

ESTADO NUTRICIONAL DE *CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS* SOB SOLOS SALINIZADOS E ESTRESSE HÍDRICO

NUTRITIONAL STATUS OF *CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS* UNDER SALINE SOILS AND WATER STRESS

Francisco de Oliveira Mesquita¹
 Jailma dos Santos de Medeiros²
 Evandro Franklin de Mesquita³
 Rafael Oliveira Batista⁴
 Alexandre Pereira de Bakker⁵
 Lara Almeida Roque⁶
 Rodrigo Santana Macedo⁷
 Erika Alves Graciano de Vasconcelos⁸

RESUMO

A salinidade do solo é comum, principalmente em áreas cultivadas, em regiões semiáridas no nordeste brasileiro que, aliado a longos períodos de estiagem, são responsáveis pela desertificação nessas áreas, favorecendo a degradação ambiental do solo frente às diversas condições adversas do ambiente salino, visto que, sob certas circunstâncias, torna-se difícil e/ou economicamente inviável manter baixo nível de salinidade no solo quando a água é salina e não temos uma alternativa sustentável ecologicamente. Apesar disso, algumas plantas invasoras como a *C. madagascariensis*, podem apresentar resistência à essas condições adversas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o estado nutricional de *C. madagascariensis* sob dois tipos de solos, salinidade do solo e diferentes regimes hídricos, no semiárido nordestino. O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC), com esquema fatorial de 4 x 4 x 2, correspondente à quatro níveis de salinidade do solo (0,3; 1,0; 2,0 e 4,0 dS m⁻¹), quatro teores de umidade (20% da CC; 40% da CC; 70% da CC e 110% da CC) e dois tipos de solos (Neossolo Flúvico e Vertissolo), com 4 repetições, totalizando 128 amostras experimentais, conduzido em casa de vegetação, no semiárido nordestino. A salinidade do solo influenciou de forma

¹ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Núcleo de solos. Campina Grande – PB. Brasil. mesquitaagro@yahoo.com.br

² Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia-PB. Brasil. jailma@bol.com.br

³ Professor e Pesquisador pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. elmesquita4@pq.cnpq.br

⁴ Professor Assistente pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). rafaelbatista@ufersa.edu.br

⁵ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Núcleo de solos. Campina Grande – PB. Brasil. alexandre.bakker@insa.gov.br;

⁶ Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal – PB. yara.roque.sb@gmail.com

⁷ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Núcleo de solos. Campina Grande – PB. Brasil. rodrigo.macedo@insa.gov.br;

⁸ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Núcleo de solos. Campina Grande – PB. Brasil. erikagraciano@gmail.com

negativa a qualidade ambiental dos solos, refletindo diretamente no meio ambiental pois, conforme resultados, as plantas jovens de *C. madagascariensis* ficam desequilibradas nutricionalmente com o aumento da salinidade e umidade simultaneamente nos dois tipos de solos estudados, ocasionando desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção, mas sem prejudicar o crescimento da espécie, sendo assim, a salinidade do solo pode ser um indicativo de degradação ambiental como desertificação, erosão do solo, perda de parte da vegetação entre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinvasora; nutrição mineral; salinização; estresse hídrico.

ABSTRACT

*Soil salinity is common, especially in cultivated areas, in semiarid regions in northeastern Brazil, what, combined with long periods of drought, are responsible for desertification in these areas, favoring the environmental degradation of the soil in the face of several adverse conditions of the saline environment, since, under certain circumstances, it becomes difficult and/or economically unfeasible to maintain a low level of salinity in the soil when the water is saline and we do not have an ecologically sustainable alternative. Despite this, some invasive plants such as *C. madagascariensis*, may be resistant to these adverse conditions. In this sense, the objective was to evaluate the nutritional status of *C. madagascariensis* under two types of soil, soil salinity and different water regimes, in semiarid region of northeastern Brazil. The experiment was conducted in randomized blocks (DBC), with a factorial scheme of 4 x 4 x 2, corresponding to four levels of soil salinity (0.3; 1.0; 2.0 and 4.0 dS m⁻¹), four moisture contents (20% of CC; 40% of CC; 70% of CC and 110% of CC) and two types of soils (Fluvic Neosol and Vertisol), with 4 replications, totaling 128 experimental samples, conducted in a greenhouse, in northeastern semiarid region. Soil salinity negatively influenced the environmental quality of soils, directly reflecting on the environment because, according to results, *C. madagascariensis* young plants were nutritionally unbalanced with the increase of salinity and soil moisture simultaneously in the two types of soil studied, causing nutritional imbalance caused by disturbances in absorption, but without harming the growth of species, therefore, soil salinity can be an indication of environmental degradation such as desertification, soil erosion, loss of part of the vegetation, among others.*

KEYWORDS: Bioinvasive; mineral nutrition; salinization; hydrical stress.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne pertence à família Apocynaceae e é endêmica das Ilhas de Madagascar, sendo considerada uma espécie altamente invasora no Havaí, Austrália e Brasil (ANSELMO et al., 2010). Essa

bioinvasora é conhecida como unha do cão, dedo do diabo, viuvinha, comum na região Nordeste do Brasil.

No contexto da Caatinga e ecossistemas associados diversas espécies já são consideradas invasoras que causam graves problemas, dentre estas, destacam-se *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (ANDRADE et al., 2010); *Parkinsonia aculeata* L. (COCHARD & JACKES, 2005), *Calotropis procera* (Ait.) R. Br., *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., *Sporobolus indicus* (L) R. Br e inclusive a espécie *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne (MEDEIROS et al., 2019), sendo constatados sérios danos sobre a vegetação onde elas se estabelecem. É neste contexto que se encontra a Caatinga nordestina, composta por formações estacionárias arborea-arbustivas, algumas delas com fisionomia de savana, com temperatura elevada responsável pela acentuada evapotranspiração potencial (YANG et al., 2011). Entre os biomas brasileiros, a Caatinga se destaca por apresentar uma vegetação bastante heterogênea (ANDRADE et al., 2010) e está inserido entre os biomas mais degradados pela ação humana (MMA, 2002).

Em regiões semiáridas algumas espécies vegetais, dentre estas, algumas invasoras toleram maior grau de salinidade do solo, como, por exemplo, *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) (MEDEIROS et al., 2018) e *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton (Apocynaceae). Estas regiões adversas, apresentam baixos regimes pluviométricos, com chuvas irregulares durante e entre os anos, com predominância de solos poucos intemperizados como os Neossolos Flúvicos e os Vertissolos, o que favorece ao desenvolvimento da salinidade (PEDROTTI et al., 2015).

O Neossolo Regolítico é comum nas regiões agrestes (de transição climática) e em áreas interiores do Semiárido, sobre sedimentos residuais de chapadas onde são muito utilizados com agricultura. O Vertissolo são solos com argila expansiva muito ativa rica em nutrientes e que quando seco apresentam fendas que chega a superfície, ocorrem normalmente em áreas planas e em várzeas.

A resposta das plantas ao déficit hídrico varia de acordo com a espécie, intensidade e genética da planta, podendo provocar diversas alterações morfofisiológicas, como diminuição da turgescência e redução no tamanho das folhas, bem como do crescimento de células, sínteses de parede celular. O metabolismo do nitrogênio e clorofila pode ser afetado (OLIVEIRA et al., 2014). Nesse tipo de condição, os vegetais

acionam mecanismos fisiológicos que lhe permitem escapar ou tolerar essa condição abiótica (BIRK et al., 2010).

As plantas invasoras possuem alta capacidade de crescimento, dispersão, maior número de sementes, alta taxa de germinação, sendo capazes de modificar a composição, estrutura ou função do ecossistema (HULME et al., 2012). Características como resistência à seca, a alagamento e mesmo a locais com alta salinidade fazem dessa espécie uma invasora com alta capacidade de proliferar em diversos ecossistemas. Mesmo em locais com pouca disponibilidade de luz, *C. madagascariensis* pode modificar sua forma de crescimento e translocação de biomassa para se adaptar ao ambiente (BRITO et al., 2015).

O excesso de sais dissolvidos em soluções causa além dos problemas relacionados aos potenciais osmóticos, mudanças no equilíbrio iônico, danos moleculares, celulares e alterações no crescimento (TAIZ et al., 2017), interferindo na permeabilidade das membranas e absorção de nutrientes, na atividade de várias enzimas e no funcionamento do aparelho fotossintético (SUCRE & SUÁRES, 2011), causando distúrbios funcionais e injúrias em plantas devido aos efeitos de toxicidade iônica específica (DIAS & BLANCO, 2010).

A espécie *C. madagascariensis* tem sido introduzida em projetos paisagísticos no Brasil, devido a resistência da espécie sob condições adversas e a existência de regiões ecologicamente favoráveis ao seu desenvolvimento principalmente regiões semiáridas do Nordeste em áreas alagadas temporariamente com água doce e salobra.

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações na composição nutricional de *C. madagascariensis* sob dois tipos de solos (Neossolo Flúvico e Vertissolo) com diferentes níveis de salinidade e déficit hídrico, em ambiente protegido (casa de vegetação), no semiárido nordestino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de ambiente de telado, durante o período de agosto de 2016 a janeiro de 2017, no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA), Centro de Ciências Agrárias (CCA) – *Campus II* – da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, nas coordenadas geográficas

6°57'58,2" S, 35° 42' 56,6" O, altitude de 518 m, onde está inserido na Microrregião do Brejo Paraibano.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (BDC), com esquema fatorial triplo 4 x 4 x 2 referentes a quatro de salinidade do solo (0,3; 1,0; 2,0 e 4,0 dS m⁻¹), quatro umidades do solo (20% da CC; 40% da CC; 70% da CC e 110%) e dois tipos de solos (*Vertissolo* e *Neossolo Flúvico*), com 4 repetições e uma planta por parcela, totalizando 128 amostras experimentais. A determinação das umidades do solo estudadas foi realizada conforme estudos realizados por Medeiros et al. (2019).

Os substratos utilizados no experimento constituíram-se de um *Vertissolo* de textura Franco argilo-siltoso e de um *Neossolo Flúvico* de textura Areia Franca, ambos sem correção de pH e sem adição de fertilizantes ou matéria orgânica, cuja as características químicas e físicas destes solos em estudo são apresentados abaixo conforme metodologia proposta por Embrapa (2013) e referentes à salinidade do extrato de saturação conforme Richards (1954), estão apresentadas na tabela 1:

Tabela 1. Propriedades físicas, químicas e atributos de salinidade do *Vertissolo* e do *Neossolo Flúvico* coletados nos municípios de Alagoa Grande-PB e Algodão de Jandaíra-PB, respectivamente, referente à profundidade de 0 - 20 cm. Areia-PB, 2017.

Atributos Físicos		
	Vertissolo	Neossolo
Areia (g kg ⁻¹)	370	872
Silte (g kg ⁻¹)	283	85
Argila (g kg ⁻¹)	347	43
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,59	1,75
Densidade da partícula (kg dm ⁻³)	2,65	2,80
Porosidade total (m ³ m ⁻³)	2,80	37,5
Classificação textural	Franco Argilo Siltoso	Areia Franca
Atributos da Fertilidade		
	Vertissolo	Neossolo
pH (1:2,5 água)	6,10	6,88
P (mg dm ⁻³)	11,0	174
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	9,15	3,25
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	13,15	1,5
K ⁺ (mg dm ⁻³)	0,30	0,49
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,43	0,31

SB (cmol _c dm ⁻³)	22,73	5,55
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	0
(H ⁺ +Al ³⁺) (cmol _c dm ⁻³)	4,06	0,5
CTC (cmol _c dm ⁻³)	26,79	6,05
V (%)	84,85	91,74
MOS (g kg ⁻¹)	20,02	7,7

Atributos da Salinidade

	Vertissolo	Neossolo
CEes (dSm ⁻¹)	0,79	0,49
pH	5,83	7,05
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,25	1,87
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,75	4,00
K ⁺ (mg dm ⁻³)	0,53	0,88
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	11,94	5,41
Cl ⁻ (cmol _c dm ⁻³)	6,75	5,75
CO ₃ ²⁻ (cmol _c dm ⁻³)	0	0

Atributos da Salinidade

	Vertissolo	Neossolo
HCO ₃ ⁻ (cmol _c dm ⁻³)	4,06	0,5
SO ₄ ²⁻ (cmol _c dm ⁻³)	-	-
RAS	8,47	3,84
PST%		
PSI	10,11	4,23

Dados médios coletados aos 153 dias após a emergência.

Os solos foram coletados na profundidade de 0-20 cm, sendo a coleta do Vertissolo realizada na propriedade agrícola do Senhor Severino Cruz do município de Alagoa Grande-PB, nas coordenadas geográficas 07° 05' 20''S, 35° 38' 06'' O e altitude média de 143 metros e o Neossolo Flúvico na área agrícola situado na Gruta Funda do município de Algodão de Jandaira - PB, nas coordenadas 06°51'11,3''S, 35°55'51,5''W e altitude média de 407 ± 3 m. Ambos os solos estavam sob invasão de outra espécie invasora, como a *Prosopis juliflora*, *Parkinsonia aculeata* e a *Calotropis prucera*.

Os dois tipos de solo utilizados no experimento foram secos e separados em quatro lotes, sendo cada lote irrigado com água contendo os seguintes valores de condutividades elétricas da água de irrigação: 0,3 (condutividade elétrica da água de abastecimento local); 1,0; 2,0 e 4 dS m⁻¹. Os níveis de condutividade elétrica da água utilizados para salinização dos solos foram obtidas através da diluição dos sais Cloreto de Sódio com 70%, Cloreto de Cálcio a 20% e Cloreto de Magnésio na proporção de

10% em água de abastecimento local e os valores de CE_{solo} foi determinado com o auxílio de um condutímetro portátil (MEDEIROS et al., 2018; MESQUITA et al., 2020) e posteriormente foi adicionado 19 kg de solo salinizado aos 128 vasos com capacidade para 21 litros (dm^{-3}).

Na ocasião da semeadura, as sementes foram retiradas da cápsula que as envolve e foram dispostas 10 sementes em cada vaso uma profundidade média de 1,5 cm, utilizando como cobertura uma leve camada dos substratos, de modo a favorecer a emergência. Previamente à semeadura, o solo foi umedecido para que houvesse uma melhor acomodação das partículas do solo nos vasos e condições adequadas de semeio a fim de obter maior homogeneidade no vigor das sementes. Após a estabilização da emergência, realizou-se um desbaste das mudas 10 dias após a semeadura, permanecendo quatro plântulas mais vigorosas em cada vaso, As quatro plantas foram mantidas até o fim do experimento (152 dias), com 32 vasos para cada repetição, sendo 4 repetições, totalizando 128 vasos e 512 plantas.

Durante o período da semeadura até o final da fase de plântula todos os vasos receberam irrigação cuja a finalidade foi permanecerem próximos à capacidade de campo (CC). Após a fase de plântulas (30 dias após a germinação), iniciaram-se os tratamentos com diferentes regimes hídricos, constituindo da manutenção da umidade do solo em quatro níveis, a saber: N1 (20% da CC); N2 (40% da CC); N3 (70% da CC) e; N4 (110%, alagado), mantidos até o final do experimento conforme metodologia sugerida por Medeiros et al. (2019). A partir de então, os controles das umidades do solo foi realizado três vezes por semana consistindo na reposição da água evapotranspirada através da diferença de peso medida pela balança digital entre os dias de pesagem.

A determinação do volume de água para elevar os solos à capacidade de campo e à saturação foram realizadas em vasos extras no ensaio os quais foram perfurados na lateral inferior e acoplou-se uma mangueira plástica. Para determinar à capacidade de campo (método gravimétrico) a mangueira acoplada no vaso foi conectada a uma garrafa pet, em seguida, adicionou-se água até que se iniciasse a drenagem, sendo considerada como volume de água para elevar o solo seco à capacidade de campo à água retida, quando cessada a drenagem (AYERS & WESTCOT, 1999). Para determinar à saturação do solo a extremidade da mangueira permaneceu voltada para cima, sendo adicionada água até que o seu nível na mangueira estivesse igual ao

nível do solo no vaso, sendo considerada como volume de água para elevar o solo seco à saturação à água adicionada. A irrigação foi realizada com água de abastecimento local no qual apresentava condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹.

Aos 152 dias após a semeadura, as plantas foram coletadas, separando-se a parte aérea (folhas) dos caules, e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até atingirem massa constante. Após a secagem das folhas, iniciaram-se os procedimentos para análises dos teores foliares.

Para preparo dos extratos, a massa seca foliar triturada foi digerida utilizando-se ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio, sulfatos de sódio e de cobre e selênio (TEDESCO et al., 1995) para determinação dos teores de N, P, K, Na. Com os extratos, as determinações dos teores foliares foram feitas seguindo-se as metodologias descritas por Miyazawa et al. (1999): destilação das amostras com arrasto de vapores para determinação do nitrogênio total através da metodologia de Kjeldahl e por fim, realiza-se processo de titulação da quantidade de N das amostras; Já para o P utilizou-se o processo de espectrofotometria com molibdato de amônia e o ácido ascórbico em pó como redutor; fotometria de emissão de chama para determinação do potássio e sódio (EMBRAPA, 2017).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste "F") ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os fatores tipos de solo e umidade do solo e para salinidade do solo foi realizada a análise de regressão polinomial utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho evidencia de forma peculiar e abrangente todo o processo de estudo da bioinvasão da *C. madagascariensis*, da composição nutricional, do processo de salinização do solo e do estresse hídrico. Este estudo baseia-se na avaliação do comportamento dos fatores isolados (C) – fator da concentração da salinidade, (U) – fator umidade do solo e por sim, o (S) – fator tipos de solos em estudo bem como estudar a influência da interação desses fatores C x U x S no ambiente solo e seus respectivas interações e análises de regressão para se obter o comportamento nutricional da espécie no nível de salinidade e tipo de solo específico. Após isso, teremos uma resposta biológica da espécie *C. madagascariensis* em se tratando se

resistência ou tolerância através do estudo nutricional a estes ambientes adversos como respostas fisiológicas ao ambiente salino.

As temperaturas máximas e mínimas e os valores de máximos e mínimos para umidade relativa do ar foram registrados pelo termômetro digital, sendo coletadas diariamente às 9:00 horas no local do experimento durante os meses de condução (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios mensais de temperaturas e de umidades relativas do ar do interior da estufa do Laboratório de Ecologia Vegetal, Areia-PB, 2017.

Dados	2016					2017
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Temperatura média (°C)						
Máxima	25,8	26,3	27,1	28,0	28,5	32,0
Mínima	24,5	25,2	26,0	26,7	27,1	28,8
Umidade Relativa do ar (%)						
Máxima	75,1	71,3	69,8	63,6	66,5	66,5
Mínima	67,0	61,2	62	58,9	61,5	46,9
Média do Dia	71	66,2	66	61,2	64	56,7

Dados médios anuais coletados no período experimental.

Na Tabela 3, observa-se os efeitos isolados da condutividade elétrica do solo (CE_{solo}), da umidade e dos solos em estudo, como também da interação entre estes fatores sobre a fertilidade desses solos e os teores foliares no crescimento inicial de plantas de *C. madagascariensis*.

A salinidade, a umidade e os tipos de solos interferiram positivamente sobre os teores de nutrientes tais como o N. Folhas e P. Folhas, respectivamente pela interação com três fatores – interação dupla, avaliados aos níveis de 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Haja vista, a interação C x U x SOL não apresentou efeitos significativos para os conteúdos de K e Na em folhas dessa planta invasora, simultaneamente.

O teor de nitrogênio nas folhas de *Cryptostegia madagascariensis* foi influenciado positivamente pelos fatores independentes isoladamente (Salinidade, umidade e Solos) e também pela interação Salinidade x Umidade x Solos, e expressa superioridade estatística nos tratamentos ao nível de significância de 1% ($P < 0,01$) de probabilidade pelo teste F (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo dos quadrados médios e análise de regressão referentes aos teores foliares Nitrogênio nas Folhas (N. Folhas), Fósforo nas Folhas (P. Folhas),

Potássio nas folhas (K. Folhas) e Sódio nas Folhas (Na.Folhas) das plantas de *Cryptostegia madagascariensis* para efeitos da Salinidade (CEai), Umidade do Solo (U) e Tipos de Solos (S) avaliados no período de 152 DAE.

F.V	GL	N.Folhas	P.Folhas	K.Folhas	Na.Folhas
CE _{solo} (C)	3	5,386 ^{ns}	8,727 ^{**}	27,561 ^{ns}	0,045 [*]
UMIDADE (U)	3	124,04 ^{**}	20,665 ^{**}	801,093 ^{**}	3,102 ^{**}
SOLO (S)	1	597,75 ^{**}	98,280 ^{**}	271,066 ^{**}	0,176 ^{**}
C x UMID	9	34,512 ^{**}	5,640 ^{**}	31,723 [*]	0,040 ^{**}
C x SOLO	3	15,489 ^{ns}	10,588 ^{**}	42,588 [*]	0,015 ^{ns}
UMID x SOL	3	63,634 ^{**}	6,814 ^{**}	63,363 [*]	0,510 ^{**}
C x U x SOL	9	24,477 [*]	6,517 ^{**}	24,250 ^{ns}	0,016 ^{ns}
BLOCO	3	59,744	0,199	826,53	0,042
Erro	93				
Regressão					
E.Linear	1	12,808 ^{ns}	6,0941 ^{**}	75,6021 [*]	4,5148 ^{**}
E.Quadrático	1	66,9533 [*]	34,5544 ^{**}	522,808 ^{**}	4,1565 ^{**}
E.Cúbico	1	28,0489 ^{ns}	67,6014 ^{**}	49,1254 [*]	0,4707 ^{**}
Desvio de Regressão	1	0,0001	0,000012	0,00001	0,00001
Erro	93	10,7339	0,096	13,8847	0,012
C.V%		14,24	12,37	29,34	11,14
Total	127				

Ns = não significativo; (*) e (**) respectivamente significativos aos níveis de 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; EL=Efeito Linear; EQ=Efeito quadrático; EC=Efeito cúbico; DR=Desvio de regressão; Erro=resíduo. (—) = sem ajuste para modelos polinomiais (Regressão).

Apesar da expressiva superioridade de nitrogênio foliar nas plantas de *C. madagascariensis* tratadas no Neossolo Flúvico na umidade de 20% em relação ao solo saturado (110%) e com teores crescente da salinidade do solo (Figura 1A e 1B), se observa que o esse parâmetro foi linearmente inibido na ordem de 26,47 para 24,01 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, correspondendo a menor e o maior nível da salinidade (0,3 e 4,0 dS m^{-1}), respectivamente. No solo saturado (110%), os teores de N foliar foram sensivelmente reduzidos de 17,85 até 16,07 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, em função do estresse provocado pela salinidade crescente da água de irrigação de 0,3 até 4,0 dS^{-1} .

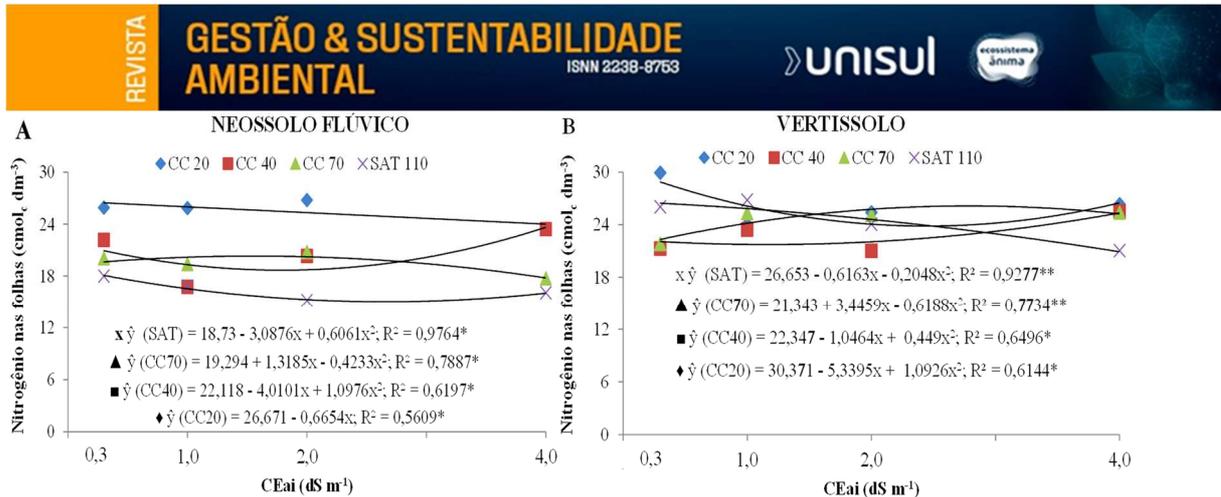


Figura 1. Teores foliares de nitrogênio (N) das plantas jovens de *Cryptostegia madagascariensis* avaliados em dois solos sob diferentes teores de sais presente na água de irrigação e diferentes condições de umidade, Areia-PB, 2017.

Esse decréscimo provocou uma inibição de 9,29% no teor total de nitrogênio nas plantas com elevação do teor salino do solo e com incremento da umidade até a saturação, simultaneamente, conforme se ver na (Figura 1A).

Com base na referida (Figura 1B), os tratamentos avaliados no Vertissolo submetidos aos diferentes teores salinos e incrementos da umidade do solo, responderam quadraticamente quanto ao acúmulo de nitrogênio nas folhas. Apesar dos efeitos positivos influenciados pela interação Salinidade x Umidade x Solos na capacidade de campo ao nível de 20% de umidade, os teores foliares de N apresentaram declínio acentuado de 28,87 a 26,48 cmolc.dm^{-3} com o aumento do caráter salino do solo (0,3 até 4 dS m^{-1}), respectivamente. Comparativamente as umidades 40 e 70%, os dados se comportaram de forma análoga em relação à situação anterior, onde os teores mínimos e máximos de nitrogênio na massa seca foliar das plantas variaram de 21,73 e 26,15 cmolc.dm^{-3} nas doses estimadas da condutividade elétrica da água de irrigação de 1,16 e 2,77 dS m^{-1} , com coeficiente de determinação de 64,96 e 77,34%, simultaneamente.

É possível afirmar que as plantas testadas no Neossolo Flúvico apresentaram processo de inibição de crescimento e conseqüentemente declínio do teor de N nas folhas com o aumento do caráter salino do solo e acréscimo das condições hídricas até a saturação do solo (110%). Pode-se considerar que essa planta ornamental nesse tipo de solo apresentou características de toxicidade de sais ou desequilíbrio iônico quanto aos valores de N foliar, não tolerando aos níveis de salinidade estudados.

Nestas condições, a planta apresenta uma resposta osmótica, reduzindo o potencial hídrico de suas células, onde a pressão de turgescência é reduzido. Assim, o potencial hídrico da planta torna-se relativamente negativo ao do solo, garantindo assim a absorção de água (ROBREDO et al., 2007). Porém, se comparados com Vertissolo, nas mesmas condições, provavelmente, as plantas resistiram mais devido ao aumento nas atividades metabólicas, principalmente sob as condições hídricas de 40 e 70%, respectivamente.

Estas variações nas quantidades de nitrogênio acumulado nas plantas pode ser devido ao tipo de espécie de planta, tipo de simbiose microbiana, salinidade, condições hídricas e idade da planta, tudo isso deve ser considerado para que se possa ter um efeito significativo no acúmulo de nutrientes do tecido vegetal (SOUSA et al., 2013). Entretanto, (PASIECZNIK et al., 1993), observaram aumentos significantes no status de nutrientes do solo com algaroba durante quatro anos, assumindo que isto ocorreu devido um déficit de água no solo ou pela salinidade limitando a fixação de nitrogênio.

Ação dos efeitos isolados e da interação exerceu influência positiva sobre os teores de fósforo nas folhas de plantas jovens ornamentais (*Cryptostegia madagascariensis*), expressando superioridade estatística de 1% ($P < 0,01$) de probabilidade pelo teste F (Tabela 3).

Apesar do acúmulo de fósforo na biomassa foliar das plantas de *C. madagascariensis* apresentarem comportamento distinto entre os tratamentos com diferentes limitações hídricas e com elevação da salinidade do solo, foi constatado diferenças drásticas tanto no Neossolo Flúvico como no Vertissolo (Figura 2A e 2B).

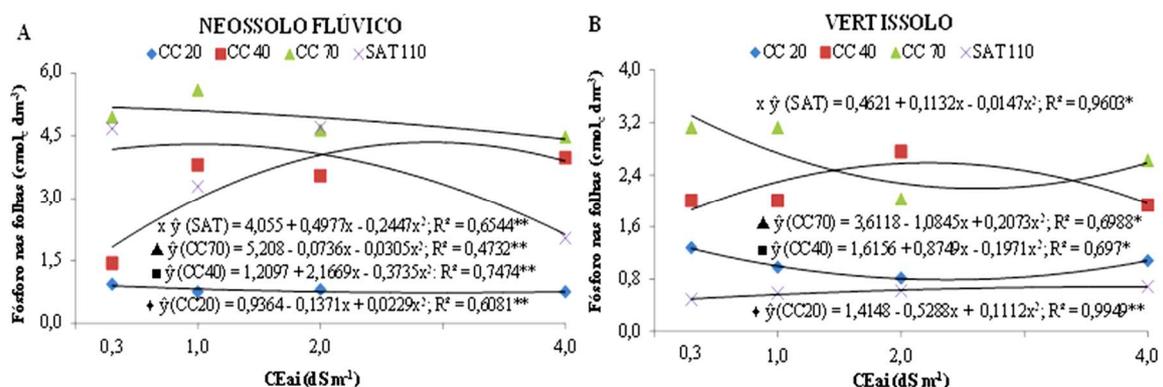


Figura 2. Teores foliares de fósforo (P) das plantas jovens de *Cryptostegia madagascariensis* avaliados no solo sob irrigação suplementar com diferentes teores de sais presente na água de irrigação e diferentes condições de capacidade de campo, Areia-PB, 2017.

Os menores valores de fósforo no tecido vegetal das plantas de *C. madagascariensis*, no Neossolo Flúvico, podem ser afetados pelo aumento da salinidade da água de irrigação na capacidade de campo de 20%, com valores variando de 0,91 a 0,75 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, correspondente a menor e maior salinidade da água de 0,3 e 4,0 dS m^{-1} (Figura 2A). Apesar da expressiva superioridade da capacidade de campo entre 20 e 70%, os maiores valores de P foliares testados nas mesmas condições, isto é, com o aumento do caráter salino das águas de irrigação e diferentes limitações quanto conteúdo de água até saturação do solo (110%), oscilaram na ordem de 5,18 a 4,42 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, referente a dose estimada de 0,3 e 4,0 dS m^{-1}). Esse decréscimo provocou perdas significativas para cada valor unitário, sendo inibido o acréscimo do teor de P nas folhas a partir da salinidade da água inicial de 0,3 dS m^{-1} . Provavelmente o excesso de sais reduziu o desenvolvimento das plantas, devido ao aumento de energia que precisa ser desprendida para absorver água do solo (MEDEIROS et al., 2007).

Verifica-se no Vertissolo variação expressiva sobre os teores de P na massa seca foliar no final do experimento para efeito dos diferentes regimes hídricos e aumento da salinidade da água (Figura 2B). Constata-se comportamento contrastante entre os regimes hídricos 40 e 70% bem como 20 e SAT 110%, respectivamente. Nesse sentido, os menores valores de P nas folhas variação de 0,49 a 0,67 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, nas doses estimadas de 0,3 e 4,0 dS m^{-1} , respectivamente, em solo supersaturado, no regime hídrico de 110% (Solo Saturado). Por outro lado, na capacidade de campo na ordem de 70% (CC70%), foi constatado os maiores valores de P na matéria seca foliar no final do experimento, onde esses teores oscilaram de 3,31 a 2,58 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, correspondente a menor e maior salinidade (0,3 e 4,0 dS m^{-1}). Comparativamente as duas situações distintas, esse decréscimo provocou uma inibição de 22,05% no teor total de fósforo das plantas com elevação do teor salino do solo, conforme se ver na (Figura 2B). Ao comparar as duas condições notam-se uma expressiva superioridade no acúmulo de P nas plantas, porém, a redução drástica do teor de P nas plantas ou inibição, pode ser causada pelos efeitos degenerativos ou efeitos indiretos dos íons salinos presentes no solo (ABDEL LATEF et al., 2010; GARCÍA et al., 2011).

O comportamento dos dados quanto ao acúmulo de potássio no tecido vegetal (folhas) foi afetado significativamente pela interação Umidade do solo x Solos, e

expressa superioridade estatística nos tratamentos ao nível de significância de 5% ($P < 0,01$) de probabilidade pelo teste F (Tabela 3).

As plantas de *C. madagascariensis* avaliados no período de 152 DAS e considerando-se que houve homogeneidade no vigor dessas plantas no ensaio em casa de vegetação, tiveram teor de potássio aumentado quadraticamente de 14,10 até 19,87 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ como valor máximo estimado, e como tal, foram avaliados em um Neossolo Flúvico na capacidade de campo máxima estimada de 73,71%, ocorrendo decréscimo desse nutriente nas folhas a partir desse ponto (Figura 3). Esse decréscimo foi drasticamente afetado pelo aumento capacidade de campo de 70 até 110%, apresentando declínio percentual de K nas folhas de 13,28%.

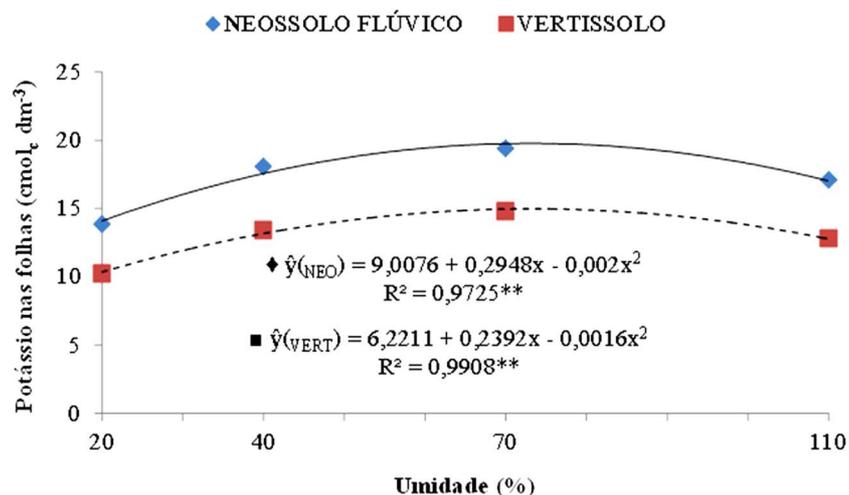


Figura 3. Teores foliares de potássio (K) das plantas jovens de *Cryptostegia madagascariensis* avaliados em dois solos e diferentes regimes hídricos. CCA/UFPB, Areia-PB, Brasil, 2017.

Porém, os parâmetros avaliados no Vertissolo (Figura 3) resultaram em maior eficiência das plantas no aporte de potássio foliar na ordem de 15,16 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$, referente a capacidade de campo máxima estimada de 74,75%. Comparando os dois solos, simultaneamente, as plantas obtiveram um rendimento percentual de 23,69% no aporte de potássio foliar. Um importante mecanismo adaptativo de plantas invasoras sob o excesso de água em diferentes solos é a redução dos processos fotossintéticos e do transporte de solutos orgânicos, prejudicando consequentemente a eficiência de alocação desse nutriente via foliar (SUCRE & SUÁRES, 2011).

Os resultados de Na^+ na matéria seca foliar das plantas jovens de *C. madagascariensis* referente ao Neossolo Flúvico e Vertissolo ajustaram-se aos modelos de regressão polinomiais quadráticos, com coeficiente de determinação de

99,17% e 99,85%, respectivamente. Analisando os dados do Neossolo Flúvico, os teores de Na^+ foram elevados de 0,91 para até $2,15 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, na capacidade de campo estimada de 20 e 110%, respectivamente. Isso se deve porque a irrigação das plantas com diferentes regimes hídricos elevou ou favoreceu um incremento percentual de sódio nas folhas na ordem de 57,67%, como evidenciado na Figura 4.

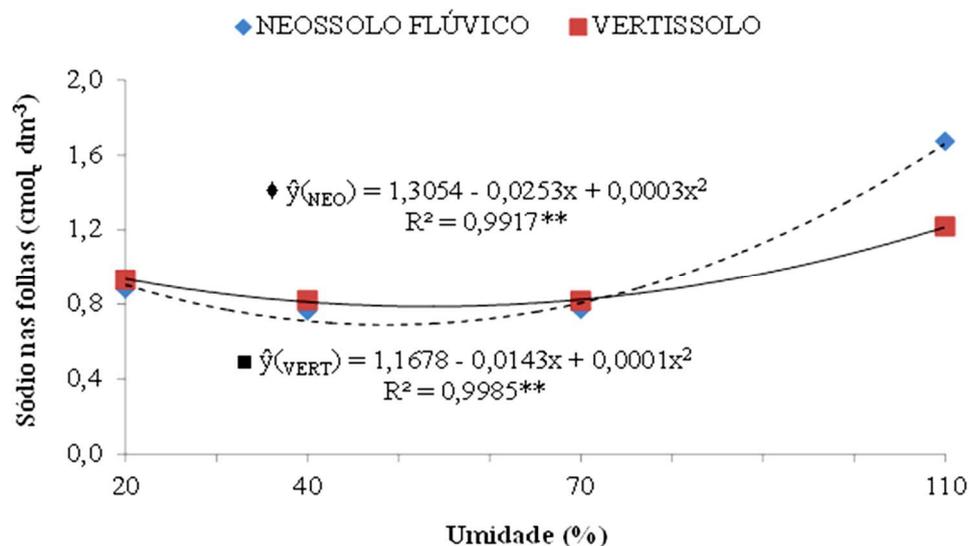


Figura 4. Teores foliares de sódio (Na) das plantas jovens de *Cryptostegia madagascariensis* avaliadas em dois solos e diferentes regimes hídricos, Areia-PB, 2017.

Ao comparar os dados do Neossolo Flúvico em relação aos dados do Vertissolo, as plantas proporcionaram um incremento quadrático (99,85%) no conteúdo de sódio nas folhas de $0,81$ a $0,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ em função do aumento gradual da capacidade de campo de 20% até a saturação do solo, ou seja, percentualmente a 110% (Figura 4). Nesse sentido, sob tal condição, é conveniente que as plantas reduzam consequentemente o carregamento de Na^+ e Cl^- no xilema e conservação da água nos tecidos para assegurar algumas funções vitais. Os dois solos se comportaram de forma semelhante quanto ao acúmulo de Na^+ via foliar, promovendo distribuição de assimilados, maior alocação desse nutriente Na^+ pelas plantas nas folhas e, sobretudo maiores eficiência na absorção de água. Haja vista, as plantas proporcionaram melhoria nas condições quanto à regulação osmótica para o crescimento radicular, sob condições de estresse hídrico (OLIVEIRA et al., 2014).

A superioridade do sódio nas folhas mesmo com a elevada condição hídrica em relação aos dois tipos de solos e demais cátions presentes (Tabela 2), onde esse elemento no solo pode resultar em adsorção ao complexo de troca com reflexos

negativos na dispersão das argilas e perda da qualidade física à dinâmica de água e nutrientes. Assim, os sais dissolvidos na solução do solo provocam alterações nos processos fisiológicos das culturas, com consequente redução no seu crescimento e na produtividade (BIRK et al., 2010; HOLANDA FILHO et al., 2011).

Comportamento semelhante foi obtido por Holanda et al. (2007) e Cha-Umand & Kirdmanee (2009) após constatarem inibição do crescimento da planta invasora nim (*Azadirachta indica* A. Juss) sob condições salinas do solo e diferentes regimes de irrigação. Esses resultados estão também de acordo com Asik et al. (2009) ao concluírem que o húmus e ácido húmico reduziram os efeitos danosos do cloreto de sódio, aos níveis de 0, 15, 30 e 60 mM, no crescimento e produção de *Triticum*.

4. CONCLUSÃO

O aumento da salinidade da água e níveis de umidade até a saturação aumentou a salinidade dos dois tipos solos principalmente no regime hídrico de 70% da CC nos dois solos estudados;

As plantas de *C. madagascariensis* ficaram sensivelmente desequilibradas do ponto de vista nutricional nos maiores níveis da salinidade e no ambiente de saturação máxima testadas sob estresses abióticos, mesmo assim, seu crescimento não foi prejudicado com excesso de sódio nesses solos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da bolsa de pesquisa e aos Pesquisadores do Instituto Nacional de Ciência e tecnologia – Sal (INCTSal).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL LATEF, A. A. H.; CHAOXINH, H. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant. **Science Horticulture**, Egito, n. 127, p. 228-233, 2010.

ANSELMO, G.C; CARNEIRO, L.A; NASCIMENTO, C.A; BRITO, C.B.M; COELHO, I.M.A; BONILLA, O.H. Estudo de fitoinvasores cearenses. **62ª reunião anual da SBPC, Ciências do Mar: herança para o futuro**. ISSN: 2176-1221. 2010.

ANDRADE, L.A.; FABRICANTE, J.R.; OLIVEIRA, F. X. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 249-255, 2010.

ASIK, B. B.; TURAN, M. A.; CELIK, H.; KATKAT, A.V. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. **Asian Journal Crop Science**. v. 1, p. 87-95, 2009.

AYERS RS, WESTCOT DW. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. H. R. Gheyi *et al.*, 1999. Campina grande: UFPB, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29). 153p.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2013.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat - **sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. 2015. Jaboticabal: FCAV/UNESP/SP.

BIRK, O.; MAGNUSSEN, M. J.; PILIGKOS, S.; WEIHE, H.; HOLTEN, A.; BENDIX, J. Alkali metal cation complexation and solvent interactions by robust chromium (III) fluoride complexes. **Journal of Fluorine Chemistry**, v. 131, p. 898-906, 2010.

BRITO, S. F de.; PINHEIRO, C. L.; NOGUEIRA, F. C. B.; FILHO. S. M.; MATOS, D. M. S. Influence of light on the initial growth of invasive *Cryptostegia madagascariensis* Bojer in the Brazilian semiarid region. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 385-392, 2015.

CHA-UMAND, S.; KIRDMANEE, C. Proline Accumulation, Photosynthetic Abilities and Growth Characters of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Plantlets in Response to Iso-Osmotic Salt and Water-Deficit Stress. **Agricultural Sciences in China**, v. 8, n. 1, p. 51-58, 2009.

COCHARD, R.; JACKES, B. R. Seed ecology of the invasive tropical tree *Parkinsonia aculeata*. **Plant Ecology**. v. 180, n. 1, p. 13-31, 2005.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyj, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza, INCTSal, p.129-141, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. p.353.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 3ed revisada e ampliada. Rio de Janeiro (Embrapa – CNPS. Documentos, 1). (2017). 8p.

GARCÍA, B. L.; ALCÁNTARA, L. P.; FERNÁNDEZ, J. L. M. Soil tillage effects on monovalent cations (Na⁺ and K⁺) in vertisols soil solution. **Catena**, Espanha, v. 84, p. 61–69, 2011.

HOLANDA FILHO, R. S. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandiocueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 60-66, 2011.

HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 7, n. 1, p. 39-50, 2007.

HULME, P. E., PYŠEK, P., WINTER, M. Biosecurity on thin ice in Antarctica. **Science**, v. 336, p. 1102-1104, 2012.

MEDEIROS, J. S.; MESQUITA, F. O.; ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, C. J.; SOUZA, E. M.; SOUSA, J. K. C. Invasão biológica por *Cryptostegia madagascariensis*: uma abordagem voltada para estresses abióticos. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, Patos-PB, v.2, n.1, p. 36-47, 2018.

MEDEIROS, J. S.; MESQUITA, F. O.; ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, C. J.; SOUZA, E. M. Potencial da espécie invasora *Cryptostegia madagascariensis* em solos salinizados. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, Patos-PB, v. 3, n.2, p. 178-188, 2019.

MEDEIROS, D.C.; LIMA, B.A.B.; BARBOSA, M.R.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; MARQUES, L.F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 433-436, 2007.

MESQUITA, F. O.; CAVALCANTE, L. F.; AVES, J. M.; MAIA JÚNIOR, S. O.; SOUSA, V. F.; MARTINS, E. L.; MEDEIROS, S. S. Attenuating use of biofertilizers and saline waters in jackfruit seedlings biomass. **Braz. Journal of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 11621-11638, mar. 2020.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p. 171-223, 1999.

MMA (Ministério do meio ambiente, dos recursos hídricos e da Amazônia legal). **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga**. Universidade Federal de Pernambuco/fundação de apoio ao desenvolvimento, Fundação Biodiversistas, EMBRAPA/Semiárido, MMA/SBF, Brasília-DF, 2002. 6p.

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **Holos**, v. 1, p. 143-151, 2014.

PASIECZNIK; HARRIS, N. M., F. M. A.; HARRIS, P. J. C. Growth of Prosopis and Acacia species and their effects on soil fertility. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, v. 11, p. 1-3. 1993.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. A. T; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils**, Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC. 1954.

ROBREDO, A.; PÉREZ-LÓPEZ, U.; SAINZ, M. H.; GONZÁLEZ-MORO, B.; LACUESTA, M.; MENA-PETITE, A.; MUÑOZ-RUEDA, A. Elevated CO₂ alleviates the impact of the drought on barley improving water status by lowering stomatal conductance and delaying its effects on photosynthesis. **Environ. Exp. Bot.**, v. 59, p. 252–263, 2007.

SOUSA, L. A.; GUIMARÃES, L. L.; REIS, A. T.; COSTA, I. S. C.; ARAÚJO, J. P.; DIAS, F. Y. E. C.; MONTEIRO, C. C.; BONILLA, O. H. Crescimento da fito invasora *Cryptostegia madagascariensis* submetida a estresse salino. In: I **CONICBIO** / II **CONABIO** / VI **SIMCBIO**, 2., 2013, RECIFE. *Resumo...* RECIFE, 2013.

SUCRE, B.; SUÁRES, N. Effect of salinity and PEG-induced water stress on water status, gas exchange, solute accumulation, and leaf growth in *Ipomoea pes-caprae*. **Environmental and Experimental Botany**, Venezuela, v. 70, p. 192–203, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 818 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

YANG, J.; ZHANG, L.; HIRA, D.; FUKUZAKI, Y.; FURUKAWA, K. Anammox treatment of high-salinity wastewater at ambient temperature. **Bioresource Technology**. v. 102, p. 2367-2372, 2011.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal da Paraíba – UFPB, que permitiram a realização desta pesquisa.