

Artigo científico

Teores de clorofila em folhas de *Cryptostegia madagascariensis* em diferentes solos salinizados

Chlorophyll contents in leaves of *Cryptostegia madagascariensis* in different salinized soils

Francisco de Oliveira Mesquita¹, Jailma dos Santos de Medeiros², Leonaldo Alves de Andrade³, Cleiton José de Oliveira⁴, André Japiassu⁵, Rodrigo de Andrade Barbosa⁶ e Fabiana Xavier Costa⁷

¹ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Pós-Doutorando pela Universidade Federal do Cariri/UFCA. Campus Crato-CE. E-mail: mesquitagro@yahoo.com.br;

² Doutor em Ciência do Solo pela UFPB, Campus Areia-PB. E-mail: jailma@bol.com.br;

³ Professor Adjunto. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Campus Areia-PB. E-mail: leonaldo@bol.com.br;

⁴ Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. E-mail: cleiton@bol.com.br;

⁵ Pós-Doutor em Sistemas Agroindustriais/CCTA/UFCG. Campus de Pombal-PB, Brasil. E-mail: japiassuagro@gmail.com;

⁶ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental pela UEPB. E-mail: rodrigo@gmail.com;

⁷ Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental pela UEPB. E-mail: fabianaxavier@gmail.com.

Resumo: A espécie invasora *Cryptostegia madagascariensis* constitui uma ameaça à biodiversidade de vastas áreas da Caatinga e ecossistemas associados, devido a sua capacidade de dominar os mais diversos ambientes, onde se estabelece formando densos maciços populacionais, competindo, com vantagens, com a flora autóctone. Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação (estufa), com vistas a avaliar os efeitos da salinidade nas características químicas de dois tipos de solos Neossolo e Vertissolo, sobre a germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis*. Os tratamentos foram arranjados em blocos casualizados, com quatro repetições, seguindo o arranjo fatorial de 4x4x2, correspondendo aos cinco níveis de salinidade ou incubações (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) mantidos até o final do ensaio e com dois tipos de solos (Neossolo Flúvico e Vertissolo). Primeiramente, o material de um Neossolo Flúvico e de um Vertissolo foram irrigados com diferentes águas salinas. Em seguida, foram acondicionados cerca de 19 kg de cada substrato em vasos plásticos com capacidade para 21 L. Após a emergência, 10 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, deixando quatro plantas por vaso. Ao final do experimento foram avaliadas criteriosamente as seguintes variáveis: índices foliares de clorofila *a*, *b* e total *e*, evapotranspiração da planta. Os índices de clorofila *a* e total bem como a evapotranspiração foram mais expressivos no solo Neossolo Flúvico do que no Vertissolo, evidenciando que esta espécie também mostrou ser eficiente na absorção de água.

Palavras-chave: Fotossíntese; Absorbância; Refletância; Estresse hídrico.

Abstract: The invasive species *Cryptostegia madagascariensis* constitutes a threat to the biodiversity of vast areas of the Caatinga and associated ecosystems, due to its ability to dominate the most diverse environments, where it is established forming dense population massifs, competing, with advantages, with the native flora. This work was conducted in a greenhouse (greenhouse), with the aim of evaluating the effects of salinity on the chemical characteristics of two types of soils Neossolo and Vertissolo, on seed germination and initial development of *Cryptostegia madagascariensis* seedlings. The treatments were arranged in randomized blocks, with four repetitions, following the factorial arrangement of 4x4x2, corresponding to the five levels of salinity or incubations (0.3; 1.0; 2.0 and 4.0 dS m⁻¹), four moisture content (20% of CC; 40% of CC; 70% of CC e 110% of CC) maintained until the end of the test and with two types of soils (Floss Neossol and Vertisol). Firstly, the material of a Floss Neossol and a Vertisol were irrigated with different saline water. Then, about 19 kg of each substrate was stored in plastic pots with a capacity of 21 L. After emergence, 10 days after sowing (DAS), thinning was carried out, leaving four plants per pot. At the end of the experiment, the following variables were carefully evaluated: leaf indexes of chlorophyll *a*, *b* and total *e*, evapotranspiration of the plant. Chlorophyll *a* and total indexes as well as evapotranspiration were more significant in Neossolo Flúvico than in Vertisol, showing that this species also proved to be efficient in water absorption.

Key-words: Photosynthesis; Absorbance; Reflection; Invasive plant; Hydrical stress.

Aceito para publicação em: 12/008/2020/ Publicado 30/10/2020.

INTRODUÇÃO

A *Cryptostegia madagascariensis*, conhecida como unha-do-diabo, é uma planta invasora facultativa exótica, de origem africana (LEÃO et al., 2011). Essa espécie foi distribuída por vários países como ornamental e para produção de borracha, passando, em virtude da sua adaptabilidade, agressividade e prolificidade, a infestar esses locais, colocando em risco espécies vegetais e animais. No Brasil, a planta ocorre principalmente nos estados do nordeste, em especial no Ceará, Maranhão e Pernambuco (SOUSA et al., 2014).

Em regiões semiáridas, algumas espécies vegetais 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). Outra espécie que, devido à forte presença em ambientes salinos, sugere-se que tolera altos níveis de salinidade é *Cryptostegia madagascariensis*, conforme estudo de Cruz et al. (2016). As plântulas nascidas em ambientes naturais instalam-se principalmente em solos de aluvião, junto às margens de rios e corpos de água.

A invasão biológica está entre os mais graves problemas ambientais da atualidade em todo o mundo (HULME et al., 2012). No Brasil, a invasão biológica por essas espécies vegetais é crescente, sendo reconhecidas mais de cem espécies exóticas com potencial invasor ou como invasoras já estabelecidas (ZENNI; ZILLER, 2011), que em todos os biomas, causam redução da diversidade, alteração das características dos ecossistemas e muitas vezes extinção de espécies autóctones.

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. A resposta à situação de estresse varia de acordo com as características intrínsecas da espécie (SOUZA et al., 2011).

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 de nitrogênio e clorofila pode ser afetado (NASCIMENTO et al., 2011). Nesse tipo de condição, os vegetais acionam mecanismos fisiológicos que lhe permitem escapar ou tolerar essa condição abiótica (SILVA et al., 2012).

O primeiro mecanismo do qual a planta se utiliza para conservar água no seu interior é o fechamento estomático, estratégia utilizada por todas as espécies vegetais, para evitar a perda excessiva de água por meio da transpiração. O fechamento dos estômatos está diretamente relacionado ao conteúdo hídrico na câmara subestomática. Quando a perda de água é superior à capacidade de absorção e transporte, o conteúdo hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos, proporcionando redução na perda de água e, em contrapartida, uma restrição na entrada de CO₂ (TAIZ; ZEIGER, 2017).

É bem relatado na literatura que o aparato fotossintético das plantas também é modificado em situações de estresse, sendo a redução da fotossíntese uma resposta ao declínio no teor de clorofila (NETO et al.,

2011). As clorofilas são pigmentos fotossintéticos que têm a finalidade de absorver a energia, que posteriormente é armazenada via formação de ligações químicas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

À medida que o solo perde 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). A água é uma molécula 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 a planta realize um balanço equilibrado entre os processos de absorção e de perda de água (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 (GARCÍA et al., 2011), interferindo na permeabilidade das membranas e absorção de nutrientes, na atividade de várias enzimas e no funcionamento do aparelho fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2009), causando distúrbios funcionais e injúrias nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009; DIAS; BLANCO, 2009).

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 (YANG et al., 2011), 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.

Mesmo diante deste grave problema pouco se conhece acerca do comportamento desta espécie acerca dos processos fotossintéticos ou metabólicos em solos senilizados, 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*.

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 2016 a janeiro de 2017. O local 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 mensais (\pm desvio padrão) de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação do Laboratório de Ecologia Vegetal, Areia-PB, 2016/2017.

	2016					2017
	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
Média Mensal						
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 Mensal	71,0	66,2	66,0	61,2	64,0	56,7

Médias mensais dos tratamentos avaliados nos anos de 2016 e 2017.

Os frutos de *C. madagascariensis*, quando apresentavam deiscência, foram coletados manualmente em indivíduos de uma população existente na Fazenda Triunfo, localizada no município de Ibareta-CE, situada nas 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. Os frutos foram coletados aleatoriamente sob a copa da invasora acondicionados em sacos plásticos e encaminhados ao Laboratório de Ecologia Vegetal DFCA/CCA/UFPB, Areia-PB.

A coleta dos frutos foi realizada em agosto de 2016 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/UFPB, 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 eles: Vertissolo de textura Franco Argilo Siltoso e Neossolo Flúvico de textura Areia Franca (SANTOS et al., 2006), 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.

Quanto à coleta de amostras de solos, foram realizadas primeiramente amostras simples e depois formadas amostras compostas, de cada tipo de solo. Após a coleta dos solos, em seguida, as amostras foram para fins de caracterização química e física. Para tal, as amostras simples de cada solo foram homogeneizadas, destorroadas, postas para secar ao ar livre e à sombra e posteriormente passadas em peneira com malha de 2 mm. As análises

físico-químicas seguiram as metodologias contidas em Embrapa (2013) 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 amostras dos dois tipos de solos para as análises foram transportadas em sacos plásticos devidamente etiquetados para o LEV/CCA/UFPB, onde foram destorroadas, homogeneizadas, 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 descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013) 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. Foram realizadas apenas uma análise físico-química compostas de cada tipo de solo.

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, 2013). 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 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. Ano de 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)	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
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% = porcentagem de sódio trocável; PSI = porcentagens 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.

Cada tipo de solo foi colocado ou alocado em 128 vasos experimentais, depois, separados em quatro lotes com quatro repetições, sendo cada lote irrigado com água contendo os seguintes valores de cada condutividade elétrica correspondente: 0,3 (média da condutividade elétrica da água de torneira utilizada no experimento); 1,0; 2,0 e 4,0 dSm⁻¹. Os níveis da condutividade elétrica da água utilizados para salinização dos solos foram obtidos através da diluição dos sais Cloreto de Sódio (NaCl), Cloreto de Cálcio (CaCl₂.H₂O) e, Cloreto de Magnésio (MgCl₂.6H₂O) na proporção de 7:2:1 de íons de sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, em água de torneira e as medidas feitas Rev.Bras.de Gestão Ambiental
ISSN:2317-3122

com condutivímetro portátil. Esse procedimento, correspondente a um experimento conduzido em esquema fatorial 4x4x2, com quatro blocos casualizados, sendo cada bloco composto por 32 vasos (4 níveis de salinidade x 2 solos x 4 regimes hídricos), com quatro repetições, totalizando 128 vasos. Este seria um delineamento de blocos ao acaso, como descrito no resumo.

Antes da sementeira, 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 sementeira, 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 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 realizados 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 (SOUSA et al., 2008). 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 de alguns níveis de salinidade do solo mais tratamento testemunha (0,3 dS m⁻¹). Para avaliar o crescimento das plantas jovens os tratamentos salinos foram distribuídos em esquema fatorial num tratamento testemunha mais quatro níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹) e dois tipos de solos (Neossolo e Vertissolo), perfazendo o esquema fatorial tipo 4x4x2.

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 realizados 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.

Também foram avaliados os teores de umidade e os níveis de salinidade do solo na ocasião do descarte do ensaio. Foram determinadas a condutividade elétrica do extrato da pasta de solo saturado, o pH, sódio, Cálcio, Magnésio, potássio, Percentagem de Sódio Intercambiável (PSI), a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e as

Percentagem de Sódio Trocável (PST). O extrato da pasta de solo saturado foi obtido conforme descrito por Ruiz (2003) 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 do caule 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.

Aos final do experimento foi avaliado criteriosamente o Índice de Clorofila A (CLOR A), Índice de Clorofila B (CLOR B) e Índice de Clorofila Total (CLOR TOTAL). As determinações de clorofila A, B e Total (somatório da Clorofila A e B) foram realizadas aos 120 dias após a semeadura, através da determinação indireta por meio do uso do clorofilômetro, modelo CFL 1030, operado conforme as instruções do fabricante (FALKER, 2008).

A evapotranspiração (ETC) foi quantificada a partir da água reposta nos vasos em cada unidade experimental através da diferença de peso entre os dias de pesagem. Os resultados foram expressos em mm vasos, pois cada vaso continha quatro plantas.

As análises estatísticas dos 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 e os teores de umidade avaliados em diferentes condições de solos com *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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com resumo da análise de variância para as médias do diâmetro de caule, altura, número de folhas, área foliar e tamanho de folha de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os níveis de condutividade elétrica da pasta de saturação dos dois solos estudados (Tabela 3). Ainda na Tabela 4, pode-se observar que para os valores do diâmetro de caule, altura, número de folhas, área foliar e tamanho de folha de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis*, em função da condutividade elétrica da pasta de saturação dos dois solos estudados, não se ajustaram aos modelos de regressão testados ($p > 0,05$). Já a média de emergência se ajustou significativamente à regressão linear apenas para o Vertissolo.

Tabela 3. Resumo das análises de variância do índice de clorofila A (CLOR A), índice de clorofila B (CLOR B), índice de clorofila total (CLOROFILA TOTAL) e evapotranspiração de referência (ETc) das plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* cultivadas em dois tipos de solos (Neossolo e Vertissolo) salinizados com água de qualidades distintas (CEai – condutividade elétrica da água de irrigação). Areia-PB, 2017.

F.V	GL	CLOR.A	CLOR.B	CLOR.TOTAL	ETc
Bloco	15	903,1937	383,7694	1260,3571	710221,7
Solo (S)	1	8121,2223**	7192,3299**	30497,9518**	752298,53*
Umidade (U)	4	9963,8060**	12005,9048**	34533,9294**	32246739,90**
CEai (C)	3	839,5746 ^{ns}	390,0769 ^{ns}	1756,8793 ^{ns}	1218387,26**
S x C	3	1949,1633 ^{ns}	615,9868 ^{ns}	3760,9309 ^{ns}	130501,14 ^{ns}
S x U	4	2370,8893 ^{ns}	1621,4188 ^{ns}	7649,4503*	11379961,43**
U x C	4	1159,3076 ^{ns}	213,1966 ^{ns}	1604,4343 ^{ns}	583259,35**
S x U x C	6	2213,2391 ^{ns}	823,3033 ^{ns}	4465,9606 ^{ns}	317728,75 ^{ns}
Resíduo	4,3473	1116,9571	741,78	2554,2381	162985,5
CV (%)	26,26	10,71	24,47	11,94	10,23
Média	7,93	312,12	111,32	423,42	3946,92

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

Pizarro (1996), afirmou que condutividades elétricas do solo superiores a 2 dS m⁻¹ podem ocasionar danos à produção de cultivares sensíveis. Foi constatado, no presente estudo, que o teor salino da água de irrigação de 4 dS m⁻¹ não comprometeu a emergência das plântulas de *C. madagascariensis* no Neossolo. Verifica-se que esta espécie apresenta tolerância a salinidade neste tipo de solo, o que poderia explicar, em parte, o seu sucesso reprodutivo e a monodominância da espécie.

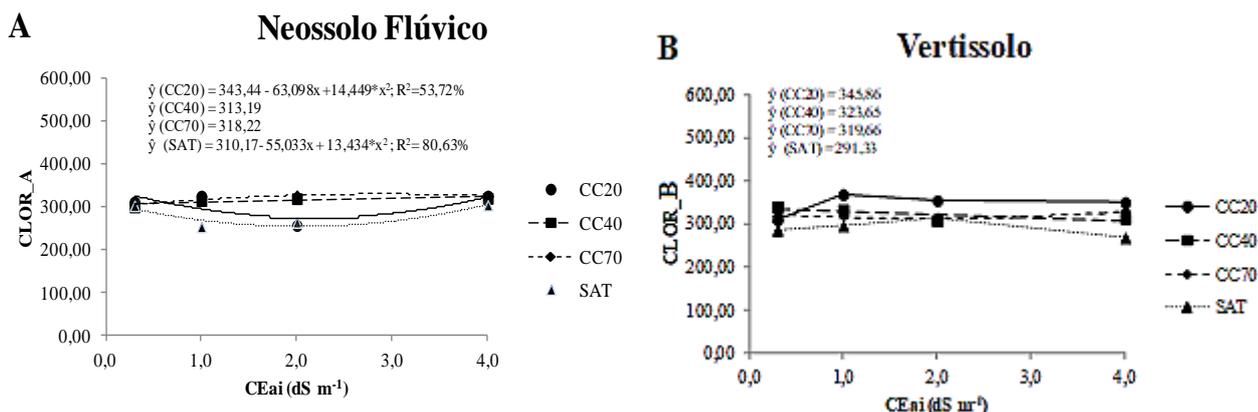
Algumas espécies, como as invasoras *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae), *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Fabaceae) apresentaram tolerância à salinidade (LEAL et al., 2013). Bezerra et al. (2013), trabalhando com a espécie invasora *Parkinsonia aculeata*, não verificaram interferência em sua germinação com o aumento da salinidade no substrato. A espécie apresentou uma tolerância inicial a salinidade de 7 dSm⁻¹, o que comprova que essa espécie possui mais uma habilidade competitiva, que a capacita para invadir determinados sítios do semiárido.

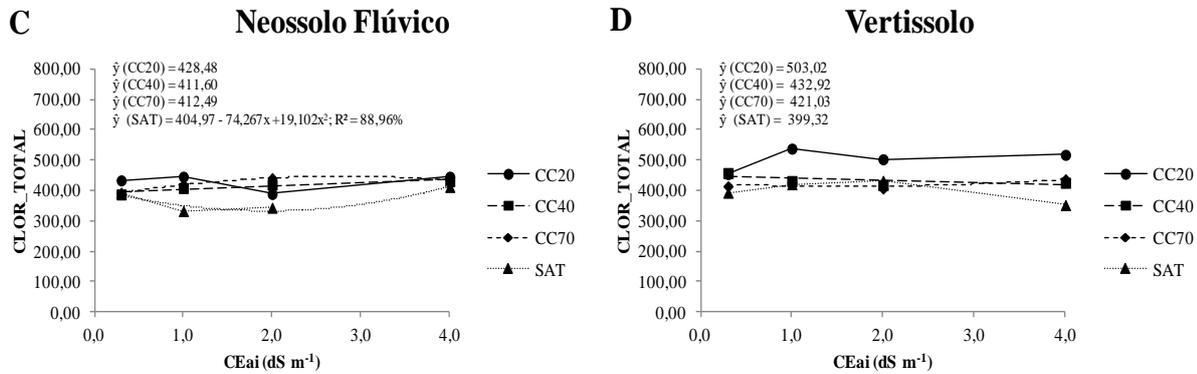
Quando se observa o índice de Clorofila A (CLOR A) em função da CEai, os resultados obtidos para o Neossolo Flúvico quando submetidos a umidade de 20% da CC, ajustou-se ao modelo quadrático apresentando

menor índice sob salinidade mínima de 2,18 dS m⁻¹, com valor de 237,21 de CLOR A (Figura 1A). Na condição de SAT, a CLOR A em função da CEai também se ajustou ao modelo quadrático apresentando o menor índice na salinidade de 2,05 dSm⁻¹ apresentando um valor de 253,81. Para a umidade de 40% e 70% da CC, não houve ajuste a nenhum modelo matemático, apresentando médias 313,19 e 318,22 respectivamente (Figura 1A). Verifica-se também que a CEai máxima estimulou a produção de clorofila A das plantas jovens de *C. madagascariensis* com o índice máximo de 323,23 (Figura 1A).

Para o índice de Clorofila total (CLOR TOTAL), observa-se que apenas as plantas de *C. madagascariensis* quando submetidas à umidade de SAT se ajustaram a um modelo de regressão quadrática. Pode-se observar que a salinidade de até 1,94 dS m⁻¹ inibiram a capacidade clorofilática das plantas jovens desde a espécie com declínio dos índices de 384,41 para o valor mínimo de 332,78, a partir de 1,94 dS m⁻¹ houve uma recuperação na taxa de clorofila total de 88%. Verifica-se também que a irrigação com águas de maior salinidade estimulou o índice de CLOR TOTAL das plantas jovens de *C. madagascariensis* com o índice máximo de 413,53 quando submetidas a maior CEai (Figura 1C).

Figura 1. Índice de Clorofila A (CLOR A) - (A e B) e Clorofila Total (C e D) no tecido foliar de plantas jovens em função da água de irrigação salina (CEai) e dos níveis de umidade dos solos (CC20%; CC40%; CC70% e SAT) em -dois tipos de solos (Neossolo Flúvico e Vertissolo), aos 152 dias após a semeadura. Areia-PB, 2017.





Ao constatar que no Neossolo Flúvico apresenta menos matéria orgânica (MO), menos Soma de Bases (SB) e menos Capacidade de Troca de Cátions (CTC) (Tabela 2) em relação ao Vertissolo, o teor salino das águas de irrigação comprometeu mais severamente a capacidade clorofilática das plantas neste solo. Constatou-se, como em outras variáveis, a hipótese os maiores valores de MO, SB e CTC do Vertissolo pôde ter sido uma maneira de mitigar os efeitos deletérios da salinidade na atividade clorofilática das plantas jovens de *C. madagascariensis*.

Os índices de Clorofila A e Total não se ajustaram a nenhum modelo matemático nos ensaios realizados no Vertissolo (Figuras 1B e 1D). Porém quando comparados ao Neossolo Flúvico, ambos os índices apresentaram uma maior média nas umidades de 20, 40 e 70% da CC. Como também o índice de Clorofila B não se ajustou em nenhum modelo matemático para nenhum dos dois solos estudados.

O índice de clorofila é utilizado como indicativo de deficiência nutricional em plantas cultivadas, como para cafeeiro (GODOY et al., 2008) ou como indicativas de possíveis alterações no conteúdo de clorofila, ou seja, no pigmento fotossintético, ocasionando problemas na fotoassimilação e consequentemente no desenvolvimento e crescimento das plantas. Em plântulas de melão (*Cucumis melo* L.) submetidas a estresse salino foi constatada redução no índice de clorofila para diferentes cultivares, de acordo com o aumento da salinidade do solo (ARAGÃO et al., 2009).

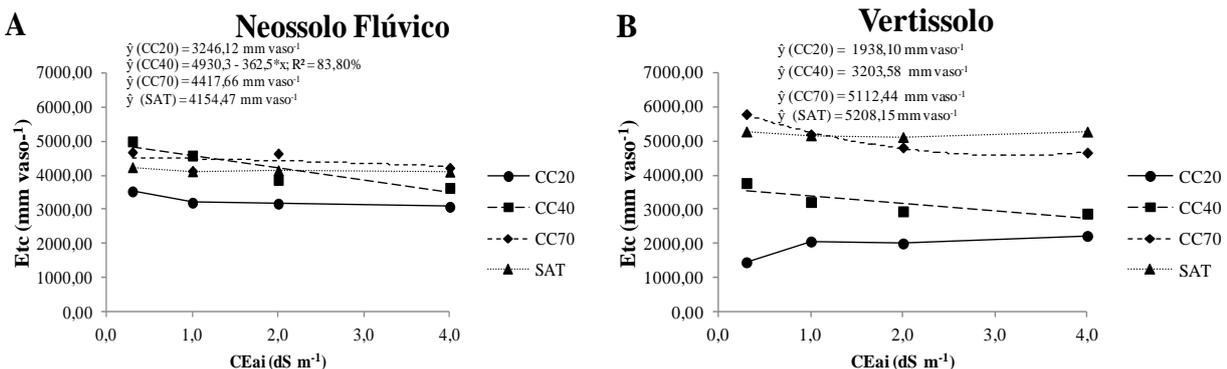
A salinidade da água de irrigação não influenciou a evapotranspiração de plantas jovens de *C. madagascariensis* entre os dias 36 e 152 dias após a semeadura. Apenas no Neossolo Flúvico, as plantas jovens

de *C. madagascariensis* quando cultivadas na umidade de 40 % da CC se ajustaram ao modelo linear decrescente, inibindo a evapotranspiração de 4820,8 mm vaso⁻¹ para 3481,3 mm vaso⁻¹ correspondente a uma perda de 27,8% (Figura 2A). Comparativamente, a tendência dos resultados esta coerente com a obtida por Sousa et al. (2011), ao constatarem que o aumento da salinidade das águas diminuiu o consumo hídrico das plantas de *Jatropha curcas*. A maior exposição das plantas aos efeitos deletérios dos sais da água aplicada diminui o potencial osmótico na solução do substrato e compromete a absorção de água e nutrientes, com reflexos negativos nos processos fisiológicos e consumo hídrico das plantas (DIAS et al., 2010).

Nos ensaios com o Neossolo Flúvico submetidos as umidades de 20%, 70% da CC e SAT, não houve ajustes a nenhum modelo matemático, apresentando médias de 3246,12, 4417,66 e 4154,47 mm vaso⁻¹, respectivamente (Figura 2A). Já no Vertissolo também não foi significativo, porém nos ensaios com os vasos mantidos a 20%, 40%, 70% da CC e SAT tiveram médias de 1938,10, 3203,58, 5112,44 e 5208,15 mm vaso⁻¹, respectivamente (Figura 2B).

Conforme indicado na Figura 2A o aumento da salinidade das águas de irrigação influenciou negativamente o consumo hídrico das plantas jovens de *C. madagascariensis*. O declínio no consumo hídrico é consequência da redução do potencial osmótico da solução do solo, em função do aumento da concentração dos sais solúveis, o que resulta na redução na absorção de água e nutrientes pelas plantas (OLIVEIRA et al., 2008).

Figura 2. Valores da evapotranspiração (Etc) - (A e B) de plantas jovens de *C. madagascariensis* em função da água de irrigação salina (CEai) e dos níveis de umidade dos solos (CC20%; CC40%; CC70% e SAT) em dois tipos de solos (Neossolo Flúvico e Vertissolo), dos 36 aos 152 dias após a semeadura. Areia-PB, 2017.



Fonte: autores (2020).

Os maiores valores de evapotranspiração durante o período de avaliação foram constatados nos vasos com os maiores teores de umidade tanto para o Neossolo Flúvico como para o Vertissolo, podendo ser devido a um maior consumo de água pelas plantas de *C. madagascariensis*, pois os maiores níveis de umidade promoveram os maiores crescimentos ou possa ter sido devido à evaporação de água para o ambiente atmosférico.

Para as variáveis área foliar específica (AFE) e razão da massa foliar (RMF) não foram identificadas diferenças significativas entre suas médias para as umidades de 20%, 40%, 70% da CC e SAT como também para a interação umidade e salinidade da água de irrigação (CEai) não foram significativas.

Entre as adaptações ao estresse salino, relacionadas a aspectos de ecofisiologia, já foram identificadas vários mecanismos, com destaque para os de natureza morfológica e anatômica, abscisão (descarte) de tecidos e órgãos, ajustamento osmótico e multiplicação via vegetativa (FERNANDES et al., 2010).

A espécie *C. madagascariensis* mostrou-se tolerante durante os 152 dias do experimento para algumas variáveis estudadas com melhor desempenho para o Vertissolo. Quando submetidas a doses crescentes de águas salinas de irrigação como também ao déficit e ao excesso de água tanto no Neossolo Flúvico como no Vertissolo. Podendo ser devido a mecanismos morfológicos, fisiológicos ou bioquímicos que a espécie utiliza quando submetidas a estresse salino e déficit hídrico. No entanto, as plantas desenvolvem várias maneiras de lidar com uma limitada disponibilidade de água, que são um conjunto singular de características para lidar com as condições de seu ambiente (GUREVITCH et al., 2009).

CONCLUSÕES

Apesar do incremento de sais na água, a espécie invasora em estudo conseguiu se desenvolver nos solos estudados, como também com o excesso de água.

A maioria das variáveis avaliadas apresentaram pouco expressividade quanto a agressividade dos sais com o incremento dos sais presente na água de irrigação, mas sempre com menor intensidade nos tratamentos com menores níveis de umidade e quando submetidos a umidade de SAT (alagado).

O número de folha estudado no solo Vertissolo foi estimulado pelo aumento da salinidade, assim como os índices de clorofila A e total no Neossolo Flúvico.

Em todas as variáveis estudadas foi observado um melhor desenvolvimento no Vertissolo, como tamanho das folhas, diâmetro do caule, números de folhas e de raízes e maior clorofila.

O aumento da condutividade da água de irrigação eleva o consumo de água pelas plantas, principalmente no Vertissolo com maior nível de umidade.

REFERÊNCIAS

Aragão, C. A.; Santos, J. J.; Queiroz, S. O. P.; Dantas, B. F. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 2, p.161-169, 2009.

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. doi.org/10.1590/S0100-67622013000400004.

- Cruz, F. R. S.; Andrade, L. A.; Alves, E. U. Estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. *Ciênc. Florestal*, Santa Maria. v. 26, n. 4, 2016.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; 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, Cap. 9, p. 127-141, p. 127-141, 2010. <http://www.ppgea.ufc.br/wp-content/uploads/2018/04/manejo-da-salinidade-na-agricultura.pdf>.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. p.353.
- Falker Automação Agrícola Ltda. *Manual do medidor eletrônico de teor clorofila* (ClorofiLOG /CFL 1030). Falker Automação Agrícola. 2008. 33p.
- Fanti, S. C.; Perez, S. C. J. G. A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenanthera pavonina* L. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 20, n. 1, p.167-177, 1998.
- Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. R. R.; Andrade, A. P.; Medeiros, S. S. Biossalinidade 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.
- 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. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113015163>.
- Godoy, L. J. G.; Santos, T. S.; Villas Boas, R. L.; Júnior, J. B. L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, p. 217-226, 2008.
- Gurevitch, J.; Scheiner, S. M.; FOX, G. A. *Ecologia vegetal*. 2ed. Porto Alegre, Artmed. 592p.
- Hulme, P. E.; Pyšek, P.; Winter, M. Biosecurity on thin ice in Antarctica. *Science*, v. 336, p. 1102-1104, 2012.
- Leal, L. C.; Meiado, M. V.; Lopes, A. V.; Leal, I. R. Germination responses of the invasive *Calotropis procera* (Ait) R. Br. (Apocynaceae) compararisons with seeds from two ecosystems in northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 35. n.º3. Rio de Janeiro. Set. p. 1025-1034, 2013. doi.org/10.1590/S0001-37652013000300013
- Leão, T. C. C.; Almeida, W. R.; Dechoum, M.; Ziller, S. R. *Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas*

Públicas. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Recife, PE. 99 p. 2011.

- 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. <http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/RPECEN/article/view/579/pdf>.
- Nascimento, S. P.; Bastos, E. A.; Araújo, E. C. E.; Filho, F. R. F.; Silva, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.
- Neto, A. D.; Pereira, P. P. A.; Costa, D. P.; Santos, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, p. 893- 897, 2011.
- Oliveira, A. M.; Oliveira, A. M. P.; Dias, N. S. Medeiros, J. F. Irrigação com água salina no crescimento inicial de três cultivares de algodão. *Irriga*, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 467-475, 2008.
- Pizarro, F. *Riegos Localizados de Alta Frecuencia*. 3ª Edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 1996, 511p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181825/1/Efeito-dos-estresses-salino-e-hidrico.pdf>.
- Ruiz, H. A. *Métodos de análises físicas do solo*. Apostila Acadêmica. Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003. https://www.ufv.br/if_Metodologia_para_coleta_de_a_mostras_e_analises_fisicas_do_solo.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Oliveira, J. B.; Coelho, M. R.; Lumbrebas, J. F.; CUNHA, T. J. F. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.306p. <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>.
- Silva, R. T. L.; Oliveira Neto, C. F.; Barbosa, R. R. N.; Costa, R. C. L.; Conceição, H. E. O. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. *Nucleus*, Ituverava, v. 9, n. 2, p. 113-120, 2012.
- 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. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências, Areia-PB. 121 p.
- Sousa, G. B.; Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L.; Bekmann-Cavalcante, M. Z.; Nascimento, J. A. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigado com água salina. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 2, p.172-180, 2008. <http://www.redalyc.org/pdf/2371/237117611022.pdf>.
- 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. *Fisiologia vegetal*. 4º ed. Porto Alegre-RS. Artmed, 2009. 719p. http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15185916022012Fisiologia_Vegetal_aula_1.pdf.
- Taiz, L.; Zeiger, E; Moller, I.M.; Murphy, A. *Fisiologia vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 818 p. http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15185916022012Fisiologia_Vegetal_aula_1.pdf.
- 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. doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.101.
- Zenni, R. D.; Ziller, S. R. A overview of invasive plants in Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 431-446, 2011.