

## ÍNDICES FISIOLÓGICOS E CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CAJUEIRO SOB ESTRESSE SALINO E CONCENTRAÇÕES DE PROLINA

LEANDRO DE PÁDUA SOUZA<sup>1</sup>; REGINALDO GOMES NOBRE<sup>2</sup>; HANS RAJ GHEYI<sup>1</sup>; REYNALDO TEODORO DE FATIMA<sup>1</sup>; GEOVANI SOARES DE LIMA<sup>1</sup> E GENILSON LIMA DINIZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Aprígio Veloso, 882, Universitário, 58428-830, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: engenheiropadua@hotmail.com; hans@agriambi.com.br; reynaldo.t16@gmail.com; geovanisoareslima@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Ciências e Tecnologia (DCT), Universidade Federal Rural do Semi-árido. Centro Multidisciplinar de Caraúbas, BR 233, km 01, Sítio Esperança II, Zona rural, Caraúbas - RN, CEP 59780-000. E-mail: reginaldo.nobre@ufersa.edu.br

<sup>3</sup> Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, Jairo Vieira Feitosa, 1770, Pereiros, 58840-000, Pombal, Paraíba, Brasil. E-mail. genilsondiniz02@hotmail.com

### 1 RESUMO

Na região semiárida a baixa disponibilidade de água de boa qualidade tem se tornado um sério problema para expansão da agricultura, sendo necessário o uso de água com teores elevados de sais. Neste contexto, objetivou-se avaliar os índices fisiológicos e crescimento de clones de cajueiro submetidos à diferentes salinidades da água e aplicação exógena de prolina. O trabalho foi conduzido em condições de casa de vegetação em delineamento de blocos casualizados, distribuídos em fatorial 5 x 4 x 2, correspondente 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>), quatro concentrações de prolina - CP (0; 4; 8 e 12 mM) e dois clones de cajueiro (CCP 76 e Faga 11) com três repetições e duas plantas por parcela. A irrigação com água salina limita os índices fisiológicos dos porta-enxertos de cajueiro, no entanto, a CEa de até 2,3 dS m<sup>-1</sup> promoveu reduções aceitáveis de menos de 10% nestas variáveis. O clone CCP 76 se destacou apresentando maior alocação de fitomassa seca de folha. A aplicação de prolina na concentração de 7,4 mM promoveu maior alocação de fitomassa seca de caule dos porta-enxertos de cajueiro irrigados com águas salinas.

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale* L., escassez hídrica, atenuante

SOUZA, L. de P; NOBRE, R. G; GHEYI, H. R; FATIMA, R. T. de; LIMA, G. S. de; DINIZ, G. L.

PHYSIOLOGICAL INDICES AND GROWTH OF CASHEW CLONES UNDER SALT STRESS AND PROLINE APPLICATION

### 2 ABSTRACT

In the semi-arid region, the low availability of good quality water has become a serious problem for the expansion of agriculture, requiring the use of water with high levels of salts. In this context, this study aimed to evaluate the physiological indices and growth of cashew

clones subjected to different salinity of water and exogenous application of proline. The study was conducted under greenhouse conditions in a randomized block design, distributed in a factorial 5 x 4 x 2, corresponding to five levels of electrical conductivity of the water - ECw (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m<sup>-1</sup>), four proline concentrations - PC (0; 4; 8 and 12 mM) and two cashew clones (CCP 76 and Faga 11) with three replicates and two plants per plot. Irrigation with saline water limits the physiological indices of cashew rootstocks; however, ECw up to 2.3 dS m<sup>-1</sup> promoted acceptable reductions of less than 10% in these variables. Clone CCP 76 stood out with greater allocation of phytomass. The application of proline at a concentration of 7.4 mM promoted a greater allocation of stem dry phytomass of the cashew rootstocks irrigated with saline water.

**Keywords:** *Anacardium occidentale* L., water scarcity, mitigating

### 3 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) desempenha papel fundamental na economia da região semiárida brasileira, tornando essa região, a maior produtora de castanha, com área plantada em torno de 616.189 hectares, respondendo por cerca de 98,7% da produção nacional, destacando-se como os principais produtores, os estados do Ceará (42.597 toneladas), Rio Grande do Norte (33.912 toneladas) e Piauí (28.292 toneladas) (SUASSUNA et al., 2017).

As áreas cultivadas do semiárido nordestino estão sujeitas a escassez hídrica devido às elevadas temperaturas e irregularidade de precipitações pluviométricas, sendo comum a ocorrência de águas com elevados teores de sais (SERRANO et al., 2013), situação que geralmente força os produtores de mudas a utilizarem água de baixa qualidade na irrigação.

A salinidade do solo ocasionada pelo manejo inadequado das áreas agrícolas bem como uso de águas ricas em sais têm aumentado progressivamente os teores de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> na rizosfera acarretando em inibição do crescimento e afetando diretamente a produção dos cultivos (HOLANDA FILHO; SANTOS; AZEVEDO, 2011).

O uso destas águas na irrigação de culturas promove respostas distintas das plantas, dependendo do genótipo, fase de desenvolvimento das plantas, natureza catiônica e/ou aniônica da água e do tempo de exposição à salinidade, manejo de irrigação, condições edafoclimáticas entre outras (ALVARENGA et al., 2019).

Dessa forma, pesquisas com intuito de reduzir os danos causados pela salinidade às plantas sob condições de estresse salino, vêm estabelecendo importantes estratégias de cultivos e maior expressão econômica e social, uma vez que essas informações podem ser transmitidas aos produtores rurais (SILVA, 2016).

Em condições de estresse abiótico, o aminoácido prolina acumula-se nas plantas (LIMA et al., 2016) e ativa diversos mecanismos tais como ajustamento osmótico, inclusive, sem causar injúria aos tecidos vegetais, reserva de carbono e nitrogênio utilizada no crescimento para restabelecimento após estresse, desintoxicação do excesso de amônia, estabilizador de proteínas e membranas e eliminadores de radicais livres (PAULUS et al., 2010). Assim, o acúmulo de prolina pode elevar o grau de tolerância das plantas ao estresse salino.

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os índices fisiológicos e o crescimento de clones de cajueiro submetidos a diferentes níveis

salinos da água de irrigação e aplicação exógena de prolina.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida entre os meses de outubro e dezembro de 2017, em estufa agrícola, localizada no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), no município de Pombal (PB), situada nas coordenadas geográficas: 6°47'03" S, 37°49'15" W e altitude de 144 m.

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 4 x 2, 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>), quatro concentrações de prolina (0; 4; 8 e 12 mM), e dois clones de cajueiro anão-precoce (CCP 76 e Faga 11) com três repetições e duas plantas por parcela, totalizando 240 parcelas experimentais.

Devido à ausência de informações sobre a aplicação de prolina em cajueiro ou outra fruteira, no presente estudo utilizou-se a concentração de prolina (12 mM) que proporcionou maior crescimento do pimentão 'All Big', conforme observado no estudo desenvolvido por Lima et al. (2016).

Os níveis de condutividade elétrica da água foram baseados no estudo desenvolvido por Sousa, Bezerra e Farias (2011), que observaram inibição acentuada no crescimento de mudas de cajueiro BRS 274 e BSR 275 a partir do nível salino de 1,58 dS m<sup>-1</sup>.

O preparo das águas salinas foi realizado mediante adição dos sais de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio

(CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) e de magnésio (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), na água de abastecimento local (CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>), mantendo proporção equivalente de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de águas disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992), utilizando-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mg L<sup>-1</sup> = 640 x CEa) (RICHARDS, 1954; RHOADES et al., 2000).

Os clones de cajueiro anão-precoce utilizados no experimento foram o CCP 76, devido sua adaptabilidade a diferentes ambientes e à atratividade e qualidade do pedúnculo (VIDAL NETO et al., 2013) e o Faga 11 por ser recomendado para condições edafoclimáticas do semiárido Nordestino, além de apresentar características como elevada produção, castanhas grandes e pesadas (ALMEIDA, 2002).

A formação das mudas ocorreu em recipientes de polietileno, com capacidade de 1250 mL, tendo orifício na parte inferior para drenagem do excesso de água. O substrato foi preparado a partir de um Neossolo Flúvico Eutrófico (95%) + Esterco bovino curtido (5%); o solo foi coletado na camada de 0-0,20 m no Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado Várzeas de Sousa-PB. Após o preenchimento, os recipientes foram organizados em bancada metálica (cantoneira), a uma altura do nível do solo de 0,80 m a fim de possibilitar um melhor manejo da cultura.

As características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento (Tabela 1) foram determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG/Campina Grande, PB, conforme as metodologias propostas por Teixeira (2017).

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

Características químicas								
pH	P (mg kg <sup>-1</sup> )	.....(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ).....					CEes (dS m <sup>-1</sup> )	
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>		
7,00	0,30	0,30	0,14	3,50	1,70	0,00	0,70	
Características físicas								
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		Porosidade total %	Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	Dp
Areia	Silte	Argila		.....	dag kg <sup>-1</sup> .....			
767,30	161,60	71,10	FA	11,60	4,23	47,63	1,44	2,75

pH = pH da suspensão 1:2,5 substrato:água; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25 °C; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1M, pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1M, pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos utilizando-se CaOAc 0,5M, pH 7,0; AD – Água disponível; DS- Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

Após elevar o teor de umidade do solo ao nível correspondente à capacidade máxima de retenção de água, o semeio foi realizado colocando-se uma semente por recipiente. A semente foi inserida na posição vertical com base voltada para cima (ponto de inserção da castanha ao pedúnculo), na profundidade de aproximadamente 1 cm de solo, conforme recomendações da Embrapa - CNPAT (CAVALCANTI JÚNIOR; CHAVES, 2001).

A aplicação das águas salinas teve início aos 25 dias após o semeio (DAS), com turno de rega diário, realizada sempre às 17:00 h de forma manual utilizando-se uma proveta graduada, sendo a lâmina aplicada estimada pelo princípio de lisimetria de drenagem. Com o propósito de reduzir o acúmulo excessivo de sais no solo foi aplicada uma fração de lixiviação de 0,15 em intervalo de 10 dias.

A aplicação das concentrações de prolina também teve início aos 25 DAS, foram realizadas semanalmente em intervalos de 7 dias, totalizando seis aplicações conforme os tratamentos. As

distintas concentrações de prolina (4, 8 e 12 mM) foram preparadas em água de menor CEa (0,3 dS m<sup>-1</sup>) e aplicadas via pulverização foliar nas faces adaxial e abaxial, com um volume em média de 20 mL por planta, totalizando 600 mL por tratamento. Houve a eliminação de plantas que pudesse servir como hospedeiras de pragas e doenças nocivas à cultura, além da escaificação superficial do solo periodicamente.

Os efeitos dos distintos tratamentos foram avaliados aos 65 DAS, considerado como tempo médio necessário para as plantas estarem aptas a enxertia (SERRANO et al., 2013), foram mensurados: a relação altura da planta/diâmetro do caule (AP/DC), alocação de fitomassa seca de folha (AFSF), alocação de fitomassa seca caule (AFSC) e alocação de fitomassa seca raiz (AFSR) dos clones de cajueiro.

A alocação de fitomassa seca nos diferentes órgãos (folhas, caule e raiz) foi determinada conforme Benincasa (2003), Equação 1.

$$\text{Alocação de fitomassa órgão} = \text{MSórgão} / \text{MStotal} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

MSórgão - massa seca do órgão (folhas, caule e raiz)

MStotal - massa seca total

Avaliou-se ainda o índice de esclerofilia foliar (IEF) e o índice de

produção de fitomassa seca da parte aérea (IPFPA) através das Equações 2 e 3, respectivamente, conforme metodologia de Mantovani (1999) e Benincasa (2003).

$$\text{IEF} = (\text{FSF})/(\text{AF}) \quad (2)$$

Em que:

IEF - índices de esclerofilia -  $\text{g m}^{-2}$ ;

FSF - fitomassa seca de folha; e

AF - área foliar;

$$\text{IPFPA} = (\text{FSPA})/(\text{FST}) \quad (3)$$

Em que:

IPFPA - índice de produção de fitomassa seca da parte aérea;

FSPA - fitomassa seca parte aérea; e

FST - fitomassa seca total.

Outrossim, determinou-se a razão de massa foliar (RMF) obtida conforme a Equação 4.

$$\text{RMF} = (\text{FSF})/(\text{FST}) \quad (4)$$

Em que:

RMF - Razão de massa das folhas,  $\text{g g}^{-1}$ ;

FSF - fitomassa seca de folha; e

FST - fitomassa seca total.

Os dados foram avaliados mediante análise de variância, pelo teste F (0,01 e 0,05 de probabilidade) nos casos de efeito significativo realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator salinidade da água e concentrações de prolina e teste de média (Tukey) para os clones de cajueiro, utilizando-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores concentrações de prolina e clones de cajueiro apenas para a alocação de fitomassa seca de raiz (AFSR) (Tabela 2). A salinidade da água influenciou significativamente as alocações de fitomassa seca de folha (AFSF) e de caule (AFSC) e, a concentração de prolina isoladamente também influenciou a AFSF, AFSC e AFSR, enquanto os clones de cajueiro afetaram significativamente todas as variáveis (Tabela 2) aos 65 dias após o semeio (DAS).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para relação altura de planta/diâmetro do caule (AP/DC), alocação de fitomassa seca de folha (AFSF), caule (AFSC) e raiz (AFSR) de clones de cajueiro irrigados com águas salinas e aplicação de prolina aos 65 dias após o semeio

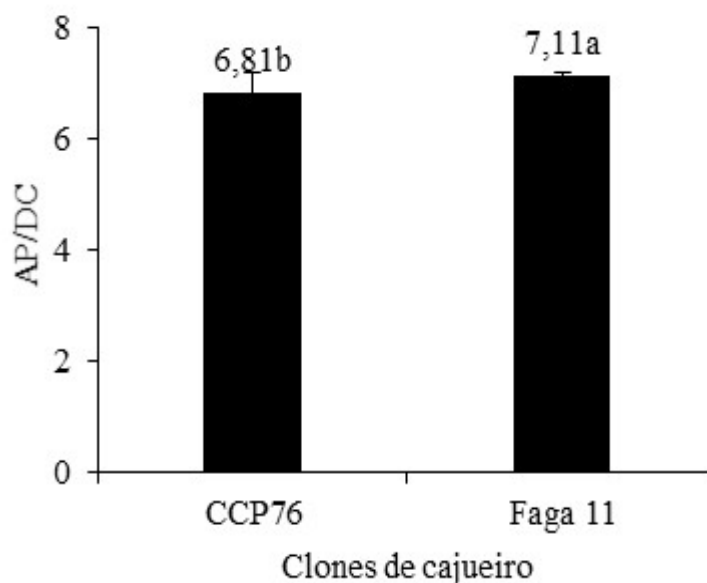
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		AP/DC	AFSF	AFSC	AFSR
Níveis salinos (NS)	4	1,07 <sup>ns</sup>	73,73 <sup>**</sup>	24,64 <sup>*</sup>	81,67 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	1,53 <sup>ns</sup>	196,07 <sup>**</sup>	49,77 <sup>*</sup>	48,22 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	0,69 <sup>ns</sup>	19,07 <sup>ns</sup>	24,30 <sup>ns</sup>	86,31 <sup>ns</sup>
Prolina (P)	3	0,09 <sup>ns</sup>	34,10 <sup>*</sup>	86,65 <sup>**</sup>	19,29 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	0,23 <sup>ns</sup>	41,41 <sup>*</sup>	100,65 <sup>**</sup>	12,91 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	0,01 <sup>ns</sup>	44,43 <sup>*</sup>	158,44 <sup>**</sup>	35,08 <sup>**</sup>
Clones (C)	1	2,76 <sup>**</sup>	60,984 <sup>**</sup>	1193,41 <sup>**</sup>	97,07 <sup>**</sup>
Interação (NS x P)	12	2,27 <sup>ns</sup>	69,12 <sup>ns</sup>	100,04 <sup>ns</sup>	42,39 <sup>ns</sup>
Interação (NS x C)	4	0,73 <sup>ns</sup>	17,68 <sup>ns</sup>	61,09 <sup>ns</sup>	24,57 <sup>ns</sup>
Interação (P x C)	3	0,58 <sup>ns</sup>	20,17 <sup>ns</sup>	79,89 <sup>ns</sup>	41,18 <sup>**</sup>
Interação (NS x P x C)	12	1,65 <sup>ns</sup>	69,88 <sup>ns</sup>	41,37 <sup>ns</sup>	45,47 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,39 <sup>ns</sup>	12,91 <sup>ns</sup>	4,52 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>
CV (%)		8,39	6,36	8,72	8,75

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

Observando a Figura 1 nota-se que o clone de cajueiro Faga 11 diferiu estatisticamente do CCP 76, sendo a relação altura de planta/diâmetro do caule superior em 4,40% em relação ao clone CCP 76. A menor relação AP/DC do clone CCP76 é de

suma importância em estudos sobre a formação de porta-enxertos, uma vez que o DC é considerado uma das características mais importantes em porta-enxertos no momento da enxertia (SOUZA et al., 2015).

**Figura 1.** Relação altura de plantas/diâmetro do caule - AP/DC de clones de cajueiro irrigado com águas salinas e aplicação de prolina aos 65 dias após o semeio.

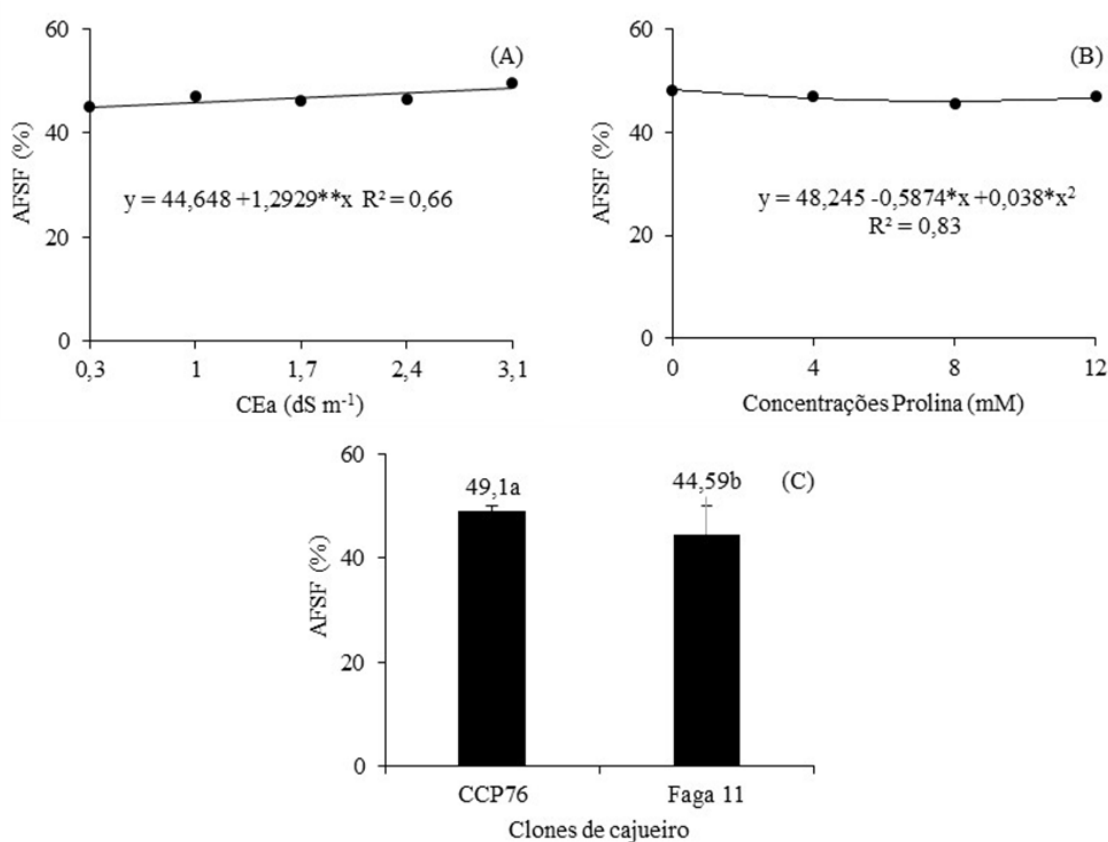


Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os clones pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A salinidade da água proporcionou aumento linear de 2,89% por incremento unitário de salinidade, na alocação de fitomassa seca de folha de porta-enxertos de cajueiro (Figura 2A), ou seja, as plantas submetidas a maior CEa (3,1 dS m<sup>-1</sup>) aumentaram 8,10% em relação ao controle (CEa=0,3 dS m<sup>-1</sup>), demonstrando que

ocorreu menor exportação de fitomassa para folha (considerada o centro de produção) quando comparada as demais partes da planta. À medida que a salinidade da água de irrigação aumentou, houve maior exportação de assimilados da folha para outros órgãos da planta (XAVIER et al., 2014).

**Figura 2.** Alocação de fitomassa seca de folha – AFSF em função da irrigação com águas salinas- CEa (A), concentrações de prolina (B) e clones de cajueiro (C), aos 65 dias após semeio.



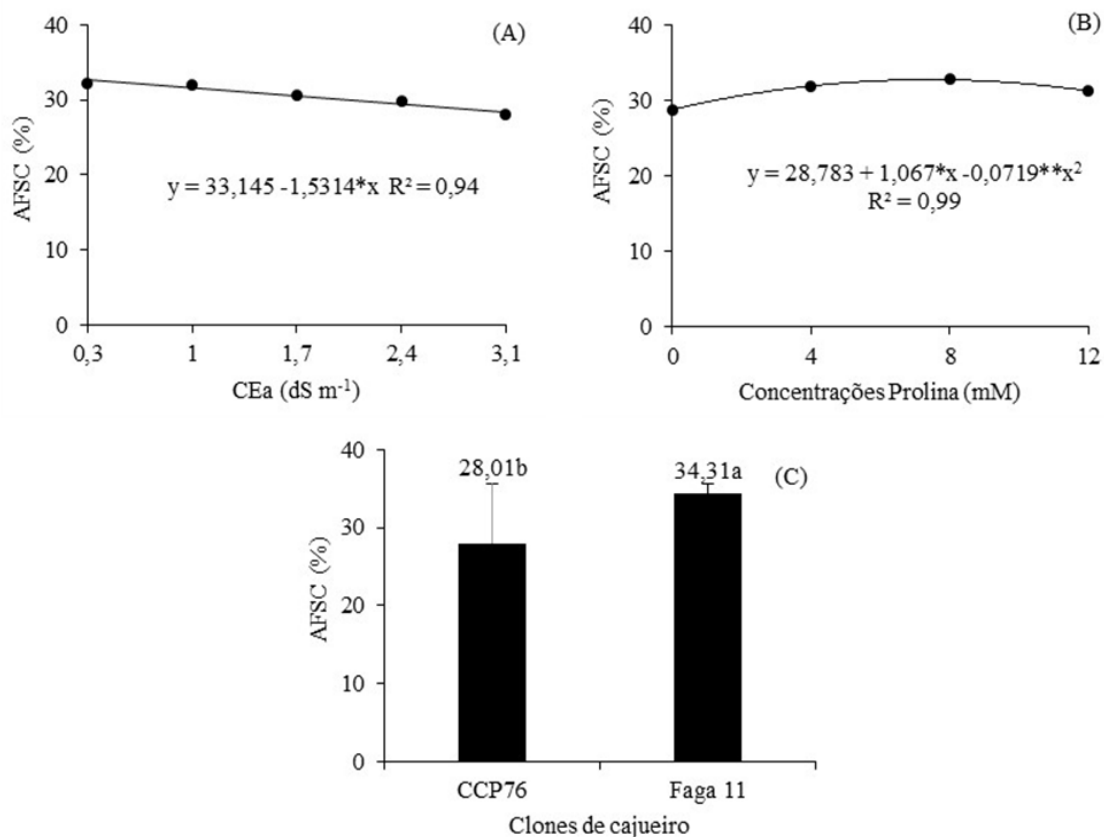
Mé  
0,0: ,

p <

A aplicação foliar com diferentes concentrações de prolina proporcionaram efeito quadrático sobre a AFSF (Figura 2B) e AFSC (Figura 3B) aos 65 DAS, de acordo com as equações de regressão, os valores máximos de 48,24% (AFSF) e 32,74% (AFSC) foram atingidos nas plantas

submetidas às concentrações de 0 e 7,4 mM, respectivamente. A diminuição na AFSC (Figura 3A) pode ser um reflexo do declínio na assimilação de CO<sub>2</sub> em decorrência do incremento na concentração de prolina fornecido via foliar (MONTEIRO et al., 2014).

**Figura 3.** Alocação de fitomassa seca do caule – AFSC em função da irrigação com águas salinas - CEa (A), concentrações de prolina (B) e clones de cajueiro (C) aos 65 dias após semeio



Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os clones pelo teste de Tukey ( $p < 5\%$ )

Para a AFSF (Figura 2C), o clone CCP 76 apresentou superioridade de 9,18% em relação ao clone Faga 11. Entretanto, para AFSC (Figura 3C) observa-se um comportamento contrário, sendo o clone Faga 11 superior ao CCP 76 em 22,49%. Desta forma, o clone CCP 76 se destacou em crescimento, talvez por proporcionar maior entrada de  $\text{CO}_2$  nas câmaras subestomáticas (WEHR et al., 2017).

A alocação de fitomassa seca do caule reduziu linearmente em resposta ao aumento dos níveis salinos na água de irrigação, verificando-se redução de 4,62%, por aumento unitário da salinidade, e uma perda total de 12,93% nas plantas irrigadas com água de salinidade de  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ , em comparação com aquelas cultivadas sob o

menor nível de CEa (Figura 3A). Correspondendo a uma redução de 10% quando utilizou-se água de CEa de  $2,81 \text{ dS m}^{-1}$ . A redução da alocação de fitomassa é consequência da redução da taxa fotossintética e do desvio de energia destinada ao crescimento para a ativação e manutenção de atividade metabólica associada à adaptação à 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 e dentro das células (XAVIER et al., 2014).

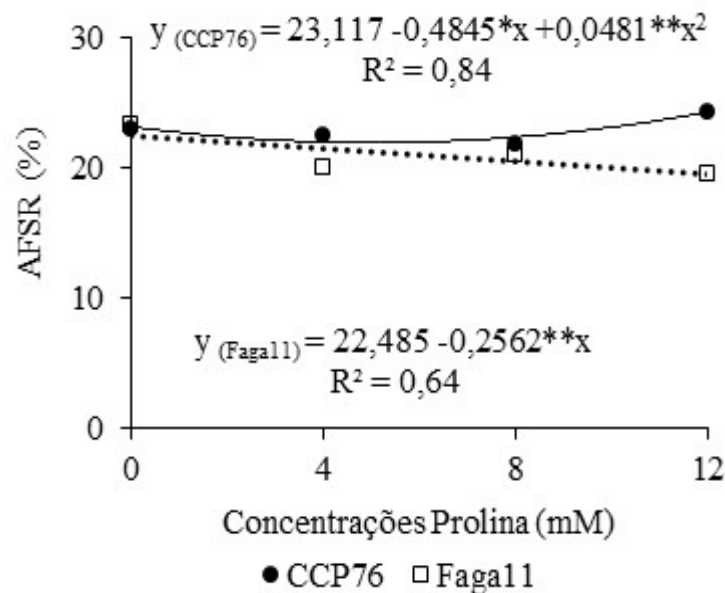
Com relação à AFSR em função da interação entre concentrações de prolina e clones de cajueiro (Figura 4), verificou-se



conforme equação de regressão, que o maior valor na AFSR (24,22%) no clone CCP 76 foi obtido quando a concentração de prolina de 12 mM foi aplicada aos 65 DAS. Para o clone Faga 11 (Figura 4) verificou-se redução linear na AFSR, onde as plantas que receberam a maior concentração de prolina (12 mM) apresentaram diminuição de 13,67% em relação às plantas do tratamento testemunha (0 mM). Segundo Araújo et al. (2017), decréscimos na alocação de fitomassa são

ocasionados pela diminuição da fotossíntese, bem como do redirecionamento da energia que seria utilizada para o crescimento, para outras atividades metabólicas relacionadas com a aclimação ao estresse sofrido pelo clone de cajueiro, como por exemplo, a manutenção da estabilidade das membranas, produção de solutos orgânicos e controle no transporte e distribuição dos íons.

**Figura 4.** Alocação de fitomassa seca de raiz – AFSR em função da interação entre concentrações de prolina e clones de cajueiro irrigado com águas salinas aos 65 dias após semeio



Verifica-se interação significativa entre as concentrações de prolina x clones de cajueiro para o índice de produção de fitomassa seca da parte aérea (Tabela 3). Os fatores níveis salinos, concentrações de prolina e clones de cajueiro afetaram de

forma isolada a razão de massa de folhas. Já o índice de esclerofilia foi influenciado de forma significativa pelos fatores níveis salinos e concentrações de prolina de forma isolada.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para índice de produção de fitomassa seca da parte aérea (IPFPA), razão de massa de folhas (RMF) e índice de esclerofilia (IEF) de clones de cajueiro irrigados com águas salinas e concentrações de prolina aos 65 dias após o semeio.

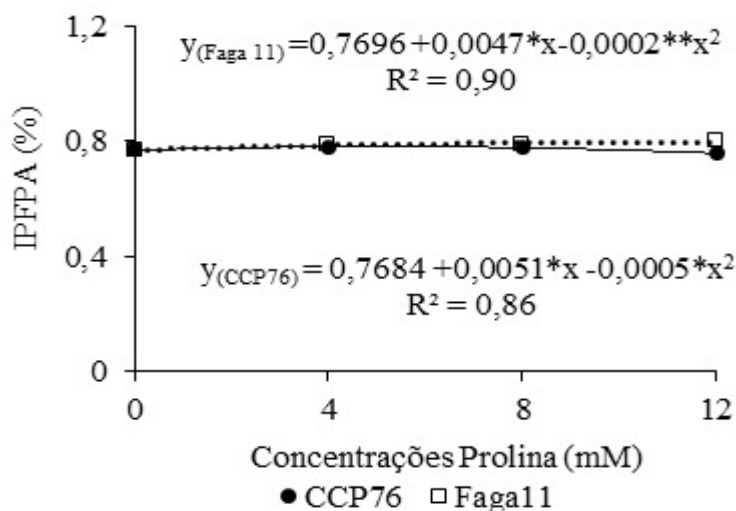
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio		
		IPFPA	RMF	IEF
Níveis salinos (NS)	4	0,007 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>**</sup>	0,00002 <sup>*</sup>
Reg. Linear	1	0,004 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>**</sup>	0,00007 <sup>*</sup>
Reg. Quadrática	1	0,009 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,000007 <sup>ns</sup>
Prolina (P)	3	0,001 <sup>*</sup>	0,003 <sup>*</sup>	0,00002 <sup>*</sup>
Reg. Linear	1	0,001 <sup>*</sup>	0,003 <sup>*</sup>	0,00004 <sup>*</sup>
Reg. Quadrática	1	0,003 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,000008 <sup>*</sup>
Clones (C)	1	0,01 <sup>**</sup>	0,05 <sup>**</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>
Interação (NS x P)	12	0,004 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,00004 <sup>ns</sup>
Interação (NS x C)	4	0,002 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>
Interação (P x C)	3	0,004 <sup>**</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>
Interação (NS x P x C)	12	0,004 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,0002 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	8x10 <sup>-7</sup> <sup>ns</sup>
CV (%)		2,44	6,48	22,09

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

As concentrações de prolina exerceram efeito quadrático sobre o índice de produção de fitomassa seca da parte aérea (Figura 5) dos clones de cajueiro Faga 11 e CCP 76, com incremento em função das concentrações de prolina aplicadas via foliar, com valor máximo estimado (0,79%) obtido nas plantas que receberam 12 mM

(Faga 11) e 4,8 mM (CCP 76) correspondendo a 0,78% de IPFPA. Este incremento pode ter relação com o fato das folhas nos maiores níveis serem mais grossas e com menor flexibilidade, uma forma de adaptação para resistir ao efeito negativo proporcionado pela aplicação de prolina (SANTOS et al., 2016).

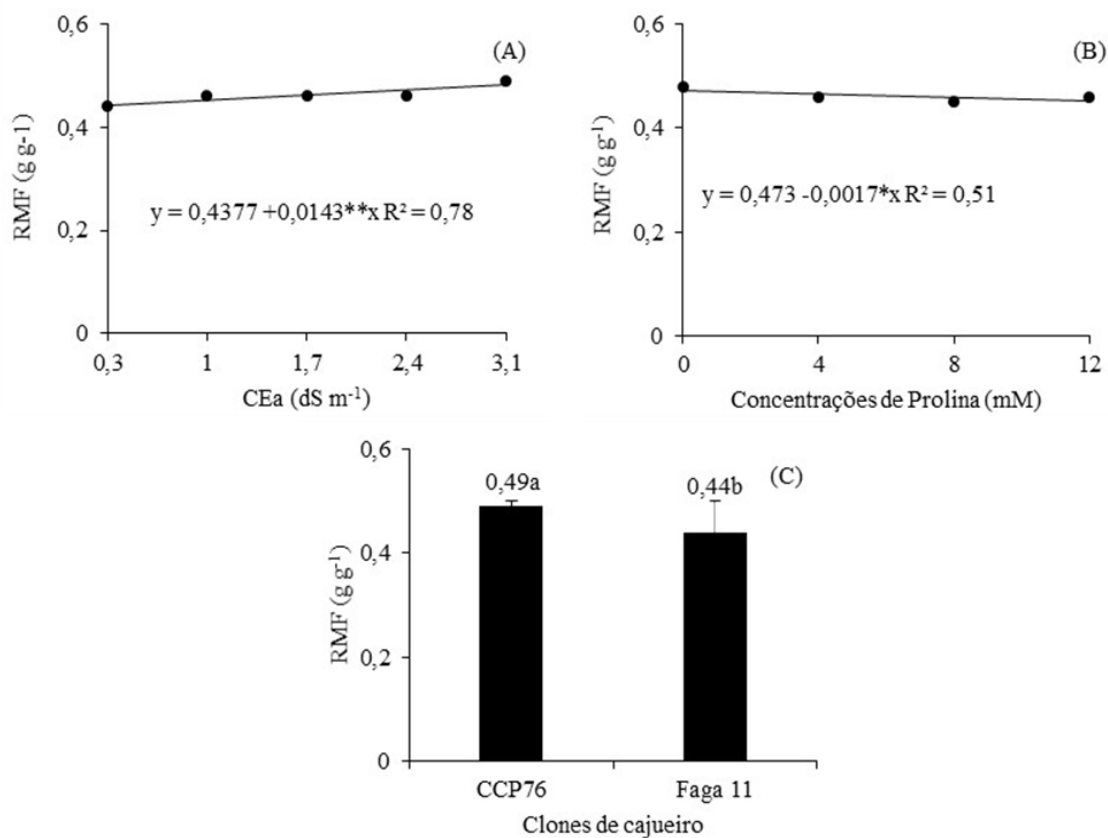
**Figura 5.** Índice de produção de fitomassa seca da parte aérea – IPFPA em função da interação entre concentrações de prolina e clones de cajueiro irrigados com águas salinas aos 65 dias após semeio



A razão de massa foliar (RMF) cresceu à medida que se elevou a salinidade da água de irrigação (Figura 6A), sendo o aumento de 3,27% por incremento unitário da CEa, ou seja, as mudas irrigadas com condutividade elétrica de 3,1 dS m<sup>-1</sup> obtiveram aumento de 9,14% em relação as que estavam submetidas à CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. O comportamento ocorrido nesta

pesquisa pode estar relacionado a um maior gasto de energia pela planta para aumentar a concentração de íons e metabolitos secundários no seu interior e assim reduzir o seu potencial hídrico a valores inferiores ao encontrado no solo, o que ocasionou uma elevação na quantidade de água em seu interior (SHELDON et al., 2017).

**Figura 6.** Razão de massa foliar – RMF em função dos níveis salinos (A), concentrações de prolina (B) e clones de cajueiro (C) irrigados com águas salinas - CEa, 65 dias após semeio



Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os clones pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Para a RMF (Figura 6B), verificou-se decréscimo de 0,35% por incremento unitário da prolina aos 65 DAS. A RMF foi prejudicada pelo incremento nas concentrações de prolina, atingindo um decréscimo de 4,31% na maior concentração de prolina (12 mM) em

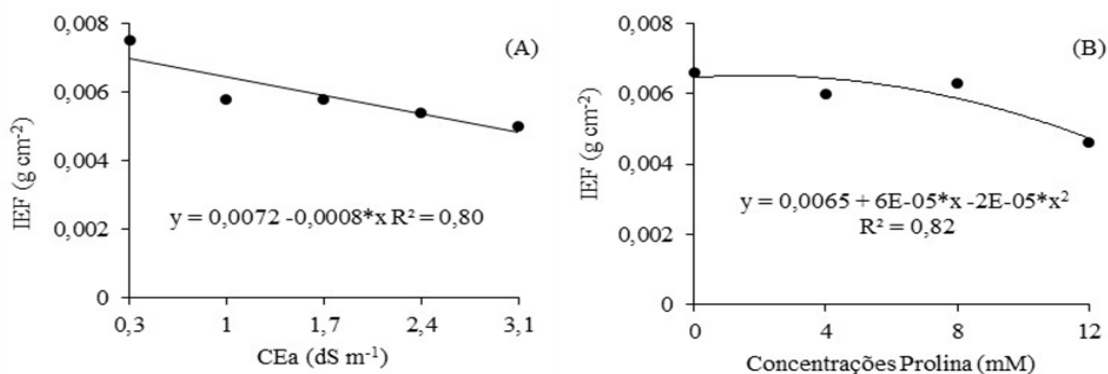
relação ao tratamento controle. Segundo Lima et al. (2016) concentrações elevadas de prolina aplicadas via foliar podem proporcionar efeitos deletérios sobre as plantas, visto que podem provocar provavelmente alterações no pH citosólico e no estado redox.

Os clones de cajueiro diferiram significativamente entre si, sendo o clone CCP 76 estatisticamente superior ao Faga 11 em termos de RMF aos 65 DAS (Figura 6C). Engineer et al. (2016) afirmaram que uma elevada razão de massa foliar pode correlacionar-se com o melhor rendimento da cultura, assim uma baixa adaptação pode resultar em rendimentos abaixo do ideal.

O índice de esclerofilia (IEF) reduziu linearmente com o incremento da salinidade da água, apresentando um índice

de  $0,0047 \text{ g cm}^{-2}$  quando as plantas foram submetidas à CEa de  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ , ou seja, redução de 31,11% ( $0,0022 \text{ g cm}^{-2}$ ) em comparação com as plantas submetidas ao menor nível de salinidade (Figura 7A). Ao irrigar com CEa de  $1,17 \text{ dS m}^{-1}$ , observa-se uma redução de 10% no IEF. O índice de esclerofilia indica a quantidade de massa seca por unidade de área, assim a redução neste índice demonstra que a irrigação com água salina reduziu a espessura do limbo foliar (FURTADO et al., 2013).

**Figura 7.** Índice de esclerofilia – IEF em função dos níveis salinos – CEa (A) e concentrações de prolina (B) aos 65 dias após semeio



O índice de esclerofilia (IEF) ajustou-se melhor ao modelo de regressão quadrática (Figura 7B), sendo o valor máximo estimado ( $0,0065 \text{ g cm}^{-2}$ ) alcançado nas plantas que foram pulverizadas com  $1,6 \text{ mM}$  de prolina, reduzindo a partir desta concentração e obtendo o menor valor sob  $12 \text{ mM}$ . O declínio no IEF pode ser atribuído ao incremento da prolina devido à intensificação do efeito deletério desta sobre o índice de esclerofilia.

## 6 CONCLUSÃO

A irrigação com água salina limita os índices fisiológicos dos porta-enxertos de cajueiro, no entanto, água com CEa de até  $2,3 \text{ dS m}^{-1}$  pode ser utilizada, pois promove reduções aceitáveis de 10% nestas variáveis. O clone CCP 76 se destacou ao apresentar maior alocação de fitomassa. A aplicação de prolina na concentração de  $7,4 \text{ mM}$  promoveu maior alocação de fitomassa seca de caule nos porta-enxertos de cajueiro irrigados com águas salinas.

## 7 REFERÊNCIA

- ALMEIDA, F. A. G. Sucesso do cajueiro anão: clones de castanhas grandes e pesadas geneticamente desenvolvido para a indústria. *In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, 9.; FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 9., 2002, Fortaleza. Anais [...].* Fortaleza: Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria, 2002. p. 1-6.
- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciência Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 194-205, 2019.
- ARAÚJO, R. P. S.; SILVA, E. C. A.; SANTOS, C. A.; PACHECO, C. M.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência da salinidade no crescimento inicial de mudas de *Jatropha curcas* L. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 8, n. 1, p. 55-62, 2017.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; CHAVES, J. C. M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 43 p. (Documentos, 42).
- ENGINEER, C. B.; HASHIMOTO-SUGIMOTO, M.; NEGI, J.; ISRAELSSON-NORDSTRÖM, M.; AZOULAY-SHEMER, T.; RAPPEL, W. J.; SCHROEDER, J. I. CO<sub>2</sub> sensing and CO<sub>2</sub> regulation of stomatal conductance: advances and open questions. **Trends in Plant Science**, London, v. 21, n. 1, p. 16-30, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FURTADO, G. F.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; ANDRADE, E. M. G.; GUERRA, H. O. C. Physiological changes in cowpea under saline water and nitrogen fertilization. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.
- HOLANDA FILHO, R. S. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 60-66, 2011.
- LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 4, p. 513-522, 2016.
- MANTOVANI, A. Leaf morpho-physiology and distribution of epiphytic aroids along a vertical gradiente in a Brazilian rain forest. **Selbyana**, Sarasota, v. 20, n. 2, p. 241-249, 1999.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. 1992. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

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**, Brasília, DF, v. 49, n. 4, p. 18-25, 2014.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2010.

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

RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: USDA, 1954. 166 p. (Agriculture Handbook, 60).

SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, J. C. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 4, p. 509-516, 2016.

SERRANO, L. A. L.; MELO, D. S.; TANIGUCHI, C. A. K.; VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTE JÚNIOR, L. F.; Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 9, p. 1237-1245, set. 2013.

SHELDON, A. R.; DALAL, R. C.; KIRCHHOF, G.; KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W. The effect of salinity on plant-available water. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 418, n. 1-2, p. 477-491, 2017.

SILVA, W. C. **Respostas do feijão-caupi à diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SOUSA, A. B. O.; 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**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 390-394, 2011.

SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; SOUSA, F. F.; SILVA, I. A. Desenvolvimento de porta-enxerto de goiabeira sob irrigação com água salinizadas e doses de nitrogênio. **Revista Verde Agroecologia Desenvolvimento**, Mossoró, v. 10, n. 2, p. 176-182, 2015.

SUASSUNA, C. F.; FERREIRA, N. M.; SÁ, F. V. S.; BERTINO, A. M. P.; MESQUITA, E. F.; PAIVA, E. P.; JESUS, E. P.; BERTINO, A. M. P. Substratos e ambientes para produção de mudas de cajueiro anão precoce. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 33, p. 197-209, 2017.

VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. (ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 481-508.

XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; SOUSA, J. R. M.; SOARES, L. A. A. Irrigação com água salina e adubação com nitrogênio no cultivo do feijão-caupi. **Revista Verde Agroecologia Desenvolvimento**, Mossoró, v. 9, n. 3, p. 131-136, 2014.

WEHR, R.; COMMANE, R.; MUNGER, J. W.; MCMANUS, J. B.; NELSON, D. D.; ZAHNISER, M. S.; WOFSY, S. C. Dynamics of canopy stomatal conductance, transpiration, and evaporation in a temperate deciduous forest, validated by carbonyl sulfide uptake. **Biogeosciences**, Innsbruck, v. 14, n. 2, p. 389-401, 2017.