água no semiárido**

A agricultura em várias partes do mundo está enfrentando um problema com a falta de recursos hídricos adequados, forçando muitos agricultores a utilizarem água com qualidade inferior (concentração de sais relativamente alta) para a irrigação das culturas, sendo necessário à avaliação da qualidade e o manejo rigoroso para sua utilização (TRAVASSOS et al., 2012).

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, em outras palavras, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas. Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito destes sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados é de grande importância para manutenção da sua capacidade produtiva (SILVA et al., 2011).

Segundo Cavalcante (2000) a qualidade da água para a agricultura é determinada sob enfoques de pureza, microbiológicos e químicos, este último determinado pela concentração e composição dos sais constituintes dissolvidos. Para Figueiredo et al. (2009) a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, embora no passado isto era dispersados visto que os recursos hídricos eram mais abundantes. Portanto, é de extrema importância o monitoramento da qualidade da água utilizada na irrigação para que a mesma não venha afetar o desenvolvimento das culturas pelo acúmulo de sais.

Nas regiões áridas e semiáridas a ocorrência de longos períodos de estiagem e a irregularidade anual das precipitações vem tornando a irrigação uma prática indispensável para que as culturas expressem seu máximo potencial produtivo (LIMA et al., 2014). É comum utilização de fontes de água com elevada concentração de sais,

sobretudo de sódio, nessa Região a, proporcionando efeitos negativos sobre solos e cultivos (NEVES et al., 2009).

Na agricultura irrigada, quando se fala em qualidade de água, se tem certeza que se trata em termos de salinidade no sentido amplo (ALMEIDA et al., 2010), devido este parâmetro estar relacionado com a salinização e sodificação dos solos, promovendo queda no rendimento das culturas e perda das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, formando áreas degradadas impossibilitadas para o cultivo (RIBEIRO et al., 2010; CARMO et al., 2011).

Na região Nordeste, o aumento da população e a pressão econômica pela produção de alimentos tem resultado no aumento de áreas de solos degradados por salinidade e sodicidade, em virtude da expansão das áreas irrigadas em terras marginais, do uso de água salina na irrigação, do manejo inadequado da água e do solo e da ausência de drenagem, gerando grandes prejuízos para a economia regional (RIBEIRO et al., 2010).

De acordo com Mantovani et al. (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, a avaliação da qualidade dela é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projetos. Como consequência, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial ou servir como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que receberam a água contaminada.

Segundo Holanda et al. (2010), em torno de 30% das águas avaliadas em estados do Nordeste brasileiro que abrange a região semiárida são de baixa qualidade para irrigação, e que mesmo, áreas irrigadas com água de salinidade baixa a média nos perímetros irrigados do Nordeste, apresentam problema de acumulação de sais no solo, em consequência do manejo inadequado da irrigação.

O uso de águas salinas na agricultura fica condicionado à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo de práticas como irrigação e adubação, visando se evitar impactos ambientais, com consequentes prejuízos às culturas e à sociedade (MUNNS et al., 2002).

As culturas respondem à salinidade de formas diferentes, algumas com rendimentos aceitáveis em condições de elevada condutividade elétrica do solo ou da água de irrigação, enquanto outras são sensíveis em níveis relativamente baixos (TORRES et al., 2014). Entretanto, os efeitos deletérios às plantas dependem de muitos outros fatores como espécie, cultivar, estágio fenológico, características dos sais,

intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural, da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Com relação à concentração de principais sais, Medeiros (1992) verificou que nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro, de maneira geral, há predominância, principalmente, de NaCl, CaCl<sub>2</sub> e MgCl<sub>2</sub>, na proporção de 7:2:1.

Os sais presentes na água de irrigação são incorporados ao solo, e embora, parte seja eliminada por percolação, por meio de lâminas sucessivas de irrigação e chuvas, precipitações e pequena parte sejam absorvidas, outra parte fica acumulada no solo, promovendo situações drásticas ao solo e as plantas, isto, quanto superior ao limite de tolerâncias das culturas (DIAS et al., 2003).

### **3.5. Uso de água salina na irrigação**

Em consequência da grande utilização de água na irrigação que corresponde a 73% do consumo mundial (SILVA et al., 2014) e da expansão de áreas irrigadas para atender a demanda por alimentos da população crescente, vem aumentando, em todo o mundo, a necessidade de se utilizar águas de qualidade inferior na agricultura, priorizando o uso intensivo de água de boa qualidade para o consumo humano e para outros fins mais restritivos (AYERS; WESTCOT, 1999).

As águas utilizadas para irrigação normalmente são de origem superficial ou subterrânea, levando-se em conta que em determinadas zonas áridas as características climáticas e a escassez de recursos hídricos limitam a disponibilidade de água, tornando-se necessário o emprego de outras fontes de água disponíveis, como as águas residuárias de procedência urbana e as águas salobras de origem subterrâneas (ALMEIDA et al., 2010; SILVA et al., 2011).

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por apresentar escassez hídrica e irregularidade de distribuição das chuvas e, desta forma o sistema de produção necessariamente depende da irrigação (CAVALCANTE et al., 2011). Além disso, nas águas provenientes dos mananciais desta região, os valores de condutividade elétrica superior a 1,5 dS m<sup>-1</sup> são comumente encontradas, o que pode provocar modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas, comprometendo o crescimento, a

floração, a qualidade do fruto, a redução do ciclo das culturas e produtividade (SILVA et al., 2009; NEVES et al., 2010).

O uso de águas salinas vem sendo considerado uma alternativa para a produção de culturas em geral, principalmente em regiões áridas e semiáridas, onde é comum a ocorrência de fontes de água com concentração elevada de sais, principalmente sódio (JIANG *et al.*, 2012; NEVES *et al.*, 2009). Contudo, o manejo inadequado e a própria qualidade da água, associados à demanda evapotranspirométrica contribuem para o aumento da salinidade do solo e a obtenção de produtividades baixas (LIMA *et al.*, 2014).

O uso de água salina na irrigação deve ser considerado como uma fonte alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, como a água. Entretanto, deve-se garantir o seu uso racional através de um manejo cuidadoso (RHOADES et al., 2000). A utilização de água salina na irrigação aliada ao manejo irracional, como a drenagem deficiente para lixiviação dos sais, constitui um sério problema pelo acúmulo de excesso de sais no solo, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas a níveis antieconômicos (DIAS et al., 2003; DIAS; BLANCO, 2010).

As águas que se destinam a irrigação devem ser analisadas, principalmente em três aspectos: salinidade em sentido restrito, sodicidade e toxicidade. O critério de salinidade avalia o risco de que a água ocasione altas concentrações de sais, promovendo efeito osmótico e diminuição no rendimento dos cultivos; o critério de sodicidade analisa o risco de que se induza uma elevada concentração de sódio trocável, com deterioração da estrutura do solo; e o critério de toxicidade estuda os problemas que podem criar determinados tipos de íons como o sódio, o cloreto e boro acumulados no tecido das plantas (ALMEIDA et al., 2010; HOLANDA et al., 2010).

No solo, os efeitos negativos da salinização são desestruturação causando, aumento da densidade aparente e da retenção de água no solo, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos, diminuição da porosidade e aeração (RHOADES et al., 2000), além da diminuição da fertilidade físico-química, caracterizado pela perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão (DIAS; BLANCO, 2010).

No caso do cajueiro, a maioria dos pomares no Brasil está localizada no semiárido, que, por sua vez, é caracterizado pela escassez hídrica e por apresentar problemas ligados à salinidade (GHEYI et al., 2000), e que, em geral, em função da baixa disponibilidade hídrica superficial, os viveiros de produção de mudas são

forçados a utilizar água de baixa qualidade. Em cajueiro anão precoce, estudos evidenciam que a porcentagem de germinação só é prejudicada em níveis elevados de sal, no entanto, o tempo médio de emergência das plântulas é afetado, atrasando a sua emergência (BEZERRA et al., 2002; CARNEIRO et al., 2002).

Os relatos têm demonstrado que o estresse salino afeta drasticamente o balanço nutricional do cajueiro, ocorrendo um forte acúmulo dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em todos os órgãos da planta e promovendo significativa redução do conteúdo de potássio radicular da espécie (ALVES et al., 2008).

Embora o uso de água salina na irrigação possa salinizar o solo e comprometer o crescimento, desenvolvimento das plantas e a produtividade de sistemas agrícolas, existem amplas evidências em todo o mundo, de que águas salinas, classificadas como inadequadas para irrigação, podem ser usadas na irrigação de várias culturas selecionadas sob certas condições (RHOADES et al., 2000).

### **3.6 Efeito da salinidade sobre as plantas**

Os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio nutricional das plantas (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000; FERREIRA et al., 2007). Embora a salinidade exerça processos complexos sobre os vegetais, pode-se dizer que os efeitos da salinização sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água pela planta, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) reduzindo crescimento e desenvolvimento das plantas (DIAS et al., 2003; DIAS; BLANCO, 2010).

Em algumas espécies frutíferas, o estresse salino causa sérios distúrbios nos processos metabólicos e fisiológicos das plantas, com reflexos negativos no crescimento inicial como observado em mudas de tamarindos - *Tamarindus indica* Linn (GURUMURTHY et al., 2007), de cajueiro anão precoce - *Anacardium occidentale* (ALVES et al., 2013), de maracujazeiro amarelo - *Passiflora edulis* Sims (BEZERRA et al., 2014; MEDEIROS et al., 2016).

O efeito osmótico provocado pelas elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo afeta as relações hídricas, reduzindo a absorção de água pela planta, e consequentemente, o movimento de nutrientes através das membranas das raízes para o interior da célula (RIOS et al., 2004; ALVES et al., 2011).

O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis na solução do solo poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em consequência, a planta não irá absorver água, e consequentemente nutrientes, sendo este processo também denominado de seca fisiológica. Dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver poderá perder a água que se encontra no interior das raízes, devido perda de água das células para solução concentrada no solo através do processo conhecido por plasmólise (DIAS; BLANCO, 2010).

As espécies de maior tolerância a salinidade, como no caso das halófitas, apresentam capacidade de realizar ajuste osmótico mesmo em condições de baixos potenciais de água no solo pelo acúmulo de íons salinos absorvidos no vacúolo das células foliares, mantendo a concentração salina no interior da célula em níveis baixos, sem que haja interferência na hidratação das proteínas e nos mecanismos enzimáticos e metabólicos da planta, assim, permanecendo uma gradiente favorável para absorção de água pelas raízes (SILVA et al., 2000; DIAS et al., 2003; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Já as plantas sensíveis à salinidade (glicófitas) geralmente tendem a tentar excluir os sais na absorção da solução do solo, no entanto, não são capazes de realizar o ajuste osmótico necessário, sofrendo com decréscimo de turgor, levando as plantas a estresse hídrico, por osmose (DIAS; BLANCO, 2010).

Os efeitos deletérios da salinidade ocorrem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Este excesso promove, então, desbalanceamento e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente, na bordadura e no ápice das folhas, onde a planta mais transpira, havendo, nessas regiões, acúmulo do sal translocado do solo para a planta e, obviamente, intensa toxidez de sais (DIAS; BLANCO, 2010).

De acordo com Fernandes et al. (2002), os sintomas de fitotoxidez são devidos aos desequilíbrios nutricionais no citoplasma, ocorrendo redução da translocação de citocinina para as folhas com consequente aumento do conteúdo de ácido abscísico. A clorose e queima das folhas devido à toxicidade da salinidade pode ser em decorrência de alterações no balanço hormonal, redução generalizada da atividade metabólica da planta e da perda da turgescência das células guarda (FERREIRA et al., 2001).

O excesso de sódio trocável no solo pode promover efeito indireto sobre as plantas por provocar condições físicas desfavoráveis ao solo para crescimento e

desenvolvimento, sobretudo para o desenvolvimento do sistema radicular (DIAS; BLANCO, 2010).

Além disso, diversos efeitos complexos se manifestam nas plantas sob estresse salino, promovendo reduções no crescimento e desenvolvimento por ter processos afetados na homeostase iônica, balanço hídrico, nutrição mineral e metabolismo de carbono fotossintético (ZHU et al., 2001; MUNNS et al., 2002), os quais influenciam diretamente sob as respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas das plantas (GURGEL et al., 2008). Portanto, as plantas que atenuam os efeitos salinos nesses processos são caracterizadas como tolerantes.

Além dos componentes de produção, o crescimento vegetativo e a produção de biomassa produzida diminui linearmente com aumento da salinidade acima da salinidade limiar, podendo estes também ser componente de avaliação da tolerância à salinidade (MUNNS et al., 2002; DIAS et al., 2003), tendo maior importância, principalmente, na fase de produção de mudas, onde é impossível a obtenção de dados de produtividade.

A tolerância das culturas é convenientemente expressa em termos da salinidade média da zona radicular, que é o nível de salinidade máximo em que a produção não é reduzida, denominada salinidade limiar (SL), normalmente expressão em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), sendo que neste nível de salinidade o rendimento das culturas é 100% (AYERS; WESTCOT, 1999).

### **3.7 Mecanismos de tolerância**

A tolerância de uma cultura à salinidade é a capacidade que a mesma tem de suportar os efeitos do excesso de sais na zona radicular, assim, atingindo seu desenvolvimento e completando seu ciclo de vida (DIAS et al., 2003). O limite de tolerância depende da concentração do sal em solução, do tempo de exposição, do estágio de desenvolvimento das plantas (AYERS; WESTCOT, 1991), bem como da variabilidade genética (SHANNON; GRIEVE, 1998).

A evolução dos organismos vivos tem resultado em numerosas espécies que apresentam mecanismos especiais de adaptação ao crescimento no ambiente salino (KRAMER et al., 1984). A tais espécies deu-se o nome de halófitas, em oposição àquelas que não apresentam referidos mecanismos de adaptação, as glicófitas. As primeiras crescem melhor do que as últimas, onde os níveis de sais no solo são

elevados, como nos desertos e mangues. Muitas halófitas apresentam mecanismos de exclusão de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em estruturas morfológicas como glândulas secretoras e pêlos vesiculares (FERNANDES et al., 2010).

Nas plantas, vários processos fisiológicos e bioquímicos são afetados pelo estresse salino, incluindo a fotossíntese (FENG et al., 2014), metabolismo de lipídios e oxidação de proteínas (FERREIRA-SILVA et al., 2012) e conteúdos de clorofilas e carotenóides (FENG et al., 2014; HUANG et al., 2015). Entretanto, a resposta das plantas ao estresse salino depende da espécie e os sintomas são mais notados em glicófitas (MUNNS et al., 2006). Sob condições normais, as plantas utilizam a energia luminosa na forma de fótons para impulsionar as reações fotoquímicas da fotossíntese. Com a oxidação da molécula de água no PSII, tem início o fluxo de elétrons que gera energia (ATP) e poder redutor (NADPH) para fixação do  $\text{CO}_2$  no Ciclo de Calvin (ASADA, 2006; TAKASHI e MURATA, 2008)

No intuito de amenizar os efeitos negativos dos sais nas atividades metabólicas, as plantas desenvolvem uma série de mecanismos diferenciados de tolerância entre as distintas espécies (DIAS; BLANCO, 2010).

A homeostase de íons de  $\text{K}^+$  no citosol, tornou-se importante mecanismo de tolerância permitindo atividade de muitas enzimas citosólicas, regulação do volume celular e manutenção da integridade das membranas (MUNNS; TESTER, 2008). O potássio como sendo um macronutriente fundamental para planta e o cátion mais abundante, que pode compreender até 10% de matéria seca da planta. Sendo um cofator importante para muitos processos biossintéticos (MAATHUIS; PODAR, 2011).

Porém, esses mecanismos não são bem elucidados. Miranda et al. (2002) afirmam que as espécies tolerantes apresentam baixos teores de Na no floema e no citoplasma e altas no vacúolo, em função da baixa seletividade do tonoplasto ao Na.

Importante fator de mecanismos de tolerância ao sal em plantas em resposta adaptativas celulares, é um eficiente sistemas de eliminação de espécies reativas de oxigênio (EROs), como também a capacidade das células para ajustar osmoticamente (CHINNUSAMY et al., 2005). Esses solutos proporcionam inúmeros benefícios às plantas e são descritos como osmoprotetores, e proporcionam: (1) melhoras no potencial osmótico da célula (2) efeitos positivos nos componentes e a integridade da membrana (3) manutenção da estrutura subcelular e turgescência celular plantas submetidas a condições estresse (SAKAMOTO; MURATA, 2002; ASHRAF; FOOLAD, 2007).

Dentre os solutos osmóticos-protetores incluem a prolina e composto quartenário como a glicina betaína (BELKHEIRI; MULAS, 2011).

Um mecanismo chave que contribui para expressar a maior tolerância das plantas à salinidade é a habilidade de genótipos de plantas ao manter altos teores de K, Ca e  $\text{NO}_3$  e baixos níveis de Na e Cl dentro do tecido (DIAS; BLANCO, 2010).

Além da atuação desses mecanismos, as respostas das plantas à salinidade são muitas vezes acompanhadas por alterações morfológicas e anatômicas (TAIZ; ZEIGER, 2013), destacando-se fechamento de estômatos, redução do número de folhas e da área foliar, diminuindo, assim, sua superfície transpirante, como alternativa para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração (SIQUEIRA et al., 2005), aumento da espessura do mesófilo foliar devido ao aumento no número e comprimento das células paliçádicas e no número de camadas de células paliçádicas e esponjosas, aumento de camada de cera sobre as folhas (PARIDA; DAS, 2005) e aumento da suberização das células endodérmicas radiculares e formação das estrias de Caspary, como forma de reduzir o transporte de  $\text{Na}^+$  pela via apoplástica (OLIVEIRA et al., 2010).

As plantas também podem evitar o acúmulo excessivo de sais, no organismo como todo, através da retenção íons nas raízes, na parte superior do caule, no pedúnculo da flor e no pecíolo da folha, reduzindo a quantidade destes que chegam às folhas e aos frutos jovens (LACERDA et al., 2001). Também podem excluir pelos vesiculares, que são células epidérmicas modificadas, que geralmente acumulam sais no protoplasto e morrem, e realizar abscisão de folhas velhas que acumulam quantidades consideráveis de sal (WILLADINO; CÂMARA, 2005).

As plantas podem apresentar diversos mecanismos de tolerância e escape, ou a combinação de ambos. Os mecanismos de resistência constitutivos expressam-se independente da planta estar sob estresse, eles constituem as adaptações. São progressos evolucionários que melhoram a adequação ambiental de uma população de organismos. Por outro lado, o ajuste de um organismo individual em resposta a variações de fatores ambientais constitui os mecanismos de resistência conhecidos como aclimação (BRAY et al., 2000).

É de grande relevância o conhecimento sobre os mecanismos de tolerância das plantas à salinidade. Pois, vale salientar que a solução de grande parte dos problemas da salinidade na produção agrícola depende da compreensão do nível de tolerância e dos aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas cultivadas sob essas condições (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010). Entretanto, estes conhecimentos podem ser úteis no

melhoramento e seleção de plantas tolerantes e na adoção de tecnologias que possam amenizar os efeitos deletérios dos sais nas plantas cultivadas. Permitindo, assim, maior uso das águas de qualidade inferior e aumento da faixa aceitável das águas salinas para irrigação (DIAS et al., 2003).

### **3.8 Prolina na planta**

O aminoácido prolina é o soluto compatível no citossol que contribui para o equilíbrio osmótico intracelular, quando a concentração de íons orgânicos é alta no vacúolo, podendo também proteger enzimas citossólicas quando a concentração de íons aumenta e, conseqüentemente, manter o potencial hídrico e a turgescência das células (LIMA et al., 2016). Além de osmorregulador, a prolina atua favorecendo o equilíbrio redox em células estressadas (VERBRUGGEN; HERMANS, 2008). Porém, alguns autores tratam a prolina como iminoácido.

A prolina se diferencia dos demais aminoácidos protéicos, porque contém uma cadeia alifática com estrutura cíclica, o que é incomum, sendo na verdade um iminoácido. Seu grupo amino secundário (ou grupo imino) é mantido em uma conformação rígida a qual reduz a flexibilidade estrutural de proteínas, contendo prolina (NELSON; COX, 2011).

A prolina tem mostrado funcionar como uma chaperona molecular, capaz de proteger a integridade de proteínas e aumentar a atividade de enzimas responsáveis pela eliminação das espécies reativas de oxigênio. Além disso, pode reduzir a peroxidação de lipídeos, proteger o aparato fotossintético e restaurar o equilíbrio oxidorreduzivo (SZABADOS; SAVOURÉ, 2009).

Portanto, diversas pesquisas têm demonstrado uma correlação positiva entre a acumulação de solutos orgânicos ou osmólitos (prolina, glicina betaína, trealose, sacarose entre outros) e a tolerância das culturas ao estresse salino (ASHRAF et al., 2011).

Alguns estudos mostram que a aplicação de prolina em plantas submetidas a estresses ambientais provoca um efeito preventivo ou de recuperação, entretanto, altas doses podem ser prejudiciais, causando efeitos inibitórios sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas e, mais especificamente, causando desbalanceamento metabólico (DEUSCHLE et al., 2001; HARE et al., 2003).

Segundo El-samad et al. (2011), em trabalho realizado com plantas de milho e fava, em diferentes condições de salinidade verificaram que a massa seca das plantas diminuiu em todos os tratamentos salinos e que o tratamento com prolina a 10 ppm adicionada no solo recuperou o crescimento dessas plantas.

A aplicação exógena na planta de solutos orgânicos ou osmólitos tem sido sugerida como forma de reduzir o efeito osmótico causado pelo excesso de sais na solução do solo e, assim, promover o aumento da produtividade das culturas sob condições de estresse salino (LACERDA et al., 2012).

Ben Ahmed et al. (2010) afirmam que um menor teor de  $\text{Na}^+$  em plantas tratadas com prolina demonstra a habilidade que esse iminoácido tem de excluir o  $\text{Na}^+$  da seiva do xilema, evitando seu transporte para a parte aérea. Assim como, Heuer (2003), em estudo realizado com plantas de tomate submetidas à salinidade, observou que a aplicação de prolina a 5 mM causou redução de aproximadamente 20% no teor de  $\text{Na}^+$  nas folhas provavelmente como resultado de um efeito osmoprotetor.

Existe um grande interesse em melhorar plantas geneticamente a fim de compreender o metabolismo da prolina e os mecanismos intrínsecos que levam à minimização dos efeitos deletérios causados pelo estresse. Na última década, foram feitas tentativas para aumentar o nível de prolina em plantas por transferência de genes associados com sua biossíntese. Em plantas transgênicas com superexpressão de prolina, foram observadas maior tolerância à salinidade e melhor crescimento, sob condições de estresse salino (FALAKNAZ et al., 2011).

As plantas precisam manter seu potencial hídrico interno abaixo daquele verificado no solo para a absorção de água, manutenção do turgor e crescimento. Para isso, requerem um aumento no seu potencial osmótico-hídrico quer seja através da absorção de íons do solo ou pela síntese e acúmulo de solutos orgânicos compatíveis (LACERDA et al., 2012).

### **3.9. Influência da Prolina como atenuante do estresse salino nas plantas**

A salinidade é um dos mais importantes fatores de estresse abiótico, afetando diversos aspectos da fisiologia e bioquímica das plantas, reduzindo significativamente seus rendimentos (DEUNER et al., 2011).

Solutos orgânicos e íons inorgânicos desempenham um papel crucial no ajustamento osmótico, o qual depende da severidade do estresse salino, do tipo de sal aplicado, do conteúdo e contribuição relativa de cada íon, das espécies e cultivares ou mesmo de tecidos diferentes da mesma planta (MANE *et al.*, 2011). Os íons inorgânicos componentes do ajuste osmótico são principalmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ . O ajustamento osmótico é alcançado pela compartimentalização dos íons tóxicos nos vacúolos (principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), diminuindo assim os efeitos citotóxicos (BLUMWALD *et al.*, 2000). Se quantidades excessivas desses íons não forem devidamente compartimentalizadas no vacúolo, pode haver reduções, por exemplo, na atividade fotossintética, e na ação de enzimas citosólicas, o que pode levar à morte celular (SHABALA, 2000).

A prolina, em condições de estresses abióticos, pode ser uma molécula chave de sinalização capaz de desencadear múltiplas respostas que fazem parte do processo de aclimatação. Estudos mostram que, o acúmulo de prolina, além de estar relacionado com o ajustamento osmótico pode: contribuir para a estabilização de membranas e proteínas; promover a eliminação de radicais livres; atuar na sinalização celular; participar do equilíbrio de oxirredução; e na indução da expressão de genes (ASHRAF; HARRIS, 2005).

A planta sob estresse salino tende a produzir este aminoácido na tentativa de ajustar osmoticamente suas células. Além desta função muito conhecida da prolina, ainda há outras sendo estudadas e comprovadas, como de antioxidante na eliminação de espécies reativas de oxigênio (SHARMA; DIETZ, 2006; TUTEJA *et al.*, 2007), proteção da membrana plasmática e integridade de macromoléculas (VANRENSBURG *et al.*, 1993; SILVEIRA *et al.*, 2003; SHARMA; DUBEY, 2005) como fonte de carbono e nitrogênio (GUPTA; HUANG, 2014) e auxiliando no potencial redox, de transferência de elétrons, das células sob estresse (TUTEJA *et al.*, 2007). Em halófitas, a prolina age diretamente na pressão osmótica, enquanto em glicófitas, este osmólito atua tanto nesta função quanto na estabilização da estrutura terciária de proteínas (PLAZEK *et al.*, 2013).

Vários estudos demonstram o efeito benéfico da aplicação exógena de prolina em plantas sob estresse salino. No entanto, estudos acerca deste aminoácido demonstram que o conhecimento das doses suficientes a serem aplicadas é fundamental anteriormente a aplicação, uma vez que a quantidade apropriada é dependente e diretamente relacionada ao genótipo da planta escolhida (ASHRAF; FOOLAD, 2007).

Ejaz et al. (2012) verificaram incremento de prolina em plantas de cana-de-açúcar submetidas a 100 mM de NaCl e um significativo aumento dos valores deste osmólito quando, juntamente ao tratamento salino, acrescentou-se ácido ascórbico. Molinari et al. (2007) observaram aumento de prolina em transgênicos de cana-de-açúcar, porém, concluíram que esses valores não estavam associados ao ajuste osmótico por não haver diferenças significativas entre o 12 controle e o tratamento com deficiência de água. O estresse salino reduz o crescimento e aumenta o teor de prolina em plantas de milho (MOLAZEM; AZIMI, 2015).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização do experimento**

O trabalho foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2017, em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), no município de Pombal - PB, situada a 6°48'16" S, 37°49'15" W e altitude média de 144 m. De acordo com a classificação de Köppen o clima é Aw, do semiárido, com chuvas de verão e outono e a precipitação pluviométrica media anual de 800 mm, sendo os meses de fevereiro, março e abril os que mais chovem, concentrando 60 a 80% do total da precipitação anual (MOURA et al., 2011).

### **4.2. Delineamento experimental e tratamentos**

Utilizou-se delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, correspondentes a cinco níveis de condutividades elétricas da água - CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de prolina (0; 4; 8 e 12 mmolL<sup>-1</sup>), 20 tratamentos, com três repetições e duas plantas por parcela, totalizando 120 plantas. As doses de prolina foram determinadas com base em Lima et al. (2016) que verificaram melhor crescimento e desenvolvimento de plantas de pimentão submetidos a estresse salino quando se utilizou doses de prolina de 12,17 mmol L<sup>-1</sup>. Os níveis salinos foram baseados em Sousa et al. (2011), que observaram inibição acentuada no crescimento do cajueiro a partir do nível salino de 1,58 dS m<sup>-1</sup>.

O preparo das águas salinas foi realizado mediante a adição na água de abastecimento local (CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) dos seguintes sais: cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), na proporção de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992), obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais ( $\text{mg L}^{-1} = 640 \times \text{CEa}$ ) (RHOADES et al., 2000).

Usou-se o clone de cajueiro BRS 226 por ser recomendado para cultivo de sequeiro no Semiárido Nordeste além de apresentar características de rusticidade, adaptado as condições do semiárido (FERREIRA-SILVA et al., 2009). As sementes foram provenientes de uma área de exploração comercial localizado no Município de Severiano Melo – RN. As sementes foram selecionadas conforme tamanho e sanidade, baseadas nas recomendações de Carbajal et al. (1995), eliminando-se as que boiassem após imersão com água.

#### **4. 3. Produção dos porta-enxertos**

Para a obtenção dos porta-enxertos foram utilizados sacolas de polietileno, com capacidade de 1250 mL, perfurados na base, para livre drenagem da água. O substrato usado foi composto de solo (95%) + Esterco bovino curtido (5%); o solo foi coletado na camada de 0-20 cm no Lote 14, setor I, do perímetro irrigado das Várzeas de Sousa-PB. As sacolas foram dispostas em bancada metálica, a uma altura de 0,8 m do solo (Figura 1).



Figura 1: Disposição das sacolas na bancada metálica.

As características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento (Tabela 1) foram analisadas conforme metodologia proposta por Claessen (1997) no laboratório de Irrigação e Salinidade UFCG/Campina Grande-PB.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento.

Atributos químicos								
pH	CEa	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
CaCl <sub>2</sub> 1:2,5	dS m <sup>-1</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					
7,41	1,21	17	0,43	1,17	7,8	1,7	0,00	0,00
Atributos Físicos								
Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	Porosidade	Classe textural		
g kg <sup>-1</sup>		g cm <sup>-3</sup>		%				
778	136	76	1,48	2,86	48	Areia- franca		

pHes = pH do extrato de saturação do substrato; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25 ° C.

A semeadura foi realizada dia 09 de outubro de 2017, usando uma castanha por sacola, cujo substrato encontrava-se na capacidade de campo com água de abastecimento (CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>), sendo inserida a castanha na posição vertical com base voltada para cima (ponto de inserção da castanha ao pedúnculo), na profundidade de aproximadamente 1 cm de solo acima da castanha, conforme recomendações da EMBRAPA- CNPAT (CAVALCANTI JÚNIOR; CHAVES, 2001).

#### 4.4. Aplicação dos tratamentos

A aplicação das águas salinas teve início aos 25 dias após o semeio (DAS), com irrigações diárias no início da manhã e final da tarde de forma manual usando uma proveta graduada, correspondente ao tratamento. As irrigações foram feitas baseadas no processo de lisimetria de drenagem (utilizando 20 sacolas colocando um coletor em cada), com aplicação diária do volume retido nas sacolas, determinado pela diferença entre o volume aplicado e o drenado da irrigação anterior (BERNARDO et al., 2006). Sendo aplicado a cada 10 dias, uma fração de lixiviação de 15% com base no volume aplicado neste período, com o propósito de reduzir o acúmulo de sais do substrato.

A aplicação das doses de prolina também teve início aos 25 DAS, realizadas semanalmente, conforme os tratamentos. As distintas quantidades de prolina foram diluídas separadamente em água de abastecimento local (condutividade elétrica de 0,3

dS m<sup>-1</sup>) e aplicadas via pulverizações foliares sendo aplicado por planta um volume de 20 mL no total de 600 mL por tratamento.

Fez-se capinas manuais no entorno da banca, sempre que necessário para controlar a incidência de plantas invasoras, nocivas à cultura de interesse, pois as mesmas podem atrair pragas ou vetores de doenças.

#### 4.5 Variáveis analisadas

O crescimento de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 foi avaliado aos 65 dias após o semeio (DAS) através do diâmetro de caule (DC), altura de planta (AP) e área foliar (AF). Determinou-se ainda, medições da condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) e taxa de fotossíntese ( $A$ ), utilizando-se um analisador de gás no infravermelho IRGA (LCI System, ADC, Hoddesdom) (Figura 2A).

Mensuradas ainda no período entre 25 à 65 DAS, a taxa de crescimento absoluto (TCA) para altura de plantas (TCA<sub>ap</sub>) e diâmetro de caule (TCA<sub>Ddc</sub>), a taxa de crescimento relativo (TCR) para altura de plantas (TCR<sub>ap</sub>) e diâmetro de caule (TCR). Já o acúmulo de fitomassa foi mensurado através da fitomassa fresca de caule (FFC) e das folhas (FFF), assim como, quantificou-se a fitomassa seca de caule (FSC), das folhas (FSF), raiz (FSR) e total (FST).

A AP foi mensurada medindo-se a distância entre o colo e o ponto de inserção da folha mais nova; o DC foi determinado com um paquímetro digital, verificando-se, o colo da planta, a 3 cm acima do nível do solo. A área foliar foi determinada pelo método não destrutivo, sendo medido com uma régua milimétrica, o comprimento e a largura das folhas (cm) considerando apenas as folhas com comprimento mínimo de 1,5 cm e com no mínimo 50% de sua área fotossinteticamente ativa. A área foliar total foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Carneiro et al. (2002) conforme equação 1:

$$AF = (C \times L) \times f \quad (1)$$

AF= área foliar, C= comprimento, L= largura de cada folha e Fator “f” = 0,6544.

A determinação da taxa de crescimento absoluto (TCA) foi obtida empregando-se metodologia proposta por Benicasa (2003), conforme descrito equação 2:

$$TCA = \frac{(A_2 - A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

Em que: TCA = taxa de crescimento absoluto,  $A_2$  = crescimento da planta no tempo  $t_2$ ,  $A_1$  = crescimento da planta no tempo  $t_1$  e  $t_2 - t_1$  = diferença de tempo entre as amostragens.

As taxas de crescimento relativo foram obtidas pela equação 3, onde se mensura o crescimento em função da matéria pré-existente, adaptando-se para altura e diâmetro de plantas os procedimentos contidos em Poorter (1989) e Hunt et al. (2002).

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

Em que: TCR = taxa de crescimento relativo,  $A_2$  = crescimento da planta no tempo  $t_2$ ,  $A_1$  = crescimento da planta no tempo  $t_1$ ,  $t_2 - t_1$  = diferença de tempo entre as amostragens e  $\ln$  = logaritmo natural.

Para determinação do acúmulo de fitomassa, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo e, em seguida, foram separadas as distintas partes (caule e folha), sendo pesadas imediatamente em balança de precisão (0,001 g), para determinação da fitomassa fresca de caule e fitomassa fresca de folha (Figura 2B). Após a pesagem das fitomassas frescas, as distintas partes da planta (folhas, caule e raiz) foram acondicionadas separadamente em sacos de papel devidamente identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar a, 65 °C até obtenção da fitomassa seca das folhas (FSF), de caule (FSC) e de raiz (FSR), cujo somatório resultou na fitomassa seca total(FST).



Figura 2: Avaliação fisiológica com o IRGA (A) e determinação da fitomassa fresca (B) aos 65 dias após o semeio- DAS.

Já a qualidade do porta-enxerto foi determinada aos 65 DAS através do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para mudas, por meio da fórmula de Dickson et al. (1960), conforme Equação 4:

$$IQD = \frac{(FST)}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad (4)$$

Em que: IQD = índice de qualidade de Dickson, AP = altura de planta (cm), DC = diâmetro do caule (mm), FST = fitomassa seca total de planta (g), FSPA = fitomassa seca da parte aérea de planta (g) e FSR = fitomassa seca de raiz de planta (g).

#### **4.6. Análise Estatística**

As variáveis foram avaliadas mediante análise de variância, pelo teste F (1 e 5% de probabilidade) e, nos casos de efeito significativo, realizou-se análise de regressão, utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA et al., 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se através dos resumos das análises das variâncias (Tabela 2) interação significativa entre os fatores (salinidade da água de irrigação x doses de prolina) sobre o diâmetro do caule, altura de plantas e área foliar. Para as variáveis fisiológicas (condutância estomática e taxa de fotossíntese), houve efeito significativo isolado da salinidade da água de irrigação e doses de prolina. A transpiração teve efeitos significativo apenas da salinidade da água de irrigação sob os porta-enxerto de cajueiro BRS 226, aos 65 dias após o semeio.

**Tabela 2:** Resumos das análises das variâncias para diâmetro do caule (DC), número de folhas (AP), área foliar (AF), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e taxa de fotossíntese (A) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 irrigado com água de diferentes níveis de salinidades e distintas doses de prolina, aos 65 dias após o semeio (DAS).

Fonte de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		DC	AP	AF	Gs	E	Ci	A
Níveis salinos (S)	4	2,21**	94,75**	29273**	0,001**	0,67**	3186ns	14,09**
Reg. Linear	1	7,01**	288,3**	93158**	0,003**	2,49**	5978ns	14,99**
Reg. Quadrática	1	0,77**	52,59**	6882ns	0,0003*	0,10**	561ns	23,56**
Prolina (P)	3	0,02ns	40,57**	6475ns	0,0006**	0,12ns	2036ns	6,50**
Reg. Linear	1	0,004ns	3,85ns	317ns	0,001**	0,04ns	1614ns	13,33**
Reg. Quadrática	1	0,03ns	106,66**	7418ns	0,0008**	0,27ns	1685ns	3,99**
Interação (S x P)	12	0,25**	38,93**	9109*	0,0003ns	0,18ns	1343ns	1,83ns
Bloco	2	0,16ns	27,71ns	5814ns	0,00004ns	0,008ns	2,27ns	0,11ns
CV (%)		5,36	6,05	21,92	18,97	8,78	8,67	11,70

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

De acordo com a equação de regressão para o diâmetro do caule de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 (Figura 3), observa-se resposta quadrática para as plantas que receberam 4 mmol L<sup>-1</sup> de prolina, sendo obtido o máximo de DC de 5,68 mm ao irrigar as plantas com CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Entretanto com o aumento das doses de prolina de 8 e 12 mmol L<sup>-1</sup>, verifica-se efeito decrescente de 8,37 e 7,35%, por aumento unitário da CEa, ou seja, as plantas de cajueiro quando cultivadas nas doses de 8 e 12 mmol L<sup>-1</sup> de prolina tiveram redução de 23,45 e 20,60% quando comparada com as plantas que receberam o maior nível salino.

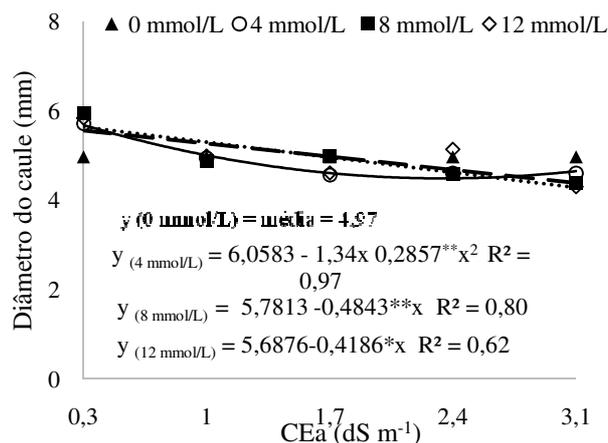


Figura 3: Diâmetro do caule – (DC) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEA e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.

A altura de planta do porta-enxerto de cajueiro BRS 226, foi afetada significativamente pela interação entre os fatores estudados (salinidade da água de irrigação x prolina) e através do estudo de regressão (Figura 4), constata-se que as plantas que receberam as doses de prolina de 0, 4 e 8 mmol L<sup>-1</sup> se ajustaram ao modelo linear, com redução na AP de 5,13; 7,80 e 11,96% por incremento unitário da CEA, ou seja declínio de 14,37% (6 cm), 21,86% (9,19 cm) e 33,49% (13,32 cm), respectivamente, ao comparar as plantas que receberam o maior nível salino (3,1 dS m<sup>-1</sup>) em relação as que receberam o menor nível de salinidade (0,3 dS m<sup>-1</sup>). Entretanto para a dose de prolina de 12 mmol L<sup>-1</sup>, observa-se comportamento quadrático, sendo encontrado o valor máximo de 42,12 cm na CEA de 1 dS m<sup>-1</sup>. De acordo com Lacerda et al. (2012) a aplicação exógena de prolina propiciou uma redução nos efeitos deletério da irrigação com águas salinas, e o aumento no fornecimento de prolina proporcionou um incremento na produção e crescimento de plantas sobre tais condições.

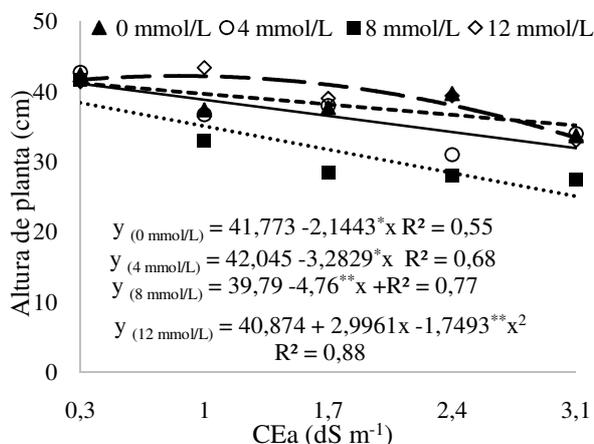


Figura 4: Altura de planta – (AP) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEA e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.

Nota-se também interação entre os fatores (S x P) sobre a AF, exercendo efeito significativo sobre esta variável na produção de porta-enxerto de cajueiro e, com base nos estudos de regressão (Figura 5), verifica-se efeito linear e decrescente sobre a AF das plantas que receberam as doses de prolina de 4, 8 e 12 mmol L<sup>-1</sup>, com decréscimos na ordem de 13,35; 5,07 e 12,36%, respectivamente, por aumento unitário da CEa. Este fator pode estar atrelado a acumulação excessiva de prolina fornecido via foliar, possivelmente ocasionou potenciais osmóticos que juntamente com as concentrações salinas, foram severos a ponto de anular os possíveis efeitos atenuadores da prolina (MONTEIRO et al., 2014).

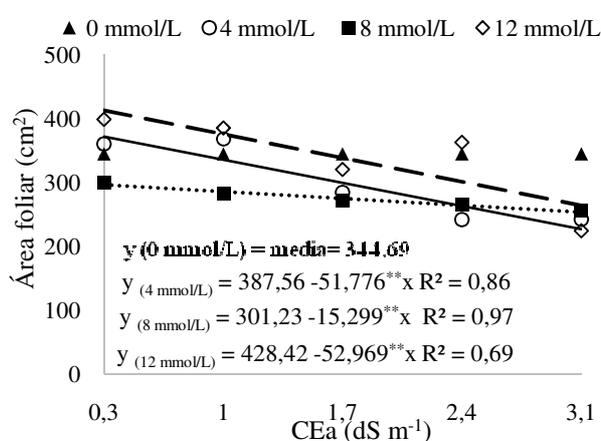


Figura 5: Área foliar – (AF) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.

O incremento na salinidade da água de irrigação causou efeito linear decrescente de 12,52% por aumento unitário na CEa sobre a variável fisiológica gs aos 65 DAS (Figura 6A). As plantas irrigadas com água de CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> sofreram reduções nesta variável de 35,05% (0,021 mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) em relação as plantas irrigadas com água de menor CEa (0,3 dS m<sup>-1</sup>). Sob condições salinas, o padrão de acumulação de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> na célula e nos tecidos da planta é determinante para a resistência ou a sensibilidade ao estresse (PONTE et al., 2011). O aumento das concentrações de Na<sup>+</sup> nos tecidos foliares pode afetar processos como abertura estomática, a fotossíntese, a respiração e a síntese de proteína em virtude da similaridade físico- química entre esses íons (FERREIRA-SILVA et al., 2009).

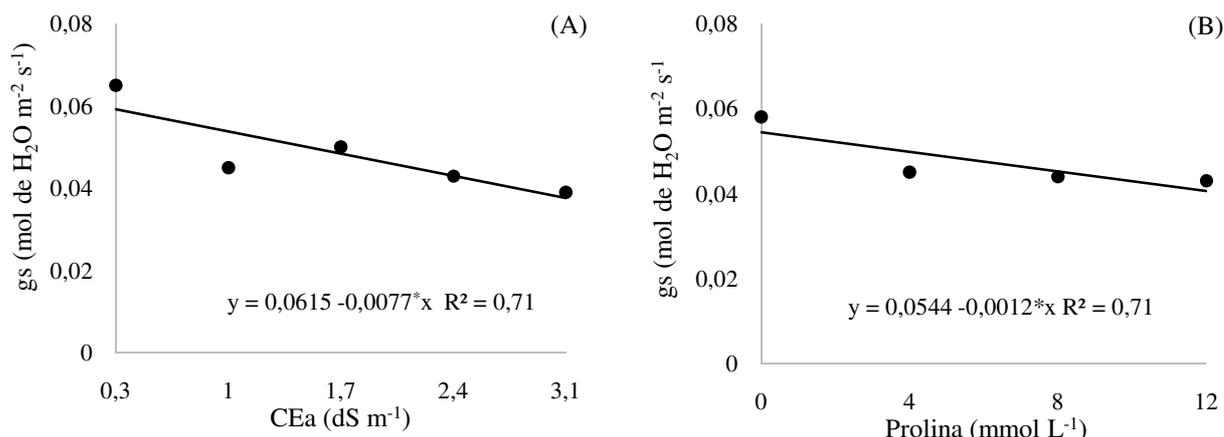


Figura 6: Condutância estomática –  $g_s$  de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.

Nota-se que o aumento das doses de prolina exerceram comportamento linear e decrescente sobre  $g_s$  (Figura 6B) onde constata-se redução por aumento unitário da dose de prolina de 2,20%, ou seja, uma diminuição de  $0,014 \text{ mol de } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  nas plantas de cajueiro BRS 226 que receberam a dose de prolina de  $12 \text{ de } mmol L^{-1}$ .

Por meio da equação de regressão (Figura 7) verifica-se que para a variável transpiração foi encontrado o mesmo comportamento da condutância estomática com a elevação da salinidade da água de irrigação, ou seja, efeito linear e decrescente apresentando reduções na transpiração do porta-enxerto de cajueiro de 12,69% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação, ou seja, redução de  $0,567 \text{ mmol de } m^{-2} \text{ s}^{-1}$  (35,55%) nas plantas submetidas ao nível salino  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$  em relação as plantas irrigadas com água de abastecimento ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). Nessas condições o excesso de sais no solo acarreta prejuízos a vários processos fisiológicos e bioquímicos, podendo também levar a planta a estado de estresse hídrico e a sofrer com a toxidez, fato que resultará em sérios prejuízos ao crescimento, desenvolvimento, produção e produtividade dos vegetais (ESTEVEES; SUZUKI, 2008).

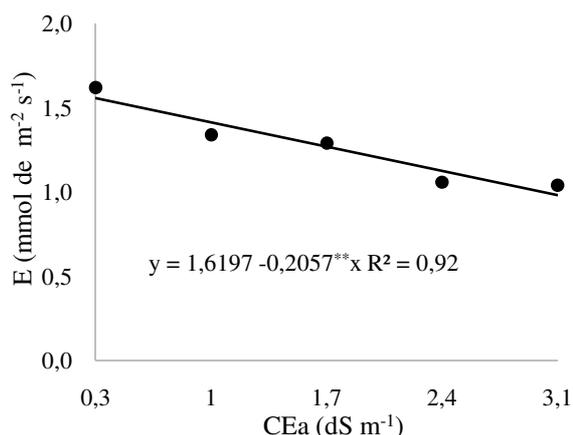


Figura 7: Transpiração (E) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa, aos 65 dias após semeio – DAS.

Quanto à Taxa de fotossíntese aos 65 DAS, analisando a equação de regressão (Figura 8A) o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático indicando o valor máximo de  $6,07 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  encontrado nas plantas irrigadas com CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Devido à diminuição no potencial hídrico, promovido pela salinidade crescente no substrato a uma redução da abertura estomática proporcionando decréscimo na fotossíntese das plantas o que pode ser atribuído como mecanismo de defesa para reduzir a perda de água para o meio sendo o excesso de sais próximo a zona radicular responsável por afeta o crescimento da planta reduzindo a taxa de transpiração e de crescimento (PEREIRA et al., 2012).

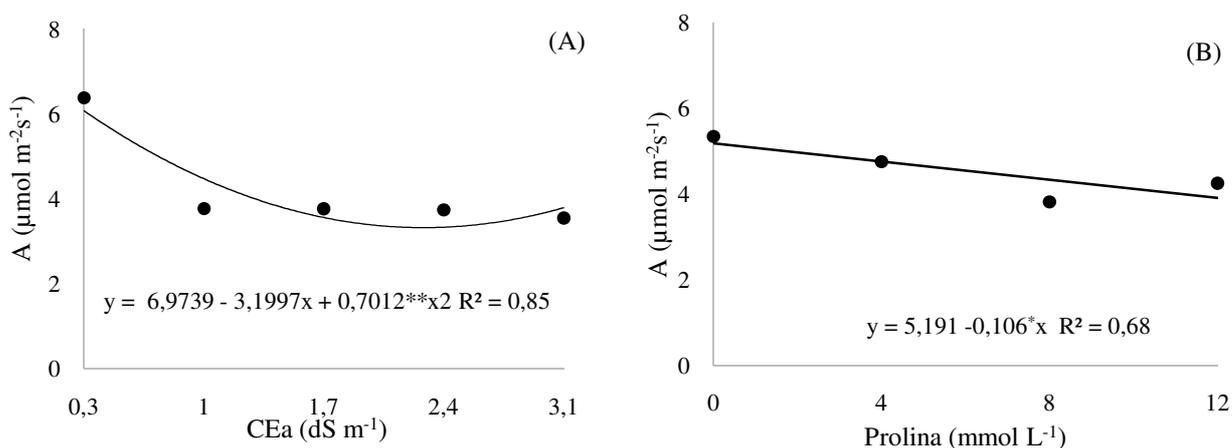


Figura 8: Taxa de fotossíntese – (A) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.

Semelhante ao ocorrido na Condutância estomática (Figura 6B), a Taxa de fotossíntese de porta-enxerto de cajueiro (Figura 8B) também apresentou reduções lineares com o aumento das doses de prolina, ocorrendo decréscimo de 2,04% aos 65 DAS por aumento unitário da CEa. As plantas submetidas à maior dose de prolina (12

mmol L<sup>-1</sup>) apresentaram diminuição de 24,50% (1,272 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) quando comparadas com as que não receberam aplicação (0,0 mmol L<sup>-1</sup>). A utilização de doses elevadas de prolina via foliar pode favorecer a respostas negativas, o que possivelmente provocou alterações no pH citosólico e no estado redox, causando danos irreversíveis às membranas celulares das plantas (LIMA et al., 2016).

Verifica-se, com base nos resultados da análise de variância (Tabela 3), efeito significativo da interação do fator salinidade da água de irrigação e o fator doses de prolina sobre a taxa de crescimento absoluto da altura de porta-enxerto de cajueiro. Em relação à taxa de crescimento relativo de altura de planta, diâmetro do caule e taxa de crescimento absoluto do diâmetro de caule, verifica-se efeito significativo apenas para salinidade da água de irrigação no intervalo de 25 à 65 DAS (Tabela 3).

**Tabela 3** - Resumos das análises das variâncias da taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta (TCAap e TCRap) e do diâmetro do caule (TCAdc e TCRdc) de porta-enxerto de cajueiro BSR 226, no intervalo de 25 à 65 dias após o semeio, irrigados com diferentes níveis de salinidades e sob distintas doses de prolina.

Fonte de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		TCAap	TCRap	TCAdc	TCRdc
Níveis salinos (S)	4	0,11**	0,00009**	0,001**	0,00006**
Reg. Linear	1	0,41**	0,0003**	0,005**	0,0001**
Reg. Quadrática	1	0,01ns	0,000001ns	0,0007**	0,00002*
Prolina (P)	3	0,04**	0,00004ns	0,0001ns	0,00001ns
Reg. Linear	1	0,01ns	0,00004ns	0,00002ns	0,00001ns
Reg. Quadrática	1	0,09**	0,0005ns	0,00007ns	0,00003ns
Interação (S x P)	12	0,01*	0,00003ns	0,0004ns	0,00002ns
Bloco	2	0,005ns	2,16x10 <sup>-7</sup> ns	0,00008ns	0,000005ns
CV (%)		13,65	14,01	19,20	20,10

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

Os níveis crescentes da salinidade da água em interação com as doses de prolina inibiram a taxa de crescimento da altura de plantas dos porta-enxertos de cajueiro BRS 226 (Figura 9), constatando-se através das equações de regressão que as plantas ao receberem as doses de 0, 4, 8 e 12 mmol L<sup>-1</sup> tiveram reduções de 14,43; 12,25; 9,96 e 13,58%, respectivamente, por incremento unitário da CEa, ou seja, declínio do TCAap de 40,41; 43,30; 27,89 e 38,03%, respectivamente, ao comparar as plantas que receberam o maior nível salino com as que receberam o menor nível.

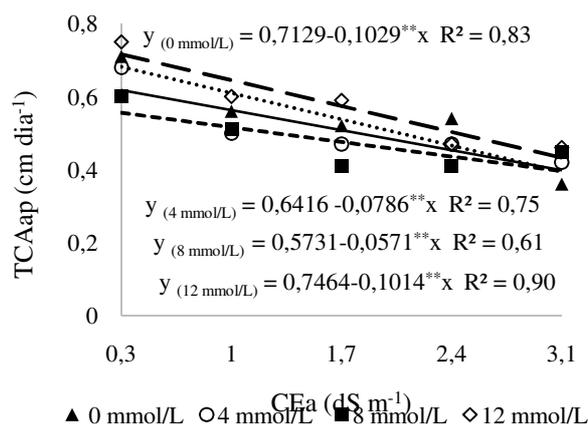


Figura 9: taxa de crescimento absoluto – (TCAap) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEA e doses de prolina, no intervalo de 25 à 65 dias após semeadura – DAS.

A TCRap foi afetada negativamente e de forma linear pela salinidade crescente da água (Figura 10), ocorrendo conforme equação de regressão, decréscimos de 10,66% por aumento unitário de CEA, no intervalo de 25 à 65 DAS, ou seja, as plantas irrigadas com água de CEA de 3,1 dS m<sup>-1</sup> sofreram reduções nesta variável de 0,0067 cm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (29,86%) em relação as irrigadas com nível de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Comportamento semelhante foi verificado para a TCRdc (Figura 11B) pelo aumento dos níveis salinos, com redução linear na ordem de 12,23% por aumento unitário da CEA, resultando em decréscimo total de 34,24% na TCRdc das plantas submetidas a irrigação com CEA de 3,1 dS m<sup>-1</sup>, em relação com as plantas irrigadas com a menor salinidade (0,3dS m<sup>-1</sup>). Denota-se que esta redução pelo incremento da salinidade na água de irrigação é atribuída a redução do crescimento da planta, proporcionado pelo maior consumo de energia para síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos e necessários aos processos de compartimentação na regulação do transporte de íons (TORRES et al., 2014).

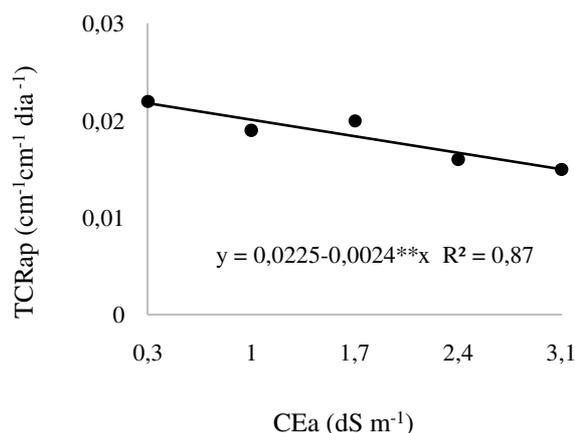


Figura 10: Taxa de crescimento relativo de altura de planta – (TCRap) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa, no intervalo de 25 à 65 dias após semeio – DAS.

Segundo a Figura 11 (A) observa-se efeito da salinidade no intervalo de 25 à 65 DAS sobre a TCAdc na qual se pode perceber melhor ajuste dos dados a equação linear decrescente. O decréscimo da TCAdc do porta-enxerto submetido a maior CEa foi de 38,30% (0,024 mm dia<sup>-1</sup>). Acredita-se que isso ocorre devido ao efeito da salinidade sobre a pressão de turgescência nas células em virtude da diminuição do conteúdo de água nos tecidos, resultando em declínio na expansão da parede celular, causando menor crescimento das plantas (FREIRE et al., 2010; SOUZA et al., 2017).

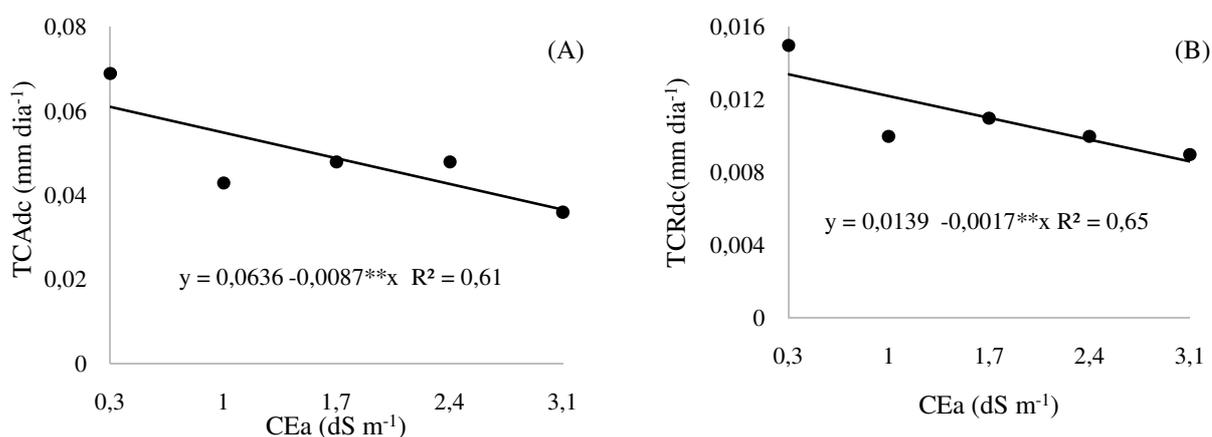


Figura 11: Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule – TCAdc em função dos níveis de CEa (A) e Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule – TCRdc em função níveis de CEa (B), no intervalo de 25 à 65 dias após semeio – DAS.

Nota-se com base no resumo da análise de variância (Tabela 4), que houve efeito significativo da interação entre os fatores (salinidade da água de irrigação e doses de

prolina), para fitomassa fresca e seca da folha e fitomassa seca total. Entretanto, para o fator salinidade da água de irrigação, notou-se efeitos significativo para a fitomassa fresca e seca do caule. Já para fitomassa seca de raiz e Índice de Qualidade de Dickson, houve efeito de forma isolada dos fatores salinidade e doses de prolina, aos 65 dias após o semeio (Tabela 4).

Tabela 4: Resumos das análises das variâncias para fitomassa fresca da folha (FFF), do caule (FFC), seca da folha (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR), total (FST) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226 irrigado com diferentes níveis de salinidades e distintas doses de prolina, aos 65 dias após o semeio (DAS).

Fonte de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		FFF	FFC	FSF	FSC	FSR	FST	IQD
Níveis salinos (S)	4	23,90**	11,42**	1,71**	1,33**	1,65**	13,00**	0,16**
Reg. Linear	1	72,18**	35,20**	6,63**	3,96**	3,80**	42,45**	0,45**
Reg. Quadrática	1	12,01**	4,71**	0,19ns	0,69**	1,79**	6,81**	0,13**
Prolina (P)	3	7,55**	0,43ns	0,29**	0,10ns	0,10**	0,87**	0,01**
Reg. Linear	1	19,34**	0,98ns	0,74**	0,09ns	0,12*	2,311**	0,02**
Reg. Quadrática	1	3,21**	0,29ns	0,02ns	0,04ns	0,09*	0,07ns	0,02**
Interação (S x P)	12	5,30**	3,42ns	0,19*	0,26ns	0,13ns	0,77**	0,01ns
Bloco	2	0,12ns	1,07ns	0,06ns	0,07ns	0,004ns	0,25ns	0,004ns
CV (%)		4,82	9,64	13,71	12,55	14,60	8,95	10,74

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

Para a FFF as plantas submetidas às doses de prolina 4 e 12  $\text{mmol L}^{-1}$  decresceram linearmente com o aumento da CEa (0,3 à 3,1  $\text{dS m}^{-1}$ ) apresentando decréscimos de 35,80 e 45,97% nas plantas sob as doses de 4 e 12  $\text{mmol L}^{-1}$  de prolina, respectivamente (Figura 12A). Nota-se ainda de acordo com a equação de regressão resposta quadrática onde o maior valor (11,26 g por planta) foi encontrado na dose de 8  $\text{mmol L}^{-1}$  de prolina nas plantas irrigadas com CEa de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$ . Esse tipo de comportamento demonstra que a redução do processo fotossintético no tratamento salino não se deve apenas a redução da abertura estomática mas, também, a danos na estrutura celular responsável pela assimilação de  $\text{CO}_2$  provocadas, possivelmente, por redução no potencial osmótico-hídrico e acúmulo de íons fora da faixa tolerada afetando o acúmulo de fitomassa fresca e seca das plantas cultivadas sobre condição de estresse salino (LACERDA et al., 2012).

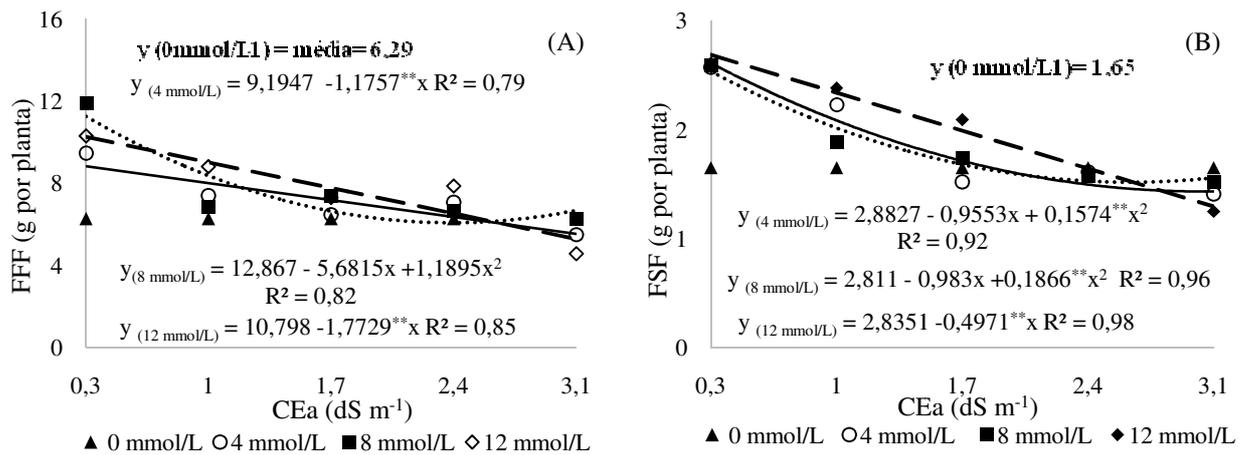


Figura 12: Fitomassa fresca de folha - FFF (A) e seca de folha – FSF (B) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEa e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.

As doses de 4 e 8 mmol L<sup>-1</sup> de prolina promoveram efeito quadrático decrescente sobre a FSF onde, os maiores valores (2,61 e 2,53 g por planta) foram obtidos nos níveis de CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup> nas respectivas doses de prolina (Figura 12B). Observa-se ainda conforme equações de regressão, que o uso da dose de 12 mmol L<sup>-1</sup> acarretou em uma redução linear sobre a FSF com o aumento da condutividade da água de irrigação, onde as plantas que receberam a maior salinidade na água de irrigação (3,1 dSm<sup>-1</sup>) apresentaram decréscimos de 1,38 g com a utilização da dose de 12 mmol L<sup>-1</sup>, quando comparadas com as plantas que receberam a menor salinidade (0,3 dSm<sup>-1</sup>) (Figura 12B).

Para as variáveis FFC e FSC em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 13), verifica-se que à medida que se elevaram os níveis de CEa houve reduções das variáveis, sendo encontrado valor máximo de 6,31 e 1,69 g por planta respectivamente na CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup> e, os menores valores 4,15 g por planta (FFC) e 0,97 g por planta (FSC) foram encontrados na CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup>. Esta diminuição na produção de fitomassa esta associada a taxa fotossintética e ao desvio de energia destinado ao crescimento para a ativação e manutenção de atividade metabólica associada à adaptação a salinidade como a manutenção da integridade das membranas, síntese de solutos orgânicos para a osmorregulação e/ou proteção de macromoléculas e a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos no interior das células (SOUZA et al., 2016).

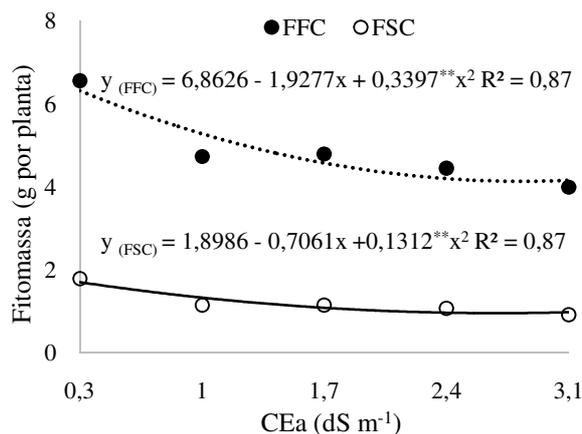


Figura 13: Fitomassa fresca e seca do caule (FFC; FSC) de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEA, aos 65 dias após semeio – DAS.

Em relação aos efeitos da salinidade sobre a fitomassa seca de raiz do porta-enxerto de cajueiro BRS 226 (Figura 14A), percebe-se redução linear com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, tendo diminuição nesta variável de 17,27% por aumento unitário da CEA, equivalente a uma redução de 48,35% (0,70 g por planta) das plantas submetidas a 3,1 dS m<sup>-1</sup>, quando comparado com as que estavam sob o menor nível de salinidade de (0,3 dS m<sup>-1</sup>). A redução no acúmulo na biomassa é consequência de mecanismos de ajustamento às condições de estresse salino, incluindo modificações no balanço iônico, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação de carbono (SILVA et al., 2008).

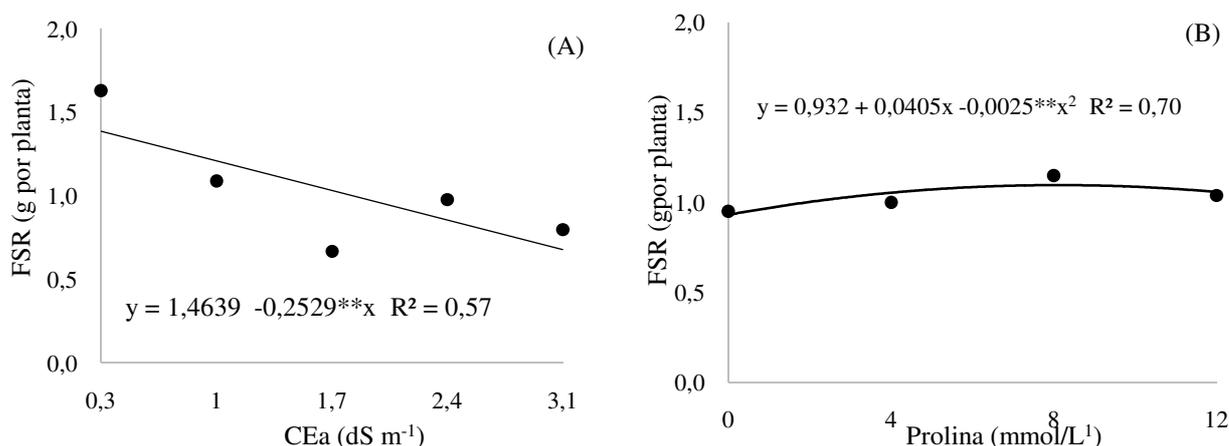


Figura 14: Fitomassa seca de raiz – FSR- de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEA (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio – DAS.

De acordo com a Figura 14B para FSR aos 65 DAS, constata-se melhor ajuste dos dados em regressão quadrática pelo aumento das doses de prolina, cujo maior valor, correspondente a 1,09 g por planta foi obtido quando as plantas estavam sob a dose de 8

mmol L<sup>-1</sup> de prolina. Isto pode estar associado a capacidade que a prolina tem de proporcionar ajustamento osmótico sem causar injúria aos tecidos desenvolvendo um papel protetor por meio da acumulação de compostos orgânicos nitrogenados refletindo como um mecanismo osmorregulatório (LARCEDA et al., 2014).

O aumento das doses de prolina propiciou efeito quadrático sobre a variável fitomassa seca total de porta-enxerto BRS 226 (Figura 15) onde, as doses 0, 4 e 8 mmol L<sup>-1</sup> de prolina resultaram os maiores valores de 4,71; 6,05 e 5,88 g por planta na CEA de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. No entanto a dose de 12 mmol L<sup>-1</sup> de prolina, resultou em efeito linear decrescente com a elevação da salinidade na água de irrigação e de acordo com a (Figura 15), a FST, decresceu linearmente com o aumento da CEA de 0,3 à 3,1 dS m<sup>-1</sup> apresentando diminuição de 3,10g por planta (49,84%) nos porta-enxerto sob a dose de 12 mmol L<sup>-1</sup> de prolina.

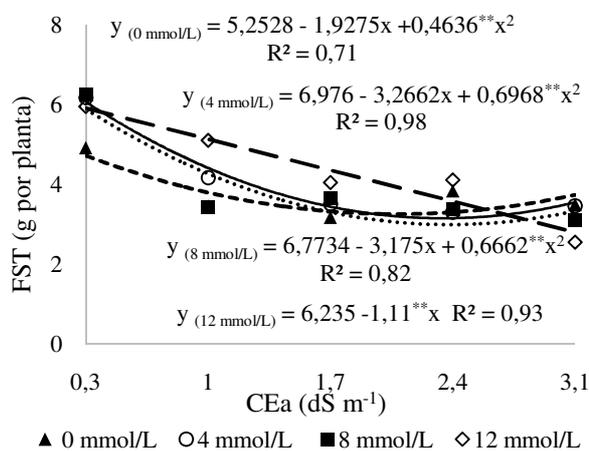


Figura 15: Fitomassa seca total – FST de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função da interação entre os níveis de CEA e doses de prolina, aos 65 dias após semeio – DAS.

Pelos resultados do índice de qualidade de Dickson (IQD) do porta-enxerto de cajueiro BRS 226 avaliado aos 65 DAS (Figura 16A), observa-se haver decréscimo de 16,69% por aumento unitário da CEA, ou seja, as plantas quando submetidas a CEA de 3,1 dS m<sup>-1</sup> apresentaram IQD de 0,25 (46,75%) em relação às sob níveis de CEA de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, fato interessante do ponto de vista que, mesmo sob condições de salinidade os porta-enxertos de cajueiro BRS 226, possuíam o IQD superior a 0,2 sendo considerados de boa qualidade final para estabelecimento no campo, pois o IDQ relaciona a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa (OLIVEIRA et al., 2013; SOUZA et al., 2017).

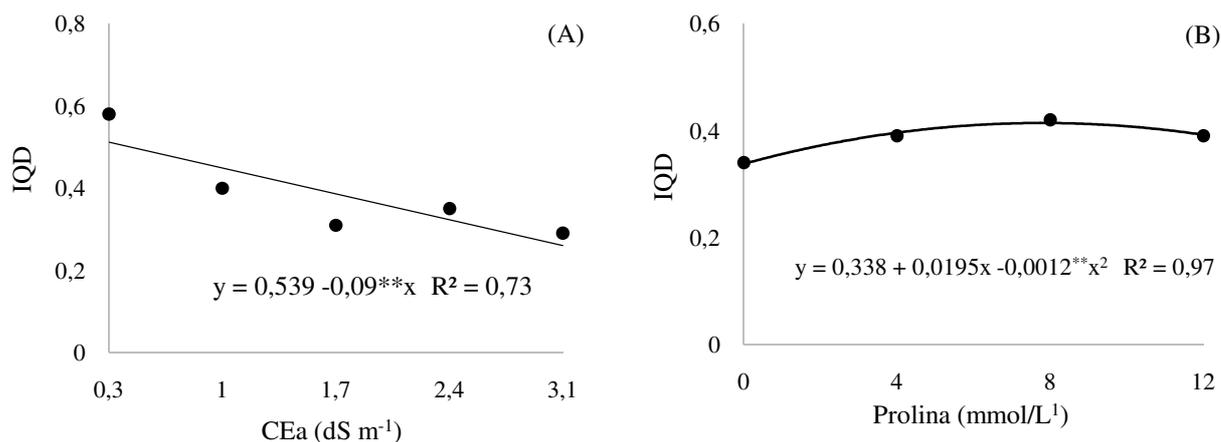


Figura 16: Índice de Qualidade de Dickson – IQD de porta-enxerto de cajueiro BRS 226, em função dos níveis de CEa (A) e doses de prolina (B), aos 65 dias após semeio - DAS.

Para IQD a aplicação de prolina via foliar (Figura 16B), no porta-enxerto de cajueiro BRS 226, proporcionou efeito quadrático ocorreu um incremento no IQD até a dose de 8 mmol L<sup>-1</sup> (0,41), a dose adequada de prolina aplicada via foliar propiciou um maior valor no IQD, desta forma, além da proteção contra as espécies reativas de oxigênio, o acúmulo desse osmólito no interior da planta pode elevar a capacidade de ajustamento osmótico permitindo a redução do potencial hídrico no interior da planta e consequentemente favorecendo maior absorção de água e nutrientes pela plantas (WILLADINO; CAMARA, 2010). Além disto, o incremento no teor de prolina parece ter várias funções, primeiramente, a de não permitir o acúmulo de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, composto tóxico por ser desacoplador da produção de ATP na fotofosforilação e fosforilação oxidativa (PAULUS et al., 2010).

## 6. CONCLUSÃO

As trocas gasosas, crescimento e a qualidade do porta-enxerto são reduzidos pelo aumento da CEa da água de irrigação, no entanto, a irrigação com água de CEa de até  $1,12 \text{ dS m}^{-1}$ , promove reduções aceitáveis de 10% na morfofisiologia do cajueiro BRS 226.

Doses de  $8 \text{ mmol L}^{-1}$  de prolina atenuaram os efeitos negativos da salinidade sobre o Índice de Qualidade de Dickson e fitomassa seca de raiz, aos 65 dias após o semeio.

O aumento das concentrações de prolina aplicada via foliar não atenuaram os efeitos da salinidade sobre as variáveis fisiológicas e de crescimento do porta-enxerto de cajueiro BRS 226.

## 7. REFERÊNCIAS

ADJEI, P.Y.; MANTE, D. Sources of rootstock, scion wood type, and duration of scion defoliation on graft success in cashew (*Anacardium occidentale* L.). Ghana Journal of Horticulture, v.6, p.59-64, 2007.

AGRIANUAL 2003. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2004, 496p.

ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227 p.

ALMEIDA, L. H. F.; CORDEIRO, S. A.; PEREIRA, R. S.; COUTO, L. C.; LACERDA, K. W. S. Viabilidade econômica da produção de caju (*Anacardium occidentale* L.). Nativa, v. 5, n. 1, p. 09-15, 2017.

ALVES, F. A. L. et al. G. Clones de cajueiro-anão precoce expostos ao estresse salino e ao acúmulo de potássio e sódio. Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 03, p. 422-428, 2008.

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

ALVES, F. A. L. et al. Germinação e estabelecimento de plântulas de cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) em função da salinidade. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 2, p. 197-204, 2013.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science, v. 166, p. 3–16, 2005.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, Elmsford, v. 59, p. 206-216, 2007.

ASHRAF, M., AKRAM, N. A., ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R.. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. Advances in Agronomy 111:249-296, 2011.

ASANTE, A.K. Compatibility studies on cashew-mango graft combinations. Ghana Journal of Horticulture, v.34, p.3-9, 2001.

ASADA, K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. Plant Physiology, v. 141, p. 391-396, 2006.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO NETO A. D.; TABOSA J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II - Distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.165-171, 2000.

BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R. Melhoramento genético do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Org.). *Cajucultura: modernas técnicas de produção*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 73-93, 1995.

BARROS, L.M.; PAIVA, J.R.; CRISÓSTOMO, J.R.; CAVALCANTE, J.J.V. Botânica, origem e distribuição geográfica. In: BARROS, L.M. (Ed) *Caju. Produção: Aspectos técnicos*. 1ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. (Frutas do Brasil, 30), v. 1, p. 18-20 2002.

BARROS, L. de M. *Árvore do conhecimento caju: características da planta*. AGEITEC: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fi8wxjm202wyiv80z4s473zjf kkt9.html> Acesso em: 22 out. 2013.

BASTOS, D. C.; RIBEIRO, J. M.; *Produção de Mudanças de Goiabeira*. Petrolina: EMBRAPA. 2011, 3 p. (comunicado técnico, 148).

BELKHEIRI O, MULAS M. The effects of salt stress on growth, water relations and ion accumulation in two halophyte *Atriplex* species. *Environmental Botany*, v. 86, p. 17-28, 2011.

BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas, noções básicas*. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BEN AHMED, C.; BEN ROUINA, B.; SENSOY, S.; BOUKHRISS, M.; BEN ABDULLAH, F. Exogenous proline effects on photosynthetic performance and antioxidant defense system of young olive tree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v. 58, p. 4216–4222, 2010.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BEZERRA, I.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D.; SANTOS, F.J. de S.; GURGEL, M.T.; NOBRE, R.G. Germinação, formação de porta-enxertos e enxertia de cajueiro anão precoce, sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.420-424, 2002.

BEZERRA, M.A.; LACERDA, C.F. de; GOMES FILHO, E.; ABREU, C.E.B. de; PRISCO, J.T. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.19, p.449-461, 2007.

BEZERRA, M. A. F. et al. Água salina e nitrogênio na emergência e biomassa de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 35, n. 1, p 150-160, 2014.

BLUMWALD, E.; AHARON, G.S.; APSE, M.P. Sodium transport in plant cells. *Biochemica et Biophysica Acta*. v. 1465, p. 140-151, 2000.

BRAY, E.A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W. JONES, R.L. (eds). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. Rockville. American Society of Plant Physiologists, 2000. cap. 22, p 1158-1203.

CARBAJAL, A. C. R.; FRANCO, F. Recomendações para produção, plantio e manutenção de mudas de cajueiro. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 1995.

CARDOSO, J.E.; CAVALCANTI, J.J.V.; CYSNE, A.Q.; SOUSA, T.R.M. de; CORRÊA, M.C. de M. Interação enxerto e porta-enxerto na incidência da resinose do cajueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, p.847-854, 2010.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. & SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.199-206, 2002.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; VIANA, S.B.A. Salt tolerance of precocious-dwarf cashew rootstocks - physiological and growth indexes. *Scientia Agrícola*, v.61, p.9-16, 2004.

CARNEIRO, P.T.; CAVALCANTI, M.L.F.; BRITO, M.E.B.; GOMES, A.H.S.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino na pré-floração. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, p.150-155, 2007.

CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M. et al. Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1 - Agrotóxicos, Segurança Alimentar e Nutricional e Saúde. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012.

CASTLE, W.S. A career perspective on citrus rootstocks, their development, and commercialization. *HortScience*, v.45, p.11-15, 2010.

CAVALCANTE, L. F. Sais e seus problemas nos solos irrigados. Areia: UFPB, 2000. 71 p.

CAVALCANTI JÚNIOR, A.T.; CHAVES, J.C.M. Produção de mudas de cajueiro. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 43p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 42).

CAVALCANTE, L.F.; REBEQUI, A.M.; SENA, G.S.A. DE; NUNES, J.C.. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino na formação de mudas de pinhão-mansão. *Irriga*16:288-300, 2011.

CHEN, C.; KAO, C. H. Osmotic estress and water estress have opposite effects on putrescine and proline production in excised rice leaves. *Plant Growth Regulation*, v. 13, p.197-202, 1993.

CHINNUSAMY V, JAGENDORF A, ZHU J. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, v. 45, p. 437-448, 2005.

CLAESSEN, M. E. C. (org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. de S.; OLIVEIRA, V. H. de.; RAIJ, B. V.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A.; SOARES; I. Cultivo do Cajueiro Anão Precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação. Fortaleza; Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 20p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 8).

DALVA PAULUS<sup>1</sup>; DURVAL DOURADO NETO; JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE; TALES M SOARES. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água Salina. *Hortic. bras.*, v. 28, n. 1, jan.- mar. 2010.

DEUNER, C.; MAIA, M. S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G.E.; Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de Genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, nº 4 p. 711 - 720, 2011.

DEUSCHLE, K.; FUNCK, D.; HELLMANN, H.; DASCHNER, K.; BINDER, S.; FROMMER, W.B. A nuclear gene encoding mitochondrial D1-pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase and its potential role in protection from proline toxicity. *Plant Journal*. v. 27, p. 345–355, 2001.

DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação de solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118 p. (Série didática nº 13).

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. FORTALEZA, INCTA Sal, 2010. p.129-141.

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

ECHER, M. M. et al. Uso de bioestimulantes na formação de mudas maracujazeiro amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 27, n. 3, p. 351-360, 2006.

EJAZ, B.; SAJID, Z. A.; AFTAB, F. Effect of exogenous application of ascorbic acid on antioxidant enzyme activities, proline contents, and growth parameters of *Saccharum* spp. hybrid cv. HSF-240 under salt stress. *Turkish Journal of Biology*, Ankara, v. 36, p. 630-640, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta. 403p, 2006.

ESTEVEES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Ecologia Brasileira*, v. 12, p. 662-679, 2008.

EL-SAMAD, H. M. A.; SHADDAD, M. A. K.; BARAKAT, N. Improvement of plants salt tolerance by exogenous application of amino acids. *Journal of Medicinal Plants Research*. v. 5, p. 5692–5699, 2011.

FALAKNAZ, M.; HEIDARI, P.; MEHRABI, A. A.; KAHRIZI, D.; YARI, K. Phylogeny of 1-Pyrroline-5-Carboxylate Synthase (P5CS) Gene in Differential Spices of Plant using e DNA AFPL Analysis. *American Journal of Scientific Research*. V. 19, p. 13-21, 2011.

FALCÃO NETO R.; SILVA JÚNIOR G. B.; ROCHA L. F.; CAVALCANTE Í. H. L.; CAVALCANTE M. Z. B. Características biométricas de mudas de castanha-dogurguéia em função de calagem e NPK. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 940-949, 2011.

FAOSTAT -Food and Agriculture Organization of The United National. Production/crops. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 11 maio 2014.

FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G. de; CURI, N.; PINTO, J E.B.P.; GUIMARÃES, P de T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.11, p.1613-1619, 2002.

FERNANDES, P.D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, E. P.; MEDEIROS, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

FERREIRA, R.G., TÁVORA, F.J.A.F.; FERREYRAHERNANDEZ, F.F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.1, p.79-88, 2001.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA-SILVA, S. L., VOIGT, E. L., VIÉGAS, R. A., PAIVA J. R., SILVEIRA, J. A. G. Influência de porta-enxertos na resistência de mudas de cajueiro ao

estresse salino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n.4, p. 361 - 367, 2009.

FERREIRA-SILVA, S. L.; VOIGT, E. L.; SILVA, E. N.; MAIA, J. M.; ARAGÃO, T. C. R.; SILVEIRA, J. A. G. Partial oxidative protection by enzymatic and non enzymatic components in cashew leaves under high salinity. *Biologia Plantarum*, v. 56, p. 172-176, 2012.

FERREIRA, L. G.; JUNIOR, E. N.; VALENTE, J. P.; TÁVORA, C.; FERREIRA, C. B. Avaliação de Métodos de Enxertia para Mangueira e Cajueiro na Baixada Cuiabana. *Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 20, n. 3, p. 128-132, 2016.

FENG, Z. T.; DENG, Y. Q.; FAN, H.; SUN, Q. J.; SUI, N.; WANG, B. S. Effects of NaCl stress on the growth and photosynthetic characteristics of *Ulmus pumila* L. seedlings in sand culture. *Photosynthetica*, v. 52, p. 313-320, 2014.

FIGUEIREDO, V. B. MEDEIROS, J. F. ZOCOLER, J. L. SOBRINHO, J. S. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 29, n. 02, p.231-240, abr. 2009.

FREIRE J. L. O.; CAVALCANTE L. F.; REBEQUI A. M.; DIAS T. J.; NUNES J. C.; CAVALCANTE Í. H. L. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife*, v.5, n.1, p. 102-110, jan./mar. 2010.

FREIRE, A. L. O.; Saraiva V. P.; Miranda J. R. P.; Bruno G. B.; Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010.

GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL. J. E. O., A amêndoa da Castanha de caju: composição e importância dos ácidos graxos - Produção comércio mundiais, In: XLIV Congresso Da Sober. Fortaleza, 23 a 27 de Julho 2006.

GHEYI, H. J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S. et al. (eds.). *Agricultura, sustentabilidade e o semiárido*. Fortaleza: DCS/UFC, 2000. p.329-346.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, v. 31, p.149-190, 1980.

GUPTA, B., HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, v. 1, p.1-18, 2014.

GURUMURTHY, B. R.; NATARAJU, S. P.; RUDRAMURTHY, H. V.; SHIVANNA, M. B. Influence of soil salinity on relative biomass and critical limits of

growth in selected tree species. *Karnataka Journal Agriculture Science*, v.20, p.133-134, 2007.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Nutrição de cultivares de meloeiro irrigadas com águas de baixa e alta salinidade. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 5, p. 36-43, 2008.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. *Plantpropagation: principlesandpractices*. 7nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HARE, P. D.; CRESS, W. A.; van STADEN, J. A regulatory role for proline metabolism in stimulating *Arabidopsis thaliana* seed germination. *Plant Growth Regulation*. v. 30, p. 41– 50, 2003.

HASANUZZAMAN M., ALAM M. M., RAHMAN A., HASANUZZAMAN M., NAHAR K., FUJITA M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *BioMed Research Internatinal*, Juazeiro do Norte, v. 1, p. 1-17, 2014.

HEUER, B. Influence of exogenous application of proline and glycine betaine on growth of salt-stressed tomato plants. *Plant Science*. v. 165, p. 693 – 699, 2003.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FRRREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F (ed). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. FORTALEZA, INCTA Sal, 2010. p. 43-61.

HOPKINS, W. G. *Introduction to plant physiology*. New York: John Wiley & Sons, 1995. 464 p.

HUANG, C. J.; WEI, G.; JIE, Y. C.; XU, J. J.; ZHAO, S. Y.; WANG, L. C.; ANJUM, S. A. Responses of gas exchange, chlorophyll synthesis and ROS-scavenging systems to salinity stress in two ramie (*Boehmeria nivea* L.) cultivars. *Photosynthetica*, v. 53, p. 455-463, 2015.

HUNT, D. F.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, v. 90, n. 04, p. 485-488, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, IBGE, 2018. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>: acessado em março de 2018

JIANG, J.; Huo, Z.; Feng, S., Zhang, C. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. *Field Crops Research*, v. 137, s.n., p. 78-88, 2012.

KRAMER, D. Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. In: *Salinity Tolerance in Plants: Strategies for crop improvement*. C Staples e G. H. Toeniessen, New York, EEUU, p.3-15, 1984.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A. O.; RUIZ.H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Lavras, v.13, p. 270-284, 2001.

LACERDA, F.H.D.; PEREIRA, F.H.F.; NEVES, D. DA S.; BORGES, F.Q. DA C.; CAMPOS JÚNIOR, J.E. Aplicação exógena de prolina na redução do estresse salino em meloeiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7: p. 218-227, 2012.

LACERDA, F. H. D. ; PEREIRA, F.H.F. ; QUEIROGA, F. M. ; SILVA, F. A. ; CAMPOS JÚNIOR, J. E. Adubação verde, nitríca e aplicação foliar de prolina na redução do estresse na melancia irrigada com água salina. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, p. 10-17, 2014.

LACERDA, F. H. D.; PEREIRA, F. H. F.; QUEIROGA, F. M. de; SILVA, F. D. A. da; CAMPOS JÚNIOR, J. E. Adubação verde, nitríca e aplicação foliar de prolina na redução do estresse na melancia irrigada com água salina. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 5, p. 10-17, 2015.

LEGGH, R. A.; AHMAD, N.; JONES, R. G. W. Assessment of glycine betaine and proline compartmentation, by analysis of isolated beet vacuoles. *Physiologia Plantarum*, v. 153, p. 34 -41, 1981.

LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. O. da. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Engenharia Agrícola*, v.34, n.5, p. 854-866, 2014.

LIMA, G. S. de; SANTOS, J. B. dos; SOARES, L. A. A. dos; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big. *Comunicata Scientiae*, v. 7, n. 4, p. 513, 2016.

LIU, J.; ZHU, J.K. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt hypersensitive mutant of *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, Rockville, v.114, n.2, p.591-596, 1997.

LOMONACO, D., SANTIAGO, G. M. P., FERREIRA, Y. S., ARRIAGA, Â. M. C., MAZZETTO, S. E., MELE, G.; VASAPOLLO, G. Study of technical CNSL and its main components as new green larvicides. *Green Chemistry*, 4(11), 31-33, 2009.

MANE A. V.; DESHPANDE T.V.; WAGH V.B.; KARADGE B. A.; SAMANT J. S. Acritical review on physiological changes associated with reference to salinity. *International Journal of Environmental Sciences*. v. 1, p. 1192–1216 ,2011.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova*, 32(3), 732-741, 2009.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da chapada do apodi. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, CAMPINA GRANDE, PB, V.7, N.3, P. 46-472, SET/DEZ. 2003.*

MEDEIROS, S.A.S.; CAVALCANTE, L.F.; BEZERRA, M.A.F.; NASCIMENTO, J.A.M.; BEZERRA, F.T.C.; PRAZERES, S.S. Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. *Irriga*, v. 21, n. 4, p. 779-795, 2016.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O.C.B.; ARZOLLA, S. Fertilidade do solo. Piracicaba: Nobel, 1983. 400p.

MESQUITA, R. O. et al. Desenvolvimento e distribuição de íons em plântulas de cajueiro anão precoce cultivadas em diferentes substratos e submetidas ao estresse salino. In: *Annals do workshop manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada, 2007, recife. Anais... Recife: ufrpe, 2007. 1 cd-rom.*

MENDONÇA, W.; MEDEIROS, L.F. Cultura do cajueiro, do coqueiro e do mamoeiro. Mossoró: Universidade Federal do Semiárido, 2011.

MIRANDA, J. R. P.; et al. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 957-965. 2002.

MOLAZEM, M.; AZIMI, J. Morpho-Physiological Characterization in Eight Varieties of Maize (*Zeamays* L.) under Soil Salinity. *Polish Journal of Environmental Studies*, Olsztyn, v. 24, n. 6, p. 2537-2542, 2015.

MOLINARI, H. B. C.; MARUR, C. J.; DAROS, E.; DE CAMPOS, M. K. F.; DE CARVALHO, J. F. R. P.; BESPALHOK FILHO, J. C. B.; PEREIRA, L. F. P.; VIEIRA, L. G. E. Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 130, n. 2, p. 218-229, 2007.

MONTEIRO, J.G., CRUZ, F.J.R., NARDIN, M.B., SANTOS, D.M.M.. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49:18-25, 2014.

MOURA, E. M. de.; RIGHETTO, A. M.; LIMA, R. R. M. de. Avaliação da Disponibilidade Hídrica e da Demanda Hídrica no Trecho do Rio Piranhas-Açu entre os Açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, v. 16, n. 4, p. 07 – 19, 2011.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; JAMES, R. A.; LÄUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Jornal Experimental Botany*, v. 57, p. 1025-1043, 2006.

NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de bioquímica de Lehninger. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 11, n. 1, p. 37-43, 2015.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. de; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. da; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Ciência Rural*, v.39, n.3, p.758-765, 2009.

NEVES, A.L.R., LACERDA, C.F. DE, TEIXEIRA, A. DOS S., COSTA, C.A.G., GHEYI, H.R.. Monitoring soil coverage and yield of cowpea furrow irrigated with saline water. *Revista Ciência Agronômica* 41: p. 59-66, 2010.

O'LEARY, J. W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.42, P.717- 721, 1971.

OLIVEIRA, V.H. de; BARROS, L. de M.; LIMA, R.N. de. Influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro-anão-precoce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.61-66, 2003.

OLIVEIRA, V.H. Manual de produção integrada de caju. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v.6, n.11, p.1-16, 2010.

OLIVEIRA, F.T. HAFLE, O.M. MENDONÇA, V.MOREIRA, J.N. PEREIRA JÚNIOR, E.B. Fontes orgânicas e volume de recipiente no crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.7, p. 97-103, 2013.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, v.60, n.3, p. 324-349, 2005.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R. do; SILVA, C. R. de. Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. 137 p.

PEREIRA, A. M.; QUEIROGA, R. C. F.; SILVA, G. D.; NASCIMENTO, M. G. R.; ANDRADE, S. E. O. Germinação e crescimento inicial de meloeiro submetido ao osmocondicionamento da semente com NaCl e níveis de salinidade da água. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.7, p.205-211, 2012.

PLĄŻEK, A., TATRZAŃSKA, M., MACIEJEWSKI, M., KOŚCIELNIAK, J., GONDEK, K., BOJARCZUK, J., DUBERT, F. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. Acta Physiologiae Plantarum, Krakow, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.

POORTER, H. Plant growth analysis: towards a synthesis of the classical and the functional approach. Physiologia Plantarum, v. 75, p. 237-244, 1989.

PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHERY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 143-159.

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. The use saline waters for crop production (Org). Roma: FAO, 1992.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000, 117 p. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48, revisado.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. FORTALEZA, INCTA Sal, 2010. p. 11-19.

RIOS, L. V. C. Salinidad: Homeostasis iônica y acuaporinas. Centro de Investigaciones del Hombre in el Desierto-IDESIA. p.61-68, 2004.

SOUZA, R. P.; MACHADO E. C.; SILVEIRA J. A. G.; RIBEIRO R.V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.6, p.586-592, jun. 2011.

SAKAMOTO M, MURATA N. The role of glycinebetaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. *Plant Cell Environmental*, v. 25, p. 163-171, 2002.

SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P. F. Variação do teor de prolina em folhas de feijão em função da disponibilidade de água no solo. *Bragantia*. V. 40, p. 47-56, 1981.

SHABALA, S. Ionic and osmotic components of salt stress specifically modulate net ion fluxes from bean leaf mesophyll. *Plant, Cell and Environment*, v. 23, p. 825-837, 2000.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crop to salinity. *Scientia Horticulturae*, v.78, n.1-4, p.5-38, 1998.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v. 162, n. 8, p. 854-862, 2005.

SHARMA, S. S.; DIETZ, K. J. The significance of amino acids and amino acid derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Journal Experimental of Botany*, Oxford, v.57, p.711-26, 2006.

SILVA JUNIOR, L. G. A. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.1, p.11-17, 1999.

SILVA, F. A. M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. *Cerne*, v. 6, n. 1, p. 52-59, 2000.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, p.147-157, 2008.

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

SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. V. T.; MEDEIROS, J. F. Evolução da salinidade em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 7, n. 4, p. 26-31, 2011.

SILVA, N. Í.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. *Revista agropecuária científica no semi-árido*. v.7, n.03, p.01-15, 2011.

SILVA, A.O.; SILVA, D.J.R.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; SANTOS, A.N.; ROLIM, M.M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, (Suplemento), p.S66–S72, 2014.

SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A.; ROCHA, I. M. A.; MOREIRA, A. C. O. M.; MOREIRA, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Prolineaccumulationandglutaminesynthetaseactivity are increasedbysalt-inducedproteolysis in cashewleaves. *JournalofPlantPhysiology*, Stuttgart, v.160, p.115-123, 2003.

SIQUEIRA, O.J.W. et al. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M.A. et al. *Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira*. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. p.33-63. Disponível em: <[http://livraria.sct.embrapa.br/liv\\_resumos/pdf/00071250.pdf](http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00071250.pdf)> . Acesso em: 16 fev. 2018.

SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, A. O.; SOARES, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. *Irriga, Edição Especial*, p. 40 - 54, 2012.

SOUSA, A.B.O. de; BEZERRA, M.A.; FARIAS, F.C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.390-394, 2011.

SOUZA, de P. S.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M de.;LIMA, G. S de.; PINHEIRO; F. W. A.; ALMEIDA; L. L. de S.; Formation of ‘Crioula’ guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande. v.20, n.8, p.739-745, 2016.

SOUZA, L. DE P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A. . Productionofguavarootstockgrownwithwaterofdifferentsalinititiesand doses ofnitrogen. *Revista CienciaAgronomica JCR*, v. 48, p. 596-604, 2017.

SOUZA, L.P.; SENA, G. S. A.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J.L.; SOUZA, C. M.A.; ELIAS, J.J. Formação de porta-enxerto de goiabeira submetidas a diferentes salinidades da água e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.11, nº.4, p. 1578 - 1587, 2017.

SUASSUNA, C. F.; FERREIRA, N. M.; DA SILVA SÁ, F. V.; BERTINO, A. M. P.; DE MESQUITA, E. F.; DE PAIVA, E. P.; BERTINO, A. M. P. Substratos e ambientes para produção de mudas de cajueiro anão precoce. *Agrarian*, v. 9, n. 33, p. 197-209, 2016.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*, v. 42, n. 3, p. 211-220, 1999.

SHABALA S, CUIN TA. Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiol Plant*, v. 133, p. 651-669, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TORRES, E. C. M.; FREIRE, J. L. O.; OLIVEIRA, J. L.; BANDEIRA, L. B.; MELO, D. A.; SILVA, A. L. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. *Nativa, Sinop*, v. 2, n. 2, p. 71-78, 2014.

TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; BARROS, H. M. M.; DIAS, N. da. S.; UYEDA, C. A.; SILVA, F. V. da.; Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. *Revista Irriga, Botucatu, Edição Especial*, p. 324 – 339, 2012.

TUTEJA, N. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology, New York*, v. 428, p. 419-438, 2007.

VANRENSBURG, L.; KRUGER, G.H.J.; KRUGER, R.H. Proline accumulation, the drought tolerance selection: its relationship to membrane integrity and chloroplast ultra structure in *Nicotiana tabacum* L. *Journal of Plant Physiology, Stuttgart*, v.141, p.188-94, 1993.

VERBRUGGEN, N., HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids* 35:753-759, 2008.

VIEIRA, I.G.S., NOBRE, R.G., DIAS, A.S., PINHEIRO, F.W.A.. Cultivo do tomateiro cereja irrigado com águas salinizadas e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20:27-33, 2016.

VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. da; LIMA JÚNIOR, A.R. de; QUEIROZ, J.E.; FAUSTO, M.J.M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.216-222, 2001.

VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. da; SILVA, L.M. de M.; VIÉGAS, P.R.A.; QUEIROZ, J.E.; ROCHA, I.M.A. Redução assimilatória de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em plantas de cajueiros cultivados em meio salinizado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, p.189-195, 2004.

VOIGT, E.L.; ALMEIDA, T.D.; CHAGAS, R.M.; PONTE, L.F.A.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. *Journal of Plant Physiology*, v.166, p.80-89, 2009.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. *Trends in plant science*, v. 6, p.66-71, 2001.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. p. 118-126, 2005.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.