

*Dinâmica do crescimento inicial da invasora *Cryptostegia madagascariensis* em solos salinizados*

*Dynamic of initial growth of invasive *Cryptostegia madagascariensis* in salinized soils*

Jailma dos Santos de Medeiros¹, Francisco Oliveira Mesquita², Leonaldo Alves de Andrade³, Cleiton José de Oliveira⁴, André Japaissu⁵, Aline Carla de Medeiros⁶, Diogenes Silva de Medeiros Santand⁶, Patricio Borges Maracaja⁶

RESUMO

A espécie *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne é uma trepadeira nativa da ilha de Madagascar, introduzida no Brasil com fins ornamentais ou pela curiosidade botânica. Esta espécie vem se tornando uma importante invasora em várias partes do mundo, formando populações e maciços auto regenerantes, principalmente, em áreas desmatadas, margens de cursos de água e lagoas temporárias na Caatinga do Nordeste brasileiro. Este estudo foi desenvolvido em casa de vegetação com vistas a avaliar os efeitos da salinidade nas características químicas dos solos estudados, no comportamento germinativo e vegetativo de plantas jovens de *Cryptostegia madagascariensis*. Inicialmente, o material de um Neossolo Flúvico e de um Vertissolo foram irrigados com água salina (0,3; 1,0; 2,0; 4,0 dS m⁻¹). Em seguida foram acondicionados 19 Kg de cada substrato de cada solo em vasos plásticos com capacidade para 21 litros, e os tratamentos foram arranjados em blocos casualizados com quatro repetições. Após cinco dias fora feita a incubação com a água salina tendo sido retiradas amostras de solo para análise de salinidade e o plantio realizado logo em seguida. Após a emergência, 10 dias após a semeadura, realizou-se o desbaste, deixando quatro plantas por vaso. Foram determinadas, no extrato da pasta de saturação, a condutividade elétrica e as concentrações de sódio, cálcio, magnésio, potássio, os cátions trocáveis e o pH. As variáveis avaliadas nas plantas foram: emergência, diâmetro do caule ao nível do solo, altura de plantas, número de folhas, área foliar e tamanho médio das folhas, 152 dias após a semeadura. O aumento da salinidade elevou os níveis nos teores de sódio, magnésio, potássio, em ambos os solos, com exceção do pH no Vertissolo. Foi verificado decréscimo na germinação das sementes no Vertissolo, porém, não se observou influência no crescimento inicial das plantas em ambos solos estudados.

Palavras-chave: Invasão Biológica, Espécie exótica, Caatinga e Germinação.

ABSTRACT

The species *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne is a native vine of the island of Madagascar, introduced in Brazil with ornamental purposes or curiosity botany. This species is becoming an important invasive in many parts of the world, forming populations and autorregenerantes massive, especially in deforested areas, banks of watercourses and temporary ponds in the Caatinga of Northeastern Brazil. This study was conducted in a greenhouse in order to evaluate the effects of salinity on the chemical characteristics of the soils in the germination and vegetative behavior of young plants of *Cryptostegia madagascariensis*. Initially, the material Fluvent and a Vertisol were irrigated with saline water (0.3; 1.0; 2.0; 4.0 dS m⁻¹). Then they were placed 19 kg of each substrate of each soil in plastic pots with a capacity of 21 liters, and the treatments were arranged in a randomized block design with four replications. After five days incubation was made with saline water taking soil samples were taken for analysis and salinity planting place shortly thereafter. After emergence, 10 days after sowing, was held thinning, leaving four plants per pot. They were determined in the saturation paste extract, the electrical conductivity and the concentrations of sodium, calcium, magnesium, potassium, the exchangeable cations and pH. The variables evaluated in the plants were: emergency, stem diameter at ground level, plant height, leaf number, leaf area and average size of leaves, 152 days after sowing. Increased salinity increased the levels in sodium, magnesium, potassium, with exception of pH in Vertisol. It was found decrescimento seed germination in Vertisol, however, there was no influence on the early growth of plants in both soils.

Key-words: Biological Invasion, exotic species, Caatinga and Germination

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 21/10/2018; aprovado em 03/01/2019

- 1- Doutora em agronomia pela UFPB, Campus Areia-PB. Departamento de agronomia.
- 2- Pós-Doutorado pela Universidade Federal do Cariri. Departamento de agronomia. Campus Crato-CE. mesquitaagro@yahoo.com.br
- 3- Professor Adjunto pela Universidade Federal da Paraíba. Campus de Areia-PB. Departamento de agronomia.
- 4- Eng. Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba. Campus de Areia-PB. Departamento de agronomia.
- 5- Doutorado pela Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Campus de Areia-PB. Departamento de Agronomia.
- 6- PPGSA/PPGEP/CCTA/CCT-UFCEG: alinecarla.edu@gmail.com; diogenes_medeiros@hotmail.com e patriciomaracaja@gmail.com

INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida e, no mundo vegetal, um pequeno desequilíbrio desse recurso já pode causar o mau funcionamento de vários processos celulares, sendo, portanto, necessário que toda planta realize um balanço equilibrado entre os processos de absorção e de perda de água (TAIZ et al., 2017). À medida que o solo vai perdendo água ocorre uma redução da sua disponibilidade para as plantas, devido ao aumento da força de retenção da água pelas partículas do solo, podendo essa disponibilidade ser ainda mais reduzida pela presença de altos níveis de sais diluídos no solo, o que afeta diretamente o efeito osmótico (DIAS; BLANCO, 2010).

Em geral é nas fases de germinação e de crescimento das plântulas que os vegetais são mais sensíveis ao estresse salino (ATIAL et al., 2006; LIU et al., 2006). Segundo Dias e Blanco (2010), a taxa de crescimento da maioria das espécies vegetais diminui progressivamente à medida que a concentração salina do solo aumenta acima do limite tolerável, pois a elevação da concentração de sais na solução atrapalha a absorção de água devido aos seus efeitos osmóticos (TAIZ et al., 2017).

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 (MEDEIROS et al., 2007), interferindo na permeabilidade das membranas e absorção de nutrientes, na atividade de várias enzimas e no funcionamento do aparelho fotossintético (TAIZ et al., 2017), causando distúrbios funcionais e injúrias em plantas devido aos efeitos de toxicidade iônica específica (LARCHER, 2006; DIAS; BLANCO, 2010).

Os solos da região semiárida, em razão da alta taxa de evaporação e da baixa precipitação pluviométrica, apresentam em geral, elevadas concentrações de sais solúveis. O problema da salinização dos solos inviabiliza áreas e perímetros desta região (FERNANDES et al., 2010; PEDROTTI et al., 2015), levando a degradação do solo e aumento de áreas abandonadas, além de dificultar a regeneração natural, reduzir a biodiversidade e oportunizar a entrada e a monodominância de plantas invasoras nestes sítios.

Em regiões semiáridas algumas espécies vegetais, dentre estas algumas invasoras toleram maior grau de salinidade do solo, como, por exemplo, *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) (Bezerra et al., 2013) e *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton (Apocynaceae). Outra espécie que, devido à forte presença em ambientes salinos, sugere-se que tolera altos níveis de salinidade é *Cryptostegia madagascariensis*.

Esta espécie conhecida popularmente como trepadeira, unha-do-cão, leiteira, mimosa, parreira e ou dedo-do-diabo (VIEIRA et al., 2004), apresenta porte arbustivo, é endêmica do norte ocidental da Ilha de Madagascar. A *C. madagascariensis* possui hábito

trepador, podendo formar maciços populacionais muito fechados e ou subir nas copas das árvores nativas, impedindo a passagem de luz, provocando sombreamento excessivo, causando asfixia, estrangulamento e tombamento, provocando até a morte dos espécimes atingidos (ANDRADE et al., 2008; ANDRADE et al., 2010). Esta espécie foi introduzida em diversos países com fins ornamentais e ou para a extração de seu conteúdo de látex para a fabricação de borracha, sendo considerada uma espécie altamente invasora no Austrália, Estados Unidos, Índia, Porto Rico, Egito, França e Brasil (ISSG, 2010).

De acordo com Sousa (2014) na Região Nordeste do Brasil, esta espécie vem invadindo fortemente áreas nos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, dominando margens de cursos de água e de estradas, áreas abertas e ou pastagens abandonadas. Geralmente é encontrada em duas classes de solos, incluindo os Vertissolos (solos bastante argilosos) e os Neossolos Flúvicos (solos arenosos situados às margens de rios).

Mesmo diante deste grave problema pouco se conhece acerca do comportamento desta espécie, sendo ainda mais escassos estudos com este táxon no semiárido brasileiro, o que torna de fundamental importância conhecer, com respaldo científico, a autoecologia desta invasora, de modo que se possa subsidiar políticas públicas voltadas para o controle e para recuperação de áreas invadidas por *Cryptostegia madagascariensis* no referido contexto. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da salinidade nos atributos químicos dos solos, na emergência e no crescimento inicial de plântulas de *C. madagascariensis* após 152 dias de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) – Campus II – da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia - PB, de agosto de 2015 a janeiro de 2016. O local de realização do experimento situa-se nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 58,2" S; 35° 42' 56,6" W, a 518 metros de altitude e está inserido na Microrregião do Brejo Paraibano.

Durante o período de condução do experimento foram registrados os valores de temperatura e umidade relativa do ar com auxílio de um Termo-Higrômetro digital com umidade interna e externa da marca Incoterm®. Os dados de máxima e mínima das variáveis atmosféricas do ambiente foram coletadas às 9:00 horas. A partir dos valores extremos, calculou-se as médias diárias e, com os dados mensais obteve-se as médias de temperatura e umidade relativa do ar máximos, médios e mínimos que estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios \pm desvio padrão mensais de temperaturas e umidades relativas do ar no interior do ambiente telado do Laboratório de Ecologia Vegetal, Areia – PB. 2015.

	2015					2016
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Temperatura (°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	62,0	58,9	61,5	46,9
Média do Dia	71,0	66,2	66,0	61,2	64,0	56,7

Médias de tratamentos.

Os frutos de *C. madagascariensis*, quando apresentavam deiscência, foram coletados manualmente em indivíduos de uma população existente na Fazenda Triunfo, localizada no município de Ibaretama-CE, situada sob coordenadas geográficas de 05° 27' 27,2" S e 94° 76' 65,2" W, com altitude de 180 metros. A fazenda possui uma área total de 740 ha, dos quais aproximadamente 100 ha estão ocupados pela espécie exótica invasora.

A coleta dos frutos foi realizada em Agosto de 2015 de forma aleatória, percorrendo-se a área invadida pela referida espécie. Após coletados, estes foram acondicionados em sacos plásticos e posteriormente transportados para o LEV/CCA/UFPA, em Areia - PB. Para seu beneficiamento, utilizou-se espátulas para retirada das sementes em suas cápsulas.

Para a condução dos ensaios foram utilizados como substrato dois tipos de solos sendo o Vertissolo de textura Franco Argilo Siltoso e um Neossolo Flúvico de textura Areia Franca, ambos sem correção de pH e sem adição de fertilizantes ou matéria orgânica. Os dois solos foram coletados na profundidade de 0-20 cm, sendo o Vertissolo coletado na propriedade agrícola do Senhor Severino Cruz no município de Alagoa Grande-PB sob as coordenadas geográficas 07° 05' 20" S, 35° 38' 06" W e altitude média de 143 metros e o Neossolo Flúvico na área agrícola situado na Gruta Funda do município de Algodão de Jandaíra, PB sob as coordenadas 06° 51' 11,3" S, 35° 55' 51,5" W e altitude média de 407 \pm 3 m.

As amostras dos dois solos para as análises foram transportadas em sacos plásticos devidamente etiquetados

para o LEV/CCA/UFPA onde foram destorroadas, homogêneas, colocadas para secar ao ar e à sombra e passadas em peneira com malha de 8 mm. Foram separados ainda alguns torrões do Vertissolo para avaliar a densidade do solo. Desse material foram retiradas alíquotas e passadas em peneira de 2 mm (ABNT 10).

As análises físico-químicas e de salinidade seguiram as metodologias contidas em Embrapa (2011) e foram realizadas nos Laboratórios de Física e Química do Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) – *Campus II* – da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia - PB.

As análises químicas (fertilidade) consistiram na determinação de pH, nos teores de P disponível, K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al, CTC, soma de bases (SB), saturação de bases (V) e matéria orgânica (Embrapa, 2011). Já a caracterização da salinidade antes do plantio consistiu de condutividade elétrica do extrato da pasta de solo saturado, pH, Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Cloro, Sulfato, Carbonato, Bicarbonato, Razão de Adsorção de Sódio (RAS), Porcentagem de Sódio Trocável (PST) e Porcentagem de Sódio intercambiável (PSI). Os atributos físicos constituíram em: granulométrica, argila dispersa em água (método da pipeta), densidade do solo (método da proveta), densidade de partículas (método do balão volumétrico), porosidade total e, classificação textural. Os resultados dos atributos do solo podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades físicas e químicas do Vertissolo e Neossolo Flúvico coletados nos municípios de Alagoa Grande – PB e Algodão de Jandaíra – PB, respectivamente, a uma profundidade de 0 - 20 cm, usada no estudo.

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)	0,11	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)	0,00	0,00
(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

Continuação ...

Atributos da Salinidade		
	Vertissolo	Neossolo Flúvico
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)	0,00	0,00
HCO ₃ ⁻ (cmol _c dm ⁻³)	4,06	0,5
SO ₄ ²⁻ (cmol _c dm ⁻³)	-	-
RAS	8,47	3,84
PST%	1,58	5,12
PSI	10,11	4,23

SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação por alumínio; MOS = matéria orgânica do solo; CO₃²⁻ = carbonatos; HCO₃²⁻ = bicarbonatos; SO₄²⁻ = sulfatos; RAS = relação de adsorção de sódio; PST% = percentagem de sódio trocável; PSI = percentagens de sódio intercambiável;

Plantas de *C. madagascariensis* foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 21 litros, sendo colocado em cada vaso 19 Kg do substrato, seco e salinizado. Antes da salinização dos substratos, os mesmos foram passados em peneira com malha de 8 mm e, em seguida, postos para secar.

Os substratos foram colocados em 128 vasos os quais foram separados em quatro lotes com quatro repetições, sendo cada lote irrigado com água contendo os seguintes valores de condutividades elétricas: 0,3 (média da condutividade elétrica da água de torneira utilizada no experimento); 1; 2; e 4 dSm⁻¹. Os níveis de condutividade

elétrica da água utilizados para salinização dos solos foram obtidos através da diluição dos sais Cloreto de Sódio (NaCl), Cloreto de Cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e, Cloreto de Magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) na proporção de 7:2:1 de íons de sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, em água de torneira e as medidas feitas com condutivímetro portátil.

Antes da semeadura, as sementes foram retiradas da cápsula que as envolve não sendo realizado nenhum tratamento para superação da dormência. Em cada vaso foram semeadas 10 sementes, as quais foram enterradas a uma profundidade 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 semente. Após a estabilização da emergência, realizou-se um desbaste, permanecendo apenas as quatro plântulas mais vigorosas em cada vaso. Com a estabilização ocorrida aos 10 dias após a semeadura, avaliou-se a emergência, considerando como emergidas as plântulas que possuíam as folhas cotiledonares livres do solo. As quatro plantas foram mantidas até o fim do ensaio (152 dias).

Durante o período da semeadura até o final da fase de plântula todos os vasos permaneceram próximos à capacidade de campo (CC). Após a fase de plântulas (30 dias após a germinação), iniciaram-se os tratamentos hídricos, constituído da manutenção da umidade do solo em quatro níveis, a saber: (20% da CC); (40% da CC); (70% da CC) e; (110% da CC), mantidos até o final do ensaio. A partir de então, os controles das umidades do solo foram realizadas três vezes por semana consistindo na reposição da água evapotranspirada através da diferença de peso medida por meio de balança digital entre os dias de pesagem.

A determinação do volume de água para elevar os solos à capacidade de campo e a saturação foram realizadas em vasos extras do ensaio os quais foram perfurados na lateral inferior e acoplou-se uma mangueira plástica. Para determinar a 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 (Souza et al., 2011). Para determinar a saturação do solo a extremidade da mangueira permaneceu voltada para cima, sendo adicionada água até que o seu nível estivesse igual ao nível do solo no vaso, sendo considerada como volume de água para elevar o solo seco à saturação à água adicionada.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Para avaliar a emergência e o crescimento das plântulas, os tratamentos consistiram apenas nos níveis de salinidade do solo. Para avaliar o crescimento das plantas jovens os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial com quatro níveis

de água do solo e quatro níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e dois tipos de solos (4x4x2). Também foram avaliados os teores de umidade e os níveis de salinidade do solo na ocasião do descarte do ensaio. Os níveis de água foram mantidos na capacidade de campo até a emergência das plantas.

O estudo das alterações das características químicas dos solos decorrentes da irrigação com água salina foram feitos cinco dias após sua salinização (Pedrotti et al., 2015). Foram determinadas a condutividade elétrica do extrato da pasta de solo saturado, o pH, sódio, Cálcio, Magnésio e Potássio. O extrato da pasta de solo saturado foi obtido conforme descrito por Richards (1954) e a condutividade elétrica foi determinada por leitura direta, na solução extraída, com auxílio de um condutivímetro.

As primeiras avaliações foram realizadas apenas em função da salinidade do solo sobre a germinação e crescimento de plântulas, consistindo em: Percentual de Emergência (Eq. 1); Diâmetro ao Nível do Solo; Altura das plantas; Número de Folhas; Área Foliar;

Análise realizada após a estabilização da emergência das Plântulas. A emergência foi calculada através da fórmula proposta por Fanti & Perez (1998):

$$E (\%) = (A/N) * 100,$$

sendo:

E (%) = percentual de plântulas emersas;

A = número de plântulas normais germinadas e;

N = número de sementes colocadas para germinar em cada repetição.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a fim de se identificar os efeitos dos sais e dos solos, através do teste F ($p \leq 0,05$). Os efeitos quantitativos dos sais sobre a salinidade do solo, a emergência e o crescimento inicial de *C. madagascariensis* foram ajustados à regressão e as diferenças entre os solos foram comparadas pelo teste F, admitindo-se erro de até 5 % de probabilidade (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que houve influência dos dois tipos de solos estudados (Neossolo Flúvico e o Vertissolo) e das águas utilizadas para salinizar tais solos, onde os dados referentes aos atributos químicos foram analisados após a salinização (Tabela 3).

De acordo com resumo da análise de variância, pode-se observar que houve diferença estatística ($p < 0,01$) para as médias de todos os atributos químicos da fertilidade dos solos após sua salinização com diferentes níveis de água salina. Observa-se ainda, que houve efeito significativo a 0,01 de probabilidade da água salina com efeito quadrático significativo para os dois solos ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 3).

A salinidade dos solos (Figura 1), expressa em condutividade elétrica do extrato de saturação apresentou tendência de crescimento com o aumento da condutividade da água salina aplicada para ambos os solos, ajustando-se ao modelo quadrático ($p \leq 0,01$). Se aumentado os níveis da CE nos extratos de saturação de ambos os substratos, com valores de $0,24 \text{ dS m}^{-1}$ para o Neossolo e $0,41 \text{ dS m}^{-1}$ para o Vertissolo, esses valores expressos representam um incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Com base na Figura 1, após a umidade dos substratos terem sido elevadas a capacidade de campo, com as águas referentes a cada tratamento, constatou-se que a irrigação, durante 5 dias de incubação, com $0,305 \text{ ml}$ para o Neossolo Flúvico e $0,314 \text{ ml}$ para o Vertissolo de água por quilo de cada substrato com condutividade elétrica $0,3$; $1,0$; $2,0$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, elevaram a salinidade para o Neossolo $0,81$; $1,02$; $1,60$ e $3,78 \text{ dS m}^{-1}$ e para o Vertissolo em $1,01$; $1,21$; $2,41$ e $7,37$, respectivamente.

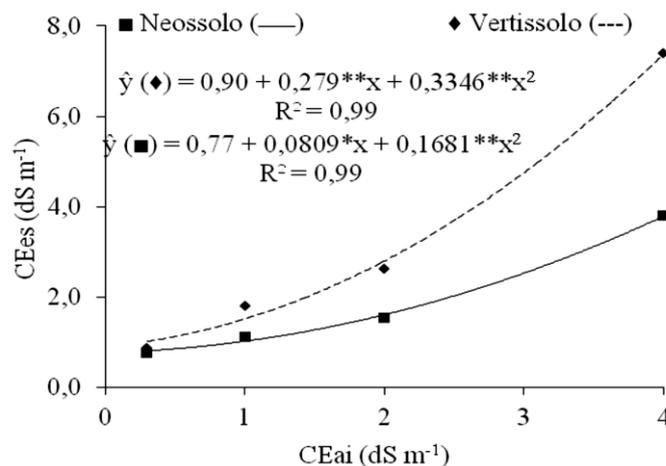


Figura 1 – Valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), em função da salinidade da água de irrigação (CEai) avaliados no período de 5 após a incubação.

Simultaneamente, os coeficientes de determinação para o Vertissolo e Neossolo Flúvico foram de 0,994 e 0,997 (Figura 1), tendo este último uma menor taxa de crescimento da salinidade com o aumento da condutividade da água salina aplicada, que se elevou até $3,78 \text{ dS m}^{-1}$, porém, não chegando a ser considerado salino, pois segundo Bernardo et al. (2008), só é considerado salino o solo com condutividade a partir de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. A irrigação com água de nível salino a partir de 2 dS m^{-1} transporta sais ao solo ao ponto de elevar o grau de salinidade para fortemente salino ($4 < \text{CEes} < 8 \text{ dS m}^{-1}$) Richards (1954). Esses incrementos podem comprometer o crescimento da maioria das plantas (Ayers & Westcot, 1999) e inclusive pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento vegetativo do *Cryptostegia madagascariensis* (SOUSA, 2014).

Apesar de terem sido usados os mesmos valores para a CEai ($0,3$; $1,0$; $2,0$; $4,0 \text{ dS m}^{-1}$), apenas o Vertissolo conseguiu aumentar de forma considerável a CEes do solo. Isso pode ter ocorrido devido a presença NaCl na água de irrigação e de uma alta CTC no Vertissolo, fazendo com que quase todo NaCl da água fique em solução e não seja adsorvido, ocasionando maior acúmulo de sais na Tabela 3, corroborando assim, com Santos et al. (2016), que ao estudar os efeitos dos níveis de salinidade de água e de

lâminas de irrigação na evolução da salinidade do solo, concluiu que o acúmulo de sais no solo é diretamente proporcionais aos níveis de CE da água de irrigação utilizada. O mesmo resultado também foi obtido por Garcia et al. (2008), ao estudar alterações químicas em dois solos e por Alencar et al. (2003) permitindo estimar essas variáveis em função da CEes.

Outro fator que pode ter influenciado o aumento da salinidade no Vertissolo em comparação com o Neossolo Flúvico é a presença de uma textura Franco Argilosa que favorece o acúmulo de sais devido ao maior teor de argila na referida classe de solo (Quadro 2). Alguns estudos mostram que solos com textura Franco Argilosa tendem a acumular mais sais (Costa et al., 2004; Garcia et al., 2008), a razão de adsorção de sódio da água (Silva et al., 2007), entre outros, também elevam o nível de salinização dos solos.

Tabela 3. Resumo das análises de variância e regressão dos atributos químicos da fertilidade (CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação; pH – potencial hidrogeniônico; Na – sódio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; K – potássio avaliados em dois tipos de solos (Neossolo e Vertissolo) após a salinização com água de qualidades distintas (CEai – condutividade elétrica da água de irrigação), Areia-PB, 2015.

Fonte de Variação	gL	CEes	pH	Na	Ca	Mg	K
Bloco	15	0,0325	0,0121	3,1293	1,4410	1,8474	0,0029
Solo (S)	1	59,4412**	63,5289**	1971,7842**	20,3829	219,5932**	2,9381**
CEai (C)	3	144,6679**	0,1219**	4086,7262**	282,1967**	813,1257**	0,3304**
S x C	3	18,8195**	0,0980**	348,6359**	62,1219**	127,7415**	0,0241**
Resíduo	104	0,03915	0,0197	1,6124	1,5456	5,2026	0,0017
CV (%)		7,895	2,11	9,19	28,48	20,21	7,35
Média		2,51	6,65	13,82	4,37	11,29	0,56
Linear	1	-	-	-	-	-	-
Quadrático	1	-	-	-	-	-	-
Linear/Neossolo	1	83.5825585**	0,0133 ^{ns}	2672,5622**	144,4929**	293,5312**	0,0160**
Quadrático/Neossolo	1	3.6043509**	0,1326*	382,5845**	5,5063 ^{ns}	201,0211**	0,6020**
Linear/Vertissolo	1	387.9550096**	0,0000 ^{ns}	8273,5368**	834,6765**	1954,6212**	0,0884**
Quadrático/Vertissolo	1	14.7632431**	0,1418**	1935,9895**	46,7113**	80,5598**	0,1995**

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

A irrigação com água de nível salino a partir de 2 dS m⁻¹ transporta sais ao solo ao ponto de elevar o grau de salinidade para fortemente salino (4 < CEes < 8 dS m⁻¹) Richards (1954). Esses incrementos podem comprometer o crescimento da maioria das plantas (Ayers & Westcot, 1999) e inclusive pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento vegetativo do *Cryptostegia madagascariensis* (SOUSA, 2014; SILVA et al., 2009).

Apesar de terem sido usados os mesmos valores para a CEai (0,3; 1,0; 2,0; 4,0 dS m⁻¹), apenas o Vertissolo conseguiu aumentar de forma considerável a CEes do solo. Isso pode ter ocorrido devido a presença NaCl na água de irrigação e de uma alta CTC no Vertissolo, fazendo com que quase todo NaCl da água fique em solução e não seja adsorvido, ocasionando maior acúmulo de sais na Tabela 3, corroborando assim, com Santos et al. (2016), que ao estudar os efeitos dos níveis de salinidade de água e de lâminas de irrigação na evolução da salinidade do solo, concluiu que o acúmulo de sais no solo é diretamente proporcionais aos níveis de CE da água de irrigação utilizada. Os mesmos resultados também foram obtidos por Garcia et al. (2008), ao estudar alterações químicas em dois solos e por Alencar et al. (2003) permitindo estimar essas variáveis em função da CEes.

Outro fator que pode ter influenciado o aumento da salinidade no Vertissolo em comparação com o

Neossolo Flúvico é a presença de uma textura Franco Argilosa que favorece o acúmulo de sais devido ao maior teor de argila na referida classe de solo (Quadro 2). Alguns estudos mostram que solos com textura Franco Argilosa tendem a acumular mais sais (COSTA et al., 2004; GARCIA et al., 2008), a razão de adsorção de sódio da água (SILVA et al., 2007), entre outros, também elevam o nível de salinização dos solos (PEDROTTI et al., 2015).

Na Figura 2, observou-se a relação quadrática com redução do pH a partir da condutividade elétrica com 2,0 dS m⁻¹ da água salina aplicada apenas para o Neossolo Flúvico, significativo a 5% de probabilidade, enquanto que para o Vertissolo os valores de pH do extrato de saturação do solo não diferiram entre si, em função do aumento da CEai da água de irrigação aplicada, não sendo possível ao ajuste de modelos matemáticos. Resultados semelhantes foram encontrados por Maggio et al. (2004) e Gonçalves et al. (2011) em Neossolos Flúvico quando irrigados com água salina.

Como os solos estudados apresentam grau de intemperismo semelhantes e texturas diferentes, observou-se apenas um pequeno aumento do pH até a salinidade de 2,05 dS m⁻¹, seguido de um decréscimo no Neossolo Flúvico com o aumento da água salina. Por outro lado, o Vertissolo permaneceu com valor de pH próximo a 5,95.

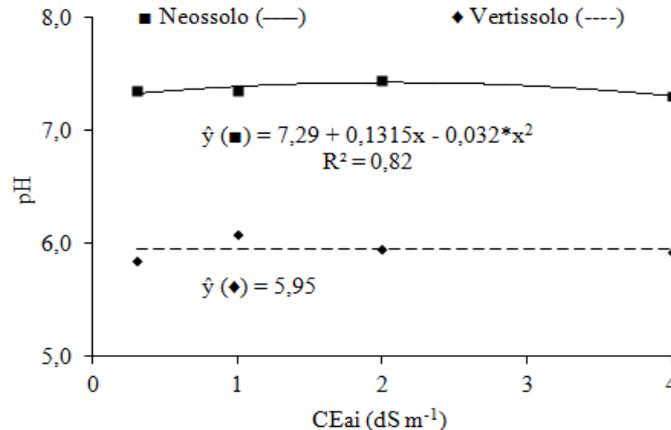


Figura 2 – Valores do pH em função da condutividade elétrica da salinidade da água de irrigação (CEai) para Neossolo Flúvico e Vertissolo.

Como os solos estudados apresentam grau de intemperismo semelhantes e texturas diferentes, observou-se apenas um pequeno aumento do pH até a salinidade de 2,05 dS m⁻¹, seguido de um decréscimo no Neossolo Flúvico com o aumento da água salina. Por outro lado, o Vertissolo permaneceu com valor de pH próximo a 5,95. Os valores do pH observados podem ser influenciados por alguns fatores, entre eles o efeito de sais solúveis, os quais afetam a força iônica da solução do solo e por sua vez a

atividade dos íons H⁺. Maggio et al. (2004), o decréscimo nos valores de pH com aplicação de água salina pode ser atribuído à adição de CaCl₂ ao solo via água salina de irrigação, resultando, assim, no aumento da concentração dos íons de H⁺ na solução do solo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Freitas et al. (2007) e Garcia et al. (2008) em estudos sobre alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina.

No que se refere aos valores de cálcio e sódio trocáveis do solo, pode-se constatar pela Figura 3 (A e B), que o acréscimo da salinidade da água de irrigação nos substratos dos dois solos aumentou significativamente ajustando-se ao modelo quadrático para o Vertissolo nos teores de Na e Ca (Figura 3A e 3B), como também para o Neossolo, porém para o teor de Ca no Neossolo, o

acréscimo da salinidade da água de irrigação aumentou linearmente a concentração desse mineral no solo em 88%, sendo que esses aumentos podem ter sido atribuídos às características da água salina utilizada na irrigação, pois as mesmas possuíam íons de Ca^{+2} e Na^{+} na sua composição. O Na^{+} pode ter uma alta solubilidade e ser menos adsorvidos ficando mais fixado na solução do solo.

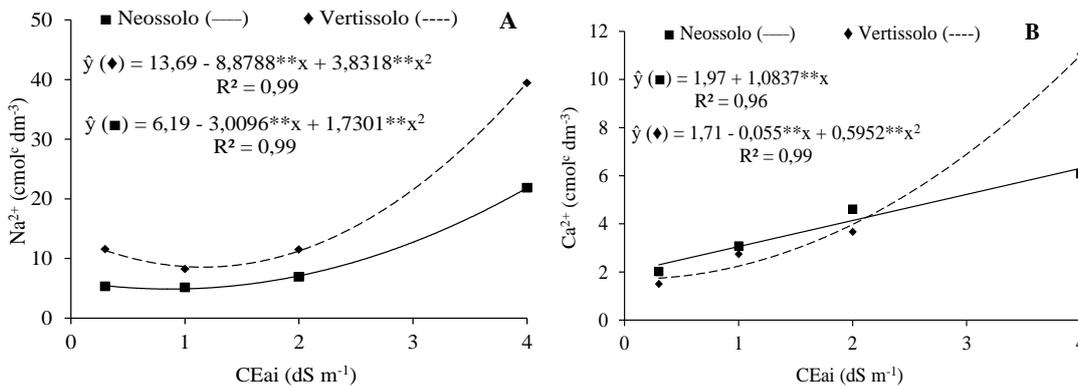


Figura 3 – Valores de Na (A) e Ca (B) em função da condutividade elétrica da salinidade da água de irrigação (CEai) para Neossolo Flúvico e Vertissolo.

Corroborando com estes resultados, Garcia et al. (2008) estudando os efeitos da irrigação de águas salinas nas propriedades químicas de um Neossolo e um Latossolo encontraram resultados semelhantes. No ceará, o ambiente pela qual a *C. madagascariensis* invade apresenta composição química do solo um alto teor de sódio, cálcio e magnésio (SOUZA, 2014).

O aumento do teor de sódio pode ser explicado pela passagem do sódio para o complexo de troca, principalmente quando o mesmo constitui a metade ou mais dos cátions solúveis da solução do solo. Nessas condições, o cálcio por se menos solúvel, precipita-se à medida que a solução do solo se concentra, em consequência da evaporação, deixando o sódio como único cátion na solução.

Ao compararmos estes dados com os apresentados por Holanda Filho et al. (2011), verificaram influência do uso de água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da *Manihot esculenta*, foi constatado que teores de sódio foram superiores nos tratamentos que receberam água salina.

Em um processo de invasão biológica a tolerância funciona como um agente facilitador no estabelecimento e dominância de determinadas espécies a exemplo de *P. aculeata*, *S. virgata* e *P. juliflora* (SOUZA, 2011; BEZERRA et al., 2013) o que pode explicar também o que acontece com a espécie *C. madagascariensis* em áreas invadidas no estado do Ceará.

No que se refere aos valores de Magnésio e Potássio trocáveis dos solos (Figuras 4A e B), o acréscimo da salinidade da água de irrigação nos dois solos aumentou significativamente para o Vertissolo e Neossolo Flúvico até a salinidade máxima de 2,93 dS m⁻¹ nos teores de Mg. Tal resposta, pode estar atribuída às características da água salina utilizada na irrigação, pois as mesmas possuíam íons de Mg^{+2} na sua composição. Por outro lado, os valores de K^{+} decresceram até a salinidade de 2,30 dS m⁻¹ no Neossolo Flúvico, após essa salinidade houve uma recuperação nos teores de K^{+} de 54%. Já no Vertissolo os teores de K decresceram até a salinidade de 2,57 dS m⁻¹, após isto houve também uma recuperação nos teores de K^{+} com o aumento da água de irrigação salina em 31%.

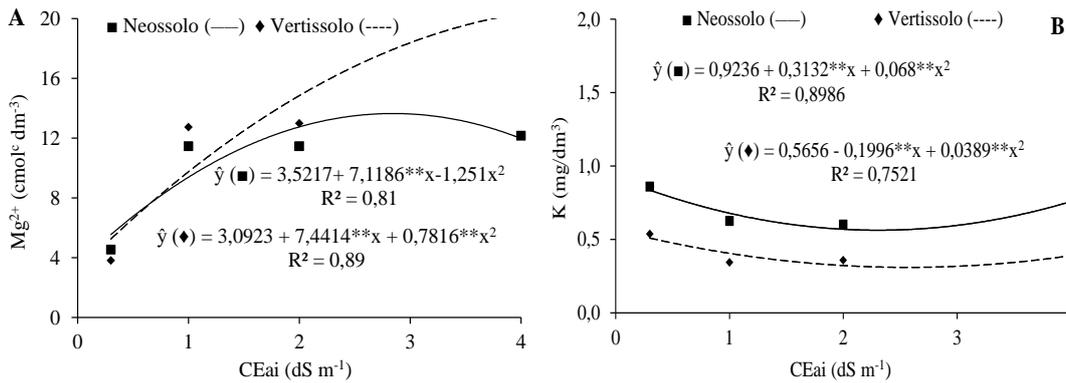


Figura 4. Valores de Mg²⁺ (A) e K (B) em função da condutividade elétrica da salinidade da água de irrigação (CEai) estudados no Neossolo Flúvico e Vertissolo.

Já o aumento dos teores de Mg²⁺ e K⁺ no extrato de saturação com a elevação da CE, possivelmente, está relacionado ao deslocamento destes cátions do complexo de troca do Ca²⁺ e pelo Na⁺ provenientes da água de irrigação. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2007) trabalhando com quatro solos no Rio Grande do Norte sob irrigação com águas salinas.

Os teores de K⁺ causam acumulação e conseqüentemente maior disponibilidade para o solo, esses resultados divergem dos obtidos por Garcia et al. (2008) e Freitas et al. (2007), que estudaram as alterações químicas de dois solos com água salina, entre eles um Neossolo, semelhante ao utilizado nesse experimento, e observaram que os níveis de K não foram afetados com o aumento dos níveis de salinidade no solo.

Para o Vertissolo, observa-se um pequeno decréscimo nas concentrações de K⁺ na água de irrigação salina, essa situação pode ser explicada por Hansel et al. (2009) em que estes autores estudaram o complexo de troca nas mesmas condições. Com isso, foi evidenciado que a capacidade do K⁺ de fixar-se nas partículas do solo, que desta forma explicaria em parte o comportamento inesperado observado, e também devido a sua capacidade de ser deslocado por outros cátions bivalentes ou monovalentes. Muitos minerais do solo em meio argiloso, têm uma grande capacidade de fixar o potássio por substituição isomórfica. Esse fenômeno é importante ao longo do tempo, com a incorporação do potássio na formação de minerais secundários.

Outro acontecimento que pode explicar essa queda nos teores de K no Vertissolo com o aumento da condutividade das águas salinas é a lixiviação do potássio, segundo Ayers & Westcot (1999), variações nas características eletroquímicas dos colóides do solo, como aquela decorrente da nuvem de prótons em torno das substâncias húmicas, poderiam diminuir a aproximação do cátion com o solo e facilitar sua lixiviação e/ou lixiviar mesmo na presença de ânions que formem ligações fracas, como cloretos e sulfatos.

CONCLUSÕES

Os valores médios do pH e os valores de potássio e magnésio trocáveis diminuíram no Neossolo com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, enquanto que a disponibilidade de cálcio e sódio não foram afetadas.

O aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação tanto do Neossolo Flúvico quanto do Vertissolo não interferiu o crescimento da *C. madagascariensis*, apenas no Vertissolo sofrendo uma redução em sua germinação.

O aumento do teor salino das águas elevou o caráter salino dos dois solos estudados, porém não prejudicou o crescimento inicial das plantas jovens de *C. madagascariensis* até os 152 dias, o que indica que a espécie é tolerante à salinidade o que pode explicar, em parte, o sucesso desta espécie em colonizar áreas salinas representando uma vantagem ecológica da mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S.; PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p. 221-226, 2003.
- ANDRADE, L.A.; FABRICANTE, J.R.; ALVES, A. S. Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC.: Impactos sobre a fitodiversidade e estratégias de colonização em área invadida na Paraíba. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 6, p. 61-67, 2008.
- 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.

ATIAL, A.; HAMED, K. B.; DEVEZ, A. & ABDELLY, C. 2006. Salt and seawater effects on the germination of *Crithmum maritimum*. In: Ozturk, M.; Waisel, Y.; Khan, M.A.; Gork, G. (ed). **Biosaline agriculture and salinity tolerance in plants**. Berlin: Birkhause Verlag, p.29-34.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W.A. **A qualidade da água na agricultura**. 2 ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2008. 611 p.

BEZERRA, F. T. C.; ANDRADE, L. A. DE; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, E. P.; BEZERRA, M. A. F.; Emergência e crescimento inicial de plantas de *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) em substrato salino, **Rev. Árvore**, Viçosa, v.37, n.4, p.611-618, 2013.

COSTA, D. M. A. DA; HOLANDA, J. S.; FIGUEIREDO FILHO, O. A. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na bacia do Rio Cabugi-Afonso Bezerra-RN. **HOLOS**, Natal, Ano 20, p.1-13, 2004.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011, 230 p. (Embrapa – CNPS. Documentos, 132).

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Andenantha pavonina*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.167-77, 1998.

FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. R. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biosalinidade e produção agrícola. In: Gheyi, H.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F., (Orgs.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, Fortaleza-CE. Cap. 12, p. 181-203, 2010.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e tecnologia, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, E. V. S.; FERNANDES, J. G.; CAMPOS, M. C. C.; FREIRE, M. B. G. DOS S. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação

salina. **Revista de Biologia e Ciência da terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2007.

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; Nazário, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 7-18, 2008.

GONÇALVES, I. V. C.; FREIRE, M. B. G. S.; SANTOS, M. A.; SANTOS, E. R.; FREIRE, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 589-596, 2011.

HANSEL, F.D.; AMADO, T.J.C.; DELLAMEA, R.B.; SCHOSSLER, D.S.; HORBE, T.; TEIXEIRA, T.G.; TABALDI, F. **Evolução dos teores de potássio e sua relação com a sua fertilização e exportação via colheita**. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Fortaleza-CE, 2009.

HOLANDA FILHO, R. S. F. DE; SANTOS, D. B. DOS; AZEVEDO, C. A. V. DE.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. DE. 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. Campina Grande-PB, 2011.

INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP (ISSG), 2010. **A Compilation of Information Sources for Conservation Managers**. Disponível em: <<http://www.issg.org/database>>. Acesso em 31 de Agosto de 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos-SP. Ed. Rima Arts e Textos, 531 p. 2006.

LIU, X.; QIAO, H. L.; TADANO, T.; KHAN, M. A. Comparative affect of NaCl and seawater on seed germination of *Suaeda salsa* and *Atriplex centralasiatica*. In.: Ozturk, M.; Waisel, Y.; Khan, M. A.; Gork, G. (ed.). **Biosaline agriculture and salinity tolerance in plants**. Berlin: Berkhuser Verlag, 2006. p. 45-54.

MAGGIO, A.; PASCALE, S. DE; ANGELINE, G.; RUGGIENO, C.; BARBIEUI, G.; Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. **European Journal of Agronomy**, v. 21, n. 2, p. 149-159, 2004.

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.

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.

SANTOS, R.V.; CAVALCANTE, L.F.; VITAL, A.F.M.; LACERDA, C.F.; SOUZA, E.R.; LIMA, G.S. Interação salinidade – fertilidade do solo. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. 504p.

SILVA, J. L.; GUIMARÃES, S. C.; YAMASHITA, O. M. Germinabilidade de sementes de *Chloris barbata* (L.) Sw. Em função de temperatura e nitrato de potássio. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 7, n. 1, p. 45-53, 2009.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; DUDA, G. P.; SOUZA, C. E. S. Risco de salinização em quatro solos do Rio Grande do Norte sob irrigação com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 02, n. 01, p. 08-14, 2007.

SOUSA, F. Q. Estrutura Fitossociológica de Remanescentes de Caatinga e Avaliação do Banco de Sementes do Solo em Áreas Invasidas por *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. no Estado do Ceará. 2014. 121 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade da Paraíba, Centro de Ciências, Areia-PB.

SOUZA, V. C.; ANDRADE, L. A.; BEZERRA, F. T. C.; FABRICANTE, J. R.; FEITOSA, R. C. Avaliação populacional de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae Lindl.), nas margens do rio Paraíba. **Rev. Bras. Ciênc. Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 314-320, 2011.

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

VIEIRA, M.F.; LEITE, M.S. DE O.; GROSSI, J.A. DE S.; ALVARENGA, E. M. Reproductive biology of *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (Periplocoideae, Apocynaceae), an ornamental and exotic species of Brazil. **Bragantia**. V. 63, n. 3, p. 325-334, 2004.