

RAFAELA PEREIRA SOUZA DE ARAÚJO

**IDENTIFICAÇÃO DE DESCRITORES FISIOLÓGICOS EM *Jatropha curcas* L.
SUBMETIDA À SALINIDADE**

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro – 2016

RAFAELA PEREIRA SOUZA DE ARAÚJO

**IDENTIFICAÇÃO DE DESCRITORES FISIOLÓGICOS EM *Jatropha curcas* L.
SUBMETIDA À SALINIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rejane Jurema Mansur
Custódio Nogueira – UFRPE

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro – 2016

Ficha catalográfica

A663i Araújo, Rafaela Pereira Souza de
Identificação de descritores fisiológicos em *Jatropha*
Curcas L.
submetida à salinidade / Rafaela Pereira Souza de Araújo. –
Recife,
2016.
101 f. : il.

Orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.
Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Ciência Florestal, Recife, 2016.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Estresse salino 2. Crescimento 3. Germinação 4.
Relações hídricas 5. Áreas degradadas I. Nogueira, Rejane Jurema
Mansur Custódio, orientadora II. Título

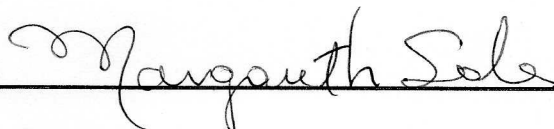
CDD 634.9

RAFAELA PEREIRA SOUZA DE ARAÚJO

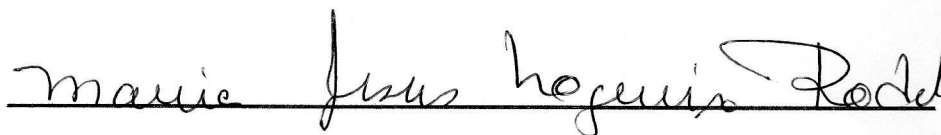
**IDENTIFICAÇÃO DE DESCRITORES FISIOLÓGICOS EM *Jatropha curcas* L.
SUBMETIDA À SALINIDADE**

APROVADA em 23/02/2016

Banca Examinadora

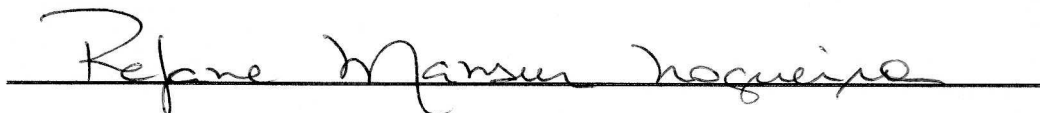


Prof.^a. Dr.^a. Margarete Ferreira de Sales (Depto. Biologia/ UFRPE)



Prof.^a. Dr.^a. Maria de Jesus Nogueira Rodal (Depto. Biologia/ UFRPE)

Orientadora:



Prof.^a. Dr.^a. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira (Depto. Biologia/ UFRPE)

**RECIFE - PE
Fevereiro - 2016**

*Aos Meus Digníssimos Pais
Valdimeire Souza e José Trajano Souza*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a DEUS, ao autor da minha fé e também da minha história; Ele que é o TODO PODEROSO, “Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; GLÓRIA, POIS, A ELE ETERNAMENTE. Amém. (Romanos 11:36).

Gostaria também de agradecer a professora Rejane Mansur pela oportunidade a mim concedida, por ter aberto as portas de seu laboratório e ter mim acolhido e acreditado naquela simples aluna de graduação do 1º período em ciências biológicas no ano de 2008, pois é, passaram todos esses anos e aprendi muito com a senhora, adquirir muitas experiências profissionais e pessoais que jamais esquecerei, sou eternamente grata.

A todos do Laboratório de fisiologia vegetal, Cibele Alves, Natalia Vaz e Cinthya Pacheco minhas irmãs científicas, companheiras e amigas, com vocês aprendi muitas lições de vida que levarei em minha bagagem pessoal e profissional, obrigada pelo esforço, companheirismo e dedicação de vocês. Obrigada as estagiárias Letícia Walter e Itamara pela ajuda para o encaminhamento desta pesquisa. Agradeço também a dona Fátima, Sara, Clovis e Móises, pelo suporte que vocês me ofereceram nas coletas, valeu gente. Elaine Cristina, minha irmãona científica, sempre ao meu lado, me auxiliando em todos os momentos, minha parceira e confidente, sempre compreensível, obrigada mana!

Também sou grata aos que já fizeram parte desta tão grande e esplendida família Lfvana e também foram personagens marcantes para o meu aprendizado tais como: Elizamar, Marcelle, Hugo Henrique, Adenilda, Danúbia, Clarissa, Marcelo Mauricio, David, Lilian Aline, Olimpia Lino, Thiago Barreto, Caio Victor, Luísa Braz, Laura Oliveira, Maria Francycellen e Jean Gueiros.

Agradeço a minha mãe Valdimeire Souza e ao meu pai José Trajano, depois de Deus, eu devo a vocês tudo que tenho e que sou, este é um mérito de vocês, obrigada pela educação que vocês me proporcionaram, vocês foram minha ancora e meu porto seguro em todos os momentos dessa longa trajetória. Ao meu esposo Alexandre Henrique, que esteve sempre presente em todos os momentos de alegria e estresse, obrigada amor, por ser compreensível e paciente para obtenção dessa nossa nova conquista. Agradeço as minhas irmãs Tamires Souza e Taciana Souza pelo incentivo e amparo nos momentos difíceis, aos meus sobrinhos Stela, Cesar, Roberta, Cecília, Clécio Junior e Beatriz pelos momentos de descontração. Enfim que Deus recompense com benção dos céus a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente com este trabalho..

Eu posso dizer com convicção

Meu Deus é fiel

Eu posso falar sem medo de errar

Meu Deus é fiel

Cumpra suas promessas age na hora certa

Meu Deus é fiel

Haja o que houver eu continuo dizendo que

Meu Deus é fiel

(Coro)

Meu Deus é fiel não falha jamais

Não me deixa só, socorro me traz,

Se alguém me despreza, ele diz não temas contigo estou

Meu Deus é fiel minha fortaleza

Em todas batalhas é minha defesa

Ele por mim pelega e me faz vencedor

Porque Deus é fiel

Quando estou chorando ele enxuga meu pranto meu Deus é fiel

Se entro na guerra, Ele luta por mim meu Deus é fiel

Se a tristeza me encerra, Ele vem e me alegra meu Deus é fiel

Se as ondas me encerram ele fala aquieta-te porque Deus é fiel

Meu Deus é fiel é o Deus do impossível meu Deus é fiel

Ele humilha ele exalta, Ele fere ele sara meu Deus é fiel

Ele é soberano e age como ele quer meu Deus é fiel

Aquiete-se irmão tua vitória é certa porque Deus é fiel

Meu Deus é fiel não me canso em dizer meu Deus é fiel

Não há quem impeça o seu trabalhar meu Deus é fiel

Se o inimigo nos cerca lançando suas setas meu Deus é fiel,

Faz satã recuar, pra seu povo marchar porque Deus é fiel

MÚSICA: Meu Deus é Fiel/ Cantora Eliã Oliveira

ARAÚJO, RAFAELA PEREIRA SOUZA DE. Identificação de Descritores Fisiológicos em *Jatropha curcas* L. Submetida à Salinidade. 2016. Orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.

RESUMO

Uma das consequências resultantes do processo de degradação ambiental é a salinização do solo. Nesse contexto, estima-se que no Brasil, dos 4,5 milhões de hectares que estejam comprometidos pela salinização, a maioria localiza-se na região do semiárido nordestino. Uma estratégia para recuperação dessas áreas degradadas seria a inserção e manejo adequado de espécies vegetais, tais como o pinhão manso. Tendo em vista as potencialidades do pinhão manso, a presente pesquisa objetivou avaliar as respostas fisiológicas em sementes e mudas de *Jatropha curcas* L. submetidas ao estresse salino. Dois ensaios foram realizados na Universidade Federal Rural de Pernambuco, utilizando sementes fornecidas pela Embrapa Agroenergia. No ensaio I as sementes foram postas em papel germistest e umedecida com soluções de 0, 50, 75 e 100 mM de NaCl e acondicionadas em germinador. Avaliou-se a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento da parte aérea, da raiz e total, matéria fresca e seca da parte aérea, raiz e análises dos solutos orgânicos. Já para o ensaio II, após a germinação em areia lavada, as plântulas foram transferidas para vasos contendo 12 Kg de areia lavada. Durante o período de aclimação estas foram regadas com solução nutritiva a ½ força de Hoagland e Arnon e com água. O delineamento experimental foi composto pela imposição das mesmas soluções salinas que as utilizadas no ensaio I e dois períodos de avaliação (15 e 30 dias após a diferenciação dos tratamentos). Analisou-se o crescimento, as trocas gasosas, as relações hídricas, os teores de pigmentos fotossintéticos e os solutos orgânicos. Verificou-se redução no índice de velocidade de emergência, no crescimento inicial e nos carboidratos e prolina da raiz de pinhão manso. Já o tempo médio de germinação é aumentado e também os solutos orgânicos presentes na parte aérea no nível de 75 mM de NaCl. A salinidade compromete o desempenho germinativo de sementes de pinhão manso. De forma geral, as variáveis relacionadas ao crescimento, apresentaram redução a partir do nível de 50 mM de NaCl após 15 e 30 dias de estresse salino. Em relação às trocas gasosas, o fechamento estomático foi constatado para este mesmo nível de salinidade, sendo mais acentuado nas mudas submetidas aos tratamentos de 75 e 100 mM de NaCl, a partir de 15 dias de estresse salino. Para as relações hídricas, verificam-se reduções no TRA com o aumento da salinidade nos dois horários de avaliação (4 e 12h). Da mesma forma, após 30 dias de estresse salino, constatou-se reduções nos pigmentos fotossintéticos e no índice de clorofila em todos os tratamentos salinos avaliados. Com relação aos solutos orgânicos, os teores de carboidratos e aminoácidos nas folhas e raízes foram afetados pela salinidade principalmente nos níveis de 75 e 100 mM de NaCl, já a prolina não foi um indicativo de estresse para a espécie em estudo. Plantas de pinhão manso quando submetidas à salinidade de até 100 mM de NaCl tem seu desenvolvimento inicial comprometido, entretanto a referida espécie não paralisa seu crescimento.

Palavras chaves: estresse salino, crescimento, germinação, relações hídricas, áreas degradada

ARAÚJO, RAFAELA PEREIRA SOUZA DE. Identification descriptors Physiological in *Jatropha curcas* L. Subjected to salinity. 2016. Adviser: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.

ABSTRACT

One of the consequences of environmental degradation is soil salinization. In this context, it is estimated that in Brazil, of the 4.5 million hectares that are compromised by salinization, most located in the northeastern semi-arid region. A strategy to recover these degraded areas would be the insertion and proper handling of plant species such as *Jatropha*. Keeping in view the potential *Jatropha*, this study aimed to evaluate the physiological responses of seeds and *Jatropha curcas* L. seedlings subjected to salt stress. Two tests were performed at the Federal Rural University of Pernambuco, using seeds provided by Embrapa Agroenergy. In the test I the seeds were put in germistest paper and moistened with solutions 0, 50, 75 and 100 mM NaCl and placed in germinator. We evaluated the germination percentage, germination speed index, average germination time, shoot length, root and totality, fresh and dry weight of shoot, root and analysis of organic solutes. Already for the test II after germination in washed sand, plantlets were transferred to vessels containing 12 kg of washed sand. During the acclimation period they were watered with nutrient solution ½ strength Hoagland and Arnon and water. The experimental design was composed by the imposition of the same salt solutions than those used in the test I and two evaluation periods (15 and 30 days after differentiation of treatments). We analyzed the growth, gas exchange, water relations, the content of photosynthetic pigments and organic solutes. A reduction in the emergency speed index, initial growth and carbohydrates and proline of the *Jatropha* root. The average time of germination is increased and also the organic solutes present in the shoot at the level of 75 mM NaCl. Salinity affects the germination performance of *Jatropha* seeds. In general, the variables related to growth, decreased from the level of 50 mM NaCl after 15 and 30 days of salt stress. Regarding gas exchange, Stomatal closure was observed for the same level of salinity, being more pronounced in seedlings subjected to treatments of 75 and 100 mM NaCl, from 15 days of salt stress. For water relations, there are reductions in the TRA with increasing salinity in the two times of evaluation (4 and 12h). Similarly, after 30 days of salt stress, it was found reductions in photosynthetic pigments and chlorophyll content in all evaluated saline treatments. Regarding organic solutes, the levels of carbohydrates and amino acids in the leaves and roots were affected by salinity mainly in the levels of 75 and 100 mM NaCl, since proline was not indicative of stress for the species under study. *Jatropha* plants when subjected to salinity up to 100 mM NaCl has committed its initial development, but the species does not paralyze their growth.

Key words: salt stress, growth, germination, water relations, degraded areas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Características gerais da cultura do pinhão manso	20
2.2 Origem, Propagação e Importância econômica	20
2.3 Salinidade	21
2.4 Germinação	23
2.5 Efeito do estresse salino na germinação e no desenvolvimento inicial das plantas	24
2.6 Efeito do estresse salino na fisiologia das plantas	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1 ENSAIO I: INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Jatropha curcas</i>	35
4.1.1. Local de realização do experimento, aquisição e morfometria das sementes	35
4.1.2. Tratamentos e delineamento experimental	36
4.1.3. Variáveis analisadas	37
4.1.3.1. Porcentagem de germinação (%G)	37
4.1.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)	37
4.1.3.3. Tempo médio de germinação (TMG)	38
4.1.3.4. Biometria das plântulas e produção de matéria seca das plântulas	38
4.1.3.5. Análises bioquímicas	38
4.1.4. Análise estatística	39
4.2 ENSAIO II - INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Jatropha curcas</i>	40
4.2.1. Local de realização do experimento e aquisição de sementes	40
4.2.2. Tratamentos e delineamento experimental	40
4.2.3. Variáveis analisadas	41
4.2.3.1 Crescimento	41
4.2.3.2 Produção de matéria seca e alocação de biomassa	41
4.2.3.2 Trocas Gasosas	41
4.2.3.3 Potencial hídrico foliar	41
4.2.3.4 Teor Relativo de Água	42
4.2.3.5 Pigmentos fotossintéticos	43
4.2.3.6 Análises bioquímicas	45
4.2.4. Análise estatística	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 ENSAIO I - INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Jatropha curcas</i>	46
5.1.1 Porcentagem de germinação (%G)	46
5.1.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)	47
5.1.3 Tempo médio de germinação (TMG)	48
5.1.4 Biometria e produção de matéria seca das plântulas	50
5.1.5 Análises bioquímicas das plântulas	52
5.2 ENSAIO II - INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE <i>Jatropha curcas</i>	56
5.2.1 Biometria	56
5.2.2 Produção de matéria seca e alocação de biomassa	60
5.2.3 Trocas gasosas	65
5.2.4 Potencial hídrico foliar	71
5.2.5 Teor relativo de água	73
5.2.6 Pigmentos fotossintéticos	74

5.2.7 Análises bioquímicas.....	77
5.2.8 Ficha de descritores fisiológicos das respostas das mudas de pinhão manso submetidas a diferentes níveis salinidade.....	81
6. CONCLUSÃO.....	82
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
APÊNDICE	99

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Medidas morfométricas (comprimento, largura, espessura) com uso de paquímetro digital (A) e obtenção da massa com uso de balança analítica (B) adquiridas de uma amostra de 200 sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*) do acesso 253 fornecidas pela Embrapa Agroenergia- Brasília/DF. 35
- Figura 2.** Etapas do experimento de germinação utilizando sementes do acesso 253 de *Jatropha curcas* soluções salinas utilizadas na pesquisa (A), folhas de papel *germitest* e disposições das sementes (B), folhas de papel dispostas em rolo e acondicionadas em sacos plásticos (C), germinador tipo B.O.D onde ficaram incubadas as sementes (D). 37
- Figura 3.** Teores de pigmentos fotossintéticos extraídos de folhas de *Jatropha curcas* utilizando os solventes: Acetona 80% (A), Álcool a 95% (B) e Metanol 99,9%(C) após intervalos de 24, 48 e 72 horas. Médias seguidas por mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 44
- Figura 4.** Porcentagem de germinação (%G) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0,50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 46
- Figura 5.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 48
- Figura 6.** Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 49
- Figura 7.** Concentração de solutos orgânicos em folha e raiz: teores de carboidratos livres totais (A-B), aminoácidos (C-D), prolina livre (E-F) e proteínas (G-H) em plântulas de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 53

Figura 8. Crescimento de mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Altura da planta (**A**), número de folhas (**B**) e diâmetro do caule (**C**). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 57

Figura 9. Matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 60

Figura 10 Alocação de biomassa da folha, caule e raiz em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 63

Figura 11. Valores médios da relação raiz/ parte aérea (R/Pa) de mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 64

Figura 12. Trocas gasosas em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. 66

Figura 13. Potencial Hídrico Foliar (ψ_f) em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Avaliação realizada às 4h (A), e as 12 h (B). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 71

Figura 14 .Teor Relativo de Água (TRA) de mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Avaliação realizada às 4h (A), e às 12h (B). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 73

Figura 15. Índice de clorofila determinado por intermédio do clorofilômetro SPAD em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 75

Figura 16. Concentração dos teores de clorofila *a* (**A**), clorofila *b* (**B**), clorofila total (**C**) e carotenóides (**D**), em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 76

Figura 17. Concentração de solutos orgânicos em folha e raiz: teores de carboidratos livres totais (**A-B**), aminoácidos (**C-D**), prolina livre (**F-G**) e proteínas (**H-I**) em mudas de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% 78

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Efeitos das classes de salinidade dos solos sobre o rendimento de espécies vegetais. Fonte: Adaptado de FAO (1988)..... 31
- Tabela 2** Dados morfométricos (comprimento, largura, espessura e massa) obtidos de uma amostra de 200 sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*) do acesso 253 fornecidas pela Embrapa Agroenergia- Brasília/DF..... 36
- Tabela 3.** Biometria e produção de matéria seca das plântulas de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%..... 50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Fotossíntese líquida
ABF	Alocação de biomassa da folha
ABC	Alocação de biomassa do caule
ABR	Alocação de biomassa da raiz
Alt	Altura da planta
ANOVA	Análise da variância
B.O.D.	Biochemical Oxygen Demand
Carot	Carotenóides
Clor <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
Clor <i>b</i>	Clorofila <i>b</i>
Clor total	Clorofila total
CO ₂	Dióxido de carbono
Ci	Concentração interna de CO ₂
Diam	Diâmetro do caule
E	Transpiração
A/Ci	Eficiência de Carboxilação
EUA	Eficiência do uso da água
%G	Percentual de germinação
Gs	Condutância estomática
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
MSF	Matéria seca da folha
MSC	Matéria seca do caule
MSR	Matéria seca da raiz
MST	Matéria seca total
NaCl	Cloreto de sódio
NF	Número de folhas
R/Pa	Relação Raiz/Parte aérea
Tar	Temperatura do ar
Tf	Temperatura da folha
UR	Umidade relativa

1. INTRODUÇÃO

Os solos afetados por sais são também denominados de solos halomórficos ou solos salinos sódicos, estes solos são mais frequentes em locais com condições imperfeitas de drenagem e em particular nas regiões áridas e semiáridas onde a baixa precipitação pluvial associada à elevada evapotranspiração, manejo inadequado da irrigação são fatores que favorecem consideravelmente para aceleração do processo de salinização do solo (RIBEIRO, 2010; QUEIROZ et al., 2010). Este panorama constitui um sério problema que limita a produção agrícola e reduz a produtividade das culturas nestes locais (DIAS e BLANCO et al., 2010).

Em termos temporais acredita-se que inicialmente a salinidade proporciona um desbalanço hídrico e nutricional que desencadeiam alterações metabólicas, hormonais, e na permeabilidade das membranas que irão refletir nas trocas gasosas, na expansão e divisão celular, e no crescimento vegetativo (PRISCO e FILHO, 2010).

Nesse contexto, as formas como a salinidade afeta o crescimento das culturas é muito variável entre as espécies, a depender do tipo de sal, concentração salina, tempo de exposição e até mesmo o estágio de desenvolvimento da planta (DICKMANN et al., 2005). Furtado et al. (2007), acrescentam que a influência nociva dos sais se manifesta primeiramente na fase germinativa e seus efeitos como agente retardador do processo germinativo é objeto de estudo há muito tempo (ALMEIDA, 2009).

De acordo com Almeida (2009), a presença excessiva dos sais durante a germinação reduz o potencial hídrico e assim minimiza a capacidade das sementes de absorver água. Assim sendo em algumas espécies o efeito dos sais na germinação são principalmente osmóticos porém, não é descartado os efeitos tóxicos que podem se manifestar antes ou após o início do processo germinativo (GONDIM et al., 2012).

Neste sentido, sabe-se que de modo geral a salinidade afeta todos os estágios do desenvolvimento das plantas pela ação dos componentes osmóticos e iônicos que ocasionam restrição na absorção da água, toxicidade pela presença de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos e bioquímicos que resultam em retardos no crescimento dos vegetais (DIAS e BLANCO et al. 2010), além de perturbações nas relações hídricas (AMORIM et al., 2010), nas trocas gasosas (PEREIRA et al., 2004) e nos pigmentos fotossintéticos (JAMIL et al., 2007). Sendo que os mecanismos pelo qual o estresse salino prejudica as plantas ainda é uma questão muito discutida e considerado de grande complexidade (DIAS e BLANCO et al., 2010).

Uma das principais culturas que vem sendo alvo de estudos como alternativa para regiões quentes e secas do país destaca-se a *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) popularmente conhecido como pinhão manso (ARAÚJO et al., 2011). O interesse por esta cultura no Brasil surgiu com a implantação do plano nacional de produção de biodiesel, uma vez que a semente desta espécie é considerada excelente produtora de óleo (SILVA et al., 2012).

De acordo com Severino (2007), por sua rusticidade e resistência a certas condições ambientais é apropriada para ser cultivada nas regiões semiáridas, podendo ser uma alternativa econômica de cultivo para milhares de produtores rurais que residem nestas regiões, além de sua utilização na cultura popular para o tratamento de várias doenças e atividades farmacológicas comprovadas por estudos (SANTOS et al., 2008). É pouco atacado por praga e doenças (SATURNINO et al., 2005) e ainda possui alta produtividade agrícola, média de 5 toneladas por hectare e uso na recuperação de áreas degradadas em função de suas raízes serem profundas (TEIXEIRA, 2005). Segundo Saturnino et al. (2005), os governos do Egito, Índia, Tailândia e outros países, empresas particulares e organizações não governamentais criaram programas de plantio de pinhão manso visando o reflorestamento de áreas degradadas e contenção do avanço de áreas desérticas.

Considerando que as pesquisas com o pinhão manso ainda são muito incipientes e em fase inicial e tendo em vista as potencialidades da *Jatropha curcas*, bem como sua atuação na recuperação de áreas degradadas, é iminente que mais estudos sejam realizados no sentido de ampliar e aprofundar os conhecimentos fisiológicos e bioquímicos com ênfase na fase germinativa e inicial do desenvolvimento desta espécie frente às mudanças climáticas previstas que se enfrentará nos próximos anos.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar os mecanismos de respostas e identificar descritores fisiológicos que caracterizem tolerância em sementes e mudas de *Jatropha curcas* submetidas ao estresse salino. Estas avaliações foram feitas através do estudo da porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, biometria das plântulas, produção de matéria seca das plântulas, concentração dos solutos orgânicos (teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácido livres totais e prolina livre), monitoramento do crescimento por meio da mensuração da altura da planta, número de folhas e diâmetro do caule, além da produção e alocação de biomassa seca, mensuração das trocas gasosas (fotossíntese, transpiração, e a condutância estomática) e a eficiência do uso da água, eficiência de carboxilação, concentração interna de CO₂ e a temperatura da folha, monitoramento das relações hídricas (potencial hídrico foliar e o teor

relativo de água), determinação dos teores de pigmentos fotossintéticos (Clorofila *a*, *b*, total, carotenóides) e identificação dos descritores fisiológicos e bioquímicos, capazes de descrever novos mecanismos de proteção em plantas de *Jatropha curcas* sob estresse salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características gerais da cultura do pinhão manso

Pertencente à família Euphorbiaceae, o pinhão manso é também conhecido popularmente como pinhão do Paraguai, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas, entre outros (ARRUDA et al., 2004). Trata-se de um arbusto que apresenta rápido crescimento, podendo alcançar até quatro metros de altura. Já em relação a sua colheita, esta pode ocorrer aos cento e vinte dias após o plantio, e, as sucessivas colheitas, quando em condições adequadas, poderão realizar-se a cada seis meses, por um período de quarenta anos (NUNES et al., 2009).

Em termos morfológicos, a planta desenvolve normalmente cinco raízes, sendo uma central pivotante e quatro periféricas (NUNES et al. 2009), o caule é liso, macio e esverdeado, e o tronco desde a sua base possui tendência a se ramificar. Já com relação aos ramos, estes caracterizam-se por serem longos, e estarem dispostos aleatoriamente, além de apresentarem cicatrizes provenientes da queda das folhas (SATURNINO et al., 2005).

As folhas são decíduas e alternadas, inicialmente possuem coloração vermelho-vinho, tornando-se verdes, pálidas, brilhantes e glabras quando expandidas. O pecíolo é alongado e de aparência esverdeada, a partir do qual partem nervuras divergentes. A inflorescência é uma cimeira definida e surge junto com as folhas novas. As flores são monóicas, unissexuais, amarelo-esverdeadas e produzidas na mesma inflorescência (SATURNINO et al., 2005).

O fruto é capsular, ovóide, e trilocular com uma semente localizada em cada cavidade, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente (ARRUDA et al., 2004). A semente é endospermica e possui forma ovalada, envoltório liso, dorso convexo e coloração preta, marcada por suaves estrias. Na região interna da semente encontra-se o albúmem ou endosperma, tenro, rico em óleo, e de coloração esbranquiçada (NUNES et al., 2009).

2.2 Origem, Propagação e Importância econômica

O gênero *Jatropha* é composto por aproximadamente 170 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais da África e América (KRISHNAN & PARAMATHMA., 2009). A origem do pinhão manso é bastante duvidosa, segundo Carvalho et al., (2013) é provável que seja originário do Brasil, sendo encontrado praticamente em todas as regiões do

país. Porém, segundo o Anuário Brasileiro de Agroenergia (2007) sua origem seria a América Central. Atualmente, encontra-se distribuído desde o México até a Argentina e nas Antilhas.

A utilização econômica do pinhão manso é bastante abrangente. Tanto pode ser utilizado na geração de combustível, como também na confecção de sabão e uso na medicina tradicional (SATO et al., 2009). Além destas utilidades, o pinhão manso se destaca entre as oleaginosas como excelente produtor de óleo vegetal através de suas sementes. Após extração do óleo, o bagaço também pode ser utilizado como adubo orgânico e fertilizante (SILVA et al., 2012).

Por se considerada rústica e tolerante a certas condições ambientais, incluindo irrigação com água salobra, é vista como uma alternativa econômica de cultivo para milhares de pequenos produtores rurais que vivem em regiões áreas áridas e semiáridas (SILVA et al., 2012), contribuindo para a fixação do homem no campo, proporcionada pelo cultivo para própria subsistência familiar. Além disso, pode produzir melhorias ambientais, como a formação de um microclima, que beneficia o desenvolvimento de outras culturas (SATO et al., 2009).

A propagação do pinhão manso ocorre por via seminal ou por via vegetativa do tipo estaquia, micropropagação, cultura de tecidos e/ou enxertia. Em comunidades rurais é multiplicado normalmente por estacas e algumas vezes por sementes. Por se tratar de uma planta dióica de fecundação cruzada e entomófila, a multiplicação sexuada, resulta em grande variabilidade genética (SATURNINO et al., 2005).

2.3 Salinidade

Estima-se que mais de 20% das terras cultivadas em todo o mundo, aproximadamente cerca de 45 milhões hectares esteja salinizada, e esta quantidade vem aumentando dia após dia (GUPTA e HUANG, 2014). Já no Brasil, estima-se que existam aproximadamente nove milhões de hectares de solos afetados por sais, abrangendo cerca de sete estados (Medeiros et al. 2010), com ocorrência predominante na região semiárida do Nordeste, e também no Rio grande do sul e no Pantanal Mato Grossense (RIBEIRO, 2010).

Solos halomórficos ou solos salinos sódicos, assim também são conhecidos os solos que são afetados por sais, caracterizam-se por terem em suas camadas superficiais a presença de sais solúveis e/ou sódio trocável. Os solos salinos sódicos foram inseridos na ordem dos solos intrazonais pela classificação Americana de 1938, que são solos bem desenvolvidos e

que sofrem forte influencia de fatores locais e externos, no caso o alto índice de sais solúveis (RIBEIRO, 2010).

De modo geral, os solos halomórficos são frequentemente encontrados em regiões áridas e semiáridas, onde ocorre baixa precipitação e elevada evapotranspiração, aliadas a condições imperfeitas de drenagem, que contribuem significativamente para o acúmulo de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e/ou aumento de sódio trocável (sodicidade) na região superficial e/ou subsuperficial dos solos, influenciando no desenvolvimento dos vegetais (BARROS et al., 2004).

De acordo com Almeida (2009), os solos são classificados segundo sua salinidade em não salinos, ligeiramente salinos, medianamente salinos, fortemente salinos e extremamente salino, com valores de condutividade elétrica entre 0-2 dS.m⁻¹; 2-4 dS.m⁻¹; 4-8 dS.m⁻¹; 8-16 dS.m⁻¹ e acima de 16 dS.m⁻¹, respectivamente.

De acordo com Ferreira et al. (2010), os solos afetado por sais são classificados em salinos, sódicos e salino-sódico. Salinos quando a elevação da concentração dos sais afeta o desenvolvimento e produção das plantas por ação do efeito osmótico, no caso dos solos sódicos são compostos por concentrações apreciáveis de sais solúveis neutralizantes e com quantidades de sódio capaz de afetar os vegetais. E por fim os salinos-sódicos são os que apresentam concentrações reduzidas de sais solúveis neutralizantes e elevada toxicidade as plantas por Na⁺ e OH⁻.

O processo de salinização é um processo que envolve basicamente a concentração de sais solúveis na solução do solo e culmina na formação de solos salinos. Os principais sais solúveis normalmente encontrados na solução dos solos das regiões áridas e semiáridas são os íons sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄⁻²), bicarbonato carbonato (HCO₃⁻), borato (BO₃³⁻) e nitrato (NO₃⁻) (FERREIRA et al., 2010) e em estado associado os sais mais presentes são NaCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄ e MgSO₄ (MARTINEZ et al., 2010).

A salinização pode ser ocasionada por um processo natural, verificado basicamente em ocasiões em que a drenagem do solo na área é bastante deficitária. E pode surgir a partir da interferência humana, exemplo disto, seriam práticas consideradas indevidas vinculadas ao manejo da irrigação, bem como o uso da água de baixa qualidade para esta finalidade. Sabe-se que a recuperação de áreas que possivelmente já estejam salinizadas é bastante onerosa e muitas vezes inviável (NÓBREGA, 2010).

Em ambiente protegido, a medição e controle da condutividade elétrica da solução do solo, destaca-se dentre tantos outros métodos como o mais utilizado para estimar a

concentração de sais no solo, em virtude de sua praticidade (MEDEIROS et al., 2010), extrema utilidade e possibilidade de controle sobre a concentração total de sais acrescentados a solução nutritiva (STEIDLE NETO et al., 2005).

2.4 Germinação

Segundo Pereira (2012), o estudo do processo germinativo é bastante antigo e também alvo de inúmeras investigações de vários pesquisadores, sendo verificadas diversas formas de contabilizar a germinação e definir o processo. Segundo Brasil (2009), em condições de teste em laboratório, a germinação é definida como sendo a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, capaz de formar uma planta normal. Castellani et al. (2009), utilizaram o critério botânico que considera a semente germinada a que emitir raízes primárias. Já do ponto de vista fisiológico germinar é basicamente sair do repouso e intensificar a atividade metabólica (BORGES e RENA, 1993).

O processo germinativo surge como resultado de uma gama de reações bioquímicas e fisiológicas que culminaram com a emissão da raiz, que será essencial para absorver a água, bem como fornecer condições favoráveis para o crescimento das primeiras folhas e hipocótilo da plântula (ARAÚJO NETO et al., 2003; ARAÚJO et al., 2014). Santos (2007), diz que a germinação é iniciada e acelerada à medida que as sementes são dispostas para embeber em água, conseqüentemente com a reidratação dos tecidos a respiração e várias outras atividades metabólicas são intensificadas, que acabam por fornecer energia e nutrientes essenciais ao desenvolvimento.

Floriano (2004), reforça que após a embebição, o tegumento é hidratado tornando-se amolecido e então rompe-se, em seguida os cotilédones fornecem alimento para que os tecidos de crescimento possam ser desenvolvidos, posteriormente ocorre a emissão e fixação da radícula que absorvem os nutrientes do ambiente, com a formação das folhas tem início a fotossíntese, por fim ocorre a abscisão dos cotilédones e a planta passa a se alimentar de forma independente.

A germinação é classificada em quatro principais tipos: epígea, hipógea, intermediária e criptógea. No caso do pinhão manso a germinação é do tipo epígea, que é quando o hipocótilo é alongado e curva-se para cima, direcionando os cotilédones para fora do solo. Cerca de três dias após o semeio as sementes de pinhão manso ficam intumescidas, em seguida o tegumento rompe-se e surge a radícula próximo da região micropilar, posteriormente são observadas a formação de cinco raízes, sendo uma disposta centralmente e

outras periféricas. Por fim, são contabilizados em torno de 15 a 30 dias a duração de tempo entre o processo germinativo e o desenvolvimento da plântula (NUNES, 2007).

De acordo com Mondo et al. (2008), estudos que envolvem a análise de sementes de espécies florestais tem sido alvo de bastante atenção no meio acadêmico, com o intuito de que se obtenha informações, ainda escassas, que expressem a qualidade fisiológica das sementes, a fim de preservar como também de utilizar para os mais diversos interesses, incluindo a utilização em programas de melhoramento genético.

Este é caso do pinhão manso que segundo Andréo-Souza et al. (2010) e também é reafirmado por outros autores como Martins et al. (2008) e mais recentemente por Possas et al. (2014), que apesar da grande necessidade existente por informações sobre esta espécie, os trabalhos ainda são muito incipientes. Nesse sentido, a carência por informações é tanta que, não se tem uma metodologia clara e estabelecida desde a Regra para análise de sementes (RAS) de 1992 (BRASIL, 1992), até os dias hodiernos, neste último RAS (2009), pois sabe-se que os testes de germinação devem seguir orientações-padrão publicadas oficialmente e contidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Diante dessa carência por procedimento metodológico específico para o pinhão manso Martins et al., (2008), realizaram um estudo com o intuito de propor uma metodologia adequada quanto ao tempo, temperatura e substrato para a realização de ensaios de germinação com esta espécie, os autores concluíram que a contagem final deve ser ao 10º dia após a semeadura, a temperatura deve variar entre 25 e 35°C e alternadas entre 15 e 35°C, o substrato deve ser papel ou areia.

Entretanto ainda não existe um consenso entre os autores sobre alguns critérios, como os estabelecidos por Oliveira et al. (2014) que recomendam que testes com sementes de *Jatropha curcas* para melhor obtenção do potencial máximo germinativo, as contagens sejam realizadas no máximo até o 12º dia após a semeadura, as temperaturas sugeridas devem estar entre 20 e 30° C, utilizando substrato como areia ou papel germitest. Com isso faz-se necessário que exista ainda mais pesquisas voltadas para o estudo do comportamento fisiológico na germinação da *Jatropha curcas*.

2.5 Efeito do estresse salino na germinação e no desenvolvimento inicial das plantas

Na irrigação o uso contínuo da água com características salinas, acarreta o acúmulo de sais no solo, a presença destes sais é bastante nociva e acabam por interferir diretamente na produção e desenvolvimento das culturas, principalmente na fase germinativa (FURTADO et

al., 2007). Lopes e Macedo (2008), enfatizam que para que a germinação seja bem sucedida é crucial a entrada da água para dentro dos tecidos que envolvem a semente, entretanto, concentrações elevadas de sais ocasionam um desbalanço no gradiente de potencial hídrico entre o solo e a superfície da semente ocasionando restrição na captação da água pela semente.

A água é essencial e indispensável para que o processo germinativo ocorra, ela está envolvida diretamente ou indiretamente em todas as etapas do metabolismo, ou seja, sem a água dentro da semente os processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pelo desencadeamento de reações enzimáticas, transporte de metabolitos, digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídeos do tecido de reserva da semente que irão fornecer posteriormente energia e nutrientes serão severamente afetados (LIMA et al., 2007; HOLANDA et al., 2010).

Sendo assim, a resposta das sementes a salinidade é um fenômeno complexo, que envolve alterações morfofisiológicas e de crescimento (NUNES et al., 2104). De acordo com Gondim et al. (2012), os sais afetam a germinação não só por ação dos efeitos osmóticos, relacionados ao movimento da água, mais também pelos efeitos iônicos, que podem ser altamente tóxicos, pela invasão e presença dos íons nas células, ocasionando danos antes e/ou após a inicialização do processo germinativo.

Lima et al., (2015), reportam que um dos métodos mais difundidos para o estudo da tolerância das plantas ao estresse salino é a avaliação da porcentagem de germinação das sementes em substrato salino. Santana e Ranal (2000), acrescentam que esta avaliação leva em consideração a quantidade de sementes germinadas, expressas em porcentagem, nas condições impostas do ensaio.

Segundo Oliveira et al. (2008) resultados de decréscimos na germinação, ao se estabelecer um comparativo entre plantas controles e estressadas, servem como um parâmetro indicador do grau de tolerância da espécie a salinidade. Ainda segundo os autores, a habilidade das sementes em germinar pode possivelmente também indicar a tolerância à salinidade nos estádios subsequentes do desenvolvimento. Entretanto, Fageria et al., (2010), salientam que a tolerância à salinidade varia de acordo com a espécie, genótipo e estágio de desenvolvimento do vegetal e duração temporal do estresse.

Nesse contexto, estudos revelam que a salinidade pode afetar a porcentagem de germinação de sementes de pinhão manso como relatado por Andréo-Souza et al., (2010) e Lima et al., (2013) e pode não afetar como observado por Silva et al., (2012) e Possas et al., (2014).

Na literatura é verificado que a salinidade provocou reduções na porcentagem de germinação de outras espécies como em sementes de *Ricinus communis* L. (NOBRE et al., 2013), *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (OLIVEIRA et al., 2014), *Caesalpinia pyramidalis* Tul e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (SANTOS et al., 2014), *Chorisia glaziovii* O. Kuntze (GUEDES et al., 2011), *Apuleia leiocarpa* (Vogel.) (SPADETO et al., 2012), *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (LIMA et al., 2015), *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (LOPES et al., 2015), *Caesalpinia ferrea* (FREITAS et al., 2010), *Cedrela odorata* L. (FERREIRA et al., 2013), *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth (BARRETO et al., 2010), *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) NOGUEIRA et al., 2012), *Tabebuia aurea* (Mart.) Bur. (SILVA et al., 2014), *Dimorphandra mollis* Benth (MASETTO et al., 2014).

De acordo com Campos e Assunção (1990), a concentração dos sais ocasiona efeitos osmóticos e iônicos que afetam não apenas a porcentagem de germinação, mais também a avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG). Estudos com dois lotes de pinhão manso na fase de germinação reportam que plântulas submetidas ao nível de salinidade a partir da condutividade elétrica de 5,1 a 8,1 dS.m⁻¹ tiveram reduções no IVG em relação ao controle (POSSA et al., 2014).

Diferentemente de Silva et al. (2012), que utilizaram níveis de condutividade elétrica de 0,2 a 4,2 dS.m⁻¹ observaram que o IVG não sofreu influência significativa pelos níveis de salinidade impostos. Porém uma ressalva deve ser feita, visto que os valores de condutividade elétrica utilizados estão bem abaixo aos utilizados no estudo supracitado. Os mesmos autores considera que o pinhão manso seja tolerante à salinidade, em virtude de as sementes terem conseguido absorver água suficiente para germinar. Já Andréo-Souza et al. (2010), estudando o efeito do NaCl em níveis de água de condutividade elétrica entre 2 a 12 dS.m⁻¹ em sementes de pinhão manso, verificaram que o IVG sofreu reduções significativas a partir de 6 dS.m⁻¹. Os autores ainda concluem que as sementes de pinhão manso quando submetidas à salinidade sofrem atraso no processo germinativo.

Além do interesse de se contabilizar o número de sementes ao longo do tempo, também sabe-se que existe uma preocupação antiga em expressar quando a germinação começa e finda e em termos temporais, quanto tempo decorre para que seja alcançado o valor máximo de germinação de determinada semente (SANTANA e RANAL, 2000). Nesse sentido, além do IVG, outro parâmetro também bastante utilizado em estudos de germinação é o tempo médio de germinação (TMG). Oliveira et al. (2014), verificaram aumento no tempo médio de germinação de plantas de aroeira do sertão submetidas aos níveis de condutividade elétrica entre 0 e 18 dS.m⁻¹ e foram justificados por que segundo os autores embasados no que

foi falado por (PACHECO et al. 2012), reduções no potencial osmótico ocasionam o prolongamento do tempo necessário para a semente absorver água.

Pereira e Lopes (2011) complementam que o decréscimo na velocidade de germinação aumenta o tempo entre a semeadura e a emissão da raiz. De acordo com Almeida (2009), o efeito da presença dos sais como agente que retarda a germinação é objeto de pesquisas há muito tempo. Na literatura, estudos direcionados para avaliação do tempo médio de germinação do pinhão manso submetido a estresse salino demonstram comportamento variável desta espécie, a depender do sal usado e das condições experimentais impostas.

Almeida (2009), utilizando os sais $\text{CaCl}_2 + \text{KCl}$, avaliou o tempo para 50% da germinação de sementes de pinhão manso submetidos aos valores que variaram entre 0 e 12 dS m^{-1} de condutividade elétrica, as sementes irrigadas com 0, 2 e 4 dS.m^{-1} levaram em média 3 dias para germinarem, as irrigadas com 6, 8 e 10 dS.m^{-1} demoram em média 4 dias e as irrigadas com o valor máximo de 12 dS m^{-1} levaram em média 5 dias para germinarem. A autora conclui que quanto maior o incremento da salinidade também maior o número de dias para as sementes germinarem.

Diferentemente, Possas et al. (2014) observaram que as sementes de pinhão manso levaram em média 7 dias para germinarem quando submetidas ao cloreto de sódio, água de condutividade elétrica entre 0,6 e 8,1 dS.m^{-1} sendo indiferente a germinação nestas condições impostas. Pereira e Lopes (2011), em estudo com sementes de pinhão manso condicionadas a estresse hídrico simulado, submetidos a temperatura de 30 ° C e a níveis de potenciais osmóticos de -0,0; -0,2;- 0,4; -0,6;-0,8; -1,0 e -1,2 MPa, verificaram que enquanto a germinação em média ocorria aos 3 dias no controle, no tratamento -0,2 MPa ocorria em média 5 dias, no tratamento -1,0 MPa em média levaram 9 dias e no tratamento -1,2 MPa não houve germinação.

Silva et al. (2014), utilizaram diferentes concentrações de NaCl em dois lotes de *Jatropha curcas* notou que o menor tempo ocorreram nos níveis de 2 dS.m^{-1} para um dos lotes estudados, enquanto nos demais níveis de condutividade elétrica 4, 6, 8, 10 e 12 dS.m^{-1} a germinação ocorreu em maior tempo. Lima et al. (2013) notificaram que para obtenção de 50% de germinação, o maior tempo, cerca de 5 dias fora necessários para as sementes de pinhão manso submetidas a 12 dS.m^{-1} germinarem em relação a 0 dS m^{-1} que levaram 3 dias apenas para germinar.

Na literatura são encontrados alguns trabalhos que avaliaram o tempo médio de germinação em outras espécies sob condição de salinidade, como em clones de cajueiro (SOUSA et al., 2011), corticeira da serra (PELEGRINI et al. 2013), angico (MATIAS et al.,

2011), carobinha do campo (DUTRA et al., 2014), cambota (LEMES et al., 2012), feijão caupi (ALMEIDA et al., 2012), girassol (RABBANIET et al., 2013), vinagreira (SALES et al., 2014) catingueira e angico (SANTOS et al., 2014).

Além dessas variáveis que são frequentemente usadas no estudo do processo germinativo, sabe-se que a avaliação do desenvolvimento inicial das plântulas sob condições de salinidade é de suma importância (BETONI et al., 2011), pois de acordo com Martins et al. (2014), a presença dos sais pode afetar negativamente o crescimento inicial dos vegetais, salientando que as espécies vegetais possuem respostas diferenciadas a salinidade. Tendo plantas que mesmo quando submetidas a níveis considerados altos de salinidade produzem relativamente bem, enquanto outras plantas são sensíveis quando condicionados a níveis muito baixo de salinidade (SANTANA et al., 2007). Em uma pesquisa desenvolvida por Almeida, (2009) ficou concluído que nível de condutividade elétrica superior a 2 dS.m^{-1} é prejudicial para o desenvolvimento inicial do pinhão manso.

Os sais também podem interferir nos processos bioquímicos das plantas (AZEVEDO NETO et al. 2014), podendo desencadear distúrbios na concentração de prolina, concentração de carboidratos, síntese de aminoácidos, metabolismo de lipídios, alterações na absorção e uso dos nutrientes essenciais (ESTEVES e SUZUKI, 2008). E esta variação na concentração dos compostos orgânicos está de modo geral relacionada ao grau de tolerância das plantas a salinidade (CUNHA, 2009).

Entre as estratégias bioquímicas utilizadas pelas plantas halófitas estão incluídas a absorção e acúmulo de íons tóxicos e não tóxicos no vacúolo das células, bem como a síntese e mobilização de solutos orgânicos que são importantes mecanismos que contribuem para a realização do ajustamento osmótico (PRISCO e FILHO, 2010). Neste caso, a compartimentação desses íons e de solutos compatíveis, provocam reduções no potencial hídrico do ambiente celular, e como consequência ocorre a entrada de água para a célula (BRILHANTE, 2006). Coelho (2013), complementa que a regulação osmótica é muito variável entre as espécies vegetais e irá depender do soluto utilizado.

Dentre os solutos osmoticamente ativos, destaca-se o aminoácido prolina, em virtude deste soluto, está possivelmente associado ao mecanismo de adaptação ou tolerância ao estresse salino em plantas, por intermédio do ajustamento osmótico (SILVEIRA et al., 2010). No entanto, Silva et al. (2009) divergem desta afirmativa e não tem associado o aumento na concentração da prolina em plantas sob estresse salino como forma de ajustamento osmótico, mais sim a distúrbios de ordem metabólicas.

Tendo autores que atribuem o ajustamento osmótico a presença de outros solutos como Silva et al. (2009), trabalhando com o pinhão manso submetido a salinidade consideraram que os íons Na^+ e Cl^- contribuíram mais ativamente para a realização do ajustamento osmótico, do que a prolina em si. Oliveira et al. (2006), atribuíram o aumento na concentração de carboidrato em plantas de sorgo ao ajustamento osmótico. Gomes et al. (2012), atribuíram que o aumento na concentração de aminoácido e açúcares solúveis totais em plantas de munquém contribuíram para o ajustamento osmótico.

Nesse contexto, entres os solutos orgânicos que são mais bem estudados em plantas sob condição de estresse salino estão incluídos os carboidratos solúveis e os aminoácidos (AZEVEDO NETO et al., 2004; SILVA et al., 2009). Os carboidratos também denominados de glicídios ou ainda hidratos de carbono, são classificados em monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos. São compostos com alto teor calorífico, participando como importante fornecedor de energia para os organismos, e também participam na formação estrutural das células (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Conforme Magalhães Filho et al. (2008), plantas sob condição de estresse apresentam redução nos teores de carboidrato devido a menor assimilação de CO_2 e mobilização de reservas direcionadas para o crescimento e manutenção. Porém, estudos objetivando avaliar os solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro submetidos ao estresse salino verificaram que o aumento na concentração dos carboidratos foi proporcional ao incremento do sal no meio de cultivo (OLIVEIRA et al., 2006). Também em estudos com jatobá sob estresse hídrico verificou-se aumento na concentração dos carboidratos na folha e na raiz nas plantas regadas com 25 % da capacidade de pote (CP) em relação às regadas com 100% da CP (NASCIMENTO, 2009).

Estudos com pinhão manso demonstrou que o nível de salinidade de 100 mmol L^{-1} de NaCl não afetou os teores de açúcares solúveis nas folhas das plantas submetidas por 15 dias ao estresse salino (SILVA et al., 2009). Já Cunha et al. (2013), notificaram incremento de 53% e 78% nos carboidratos solúveis das folhas de pinhão manso submetidos ao nível de salinidade de 15 e 30 mmol L^{-1} NaCl , respectivamente.

A presença dos íons cloro e do sódio provoca intumescimento do protoplasma, o que afeta a atividade enzimática, ocasionando baixa produção energética, distúrbios na assimilação do nitrogênio, além de alterações nas concentrações de aminoácidos e de proteínas (COSTA JÚNIOR, 2011). Os aminoácidos possuem participação direta no metabolismo dos vegetais e estão diretamente envolvidos nos processos fisiológicos e

bioquímicos, entre as funções destaca-se, participam na formação das proteínas, são fonte de energia, função nutritiva e são precursores de fitohormônio (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Na literatura, trabalhos publicados revelam que as melhores respostas dos aminoácidos têm sido nas plantas em situações de estresse (COELHO, 2006). Oliveira et al. (2006), sugeriram que o aumento na concentração de aminoácidos livres totais em plantas sob estresse salino seria como resultado da elevação na biossíntese desse composto. Já conforme Praxedes et al. (2009), aumentos dos aminoácidos na raiz foram ocasionados pela restrição de seu transporte para outras partes da plantas. Em pinhão manso sob condição salina, Souza et al. (2012) relataram aumento nas concentrações de aminoácidos, diferentemente, das plantas controle e das irrigadas com água residuária de esgoto com 50 e 100% da capacidade de campo que apresentaram redução neste parâmetro.

O acúmulo de aminoácidos em plantas sob condição de estresse salino tem sido relatado também por outros autores como sorgo forrageiro (OLIVEIRA et al., 2006), moringa (SILVA, 2013) cajueiro anão (MORAIS et al., 2007), feijão caupi (PRAXEDES et al., 2009) e também em plantas sob estresse hídrico como graviola (OLIVEIRA et al., 2013) , juazeiro (SILVA et al., 2011), pinhão manso (MOURA, 2010).

2.6 Efeito do estresse salino na fisiologia das plantas

A salinização dos solos das regiões áridas e semiáridas, em sua maioria, resulta na acumulação de determinadas espécies iônicas, dentre estas o Na^+ e Cl^- . A prevalência dessas espécies iônicas no âmbito de crescimento das plantas, pode gerar alterações nos processos de absorção e transporte da água e de nutrientes, ou ainda, ocasionar toxidez, caso haja acumulação nos tecidos das plantas (LACERDA et al., 2004) todas essas mudanças, comprometem a expansão e divisão celular e aceleraram a senescência das folhas (PRISCO e FILHO, 2010). Conforme Fageria et al. (2010), a parte aérea que compreende o caule e as folhas é mais sensível a toxidez da salinidade do que o sistema radicular.

Sousa et al. (2011), pesquisando cinco níveis de salinidade (0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0 dS m^{-1}) em plantas de pinhão manso, verificaram que o diâmetro do caule e o número de folhas foram afetados negativamente pela salinidade da água de irrigação. Similarmente Nery et al. (2009), trabalhando com pinhão manso irrigados com os mesmos valores de condutividade elétrica, notificaram reduções de 9% na altura da planta, 17% no diâmetro do caule e 23% no número de folhas nas plantas submetidas ao nível de 3,0 dS. m^{-1} aos 163 dias.

Oliveira et al. (2015), estudando o pinhão verificaram que a salinidade ocasionou reduções em todos os parâmetros de crescimento avaliados altura, diâmetro, número de folhas, comprimento da raiz principal, massa seca total, massa seca das folhas e raiz.

Os mecanismos pelo qual a salinidade deprecia as plantas continuam sendo uma questão muito discutida pelos pesquisadores devido à natureza complexa do estresse salino (DIAS e BLANCO, 2010). Sob condições de estresse salino nas plantas, são identificadas duas fases: osmótica e iônica ou tóxica. A primeira fase restringe o transporte de água e ocorre no início do contato da raiz com o sal, seguida de uma sequência de reações moduladas por hormônios, os quais vão restringir a abertura estomática e reduzir a assimilação do CO₂. A segunda fase é causada pelo excesso dos íons no tecido, cujos efeitos iônicos surgem secundariamente e podem resultar em toxicidade (SILVEIRA et al., 2010).

As plantas, por sua vez, apresentam comportamento variado quando submetidas às condições de salinidade. Vários estudos têm sido dirigidos à elucidação dos mecanismos de adaptação à salinidade, especialmente os referentes à fisiologia da resistência das plantas (OLIVEIRA et al., 2008). Abaixo está expressa a classificação dos solos com base nos valores de condutividade elétrica e os efeitos da salinidade nas plantas cultivadas (**Tabela 1**).

Tabela 1. Efeitos das classes de salinidade dos solos sobre o rendimento de espécies vegetais. Fonte: Adaptado de FAO (1988)

Classe de salinidade do solo	Condutividade do extrato de saturação (dS.m⁻¹)	Efeitos em plantas cultivadas
Não Salino	0 – 2	Efeitos salinos desprezíveis
Levemente salino	2 – 4	Os rendimentos para culturas sensíveis podem ser afetados
Moderadamente salino	4 – 8	Os rendimentos são afetados
Fortemente salino	8 – 16	Somente culturas tolerantes apresentam rendimento satisfatório
Muito fortemente salino	>16	Somente algumas culturas muito tolerantes apresentam rendimento satisfatório

Segundo Prisco e Filho (2010), em uma escala temporal, assegura-se que a salinidade altera inicialmente a absorção da água, o que gera um desbalanço nas relações hídricas dos vegetais e podendo ocasionar uma restrição na entrada da água e conseqüente estresse hídrico.

Por isso a avaliação do potencial hídrico foliar e teor relativo de água são um dos parâmetros indispensáveis para a avaliação do status hídrico em plantas sob salinidade. Uma vez que a produtividade das plantas está diretamente relacionada com a quantidade de água disponível do que com qualquer outro fator ambiental (SILVA et al., 2012).

Alterações metabólicas foram relatadas por Hsie (2013), em plantas de pinhão manso submetidas a 0; 0,7; 1,4; 2,1; 2,8; e 3,5 dS.m⁻¹ durante 30 dias, quando verificaram que reduções no teor relativo de água foram proporcionais ao aumento e duração da imposição a salinidade. Silva et al. (2012), também notificaram reduções no teor relativo de água e justificaram que possivelmente este comportamento ocorreu devido a salinidade ocasionar diminuição no consumo de água das plantas.

Para a avaliação do potencial hídrico foliar, Santana et al. (2015), evidenciaram que para as avaliações realizada no horário da antemã e ao meio dia não foram observadas diferenças estatísticas em três genótipos de pinhão manso submetidos ao estresse hídrico durante 66 dias. Já Moura et al. (2010), verificaram que no horário da antemã e ao meio dia foram observadas diferenças estatísticas em plantas de pinhão manso submetidos ao estresse hídrico durante 120 dias. Lima neto et al. (2013), verificaram reduções no potencial hídrico foliar (-0,22 para -1,49 MPa) e teor relativo de água (70 para 65%) do pinhão manso submetido a 100 mM de NaCl por 6 dias em comparação com 0 mM de NaCl.

Para realização da fotossíntese, os vegetais necessitam fixar o Co₂, porém ao abrirem os estômatos perdem água por estas estruturas que são morfofisiológicas reguláveis (FOLHA, 2013). Por isso sabe-se que em condição de salinidade, uma das estratégias desenvolvidas pelas plantas para evitar a perda água é o fechamento parcial dos estômatos, porém este comportamento dos estômatos em consonância com os efeitos osmóticos e tóxicos da salinidade ocasionam declínio na fotossíntese líquida (Sacramento et al., 2014), e redução nas taxas de transpiração (ASSIS JÚNIOR et al., 2007). Estudos realizados em plantas de pinhão manso irrigadas com 150 e 300 mM de NaCl, relatam reduções na condutância estomática e na taxa fotossintética com o prolongamento do tempo de exposição ao sal, ou seja, após 1 , 4, 7 e 10 dias de imposição ao estresse (GIMENO et al., 2011).

Silva et al. (2011), objetivando avaliar os danos causados pelo estresse salino na fotossíntese de plantas jovens de pinhão manso submetidas as concentrações de 0 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl, notificaram que após 14 dias de exposição ao sal as trocas gasosas e a atividade fotoquímica sofreram forte reduções causada pelo estresse iônico, visto que os íons Na⁺ e Cl⁻ atingiram concentrações muito elevadas nas folhas, atingindo níveis tóxicos.

Diversos trabalhos na literatura relataram reduções nas variáveis de trocas gasosas em *Jatropha curcas* submetidas a salinidade, entre outros, Campos et al. (2012), verificaram reduções nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de carbono, condutância estomática e taxa de transpiração em plantas de pinhão manso submetidas por 50 dias às condutividades elétrica que variaram entre 0 e 3,5 dS.m⁻¹. Sousa et al. (2012), também encontraram reduções nestes parâmetros de trocas gasosas nesta mesma espécie e com valores de condutividade também próximos, entre 0 e 3,0 dS.m⁻¹.

Díaz e López et al. (2012), realizaram avaliações nas trocas gasosas do pinhão manso após 30, 35 e 40 dias de imposição aos níveis de salinidade entre 0 e 150 mM de NaCl, observaram que a salinidade afetou negativamente as variáveis das trocas gasosas desde a primeira avaliação. Rajaona et al. (2012), observaram reduções na transpiração, fotossíntese e condutância estomática das plantas jovens e com 3 anos de idade de pinhão manso submetidas a 100 e 120 mmol de NaCl. Segundo Jamil et al. (2007), reduções na taxa fotossintética de plantas sob salinidade pode estar também associadas a diminuição no teor de clorofilas.

Os pigmentos fotossintéticos e suas quantidades variam de acordo com a espécie. Os pigmentos que participam do processo fotossintético são as clorofilas *a* e *b*, os carotenóides e as ficobilinas, estes últimos são considerados pigmentos fotoprotetores e auxiliam no processo de transferência de energia radiante para o centro de reação. As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados de porfirina tendo o magnésio como átomo central (STREIT et al., 2005).

Todos os pigmentos fotossintéticos estão localizados nos cloroplastos onde ocorrem duas reações importantes, a reação fotoquímica que acontece nas membranas dos tilacoides e a bioquímica que ocorre no estroma do cloroplasto. Quando em solução a clorofila *a* apresenta coloração azul-esverdeada e a clorofila *b* coloração amarelo esverdeada, por isto podem ser quantificadas pelos métodos de espectrofotometria, fluorimetria e cromatografia líquida de alta eficiência (STREIT et al., 2005).

Conforme Jamil et al. (2007) plantas tolerantes ao sal tem os teores de clorofila aumentado, enquanto as susceptíveis tendem a diminuir. Graciano et al. (2011), descreveram que plantas de amendoim quando submetidas ao estresse salino utilizaram como estratégia adaptativa aumento nos pigmentos fotossintéticos. Silva et al. (2012), estudaram o estresse salino isolado e combinado com alta temperatura (43°C) por 6 horas, e relataram reduções nas concentrações de clorofila e carotenóides em plantas de pinhão manso submetidas ao

nível de salinidade de 100 mM de NaCl, ainda segundo os mesmos autores para estas variáveis os efeitos salinidade foram mais prejudiciais do que o térmico.

Sabe-se que as espécies vegetais possuem resistência protoplasmática ou tecidual diferenciada quando em condição de estresse salino, e que essa capacidade de resistência está diretamente correlacionada com a intensidade de compartimentalização dos íons salinos dentro dos vacúolos e de como é mantido o balanço K^+/Na^+ no citosol (SILVEIRA et al., 2010). Cunha et al. (2013), trabalhando com plantas jovens de *Jatropha curcas* L., submetidas aos níveis de 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 mol⁻³ de NaCl, por 28 dias, observaram que o aumento da salinidade provocou incremento dos íons Na^+ e Cl^- nas folhas, caules e raízes. Em contrapartida, os teores de K^+ foram reduzidos em todas as partes da planta exceto no caule. Verificaram ainda que o aumento da relação K^+/Na^+ foi acompanhada pelo aparecimento de clorose e necrose foliar. Os autores concluíram que este incremento indica ausência de mecanismo de extrusão especificamente sódio e cloro, nesta espécie.

Os últimos anos de pesquisa tem possibilitado uma maior compreensão sobre os mecanismos que governam a adaptação ou tolerância à salinidade, principalmente os relacionados ao crescimento e distribuição de compostos nos vegetais, uma vez que, as funções fisiológicas e bioquímicas dos vegetais podem ser danificadas pelo excesso de sais (AMORIM et al., 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

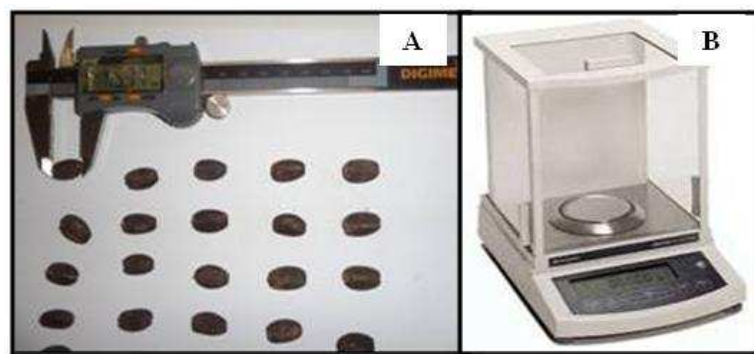
4.1 ENSAIO I: INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Jatropha curcas*

4.1.1. Local de realização do experimento, aquisição e morfometria das sementes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no mês de julho de 2015. Foram utilizadas sementes de *Jatropha curcas* do acesso 253, fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agroenergia- Brasília/DF.

Para realizar a assepsia das sementes, as mesmas foram imersas em solução de água e detergente, na proporção de cinco gotas de detergente para cada 100 ml de água. As sementes permaneceram nessa solução por um período de 2,5 minutos e após esse tempo foram lavadas em água corrente para a remoção completa do detergente, conforme descrito nas Instruções Para Análises de Sementes Florestais (BRASIL, 2013).

Utilizando um paquímetro digital, marca Digimess, as sementes foram averiguadas conforme o comprimento, largura e a espessura (Figura 1A). Para a avaliação da massa utilizou-se uma balança analítica marca Shimadzu, modelo AY220 (Figura 1B). Foram amostradas 200 sementes e os valores médios destas variáveis se encontram na (Tabela 2).



Fonte: ARAÚJO, R. P. S. (2015)

Figura 1. Medidas morfométricas (comprimento, largura, espessura) com uso de paquímetro digital (A) e obtenção da massa com uso de balança analítica (B) adquiridas de uma amostra de 200 sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*) do acesso 253 fornecidas pela Embrapa Agroenergia- Brasília/DF.

Tabela 2 Dados morfométricos (comprimento, largura, espessura e massa) obtidos de uma amostra de 200 sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*) do acesso 253 fornecidas pEmbrapa Agroenergia- Brasília/DF

Variáveis	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (g)
Valor Máximo	17,34	11,41	10,07	0,76
Média	16,14	10,25	7,87	0,54
Valor Mínimo	13,36	7,49	5,51	0,22
C.V (%)	3,96	5,65	7,37	15
Desvio Padrão	±0,64	±0,58	±0,58	±0,081

CV = Coeficiente de variação

4.1.2. Tratamentos e delineamento experimental

Para imposição do estresse salino nas sementes, quantidades do cloreto de sódio (NaCl) (0g; 1,461g; 2,1915g e 2,922g) foram diluídos em 0,5 L de água destilada. A constatação dos tratamentos foi efetuada por meio da realização de leituras de condutividade elétrica das soluções (0, 5, 7 e 10 dS m⁻¹), para este fim, utilizou-se um condutivímetro portátil digital tipo caneta modelo CD-880, Os tratamentos impostos foram:

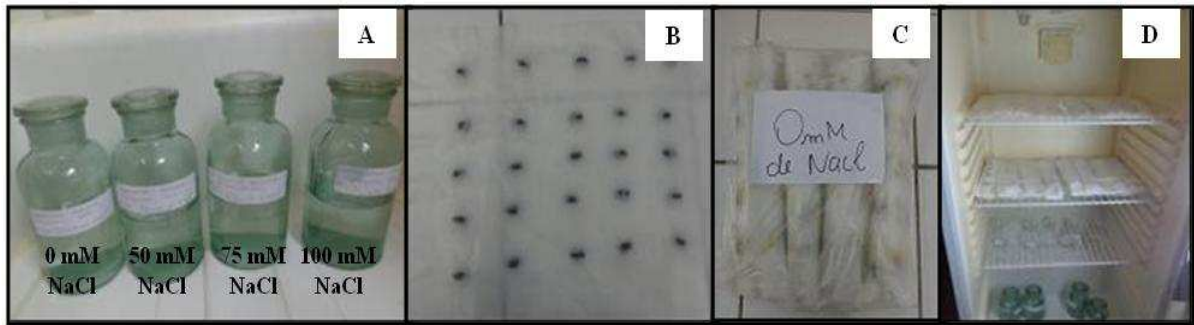
T1 = 0 mM de NaCl - água destilada;

T2 = 50 mM de NaCl;

T3 = 75 mM de NaCl;

T4 = 100 mM de NaCl;

Como substrato, foram utilizados papel do tipo *germitest*, sendo utilizadas três folhas de papel, umedecidas com as diferentes soluções salinas supracitadas (Figura 2 A), no volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel quando seco (Figura 2 B). Os rolos papel de *germitest* foram acondicionados em sacos plásticos transparentes (Figura 2 C), a fim de que a perda da água fosse amenizada e em seguida postos em germinador do tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) a 30°C e luz constante (Figura 2 D).



Fonte: ARAÚJO, R.P.S. (2015)

Figura 2. Etapas do experimento de germinação utilizando sementes do acesso 253 de *Jatropha curcas* soluções salinas utilizadas na pesquisa (A); folhas de papel *germitest* e disposições das sementes (B); folhas de papel dispostas em rolo e acondicionadas em sacos plásticos (C); germinador tipo B.O.D onde ficaram incubadas as sementes (D).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos salinos (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) e 4 repetições de 25 sementes cada, sendo 100 sementes para cada tratamento, totalizando 400 sementes.

4.1.3. Variáveis analisadas

4.1.3.1. Porcentagem de germinação (%G)

Para avaliação da porcentagem de Germinação (%G), as sementes foram contabilizadas diariamente desde a implantação do teste até o 14º dia. Sendo considerada germinadas plântulas com 2 mm de radícula e que possuíam estruturas essenciais completas e saudáveis.

4.1.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)

Para o cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foram realizadas contagens diárias e utilizadas a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1 , G_2 e G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda e na última contagem;

N_1 , N_2 e N_n = número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

4.1.3.3. Tempo médio de germinação (TMG)

O tempo médio de germinação (TMG) foi calculado segundo Edmond e Drapala (1965 apud CRUZ; CARVALHO, 2003), seguindo a fórmula a seguir:

$$T_m = \frac{G_1 T_1 + G_2 T_2 + \dots + G_n T_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

Onde:

T_m = tempo médio de germinação;

G_1 , G_2 e G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda e na última contagem;

T_1 , T_2 e T_n = tempo em dias, a partir da sementeira.

4.1.3.4. Biometria das plântulas e produção de matéria seca das plântulas

Ao 14º dia após a sementeira, utilizando uma régua graduada, foram realizadas as seguintes medidas: comprimento da parte aérea, o comprimento radicular das plântulas emergidas, comprimento total obtido pela soma da parte aérea e raiz e o peso total da matéria fresca pesados em balança.

No final do período experimental, para avaliação da produção de biomassa seca, as plântulas foram separadas em parte aérea e raiz e de acordo com os tratamentos, estas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e levadas para estufa de circulação de ar forçada à 65°C, até atingir peso constante. Posteriormente, essas amostras foram pesadas em balança de 0,001 g de precisão para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) e das raízes (PMSR), segundo Benincasa (1988).

4.1.3.5. Análises bioquímicas

Para as análises bioquímicas, foi coletado 1 g de matéria fresca da parte aérea e das raízes das plântulas, que foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e posteriormente conservadas em freezer -80 °C. Para o preparo dos extratos, as amostras foram

maceradas em almofariz em banho de gelo, com 4 mL de solução tampão fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0 contendo EDTA a 0,1 mM.

O material foi filtrado em um tecido de musselina, colocado em eppendorfs e centrifugado a 3000 rpm por 15 min, em centrífuga marca Minispin. O precipitado foi descartado e o sobrenadante utilizado para as análises dos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres totais, prolina livre.

Os carboidratos solúveis foi determinados pelo método do fenol-ácido sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) utilizando-se D-(+)-glucose como padrão, fazendo leitura em espectrofotômetro a 490 nm. Já a determinação de proteínas solúveis foi feita pelo método da ligação ao corante Coomassie Brilliant Blue, de acordo com a metodologia de Bradford (1976), utilizando-se albumina sérica bovina como padrão a 595 nm.

Os aminoácidos solúveis totais foram analisados pelo método da ninhidrina (Yemm e Cocking, 1955), utilizando-se glicina ou leucina como padrão, com as leituras realizadas na faixa de 570 nm. Finalmente a prolina livre foi avaliada pelo método da ninhidrina ácida (Bates, 1973) com curva de padronização feita a partir de L- prolina e suas leituras foram feitas sob o comprimento de onda de 520 nm.

4.1.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software Assistat, versão 7.6 beta.

4.2 ENSAIO II - INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Jatropha curcas*

4.2.1. Local de realização do experimento e aquisição de sementes

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de Junho a Setembro de 2015. Foram utilizadas sementes de *Jatropha curcas* do acesso 253, fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agroenergia-Brasília/DF.

Durante o período experimental as condições ambientais no interior da casa de vegetação, representadas pela temperatura média e umidade relativa do ar, medidas diariamente pelo equipamento termohigrômetro, variaram de 24,19 a 30,09 °C; 58,06 a 90,75%, respectivamente, quanto ao déficit de pressão de vapor (DPV) este variou de 0,69 a 0,84 KPa. O procedimento para assepsia das sementes foi semelhante ao descrito para o ensaio I.

4.2.2. Tratamentos e delineamento experimental

As sementes foram postas para germinar em bandejas de polietileno contendo areia lavada. Quando as plântulas emitiram o primeiro par de folhas foram selecionadas quanto à sanidade e tamanho e, posteriormente, transferidas para vasos de polietileno contendo 12 Kg de areia lavada. Durante o período de aclimatação (40 dias), as mesmas foram regadas com solução nutritiva a ½ força de Hoagland e Arnon (1950), e com água destilada, em dias alternados, posteriormente foi realizada a diferenciação dos tratamentos salinos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado sendo em esquema fatorial 2 x 4 correspondendo a dois períodos de avaliação (15 e 30 dias após a diferenciação dos tratamentos) e quatro tratamentos salinos (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) com seis repetições. Quantidades de sal foram acrescidas a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950). Os tratamentos foram mantidos por meio da determinação das condutividades elétricas (0, 5, 7 e 10 dS m⁻¹), avaliadas semanalmente. Com o intuito de minimizar a evaporação, bem como o aparecimento de algas, discos plásticos de coloração branca foram colocados sobre os vasos.

Após 15 e 30 dias da diferenciação dos tratamentos, foram realizadas as análises fisiológicas e coletado material vegetal (folhas e raízes) para as análises bioquímicas.

4.2.3. Variáveis analisadas

4.2.3.1 Crescimento

Durante todo o período experimental, as variáveis de crescimento analisadas semanalmente foi altura da planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC). A altura foi mensurada com uma trena de precisão de 1 mm, a partir da base do caule (previamente marcada) até a inserção da folha mais jovem. As folhas, por sua vez foram contabilizadas quando totalmente expandidas e o diâmetro do caule foi aferido com um paquímetro digital DIGIMESS, com precisão de 0.01 mm, sempre na mesma região do caule que foi previamente marcada e no mesmo horário.

4.2.3.2 Produção de matéria seca e alocação de biomassa

Após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, para avaliação da produção de biomassa seca, as plantas foram separadas em folha, caule e raiz e de acordo com os tratamentos, estas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e levadas para estufa de circulação de ar forçada à 65°C, até atingir peso constante. Posteriormente, essas amostras foram pesadas em balança para obtenção do peso da matéria seca da folha (PMSF), do caule (PMSC) e das raízes (PMSR), segundo Benincasa (1988). Com os dados da matéria seca, calculou-se a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC) e raízes (ABR) e a relação raiz/parte aérea (R/Pa), segundo Benincasa (1988).

4.2.3.2 Trocas Gasosas

Após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, para as análises das trocas gasosas foram realizadas entre 11 e 12 horas da manhã, sempre nas folhas localizadas no terço médio superior das plantas, sendo utilizado para esta finalidade um analisador de gás portátil a infravermelho, o IRGA, ADC, modelo LCipro.

4.2.3.3 Potencial hídrico foliar

Após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, para a determinação do potencial hídrico foliar foram coletadas folhas localizadas no terço superior da planta nos horários de 4 horas da manhã e às 12 horas, as quais foram imediatamente envoltas com filme plástico e

acondicionadas em recipiente refrigerado. Em seguida as medidas foram realizadas utilizando-se a câmara de pressão de Scholander, modelo 3035 (Soil Moisture Equipment Corp, Santa Bárbara, CA, USA), segundo metodologia descrita por SCHOLANDER et. al., (1964).

4.2.3.4 Teor Relativo de Água

Após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, para a avaliação do Teor Relativo de Água (TRA) foram coletadas folhas localizadas no terço médio superior das plantas nos horários de 4 horas da manhã e às 12 horas. Em seguida foram cortados seis discos foliares de área conhecida, pesados em balança de precisão para obtenção do peso da matéria fresca (PMF). Posteriormente, estes discos foram acondicionados em placas de petri, embebidos em 3 mL de água deionizada e armazenados sob baixas temperaturas (4°C) por 24 horas. Após esse período, o excesso de água dos referidos discos foliares foram retirados com papel toalha, e os mesmos foram pesados novamente para obtenção do peso da matéria túrgida (PMT). Após esse procedimento, os discos foram acondicionados em sacos de papel Kraft e colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por fim pesados e obtido então o peso da matéria seca (PMS). Esses dados foram aplicados na seguinte fórmula, segundo metodologia descrita por Barrs e Weatherley (1962).

$$\text{TRA} = \frac{(PMF - PMS) \times 100}{(PMT - PMS)}$$

4.2.3.5 Pigmentos fotossintéticos

A avaliação dos pigmentos fotossintéticos foi feita tanto de maneira não destrutiva quanto destrutiva. Para a primeira, o teor de clorofila das folhas foi estimado por um aparelho portátil, SPAD-502 (Minolta, Japão) nas mesmas folhas utilizadas para avaliação da fotossíntese, procedendo-se dez leituras por planta.

Para a determinação da concentração dos pigmentos, previamente foi realizado um teste utilizando os extratores acetona 80%, álcool 95% e metanol 99,9% com o intuito de identificar entre estes, qual seria o melhor solvente para extrair os pigmentos fotossintéticos após 24, 48 e 72 horas de armazenamento em ambiente refrigerado. O material foliar coletado para este teste foi procedente de uma planta jovem de *Jatropha curcas* localizada nas proximidades da casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal da UFRPE.

Após pesado 0,1 g do limbo foliar e cortá-lo em pequenos fragmentos, acondicionou-se em tubos de ensaio contendo 10 mL dos solventes em estudo conforme a metodologia descrita por Lichtenthaler e Buschmann (2001). Foram utilizados 15 tubos de ensaio para cada extrator estudado, sendo cinco tubos em cada horário de avaliação, totalizando 45 tubos. Realizado o teste, verificou-se que os extratores álcool e metanol demonstraram serem mais eficientes na extração dos pigmentos fotossintéticos após 48 horas de incubação, já com relação à acetona 80%, demonstrou ser o extrator menos eficiente para esta análise, conforme a Figura 3. De acordo com Streit et al. (2005), as substâncias que possuem caráter hidrofílico/hidrofóbico, neste caso as clorofilas, permitem que sejam utilizados testes com diferentes solventes tais como etanol, acetona, metanol acetato de etila, e piridina, a fim de se obter o que melhor as extraia.

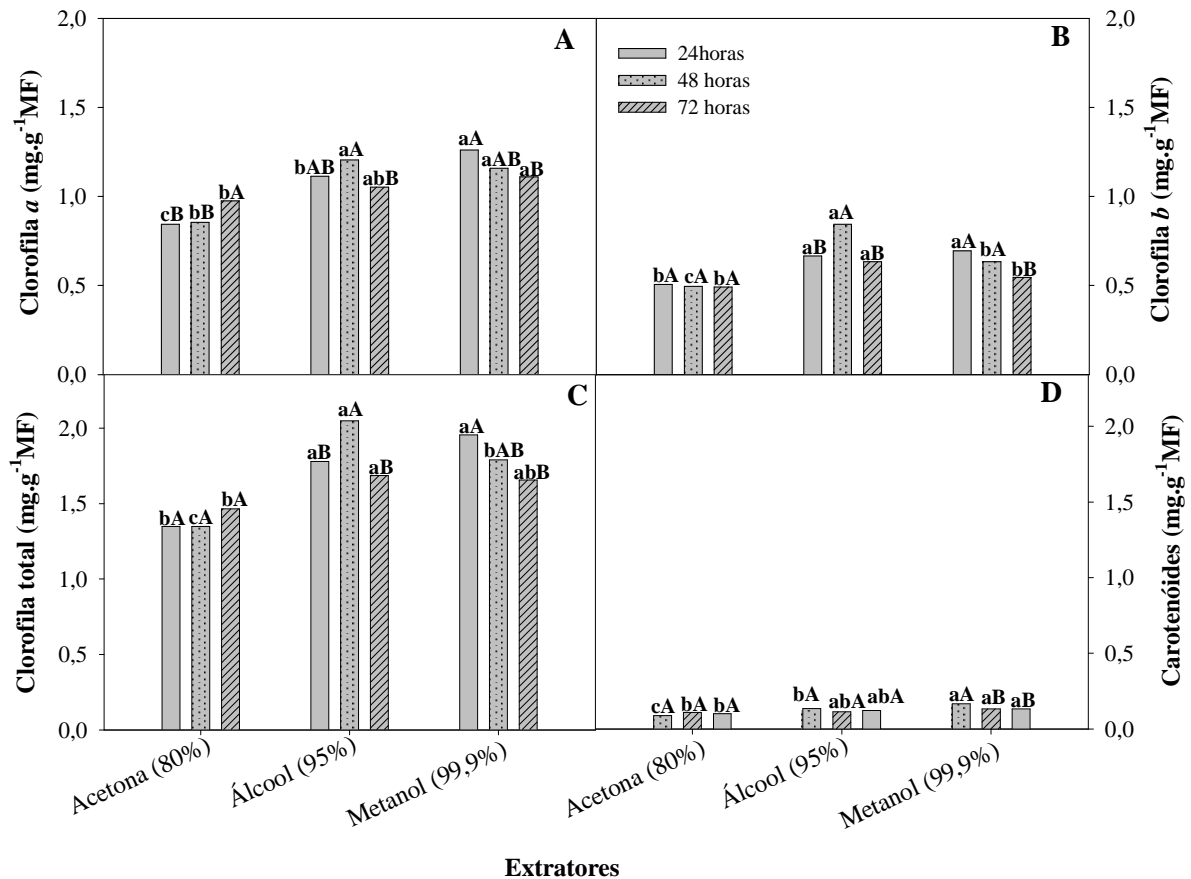


Figura 3 Teores de pigmentos fotossintéticos extraídos de folhas de *Jatropha curcas* utilizando os solventes: Acetona 80% (A), Álcool a 95% (B) e Metanol 99,9% (C) após intervalos de 24, 48 e 72 horas. Médias seguidas por mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, para avaliação definitiva dos pigmentos fotossintéticos foi coletado 0,1 g do limbo foliar, cortado em pequenos pedaços e vertidos para tubos de ensaio rosqueáveis, previamente cobertos com papel alumínio para evitar a incidência de luz, contendo 10 ml de álcool e armazenado por um período de 48 horas. Posteriormente foram feitas leituras em espectrofotômetro modelo SP-220, nos comprimentos de onda 664 nm, 648 nm e 470 nm para a determinação de clorofila *a*, *b* e carotenóides respectivamente. De posse dos dados, os teores dos pigmentos foram calculados segundo Lichtenthaler e Buschmann (2001).

4.2.3.6 Análises bioquímicas

Após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, para as análises bioquímicas, foi coletado 1 g de matéria fresca da folha e das raízes das plantas, que foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e posteriormente conservadas em freezer -80 °C. Para o preparo dos extratos, as amostras foram maceradas em almofariz em banho de gelo, com 4 mL de solução tampão fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0 contendo EDTA a 0,1 mM.

O material foi filtrado em um tecido de musselina, colocado em eppendorfs e centrifugado a 3000 rpm por 15 min, em centrífuga marca Minispin. O precipitado foi descartado e o sobrenadante utilizado para as análises dos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres totais, prolina livre.

Os carboidratos solúveis foi determinados pelo método do fenol-ácido sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) utilizando-se D-(+)-glucose como padrão, fazendo leitura em espectrofotômetro a 490 nm. Já a determinação de proteínas solúveis foi feita pelo método da ligação ao corante Coomassie Brilliant Blue, de acordo com a metodologia de Bradford (1976), utilizando-se albumina sérica bovina como padrão a 595 nm.

Os aminoácidos solúveis totais foram analisados pelo método da ninhidrina (Yemm e Cocking, 1955), utilizando-se glicina ou leucina como padrão, com as leituras realizadas na faixa de 570 nm. Finalmente a prolina livre foi avaliada pelo método da ninhidrina ácida (Bates, 1973) com curva de padronização feita a partir de L- prolina e suas leituras foram feitas sob o comprimento de onda de 520 nm.

4.2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foi submetidos à análise de variância (ANOVA) e médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software Assistat, versão 7.6 beta.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ENSAIO I - INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Jatropha curcas*

5.1.1 Porcentagem de germinação (%G)

Os dados obtidos no teste de germinação indicam que para a variável porcentagem de germinação, não foram constatadas diferenças significativas, demonstrando que os níveis de salinidade impostos (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) não impediram que a germinação das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*) ocorresse, sendo os percentuais de germinação na ordem de 90, 90, 87 e 83%, respectivamente (Figura 4).

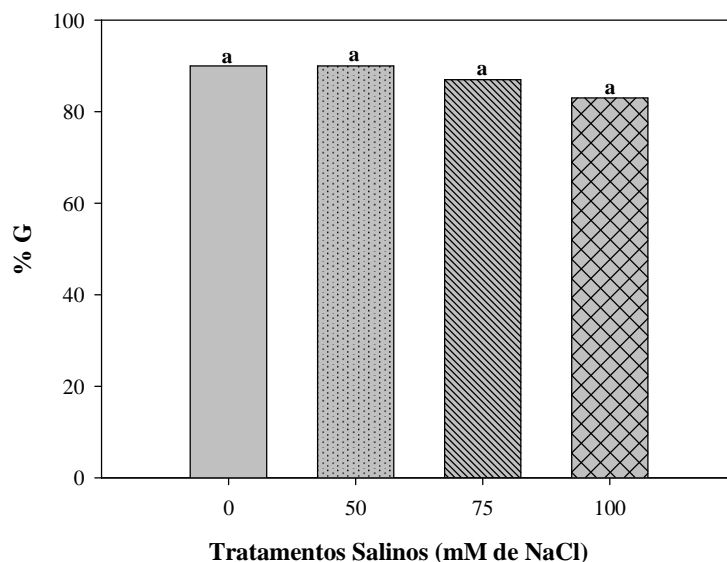


Figura 4 Porcentagem de germinação (%G) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0,50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Resultados que corroboram com a presente pesquisa, foram relatados por Silva et al. (2012), que verificaram que a porcentagem de germinação do pinhão manso cultivados em casa de vegetação durante 16 dias de imposição a salinidade, não apresentou diferenças significativas nas sementes irrigadas com água salina referentes as condutividades elétricas de 0,2; 1,2; 2,2; 3,2 e 4,2 dS.m⁻¹. Esses valores de condutividade elétrica estão bem abaixo aos

usados neste estudo (0, 5, 7 e 10 dS.m⁻¹), porém verifica-se que mesmo com o aumento da salinidade o percentual de germinação das sementes de *Jatropha curcas* não foi afetado.

Diversos autores reportam que a avaliação da porcentagem de germinação das sementes submetidas à salinidade constitui-se como um dos métodos mais difundidos para avaliar tolerância das espécies (BERTAGNOLLI et al., 2004; DICKMANN et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2007; SECCO et al., 2010;).

A germinação tem início com a absorção da água por embebição, para que as sementes tenham o seu metabolismo reativado é necessário que alcancem níveis adequados de hidratação (BRAGA et al. 2009). Andréo-Souza et al. (2010), reforçam que a velocidade de germinação é o primeiro parâmetro afetado pela redução da disponibilidade de água ocasionada pela presença dos sais.

5.1.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O estresse salino acarretou decréscimos significativos no índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de pinhão manso, apresentando redução de 30% já a partir do tratamento 50 mM de NaCl, e 47% e 61% para os tratamentos 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, quando comparados ao tratamento controle, evidenciando com esse resultado que o incremento da salinidade provoca retardos substanciais na emergência das plântulas (Figura 5). Esses dados revelam que a variável IVG é mais sensível aos efeitos da salinidade na germinação do que o percentual de germinação.

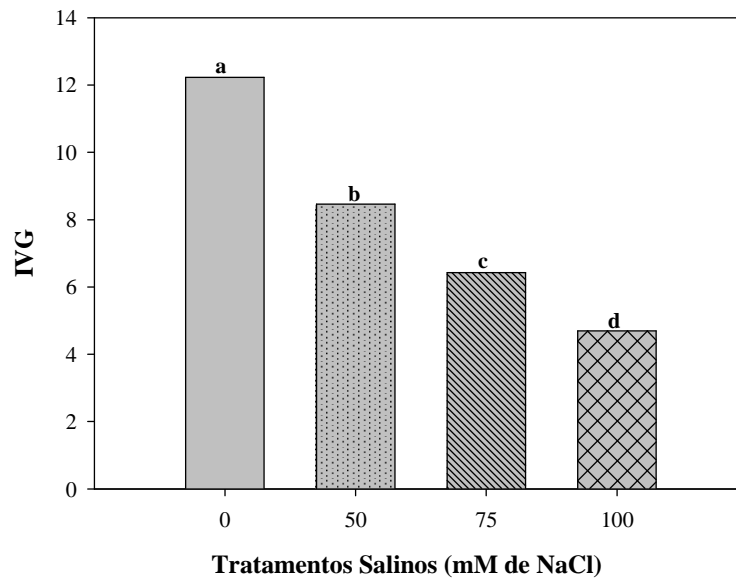


Figura 5. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Lopes e Macedo (2008) afirmam que o movimento da água nos tecidos que permeiam as sementes são cruciais para determinar se o processo de germinação será bem sucedido. Nesse sentido, a salinidade causa um desbalanço no potencial hídrico do solo, ocasionando decréscimos no gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, resultando em menor captação da água pela semente e conseqüente menor taxa de germinação. Estes mesmos autores ainda ressaltam que reduções na velocidade de germinação e na formação de plântulas podem ser em decorrência do potencial osmótico da solução ser mais negativo que o da célula do embrião.

Resultados que corroboram com a presente pesquisa foram reportados por Andréo-Souza e et al. (2010), estudando dois lotes de *Jatropha curcas* observaram que para o lote I reduções no índice de velocidade de germinação das sementes efetuaram-se a partir da condutividade elétrica de 6 dS.m^{-1} , já para o lote II ocorreram nas sementes submetidas a condutividade elétrica de 10 e 12 dS.m^{-1} .

5.1.3 Tempo médio de germinação (TMG)

Em relação ao tempo médio de germinação foram observadas diferenças significativas para todos os tratamentos avaliados (Figura 6). As sementes submetidas ao tratamento 100 mM de NaCl germinaram em maior tempo (aproximadamente 6 dias) quando comparado com as do tratamento 0 mM de NaCl (aproximadamente 2 dias), ou seja, o tempo em dias foi

maior para que as sementes iniciassem o processo germinativo. Similarmente as sementes impostas ao tratamento 75 mM de NaCl levaram aproximadamente 4 dias para germinarem quando comparadas com as sementes submetidas a 0 mM de NaCl. Diferentemente, apenas o tratamento 50 mM de NaCl apresentou respostas intermediárias aos tratamentos 75 mM de NaCl e 0 mM de NaCl.

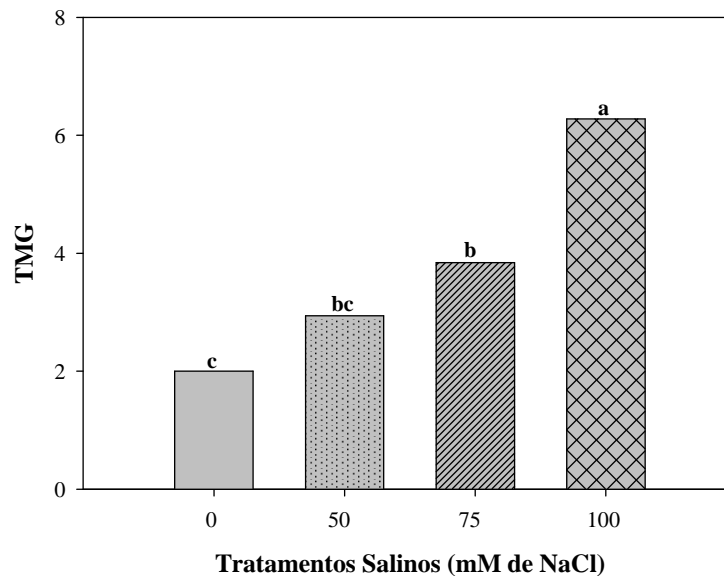


Figura 6. Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Estes resultados estão enquadrados nas explicações notificadas por Pereira et al. (2012). Segundo estes autores, as reduções no potencial osmótico podem ser ocasionadas pela concentração de sais no meio, resultando no prolongamento do tempo necessário para a emergência das plântulas devido a maior gasto energético e maior requisição de tempo para embebição de água pelas sementes.

Estes resultados contrapõem com os encontrados por Possas et al. (2014), avaliando o tempo médio de germinação de dois lotes de sementes de *Jatropha curcas* L., até o 14 ° dia de germinação, relataram que as sementes dos dois lotes não tiveram o tempo médio de germinação afetados pelos seis níveis de salinidade que eram representados pelas condutividade elétricas de 0,6; 2,1;3,6;5,1; 6,6 e 8,1 dS.m⁻¹.

Apesar de no percentual de germinação não serem observadas diferenças significativas, as avaliações do IVG e TMG indicam que a salinidade ocasiona atrasos na germinação de sementes de pinhão manso.

5.1.4 Biometria e produção de matéria seca das plântulas

De modo geral, o incremento da salinidade afetou negativamente o crescimento das plântulas. Verificou-se que a salinidade reduziu de forma menos drástica o comprimento da parte aérea na ordem de 18% no tratamento intermediário (75 mM de NaCl) e de forma mais drástica, na ordem de 32% no tratamento severo (100 mM de NaCl) quando comparados as plântulas isentas de sal (Tabela 3). Diferentemente, as plântulas do tratamento moderado (50 mM de NaCl) não apresentaram diferenças estatísticas em relação às plântulas controle.

Lima Junior e Silva (2010), enfatizam que a salinidade ocasiona efeitos negativos ao crescimento e rendimento das espécies vegetais, e em situações extremas, pode ocasionar a morte da cultura. Lopes e Klar (2009), incrementam que esta redução no crescimento pode estar vinculada ao gasto energético envolvido na síntese de compostos osmorreguladores, estes compostos irão ser compartimentados na célula favorecendo a regulação do transporte íons. A elevação da salinidade alterou significativamente o comprimento da raiz em todos os tratamentos salinos, com menor comprimento radicular para o maior nível de estresse, com reduções de 9%, 24% e 34% nos tratamentos 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, em relação as plântulas que não receberam adição de sal (Tabela 3).

Tabela 3. Biometria e produção de matéria seca das plântulas de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Tratamentos (NaCl)		Variáveis					
		Comprimento (cm)			Peso da Matéria (g)		
		Parte Aérea	Raiz	Total	Fresca Total	Seca Folha	Seca Raiz
0 mM	Média	6,48a	5,88a	12,36a	1,25 a	1,58 b	0,17 a
	Desv. Pad.	±0,88	±1,28	±1,69	±0,23	±0,04	±0,009
50 mM	Média	6,09a	5,31b	11,4 a	1,13 a	1,88 a	0,19 a
	Desv. Pad.	±1,46	±1,26	±2,45	±0,37	±0,06	±0,02
75 mM	Média	5,31b	4,45c	9,76 b	0,84 b	1,25 c	0,22 a
	Desv. Pad.	±1,59	±1,28	±2,56	±0,41	±0,14	±0,01
100 mM	Média	4,39c	3,86d	8,26 c	0,55 c	0,92 d	0,18 a
	Desv. Pad.	±1,43	±1,3	±0,52	±0,3	±0,15	±0,02

Em estudos conduzidos por Brito et al. (2015), em *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), sob influência do NaCl, observaram reduções de 9% no comprimento da parte aérea e 13% no comprimento da zona radicular das plântulas irrigados com água de

condutividade elétrica de até $4,2 \text{ dS.m}^{-1}$ após 15 dias da semeadura em papel germitest acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD.

O comprimento total das plântulas foi afetado nos níveis mais elevados de salinidade, ou seja, nos tratamentos 75 e 100 mM de NaCl com reduções de 21 e 33% respectivamente, em relação às plântulas controle. Já o comprimento total das plântulas submetidas a 50 mM de NaCl não diferiu estatisticamente das plantas controle (Tabela 3).

Conforme Aragão et al. (2009), todos os estádios de crescimento das plantas podem ser afetados pela salinidade, entretanto a maioria das cultivares são mais sensíveis à salinidade durante a emergência das plântulas. Possivelmente este comportamento surge em decorrência de os sais ao entrarem em contato com a membrana da célula, ocasionar desbalanço na permeabilidade e transporte de solutos, que são as principais funções das membranas celulares.

Analisando, ainda, as médias da Tabela 2 referentes ao peso da matéria fresca total, verifica-se que a concentração salina de 75 e 100 mM de NaCl ocasionou reduções nas plântulas de 32,8 e 56%, respectivamente, em comparação as plântulas isentas de salinidade.

Similarmente, Andreo-Souza et al. (2010), estudando o estresse salino em mudas de pinhão manso reportaram que as plantas irrigadas com água salina de condutividade elétrica de até 6 dS m^{-1} aos 21 dias após semeadura, apresentaram redução na matéria fresca da parte aérea.

Os dados da matéria seca da folha apresentaram diferenças significativas. De forma geral, verifica-se quando comparado ao controle, um incremento de 18% na matéria seca da folha quando a cultura foi submetida a 50 mM de NaCl (Tabela 3). Inversamente a este resultado, reduções de 21 e 42% foram constatadas nesta mesma variável nas plântulas regadas com as concentrações salinas de 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, em relação as plântulas controle.

O resultado deste parâmetro contradiz outro obtido por Silva et al. (2012), que observaram que o aumento da salinidade não afetou a matéria seca da parte aérea do pinhão manso submetido aos níveis de condutividade elétrica entre 0,2 e $4,2 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto, uma ressalva deve ser feita, pois, observa-se que o valor máximo de condutividade elétrica utilizado neste estudo (equivalente a 12 ds m^{-1}) é bem superior a esta do referido autor. Segundo Santos et al. (2013), a avaliação do crescimento a partir do acúmulo da matéria seca quantificada ao longo do tempo é utilizada na estimativa de vários fatores fisiológicos envolvidos com o desempenho individual dos cultivares.

Já a despeito da variável matéria seca da raiz não ocorreu diferenças estatísticas entre as plântulas germinadas com adição e sem do NaCl. Cunha (2009), afirma que o estresse salino ocasionou reduções de 35 e 34% na matéria seca total das plantas de pinhão manso submetidas ao nível de salinidade de 60 e 90 mol⁻³ de NaCl, respectivamente ao comparar com as controles.

A salinidade é um dos principais estresses que afetam o crescimento das plantas. E o grau de tolerância a salinidade é dado pela capacidade dos vegetais de continuarem crescendo e mantendo o seu metabolismo inalterado (NASCIMENTO et al., 2012). No caso do pinhão manso observa-se de modo geral reduções no crescimento demonstrando com isso que a espécie seja sensível a salinidade na fase inicial de desenvolvimento.

5.1.5 Análises bioquímicas das plântulas

As concentrações de carboidratos na folha foram aumentadas em 35% nas plântulas submetidas à concentração de 75 mM de NaCl, porém reduzidas em 49% nas plântulas submetidas a concentração de 50 mM de NaCl, quando comparados com as plântulas controle (Figura 7A). Segundo Geigenberger et al. (1997), os carboidratos são aumentados possivelmente pelo fato de os amidos terem sua síntese inibida ou pela degradação do amido já existente resultando em açúcares solúveis.

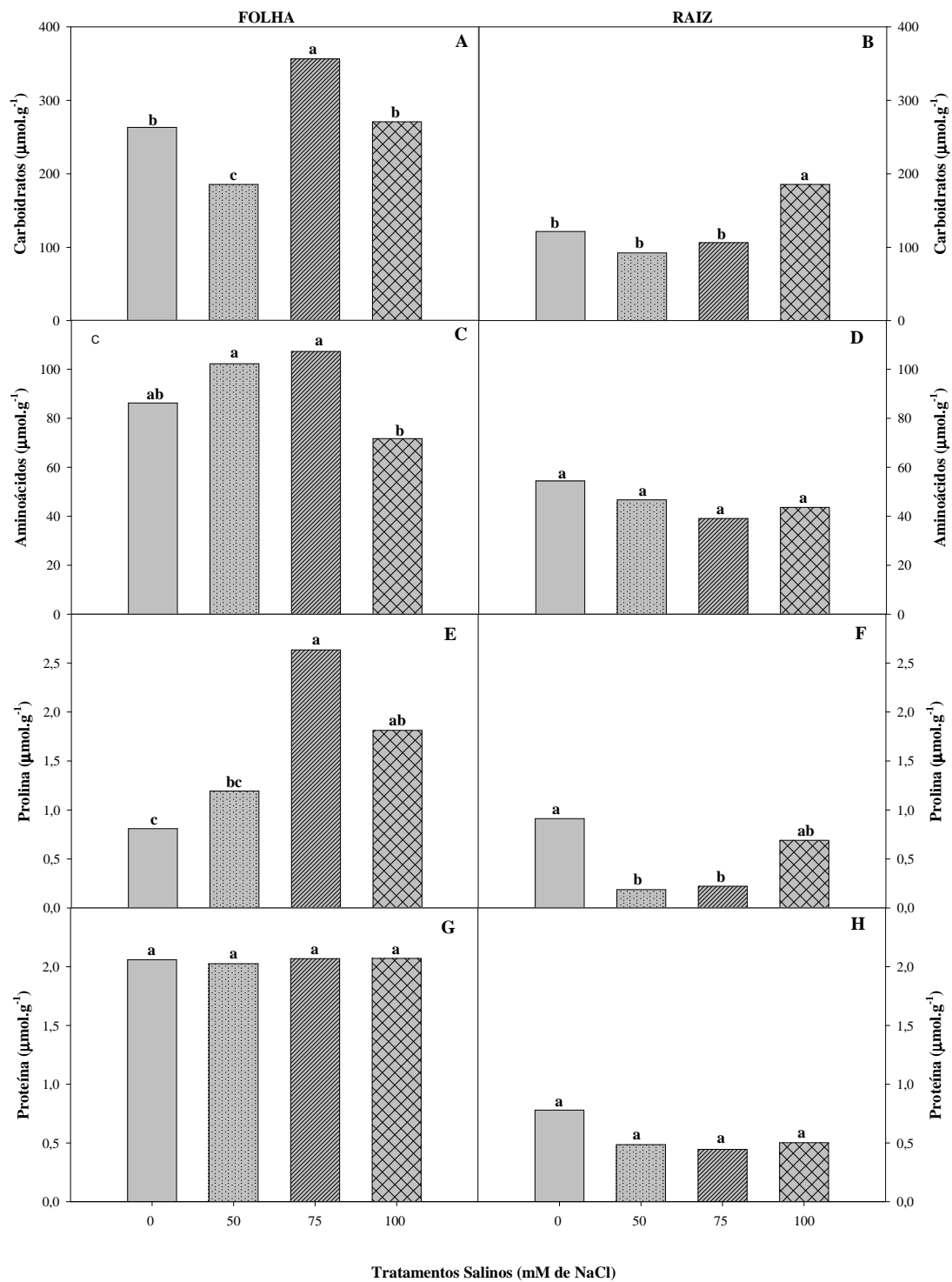


Figura 7 Concentração de solutos orgânicos em folha e raiz: teores de carboidratos livres totais (A-B), aminoácidos (C-D), prolina livre (E-F) e proteínas (G-H) em plântulas de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

O valor da concentração de carboidrato na raiz decresceu até o tratamento 75 mM de NaCl, aumentando apenas nas plântulas do tratamento 100 mM de NaCl, com incremento de

53% quando comparado ao controle (Figura 7 B). Diferentemente, não foram encontrados diferenças significativas nos açúcares solúveis na raiz de plantas de pinhão manso submetidos aos níveis de 0, 50 e 300 mM de NaCl verificados por Gimeno et al. (2011).

Já reduções nos teores de carboidratos em plantas regadas com água salina acima de 30 mol^{-3} de NaCl, foram justificados por Cunha et al., (2013) como sendo resultante da drenagem dos carboidratos para ativação e manutenção do metabolismo associado a adaptação a salinidade.

Em estudo com pinhão manso, verificou-se incrementos de 53 e 78% na concentração de carboidratos solúveis nas folhas das plantas irrigadas por 28 dias com 15 e 30 mol^{-3} de NaCl, respectivamente quando comparados ao controle, não sendo encontradas diferenças estatísticas para os demais tratamentos salinos 45, 60, 75 e 90 mol^{-3} de NaCl (Cunha et al., 2013).

As concentrações de aminoácidos nas folhas quando comparadas com as plântulas controle verifica-se que foram elevadas em 18% nas plântulas germinadas com adição de 50 mM de NaCl e 24% nas plântulas submetidas a 75 mM de NaCl, no entanto, decréscimos de 17% nas concentrações de aminoácidos foram registrados no tratamento 100 mM de NaCl. (Figura 7 C). Conforme Gilbert et al. (1998), o acúmulo de aminoácido em resposta a salinidade pode ser resultante da presença excessiva de nitrogênio, que possivelmente está retido devido a retardos no crescimento do vegetal.

Com relação às concentrações dos aminoácidos nas raízes, essas não diferiram estatisticamente com o incremento da salinidade, tendo apresentado o tratamento 0 mM de NaCl apresentado média de $54,52 \mu\text{mol.g}^{-1}$; o 50 mM de NaCl média de $46,72 \mu\text{mol.g}^{-1}$, o 75 mM de NaCl média de $39,12 \mu\text{mol.g}^{-1}$ e o 100 mM de NaCl média de $46,70 \mu\text{mol.g}^{-1}$ (Figura 7 D).

Semelhantemente ao presente estudo, Sousa et al. (2012), observaram acréscimos nos teores de aminoácidos na massa de matéria seca das folhas de plantas adultas de pinhão manso irrigada com água salinizada a $2,4 \text{ dS.m}^{-1}$ quando comparado ao controle e também quando comparado com as plantas submetidas a irrigação com água residuária de esgoto plena e a 50 % da capacidade de campo.

Acréscimos graduais no teor de prolina nas folhas ocorreram de modo geral com o aumento do estresse salino. Sendo as maiores médias registradas nas concentrações salinas de 75 e 100 mM de NaCl que apresentaram incremento de 326 e 223 %, respectivamente em relação a concentração de 0 mM de NaCl (Figura 7 E).

Em relação à prolina na raiz, foi evidenciado que o estresse salino ocasionou decréscimos acentuados no teor de prolina na ordem de 79% nas plântulas submetidas a 50 mM de NaCl e 76 % nas plântulas do tratamento de 75 mM de NaCl com relação ao controle (Figura 7 F).

Resultados convergentes foram relatados por Patel et al. (2010), trabalhando com mudas de pinhão manso durante nove meses em casa de vegetação submetidas aos níveis de condutividade elétricas de 0,3; 3,9; 6,0; 7,9 e 10 dS.m⁻¹ observou incrementos no teor de prolina nas folhas com o aumento da salinidade.

O papel deste soluto na osmorregulação e tolerância à salinidade é alvo de muitos questionamentos. Silveira et al. (2010), promovem uma abordagem acerca do papel da prolina, segundo estes autores algumas espécies vegetais em respostas ao estresse salino elevam a síntese de osmólitos compatíveis, entre eles destaca-se a prolina, como sendo um dos mais estudados e com potencial de trazer benefício para as plantas, uma vez que a principal função destes osmólitos seria o ajustamento osmótico, a proteção de estruturas subcelulares, bem como redução nos danos oxidativos que poderão acontecer em resposta a salinidade.

Entretanto, Silva et al. (2009) abordam que o pinhão manso se ajusta osmoticamente em presença de salinidade, basicamente pelo uso do sódio e do cloreto presentes na própria solução. E que em termos quantitativos a prolina não contribui de forma significativa na osmorregulação desta espécie, mesmo que seus teores tenham sido aumentados.

Campos et al. (2012), estudaram o pinhão manso sob condição de salinidade por 50 dias, verificaram incrementos de 32 e 21% nos teores de aminoácidos das plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 2,8 e 3,5 dS.m⁻¹ em relação às irrigadas com 0 dS.m⁻¹. Segundo os mesmos autores incrementos também foram observados para a variável prolina, que teve suas concentrações aumentadas em 39% nas plantas irrigadas com 2,8 dS.m⁻¹ e 40% nas planta irrigada com valores de condutividade elétrica de 3,5 dS.m⁻¹ em comparação ao controle.

Em relação às concentrações de proteínas nas folhas não foram observados diferenças estatísticas, apesar disso as médias foram de 2,05 μmol.g⁻¹ para o tratamento 0 mM de NaCl, 2,02 μmol.g⁻¹ para o 50 mM de NaCl, 2,06 μmol.g⁻¹ para o 75 mM de NaCl e 2,07 μmol.g⁻¹ para o tratamento 100 mM de NaCl (Figura 7 G). Estes resultados não estão enquadrados no que foi dito por Bezerra et al., (2002) pois segundo estes autores a síntese de proteínas está incluída entre os processos afetados pelo estresse salino.

Com relação às concentrações de proteínas nas raízes não foram observados diferenças estatísticas, apesar disso as maiores médias foram de $0,77 \mu\text{mol.g}^{-1}$ para o tratamento 0 mM de NaCl e de $0,44 \mu\text{mol.g}^{-1}$ para o tratamento 75 mM de NaCl (Figura 7 H). Diferentemente, Cunha et al., (2013) relataram incremento de 38% nas concentrações de proteínas solúveis totais nas plantas impostas a 30 mol.m^{-3} em relação as controles.

Verificou-se no presente estudo que de modo geral, os solutos orgânicos presentes nas folhas apresentaram concentrações mais elevadas que nas raízes. De acordo com Nogueira et al. (2001), dentre as diversas mudanças metabólicas induzidas em plantas quando submetidas a estresses abióticos, destaca-se uma marcada acumulação de uma mistura complexa de ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos, a qual tem sido denominada de ajustamento osmótico.

5.2 ENSAIO II - INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Jatropha curcas*

5.2.1 Biometria

Os níveis de salinidade afetaram significativamente de modo geral todas as variáveis relacionadas ao crescimento. Para a variável altura da planta, observa-se que esta foi afetada pelo estresse salino. Verifica-se que já a partir da 1ª semana de diferenciação, as plantas do tratamento 75 e 100 mM de NaCl tiveram suas alturas reduzidas em 8% e 9%, respectivamente, quando comparadas com as plantas controle. Ainda em relação a estes mesmos tratamentos, nota-se que na 2ª semana de diferenciação a redução intensifica-se situando-se na ordem de 19 e 19 %, respectivamente, perfazendo a mesma comparação (Figura 8 A).

Para a 3ª semana de diferenciação, observou-se diferenças estatísticas em todos os tratamentos salinos, com redução na altura das plantas de 8, 23 e 27% nos níveis de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em comparação ao controle. Em comparação com as plantas controle, na 4ª semana foram registrados reduções 23%, 25% e 22% e na 5ª semana de diferenciação foram notificadas reduções de 21%, 20%, e 19% nas alturas das plantas regadas e com concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente.

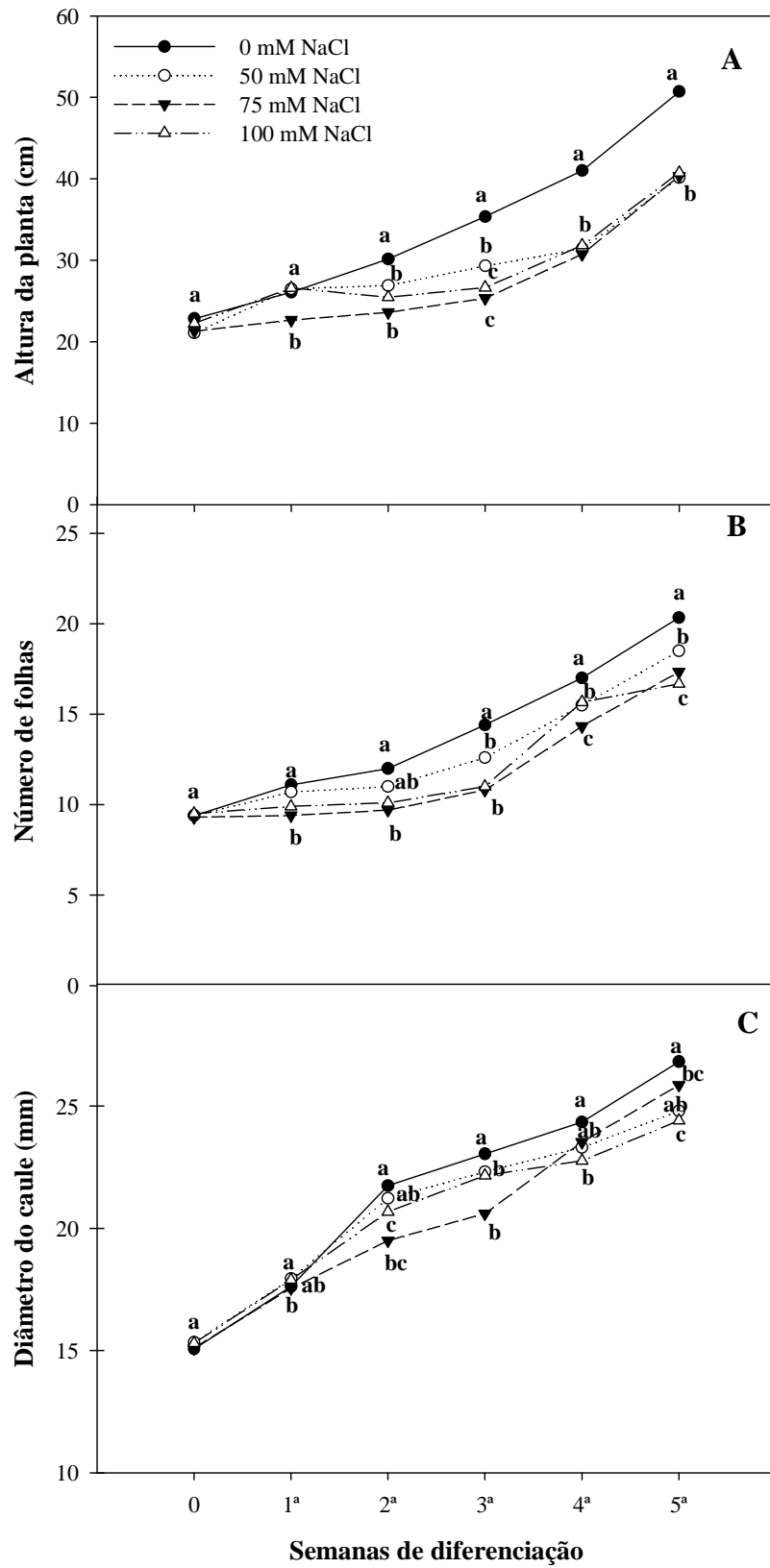


Figura 8 Crescimento de mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Altura da planta (A), número de folhas (B) e diâmetro do caule (C). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Estes resultados podem ser explicados, por que de acordo com Dias e Blanco (2010), nas plantas, a salinidade pode ocasionar dificuldade na absorção da água, toxidez pela presença de íons específicos e alterações fisiológicas pela ação invasiva dos sais no metabolismo fisiológico, resultando em restrições no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais.

Ainda conforme dados da (Figura 8 B), observa-se que o estresse salino reduziu a emissão de novas folhas. No qual observou-se que em relação as plantas controles, já no 1ª semana de diferenciação, verifica-se redução 6, 10 e 9% na emissão de folhas nas plantas submetidas a 50, 75 e 100 mM de NaCl, é visível que esse comportamento é mantido nos dias de avaliação subsequentes. A partir da 2ª semana de diferenciação reduções de 15 e 16% foram observadas nos tratamentos de 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente quando comparado ao controle.

Com relação a 3ª semana de diferenciação, foi constatado que o pinhão manso apresentou redução do número de folhas nos tratamentos salinos na ordem de 16 e 19 % no 75 e 100 mM de NaCl, quando comparados ao 0 mM de NaCl. Na 4ª semana de diferenciação dos tratamentos salinos, foram registrados reduções de 9%, 16% e 8% na emissão de novas folhas nas mudas impostas a 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em relação as plantas controles.

Semelhantemente, na 5ª semana de diferenciação foram verificados que o estresse salino ocasionou decréscimos percentuais de 9%, 15% e 18% no número de folhas das plantas submetidas as concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, quando comparados ao controle (Figura 8 B).

Segundo Oliveira et al., 2009 os efeitos mais comuns ocasionados pelos sais são expressos na avaliação do crescimento, em virtude da diminuição do potencial osmótico da solução do solo, resultando em menor absorção e disponibilidade hídrica, influenciando negativamente na divisão e alongamento celular. Sendo este comportamento também verificado por Cunha et al., (2013), que reportaram reduções no número de folhas de pinhão manso quando submetidos a partir da concentração salina de 30 mol^{-3} de NaCl durante 28 dias em casa de vegetação, sendo notificadas reduções de 35% nas plantas submetidas a concentração máxima de 90 mol^{-3} de NaCl.

Quanto ao diâmetro do caule, diferenças significativas foram observadas na 1ª semana exclusivamente no tratamento 100 mM de NaCl, no qual o estresse salino ocasionou reduções de 7% e na 2ª semana reduções de 5% foram na registradas para o tratamento 75 mM de NaCl. Já na 3ª semana foram notificadas reduções de 7 e 8% nas plantas do tratamento 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, em comparação com as plantas controles, não sendo

observadas diferenças significativas para os demais tratamentos salinos (Figura 8 C). Na 4ª semana foram registradas reduções de 6% no diâmetro do caule apenas das mudas impostas a concentração de 100 mM de NaCl, quando comparado ao controle. Diferentemente, na 5ª semana de diferenciação, a salinidade ocasionou reduções percentuais 9% no diâmetro caulinar das mudas do tratamento 100 mM de NaCl, quando comparada ao controle.

Diferentemente do presente estudo, Vera et al. (2011) constataram em plantas de pinhão manso acondicionadas em lisímetros por um período de 210 a 360 dias após transplante, que o diâmetro caulinar das plantas não são afetados pela salinidade da água de irrigação variando de 0,6 a 5,4 dS.m⁻¹.

Matos et al. (2013), estudando o desenvolvimento de mudas de pinhão manso irrigadas com água de condutividades elétricas de 0,5, 8, 16 e 24 dS.m⁻¹, verificaram após 50 dias de germinação reduções de 53 e 40 % na altura das plantas irrigadas com 16 e 24 dS.m⁻¹, respectivamente, quando comparado ao controle. Diferentemente, altura das plantas submetidas a 8 dS.m⁻¹ não foram observadas diferenças significativas fazendo-se a mesma comparação.

Segundo Oliveira et al. (2015), as folhas em comparação com as raízes, é o órgão mais afetado pelos íons Na⁺ e Cl⁻. Willadino e Camara (2010) acrescentam que isto acontece por que esses íons ao serem impulsionados pela corrente transpiratória acabam sendo acumulados nas folhas quando a água é transpirada. Silva et al., (2008) enfoca que as plantas quando submetidas ao estresse salino utilizam como alternativa a redução do número de folhas como estratégia para manutenção da absorção da água, em virtude de que, com menos folhas também haverá menor perda de água pela transpiração foliar.

Morales et al. (2001) afirmam que nem todas as partes da planta são afetadas pela salinidade de forma igualitária, fato este que ocorreu neste estudo, no qual foi observado que crescimento das plantas em altura e a emissão de folhas novas foram mais prejudicados, já nas primeiras semanas com o aumento da salinidade do que o diâmetro do caule, que apresentou reduções mais tardiamente apenas no tratamento 75 mM de NaCl nas duas últimas semanas de avaliação.

5.2.2 Produção de matéria seca e alocação de biomassa

Os níveis de salinidade afetaram significativamente de modo geral todas as variáveis relacionadas à produção de matéria seca nas diversas partes das plantas. Para a variável matéria seca das folhas após 15 dias de imposição a salinidade, verifica-se que o estresse salino ocasionou redução de 31 e 45% nos tratamentos de 50 e 75 mM de NaCl, respectivamente, para esta variável e 58% no tratamento de 100 mM de NaCl quando comparadas com as controles. Já após 30 dias, em relação às plantas controles, a produção de matéria seca nas folhas foi reduzida em 18%, 30% e 30% nos tratamentos 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente (Figura 9A).

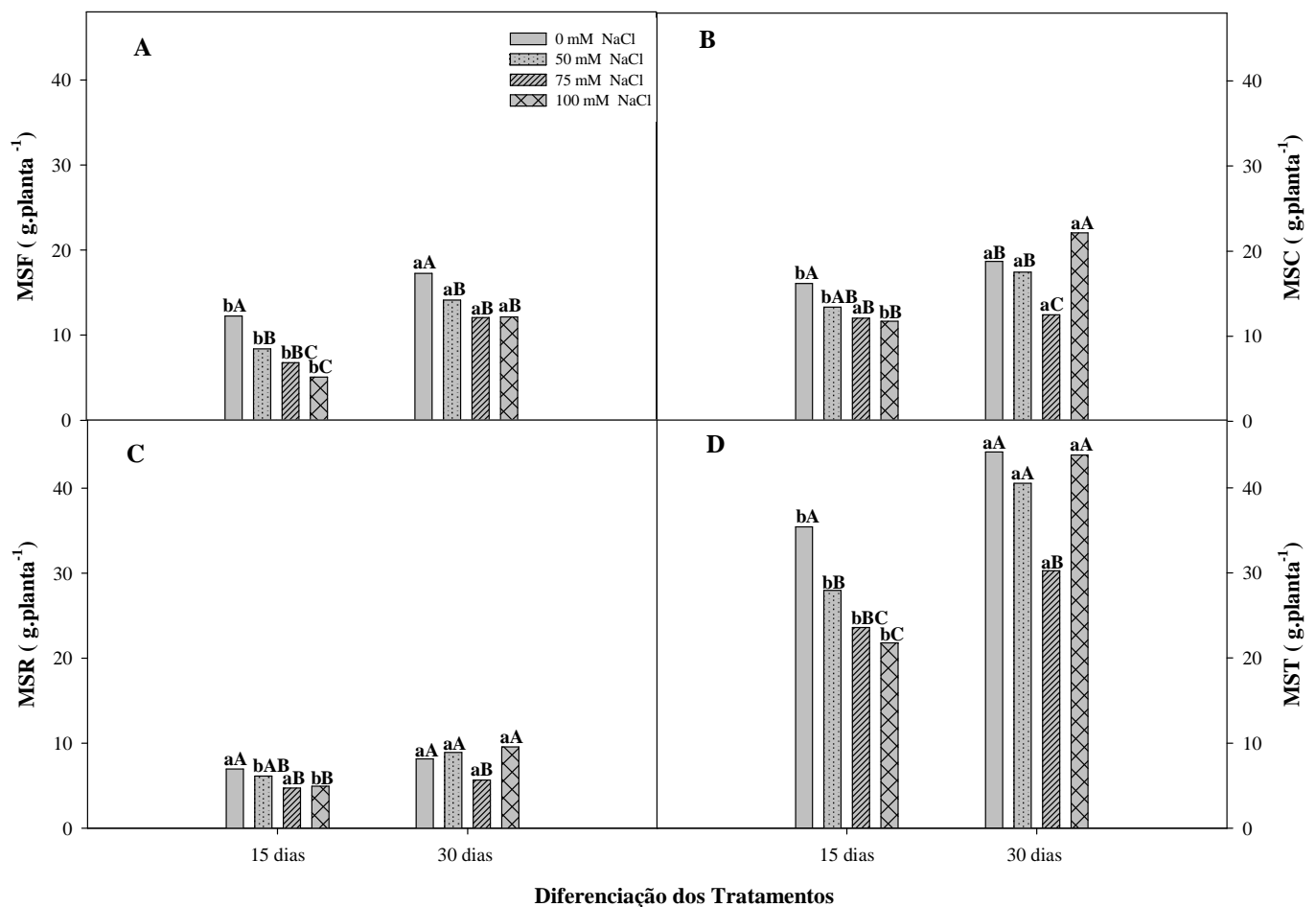


Figura 9. Matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Ainda para esta mesma variável, observa-se que diferenças estatísticas foram constatadas entre as coletas, após 30 dias foram constatadas as maiores médias em todos os tratamentos, estudados em relação a 15 dias. Foram evidenciados aumentos gradativos na produção de matéria seca das folhas com a elevação da salinidade, sendo na ordem de 41, 68, 79 e 139% para os níveis de salinidade de 0, 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente (Figura 9A).

De acordo com Ferreira et al., (2001) reduções na parte aérea em comparação com as raízes são mais acentuadas em virtude da maior sensibilidade das folhas a salinidade. Nesse sentido Willadino e Câmara (2010) reforçam que esta sensibilidade das folhas em relação às raízes diz respeito ao acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- nesse órgão ao serem canalizados pela corrente transpiratória via xilema.

Para a variável matéria seca do caule após 15 dias de imposição a salinidade, verificou-se que o estresse salino ocasionou redução de 25% e de 27% nos tratamentos de 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente quando comparados ao controle, não sendo identificadas diferenças estatísticas para as plantas do tratamento 50 mM de NaCl (Figura 9 B).

Já após 30 dias, ao se estabelecer uma comparação com as plantas controles, verifica-se que a salinidade reduziu em 33% a matéria seca do caule das plantas submetidas ao nível de salinidade de 75 mM de NaCl, e aumentou em 17% nas plantas impostas a 100 mM de NaCl, diferentemente, o nível de salinidade de 50 mM de NaCl não apresentou diferenças estatísticas. Entre as coletas, similarmente a matéria seca das folhas, observa-se que a matéria seca do caule apresentou as maiores médias após 30 dias, sendo notificado aumento de 16, 30 e 88 % nos tratamentos 0, 50 e 100 mM de NaCl, respectivamente, não havendo diferenças estatísticas no tratamento 75 mM de NaCl (Figura 9 B).

Resultados convergentes foram reportados por Lima et al., (2011) estudando a influência do estresse salino e da adubação nitrogenada no crescimento inicial da mamoneira aos 35 dias após o semeio observaram decréscimos de 9,93% da fitomassa seca da parte aérea por aumento unitário da condutividade elétrica.

Em relação a produção de matéria seca na raiz, após 15 dias quando comparadas as controles, verificou-se que o estresse salino ocasionou redução de 32% nas plantas impostas ao nível de 75 mM de NaCl e redução de 29% nas plantas do tratamento 100 mM de NaCl. Diferentemente, as plantas submetidas a 50 Mm de NaCl não apresentaram diferenças estatísticas (Figura 9 C). Após 30 dias observa-se que a matéria seca da raiz foi reduzida em 30% apenas no tratamento 75 mM de NaCl em relação as controles, não havendo diferenças estatísticas nos demais tratamentos avaliados.

Entre as coletas constatou-se que aos 30 dias em relação a 15 dias um aumento percentual de 45% na matéria seca da raiz das plantas impostas a 50 mM de NaCl e um aumento consideravelmente expressivo de 94% no tratamento 100 mM de NaCl, não havendo diferenças estatísticas nos tratamentos 0 e 75 mM de NaCl (Figura 9 C).

Conforme Freire et al., (2010) a salinidade promove mudanças morfofisiológicas nas raízes, influenciando na captação da água e dos íons. Dessa forma, as raízes ao crescerem em meio salino todas as demais partes da planta podem ser afetadas. Sá et al., (2013) acrescenta que a redução na fitomassa da raiz em função da salinidade pode ter surgido como uma estratégia de defesa da planta, afim de reduzir a incorporação dos íons tóxicos, possibilitando que a planta resista a salinidade por mais tempo.

Trabalhando com mamoneiras irrigadas com água salina em diferentes volumes de substrato Silva et al., (2011) verificaram reduções de 52% e 60% no peso da massa seca das raízes das plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 4,5 e 5,5 dS m⁻¹, respectivamente quando comparadas com as irrigadas com 0,5 dS m⁻¹.

Para a variável matéria seca total, observa-se após 15 dias que a salinidade provocou reduções na ordem de 21, 33 e 38% nas plantas submetidas as concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em comparação com o tratamento 0 mM de NaCl. Já após 30 dias notificou-se que o estresse salino ocasionou decréscimos de 31% apenas nas plantas do tratamento 75 mM de NaCl, em comparação com as controles. Não havendo diferenças estatísticas nos tratamentos 50 e 100 mM de NaCl (Figura 9 D).

Já entre coletas, diferenças estatísticas foram verificadas para todos os tratamentos estudados, sendo constatado após 30 dias em relação a 15, aumento de 25% para o tratamento isento de sal, 45% para o tratamento 50 mM de NaCl, 28% para o tratamento 75 mM de NaCl e 101% para o tratamento 100 mM de NaCl (Figura 9 D). Sobre este comportamento Cruz et al., (2003) abordam que um dos principais efeitos em plantas sob estresse salino é a redução na produção de matéria seca total.

Resultados convergentes com a presente pesquisa foram reportados por Silva et al., (2009) trabalhando com pinhão manso em casa de vegetação após 15 dias de imposição a salinidade verificou que a salinidade ocasionou redução de aproximadamente 25% na matéria seca total das plantas impostas a 25 mM de NaCl quando comparadas ao 0 mM de NaCl.

Para a alocação de biomassa de folha após 15 e 30 dias de imposição a salinidade, verificou-se que diferenças estatísticas foram constatadas apenas para as plantas do tratamento 100 mM de NaCl que tiveram reduções percentuais nesta variável de 32% após 15 dias e de 29% após 30 dias, quando comparados com o controle. Os tratamentos 50 e 75 mM de NaCl

na apresentaram diferenças estatísticas (Figura 10 A e B). Aragão et al., (2009) ressalta que a produção de biomassa dos vegetais é dependente do acúmulo de compostos de carbono provenientes do processo fotossintético, que por sua vez está correlacionado com a taxa assimilatória líquida e aumento de área foliar.

Diferentemente do presente estudo, Silva et al., (2013) trabalhando com mamoneira em função da salinidade constatou um incremento de 4,54% na alocação de fitomassa da folha das plantas impostas a água de condutividade elétrica de 3,9 dS.m⁻¹ em relação as impostas as 0,3 dS.m⁻¹.

No que se refere a alocação de biomassa do caule após 15 dias de imposição dos tratamentos salinos, apenas as mudas do tratamento 100 mM de NaCl apresentaram acréscimos de 18% em comparação as mudas do tratamento controle. Os demais tratamentos não tiveram diferenças estatísticas (Figura 10 A e B). Já após 30 dias, não foram observadas diferenças significativas para os tratamentos estudados.

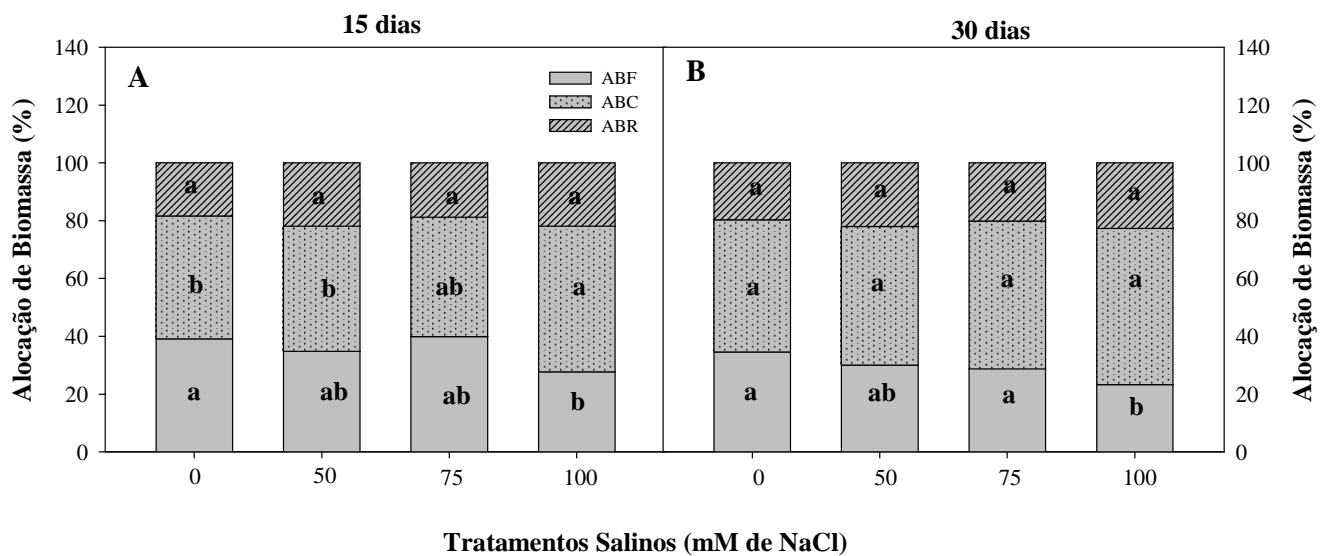


Figura 10 Alocação de biomassa da folha, caule e raiz em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Conforme Munns (2002) decréscimos na alocação de fitomassa são ocasionados pela diminuição da fotossíntese, bem como do redirecionamento da energia que seria utilizada para o crescimento, para outras atividades metabólicas relacionadas com a adaptação a salinidade, como por exemplo, a manutenção da estabilidade das membranas, produção de solutos orgânicos e controle no transporte e distribuição dos íons.

Para a variável alocação de biomassa da raiz, após 15 e 30 dias também não foram constatadas diferenças estatísticas nos tratamentos estudados (Figura 10 A e B). Seria esperado neste estudo que houve aumento para esta variável, já que de acordo com Bezerra neto e Nogueira (1999) um dos mecanismos de tolerância a salinidade em plantas seria o investimento elevado na alocação de biomassa do sistema radicular com a finalidade de ampliar sua capacidade de absorver os nutrientes presentes no solo.

Resultados divergentes foram reportados por Silva et al., (2013) em plantas de mamoneira irrigadas com água de condutividade elétrica de $3,9 \text{ dS.m}^{-1}$ tiveram decréscimos de 10,38% na alocação de fitomassa do caule quando comparadas com as irrigadas com $0,3 \text{ dS.m}^{-1}$. Os mesmos autores ainda registraram declínios percentuais de 7% na alocação da fitomassa radicular das plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de $3,9 \text{ dS.m}^{-1}$ em relação as irrigadas com $0,3 \text{ dS.m}^{-1}$.

Para a variável relação raiz/parte aérea após 15 e 30 dias de imposição a salinidade não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (Figura 11), o que implica em dizer que a distribuição dos assimilados foi realizada de forma equivalente entre a parte aérea e a raiz (CRUZ et al., 2006). Ferreira et al., (2001) reforçam que aumento na relação raiz parte aérea pode surgir como uma resposta estratégica do sistema radicular com a finalidade de minimizar os efeitos prejudiciais da salinidade ampliando a área de exploração da água e dos nutrientes.

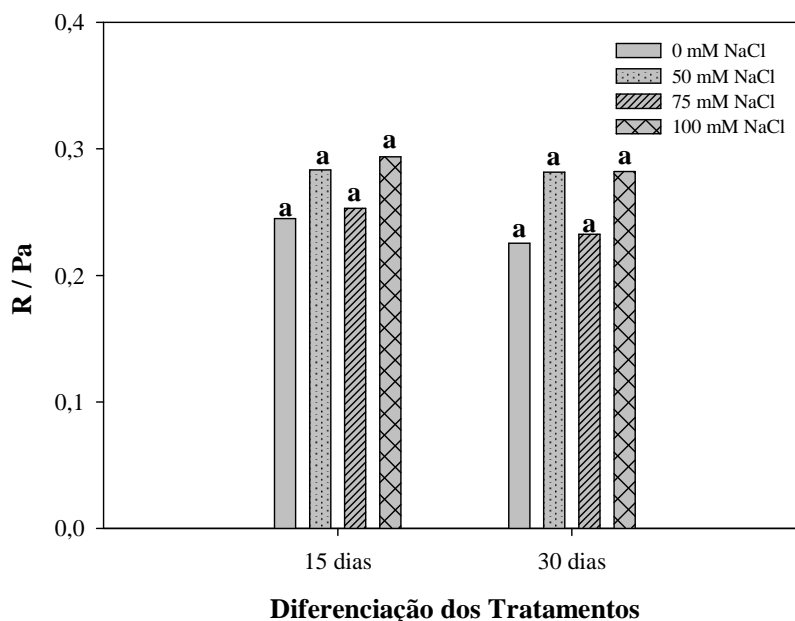


Figura 11 Valores médios da relação raiz/ parte aérea (R/Pa) de mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Diferentemente dos dados obtidos neste trabalho Soares et al., (2013) avaliando o estresse salino em plantas de mamoneira registrou aumento na relação raiz/parte aérea no nível máximo de salinidade estudado ($3,9 \text{ dSm}^{-1}$). Ainda segundo estes mesmos autores esta avaliação permite verificar o nível de contribuição das reservas depositadas nas raízes no beneficiamento do desenvolvimento da parte aérea.

5.2.3 Trocas gasosas

De modo geral, observou-se que o estresse salino afetou todas as variáveis relacionadas as trocas gasosas. Para a variável fotossíntese após 15 dias de imposição a salinidade, diferenças significativas foram constatadas em todos os tratamentos salinos, em que a salinidade ocasionou decréscimos de 24, 83 e 91 % nas plantas impostas aos níveis de salinidade de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, quando comparadas com as plantas controles (Figura 12 A).

Similarmente, após 30 dias de imposição a salinidade constatou-se reduções na taxa da fotossíntese líquida de 37, 38 e 90% nas mudas regadas com solução salina nas concentrações de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, comparando com as plantas isentas de NaCl. Na comparação entre as coletas, observou-se que na após 30 dias de imposição a salinidade em relação 15 dias, o tratamento 50 mM de NaCl apresentou redução de 13% na taxa fotossintética, enquanto que o tratamento 75 mM de NaCl apresentou aumento de 278%, já no tratamento 100 mM de NaCl não houve diferenças estatísticas (Figura 12 A).

Segundo Vidal et al., (2000) a salinidade ocasiona diminuição na permeabilidade do sistema radicular para a água, este comportamento ocasiona o fechamento estomático, com conseqüente redução na taxa fotossintética. Silva et al., (2002) reportam que decréscimos na taxa fotossintética possivelmente pode está correlacionada não só a diminuições na disponibilidade do CO_2 no mesofilo foliar, mais também a limitações no aparato enzimático responsável pela captação do CO_2 .

Soares et al., (2013) avaliando plantas de mamoneira sob condição de salinidade após 67 dias após a semeadura, verificou que a taxa de fotossíntese líquida foi reduzida de $20,41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas plantas impostas a irrigação de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ para $18,87 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas plantas sob irrigação com água de condutividade elétrica de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

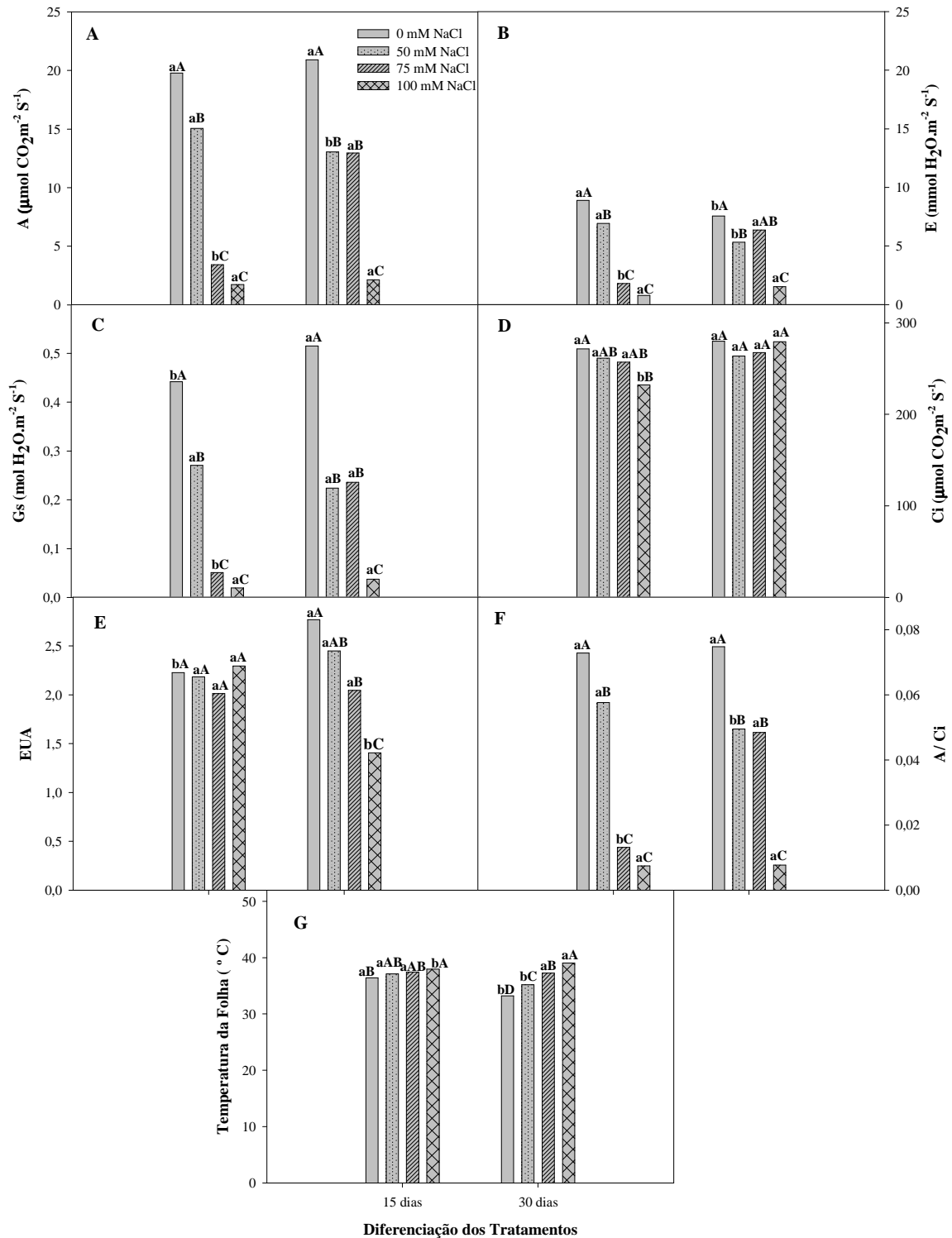


Figura 12 Trocas gasosas em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias.

A – Fotossíntese, **B** – Transpiração, **C** – Condutância estomática, **D** – Concentração interna de CO₂, **E** – Eficiência do uso da água, **F** – Eficiência de carboxilação e **H** – Temperatura da folha. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Para a variável transpiração após 15 dias de imposição a salinidade, observou-se que o estresse salino ocasionou reduções de 22, 79 e 91% nas plantas submetidas aos tratamentos de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, em relação as controles (Figura 12 B). Já após 30 dias de imposição a salinidade, reduções de 29% na taxa transpiratória foram registradas para as mudas condicionadas ao tratamento 50 mM de NaCl e de 80% nas mudas do tratamento 100 mM de NaCl, quando comparadas com as plantas controles.

Entre as coletas, verificou-se que após 30 dias de imposição a salinidade, as plantas expostas a concentração de 50 mM de NaCl decresceram sua taxa transpiratória em 23%, diferentemente, aumentos significativos na ordem de 253% nos valores médios de transpiração foram verificadas nas plantas impostas a 75 mM de NaCl, ambas em comparação as mudas isentas de sal; Já no tratamento 100 mM de NaCl não houve diferenças estatísticas.

Conforme Silva et al., (2013) várias espécies vegetais condicionadas a salinidade apresentam reduções na taxa transpiratória em virtude dos efeitos estomáticos. Pimentel (2004), salienta que nos vegetais a transpiração proporciona efeitos benéficos por intermédio do resfriamento da folha, por ocasião do elevado calor de vaporização da água, agilidade na ascensão da seiva pelo xilema e maior absorção dos minerais. Entretanto, a transpiração também tem os efeitos nocivos que podem ser decorrentes da desidratação dos tecidos e conseqüente morte, em outras palavras, com a abertura estomática para captação do CO₂, a água de forma inevitável é perdida.

Sousa et al., (2012) também reportaram reduções na taxa transpiratória com o aumento da salinidade em plantas de pinhão manso cultivadas em casa de vegetação, sendo registrados decréscimos de 70,41% nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 3,0 dS.m⁻¹ em relação as irrigadas com 0,6 dS.m⁻¹.

Em relação à avaliação da condutância estomática após 15 dias de imposição a salinidade, foram notificadas que a elevação na salinidade proporcionou reduções drásticas de 38, 88 e 97% e nesta variável, e após 30 dias de imposição a salinidade este comportamento foi repetido, com reduções de 57, 55 e 94% nas mudas dos tratamentos 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em comparação com as controles (Figura 12 C). Já entre as coletas, foram constatadas que após 30 dias em comparação com a 15 dias, aumento de 16 e 360 % na condutância estomática dos tratamentos 0 e 75 mM de NaCl, respectivamente, em comparação com as mudas isentas de sal.

Decréscimos nas taxas de fotossíntese, transpiração e na condutância estomática em plantas submetidas a salinidade segundo Furtado et al., (2012) na maioria das vezes são resultantes da diminuição da aquisição de CO₂ em decorrência do fechamento dos estômatos.

Conforme Pimentel (2004) os estômatos são sensíveis as variações ambientais como intensidade e qualidade da luz, concentração de CO₂, umidade do ar, temperaturas ambientais, ventos e nutrição mineral. O mesmo autor acrescenta que além dos fatores externos ou ambientais que influenciam no processo de abertura e fechamento dos estômatos também se tem os fatores internos ou biológicos tais como status hídrico e energético da folha, concentração de CO₂ na folha, que modulam o crescimento da planta naquele local.

Em estudos com pinhão manso sob condição de estresse salino Folha (2013) também constou reduções percentuais de aproximadamente 94% e 97% na condutância estomática das plantas impostas a 200 mM de NaCl após 2 e 72 horas de imposição a salinidade quando comparadas com as 0 mM de NaCl.

Para a variável concentração interna de CO₂ após 15 dias de imposição da salinidade, diferenças estatísticas foram encontradas apenas para as mudas impostas a 100 mM de NaCl, que apresentou decréscimos de 14% nesta variável quando comparadas com as plantas controles. Não havendo diferenças para os demais tratamentos (Figura 12 D). Em relação a 30 dias, não foram verificadas diferenças estatísticas para nenhum dos tratamentos estudados. Já na comparação entre as coletas, apenas as plantas condicionadas a concentração de 100 mM de NaCl tiveram aumento percentual de 20% na concentração interna de CO₂ após 30 dias em relação a 15 dias.

Furtado et al., (2012) relataram que o estresse salino não afetou a concentração intercelular de CO₂ em plantas de melancia, e este comportamento foi atribuído a limitações não estomáticas, como por exemplo, possivelmente diminuição na atividade enzimática correlacionadas com a assimilação do CO₂, que estaria influenciando nos processos fisiológicos. Magalhães (2012) relatou que o estresse salino ocasionou reduções de 26% na concentração interna de CO₂ a medida que aumentava os níveis de salinidade da água de irrigação (1,2; 1,8; 2,4; 3,0 e 3,6 dS m⁻¹), sendo que o nível de condutividade elétrica de 1,2 dS m⁻¹ apresentou a maior concentração interna de CO₂ (265 μmol m⁻² s⁻¹).

Para a variável eficiência no uso da água após 15 dias de imposição a salinidade, não foram verificadas diferenças estatísticas nos tratamentos estudados (Figura 12 E). Após 30 dias de imposição a salinidade observa-se que a eficiência no uso da água foi reduzida em 26% nas plantas impostas a 75 mM de NaCl e 49% nas plantas expostas a 100 mM de NaCl quando comparadas com as plantas controles. Ao se estabelecer um comparativo entre as coletas, notifica-se que após 30 dias de imposição a salinidade houve um aumento de 24% na eficiência no uso da água nas plantas do tratamento 0 mM de NaCl, contrariamente reduções de 39% para esta mesma variável foram notificadas para o tratamento 100 mM de NaCl, em

relação as plantas controles, não sendo verificadas diferenças estatísticas nos tratamentos 50 e 75 mM de NaCl.

De acordo com Furtado et al., (2013) a redução na eficiência do uso da água em plantas impostas a salinidade foram decorrentes do decréscimo da taxa de assimilação de CO₂, taxa transpiratória e da condutância estomática. Pimentel (2004) enfatiza que a eficiência no uso da água é indicadora de adaptação a falta da água em plantas, e que esta variável é de suma importância para a sobrevivência dos vegetais em ambiente com restrição hídrica.

Magalhães (2012) também relatou reduções na eficiência instantânea no uso da água em plantas de pinhão manso submetidas a salinidade, a eficiência passou de 2,34 mol⁻¹ para 1,84 mol⁻¹ com redução de 21,36% nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 3,6 dS m⁻¹ em relação as irrigadas com 1,2 dS m⁻¹.

Com relação à eficiência de carboxilação, observou-se que houve redução de 20, 82 e 90% após 15 dias de imposição da salinidade e 34, 35 e 90% após 30 dias de imposição a salinidade nos tratamentos submetidos as concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em relação as plantas controles (Figura 12 F).

Já entre as coletas, diferenças estatísticas foram constatadas para os tratamentos 50 mM de NaCl que teve redução de 14% após 30 dias de imposição da salinidade em comparação com 15 dias e diferentemente, as plantas submetidas a 75 mM de NaCl aumentaram 269% após 30 dias. Similarmente ao presente estudo, Silva et al., (2011) observaram reduções na eficiência de carboxilação de plantas de pinhão manso submetidos ao nível de salinidade de 100 mmol L⁻¹ após 14 dias de imposição a salinidade.

Para o estudo da temperatura da folha após 15 dias de imposição da salinidade, constatou-se que apenas as mudas impostas a concentração máxima de 100 mM de NaCl tiveram sua temperatura foliar elevada em níveis percentuais de 4% quando comparados com as plantas isentas de sal. Em contraste, após 30 dias de imposição da salinidade verificou-se aumentos percentuais de 5, 12 e 17% nas temperaturas foliares dos tratamentos 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em relação as mudas impostas a 0 mM de NaCl.

Ao se estabelecer um comparativo entre as coletas, observou-se após 30 dias em relação a 15 dias, que os tratamentos 0 e 50 mM de NaCl diminuíram em 9 e 5% as temperaturas foliares, respectivamente em comparação com as controles, diferentemente, perfazendo a mesma comparação, observou-se após 30 dias aumento de 3% na temperatura da folha do tratamento 100 mM de NaCl. Já o tratamento 75 mM de NaCl não diferiu estatisticamente.

Resultados similares a presente pesquisa foram relatados por Sousa et al., (2012) trabalhando com pinhão manso em casa de vegetação submetidos as condutividades elétricas que variavam de 0,6 a 3,0 dS m⁻¹, registraram aumentos na temperatura da folha que variou de 30,83 a 32,03 ° C, um aumento percentual de 3,75%.

5.2.4 Potencial hídrico foliar

Para avaliação do potencial hídrico foliar (Ψ_f) após 15 e 30 dias de imposição a salinidade no horário da antemanhã (4 horas) não foram verificadas diferenças significativas nas mudas de pinhão manso submetidas ao estresse salino (Figura 13 A).

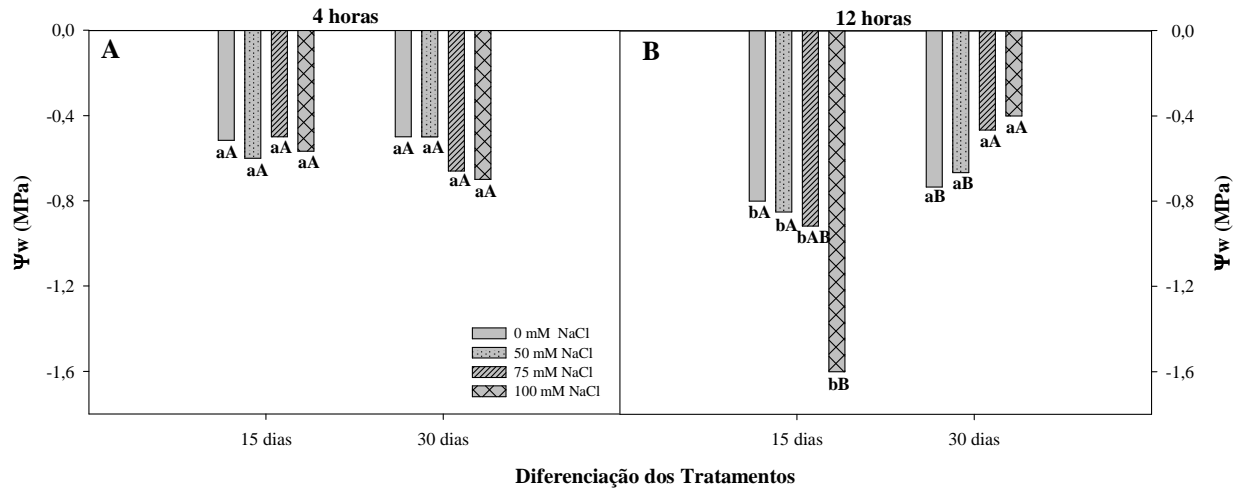


Figura 13 Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Avaliação realizada às 4h (A), e as 12 h (B). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Já para avaliação do Ψ_f após 15 dias no horário do meio dia (12 horas), horário considerado como o de maior demanda evaporativa devido às condições ambientais, ou seja, temperatura elevada e umidade baixa, verificou-se decréscimos de 24% nos valores de potencial apenas para as mudas submetidas ao nível de maior concentração salina (100 mM de NaCl), com um potencial hídrico foliar de -1,06 MPa, se comparadas ao tratamento controle que obteve média de -0,85 MPa. Para os tratamentos nas concentrações de 50 e 75 mM de NaCl não foram observadas diferenças significativas, apesar disso as médias foram de -0,85 e -0,91 MPa (Figura 13 B).

Ainda em relação a esta mesma variável após 30 dias, observa-se que diferentemente ao ocorrido aos 15 dias, aumento de 56 e 82% no potencial hídrico foliar foram notificados para as plantas submetidas aos tratamentos 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em comparação com as plantas controles.

Este comportamento pode ser compreendido, visto que as plantas impostas a 0 mM de NaCl apresentaram decréscimos nos valores do potencial hídrico na segunda avaliação, o que pode ser compreendido tendo em vista que as plantas impostas a 75 e 100 mM de NaCl em comparação com as controle, fecharam de imediato seus estômatos e reduziram a taxa transpiratória, buscando dessa forma a manutenção da turgescência foliar, o qual evitou reduções drásticas no potencial hídrico, mantendo seu status hídrico. De acordo com Nogueira e Albuquerque (2003), os vegetais em condições de salinidade tendem a fechar os estômatos mais cedo do que os que não estão expostos à salinidade.

De acordo com Moura (2010), em plantas sob condição adversa, a avaliação do potencial hídrico foliar no horário da antemanhã é de suma importância, uma vez que expressa o efeito dos tratamentos impostos, ou seja, a real situação das plantas, diferentemente do horário do meio dia em que há interferência dos fatores ambientais, com alta temperatura e baixa umidade relativa do ar.

Semelhantemente ao presente estudo, Gimeno et al., (2011) verificaram em plantas de *Jatropha curcas* submetidas as concentrações de 0, 150 e 300 mM de NaCl, com avaliações feitas após 1, 4, 7 e 10 dias de imposição a salinidade, que o potencial hídrico foliar no horário da antemanhã, manteve-se inalterado nas plantas submetidas a 300 mM de NaCl.

Amorim et al. (2010) argumentam que perturbações no metabolismo fisiológico e bioquímico dos vegetais ocasionados pela presença excessiva dos sais, surtem em distúrbios nas relações hídricas, além de alterações relacionadas a absorção e uso dos nutrientes essenciais, efeitos estes expressos pelo estresse osmótico nas plantas. Reduções de 72 % no potencial hídrico foliar em relação ao controle, foram relatados por Folha (2013), estudando plantas de pinhão manso submetidas a 200 mM de NaCl por 2 horas de exposição a salinidade. Diferentemente, após 72 horas de imposição a salinidade não foram verificadas diferenças significativas entre as plantas submetidas a 0 e 200 mM de NaCl.

Já Santana et al. (2015), registraram que para a avaliação do potencial hídrico foliar realizado no horário da antemanhã e ao meio dia não foram observadas diferenças estatísticas em três genótipos de pinhão manso submetidos ao estresse hídrico durante 66 dias.

5.2.5 Teor relativo de água

Semelhantemente ao ocorrido com o Ψ_f no horário da antemanhã, o estresse salino não influenciou no teor relativo de água (TRA) após 15 dias de imposição a salinidade, neste mesmo horário de avaliação. Apesar de não serem verificadas diferenças estatísticas as médias foram de 76, 73, 72 e 73 % para os tratamentos 0, 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente (Figura 14 A).

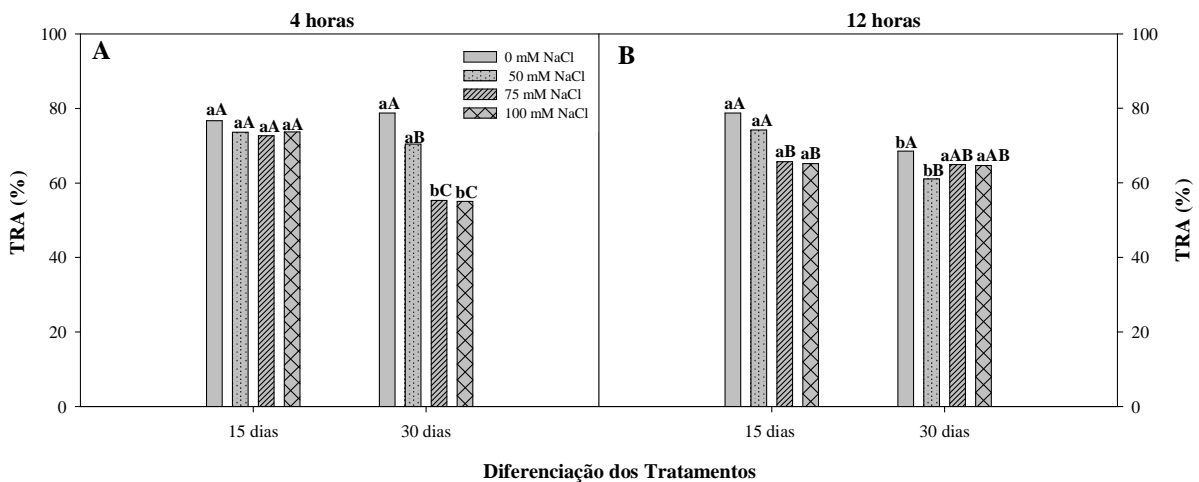


Figura 14 Teor Relativo de Água (TRA) de mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Avaliação realizada às 4h (A), e às 12h (B). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Já após 30 dias de imposição a salinidade e neste mesmo horário de avaliação, observa-se que o estresse salino ocasionou redução de 10, 29 e 30% nesta mesma variável nos tratamentos impostos as concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente em relação as controles. Ao fazer um comparativo entre as coletas, verifica-se as mudas impostas a salinidade de 75 e 100 mM de NaCl apresentaram após 30 dias de imposição a salinidade redução no TRA de 24 e 25%, respectivamente em relação ao tratamento 0 mM NaCl. Não havendo diferenças estatísticas para os demais tratamentos estudados.

Com relação ao TRA realizado ao meio dia após 15 dias de imposição a salinidade, verificou-se que apenas o tratamento 50 mM de NaCl obteve média semelhante ao tratamento controle, os demais tratamentos salinos de 75 mM e 100 mM de NaCl tiveram decréscimos de 16 e 17%, respectivamente, em comparação com as plantas controles (Figura 14 B).

Já para o TRA no horário do meio dia após 30 dias de imposição a salinidade, observa-se redução de 11% apenas nas plantas impostas a concentração salina de 50 mM de

NaCl em comparação ao tratamento isento de sal, diferentemente, para as mudas condicionadas as demais concentrações não foram verificadas diferenças estatísticas. Estabelecendo um comparativo entre as coletas neste mesmo horário de avaliação, notou-se decréscimos de 18% nas mudas impostas a 50 mM de NaCl, não havendo diferenças estatísticas para os tratamentos 75 e 100 mM de NaCl.

Repostas que convergem com este estudo foram observados por Matos et al., (2013), trabalhando com pinhão manso submetidos aos níveis de condutividade elétrica de 0,5; 8, 16 e 24 dS.m⁻¹ verificou as 50 dias após a germinação que o teor relativo de água não foi afetado pela salinidade, apresentando apenas uma variação mínima de 95 a 99% nestes níveis de salinização.

Conforme disposto por Brito et al., (2014) reduções na turgescência foliar podem estar relacionada à redução na disponibilidade de água ocasionado pelo aumento na concentração de sais. Já para Furtado et a. (2014), reduções no conteúdo de água seriam possivelmente reflexos do acúmulo de cloreto de sódio nas folhas das plantas cultivadas em ambientes salinos.

Díaz-López et al. (2012) obtiveram resultados que divergem com os resultados obtidos no TRA realizado às 12 horas. Estudando plantas de pinhão manso submetidas durante 40 dias as concentrações de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 mM de NaCl, não observaram diferenças significativas no teor relativo de água, que tiveram médias de 78,46%; 82,95%; 85,72%; 82,35%; 82,96%; 81,22%. Já em estudos realizados por Gimeno et al. (2011), com o pinhão manso verificou-se aumento no teor relativo de água das plantas irrigadas com 300 mM de NaCl durante 10 dias.

5.2.6 Pigmentos fotossintéticos

Para avaliação não destrutiva dos teores de clorofila utilizando o SPAD, verificou-se que após 15 dias de imposição a salinidade que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados. Diferentemente após 30 dias de imposição a salinidade, verificou-se que as concentrações salinas de 50, 75e 100 mM de NaCl ocasionaram decréscimos de 8, 13 e 12% no índice de clorofila, respectivamente em relação a concentração com ausência de NaCl (Figura 15). Na comparação entre as coletas, após 30 dias em comparação com a 15 dias, as mudas regadas com água de concentração salina de 50, 75e 100 mM de NaCl apresentaram decréscimos de 7, 8 e 8% no índice de clorofila respectivamente.

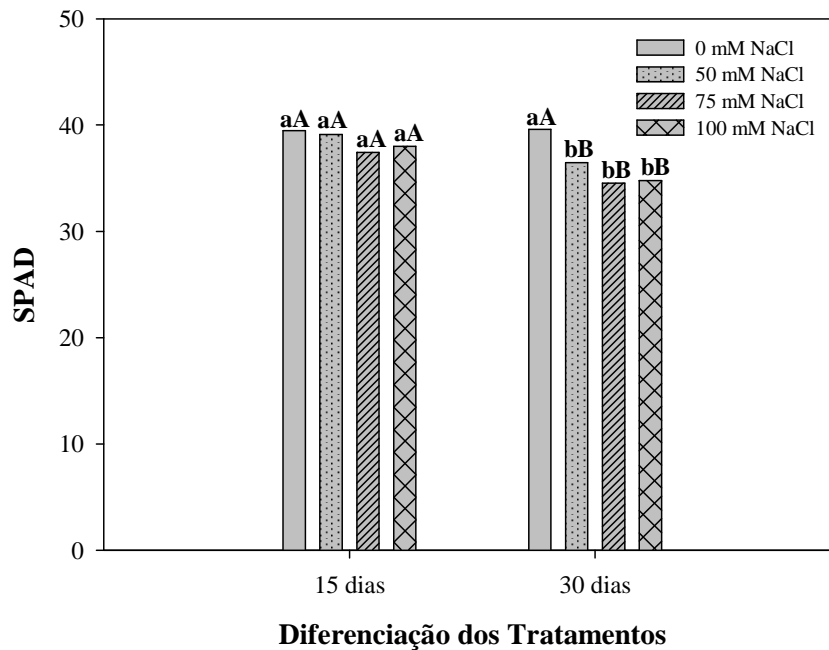


Figura 15 Índice de clorofila determinado por intermédio do clorofilômetro SPAD em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Segundo Gil et al. (2002) a análise da intensidade do verde utilizando o SPAD é uma das técnicas mais usadas recentemente e que tem como finalidade avaliar em tempo real a disponibilidade do nitrogênio na planta, dada a correlação que existe entre o teor de clorofila e a intensidade do verde. No caso deste trabalho, ocorreu a correlação entre o teor de clorofila e o índice de clorofila encontrado na planta.

Diferentemente dos resultados encontrados nesta pesquisa, Hishida et al. (2014), realizando um estudo comparativo das respostas fisiológicas frente a salinidade das *Jatropha curcas* e *Jatropha cinerea* submetidas as concentrações de 0, 50, 100 e 200 mM de NaCl avaliadas aos 28 dias após imposição a salinidade, constataram reduções no índice de clorofila de todos os tratamentos acrescidos de sal apenas da espécie *Jatropha curcas*, com reduções de 36% na plantas submetidas a 200 mM de NaCl em comparação ao ausente de salinidade, enquanto na *Jatropha cinerea* o índice de clorofila foi indiferente em todos os nível de salinidade impostos.

Para a variável clorofila *a* após 15 dias, foram constatados incrementos em sua concentração em função do aumento da salinidade, onde os tratamentos 50, 75 e 100 mM de NaCl tiveram acréscimos de 37, 27 e 33%, respectivamente em relação ao controle (Figura

16 A). Em contrapartida, após 30 dias, os teores de clorofila *a* foram reduzidos em 29, 29 e 33% nas mudas impostas as concentrações de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, em relação ao controle. Na comparação entre as coletas, observou-se aumento de 35% após 30 dias das plantas do tratamento 0 mM de NaCl, já nos tratamentos 50, 75 e 100 mM de NaCl tiveram redução nesta variável após 30 dias de 30, 24 e 32%, respectivamente.

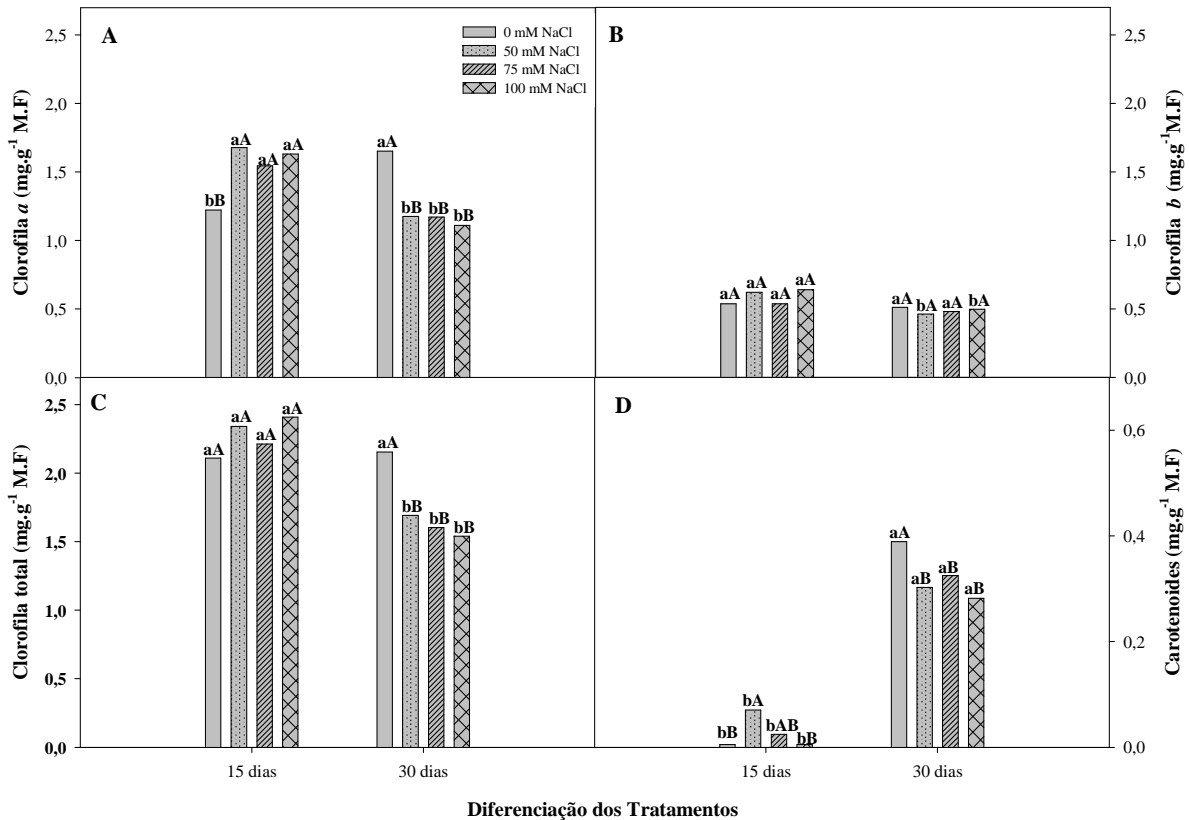


Figura 16 Concentração dos teores de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C) e carotenóides (D), em mudas de *Jatropha curcas* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

Os teores de clorofila *b* após 15 e 30 dias, não diferiram estatisticamente nos diferentes níveis de salinidade (Figura 16 B). Entre as coletas, constatou-se redução percentual de 26 e 23% para esta variável após 30 dias em comparação com 15 dias, nos níveis de salinidade de 50 e 100 mM de NaCl, respectivamente.

Para os teores de clorofila total após 15 dias não houve diferenças estatística em nenhum dos tratamentos estudados (Figura 16 C). Após 30 dias, os teores de clorofila total decresceu em 21, 25 e 28% nas mudas impostas a 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente,

em relação ao controle. Na comparação entre as coletas, após 30 dias esta variável foi reduzida em níveis percentuais de 28, 27 36% nos níveis salinos de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente.

Para avaliação dos teores de carotenóides após 15 dias, verificou-se uma elevação de 1183% nas mudas do submetidas a 50 mM de NaCl e redução nesta mesma variável de 91% nas mudas impostas a 100 mM de NaCl, ambas em relação as controles (Figura 16 D).

Em relação a 30 dias, os carotenóides decresceram na ordem de 21, 16 e 26% nas plantas com concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl. Já entre as coletas, após 30 dias em relação 15 dias foi maior em valores percentuais de 6976%, 328%, 1209%, 5538% nos tratamentos de 0, 50 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente. (Figura 16 D).

Resultados semelhantes ao presente estudo foram relatados por Folha, (2013), trabalhando com *Jatropha curcas* notificou que os teores de clorofila *a*, *b* e total não diferiram estatisticamente após 2 e 72 horas de exposição a 200 mM de NaCl. Segundo esta mesma autora, apenas os carotenoides após 2 horas de exposição à salinidade sofreram significativa redução em comparação ao controle, não havendo diferença significativa após 72 horas de imposição ao cloreto de sódio.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que possivelmente as clorofila *b*, total e carotenoides sejam mais tardiamente afetados pela salinidade. Diferentemente, da clorofila *a* que apresentou incremento significativo nas plantas submetidas ao estresse salino, como relatado anteriormente. O incremento nos teores de clorofila *a* em plantas de abacaxi ornamental submetidos à salinidade foi relatado por Mendes et al. (2011) que atribui este resultado como sendo fruto do aumento no número de cloroplastos ou de tilacóides como forma de garantir proteção ao aparato fotossintético de possíveis danos.

5.2.7 Análises bioquímicas

De modo geral, as variáveis relacionadas a produção dos solutos orgânicos em folhas e raízes foram afetadas pela salinidade. Para a avaliação dos carboidratos nas folhas após 15 dias, verificou-se que estes foram reduzidos em 50% nas plantas submetidas a concentração salina de 75 mM de NaCl e em 60% nas submetidas a 100 mM de NaCl, ambas em relação ao controle. Não sendo encontradas diferenças significativas para o tratamento 50 mM de NaCl (Figura 17 A).

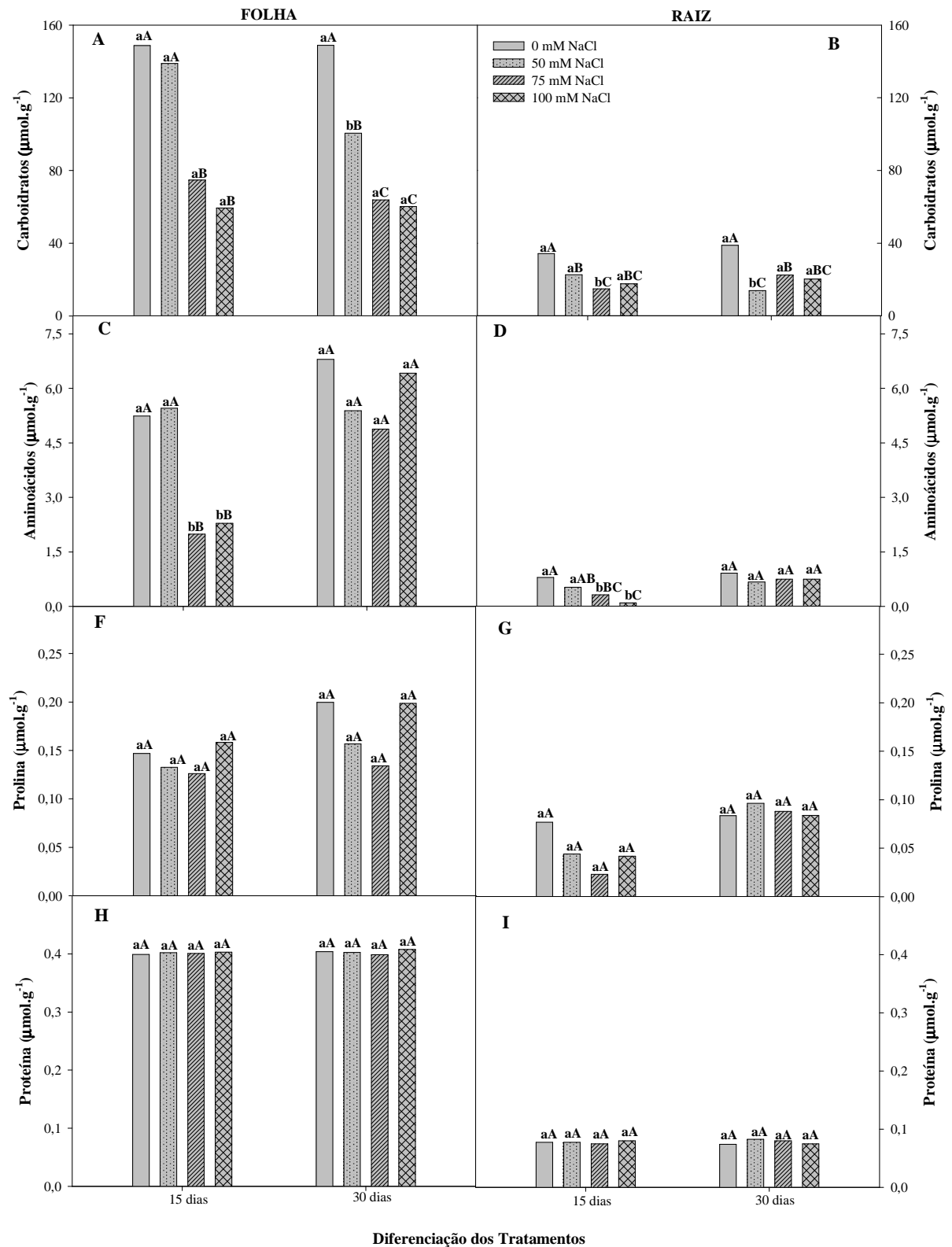


Figura 17 Concentração de solutos orgânicos em folha e raiz: teores de carboidratos livres totais (A-B), aminoácidos (C-D), prolina livre (F-G) e proteínas (H-I) em mudas de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes níveis de salinidade (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) por 15 e 30 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey

Em relação a 30 dias, a síntese de carboidratos nas folhas em relação as plantas controles decresceram em 32, 57 e 59% nas mudas impostas aos níveis de salinidade de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente. Já entre as coletas, após 30 dias esta variável foi reduzida em 28% apenas nas plantas do tratamento 50 mM de NaCl em relação a 15 dias. Para os demais tratamentos não foram encontradas diferenças estatísticas. Plantas impostas a salinidade apresentam diminuição nas concentrações dos açúcares solúveis em função da redução na fotossíntese ou ao aumento na taxa de distribuição via floema, para outras partes do vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Para a avaliação dos carboidratos na raiz após 15 dias, foram registradas reduções de 34, 57 e 49% e após 30 dias reduções de 64, 42 e 48% nas plantas impostas as concentrações salinas de 50, 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Na comparação entre as coletas, após 30 dias, o tratamento 50 mM de NaCl decresceu em 39% os carboidratos em relação a 15 dias, enquanto que as mudas do tratamento 75 mM de NaCl aumentaram em 52% esta mesma variável, perfazendo-se a mesma comparação (Figura 17 B).

Trabalhado com pinhão manso, Sousa et al., (2012) relataram resultados diferentes dos apresentados nesta pesquisa, pois verificou-se um aumento nos açúcares solúveis totais das plantas impostas ao nível de salinidade de $2,4 \text{ dSm}^{-1}$ quando comparadas com as controles.

Em relação as concentrações de aminoácidos nas folhas, após 15 dias, foram registradas decréscimos percentuais de 62 e 56% nas mudas impostas aos níveis de salinidade de 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente, quando comparadas com as mudas isentas de sal. Não foram encontradas diferenças estatísticas para as plantas impostas a 50 mM de NaCl. Diferentemente, após 30 dias não houve divergências estatísticas para nenhum dos tratamentos em estudos (Figura 17 C).

Entre as coletas, verificou-se aumentos na ordem de 145% e 181% na síntese dos aminoácidos foliares das mudas submetidas a 75 e 100 mM de NaCl, respectivamente. As reduções nas concentrações de carboidratos e aminoácidos após 15 e 30 dias, sugerem que possivelmente estes solutos orgânicos não tenham contribuído para o ajustamento osmótico nas plantas de pinhão manso submetidas ao estresse salino, já que de acordo com Giri (2011) o acúmulo desses dois solutos orgânicos estaria correlacionado com o ajustamento osmótico. Já Ferreira Silva et al., (2008) afirmam que os açúcares solúveis totais tiveram pouca participação na osmorregulação de plantas de cajueiro sob salinidade.

Em estudos realizados por Silva et al., (2009) com pinhão manso sob condição de salinidade observou que o conteúdo de aminoácidos livres totais permaneceu inalterado até o

nível de sal de 50 mM de NaCl, já nos níveis de 75 e 100 mM de NaCl apresentaram aumento significativo de 28 e 52%, respectivamente em relação ao controle.

Para as concentrações de aminoácidos nas raízes após 15 dias, constatou-se que o nível de salinidade de 75 e 100 mM de NaCl proporcionaram reduções de 61% e de 88%, respectivamente nesta variável. Já após 30 dias não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos impostos. No comparativo entre as coletas, após 30 dias em relação a 15 dias, observou-se que as plantas regadas com água com concentrações salinas de 75 e 100 mM de NaCl tiveram aumentos percentuais de 138% e 722% na concentração dos aminoácidos na raiz, respectivamente (Figura 17 D).

A avaliação da prolina nas folhas e nas raízes, após 15 e 30 dias não diferiram estatisticamente nem isoladamente entre os órgãos, nem entre as coletas, nem entre os tratamentos estudados (Figura 17 F e G). Semelhantemente, a concentração de proteína nas folhas e nas raízes, após 15 e 30 dias também não apresentaram divergências estatísticas nem entre os tratamentos e nem entre as coletas (Figura 17 H e I).

Segundo Gomes et al., (2012) a redução nas folhas e nas raízes dos açúcares solúveis totais, aminoácidos totais e proteínas foram atribuídas possivelmente ao consumo das próprias reservas das plantas de pinhão manso submetidas a salinidade. O que provavelmente também pode ter ocorrido nas mudas de pinhão manso em função da salinidade do presente estudo.

Silveira et al., (2010), reportam que a prolina tem papel essencial no ajustamento osmótico de plantas. Conforme Kavi Kishor et al., (2005) a prolina quando acumulada estaria correlacionada com o armazenamento de energia, bem como na reserva de carbono e nitrogênio. Blanco et al., (2008) acrescentam que o aumento da prolina é diretamente proporcional com o aumento da salinidade e do tempo de imposição a salinidade, e com este comportamento sugeriu-se então sua função protetora nas plantas condicionadas a salinidade. Contudo, as discussões promovidas por esses autores divergem dos resultados apresentados neste estudo, pois o aumento da prolina não ocorreu nas plantas de pinhão manso em função da salinidade.

Resultados divergentes foram reportados por Cunha et al., (2013) estudando o efeito da salinidade em plantas de pinhão manso verificou que em relação as plantas submetidas a 0 mol m⁻³ as plantas impostas a 60 e 90 mol m⁻³ tiveram aumentos percentuais de 18% e 16%, respectivamente nos teores de prolina. Os mesmos autores também observaram aumentos de 36% nos teores de proteínas nas plantas submetidas a 30 mol m⁻³, diferentemente das plantas impostas a 75 mol m⁻³ que apresentaram reduções de 4% nos teores de proteínas em relação as controles.

5.2.8 Ficha de descritores fisiológicos das respostas das mudas de pinhão manso submetidas a diferentes níveis salinidade

Parâmetros/Variáveis		Tratamentos salinos (mM de NaCl)					
		15 dias			30 dias		
		50	75	100	50	75	100
Crescimento	Alt						
	NF						
	Diam						
	MSF						
	MSC						
	MSR						
	MST						
	ABF						
	ABC						
	ABR						
	R/Pa						
Trocas gasosas	A						
	E						
	gs						
	Ci						
	EUA						
	A/Ci						
	Tf						
Relações hídricas	ψ_f 4 h						
	ψ_f 12 h						
	TRA 4h						
	TRA 12 h						
Pigmentos fotossintéticos	Clor a						
	Clor b						
	Clor total						
	carot						
	SPAD						
Solutos orgânicos	carboidrato (folha)						
	carboidrato (raiz)						
	aminoácido (folha)						
	aminoácido (raiz)						
	prolina (folha)						
	prolina (raiz)						
	proteína (folha)						
	proteína (raiz)						

Legenda:

	Sem alteração, em relação ao controle		Redução \leq 50 %, em relação ao controle
	Aumento, em relação ao controle		Redução \geq 51 %, em relação ao controle

6. CONCLUSÃO

Embora a porcentagem de germinação não seja afetada pela salinidade, constata-se uma redução no índice de velocidade de germinação com conseqüente aumento no tempo médio necessário para as sementes germinem. Os níveis crescentes de salinidade ocasionaram uma redução no crescimento inicial das plântulas. Folhas de plântulas de pinhão manso possuem os solutos orgânicos aumentados no nível de salinidade de 75 mM de NaCl. Já na raiz, os carboidratos solúveis totais e a prolina livre são reduzidos nos tratamentos de 50 e 75 mM de NaCl. A salinidade compromete o desempenho germinativo de sementes de pinhão manso.

De modo geral, para o ensaio II conclui-se que de forma geral, as variáveis relacionadas ao crescimento, apresentaram redução a partir do nível de 50 mM de NaCl após 15 e 30 dias de estresse salino. Em relação às trocas gasosas, o fechamento estomático foi constatado para este mesmo nível de salinidade, sendo mais acentuado nas mudas submetidas aos tratamentos de 75 e 100 mM de NaCl, a partir de 15 dias de estresse salino. Para as relações hídricas, verificam-se reduções no TRA com o aumento da salinidade nos dois horários de avaliação (4 e 12h).

Da mesma forma, após 30 dias de estresse salino, constatou-se reduções nos pigmentos fotossintéticos e no índice de clorofila em todos os tratamentos salinos avaliados. Com relação aos solutos orgânicos, os teores de carboidratos e aminoácidos nas folhas e raízes foram afetados pela salinidade principalmente nos níveis de 75 e 100 mM de NaCl, já a prolina não foi um indicativo de estresse para a espécie em estudo. Plantas de pinhão manso quando submetidas à salinidade de até 100 mM de NaCl tem seu desenvolvimento inicial comprometido, entretanto a referida espécie não paralisa seu crescimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S. da; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D. de; DANTAS, B. F.. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.
- ALMEIDA, W. F. Efeitos da salinidade sobre a germinação e o desenvolvimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Lavras: UFLA. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, 76p, 2009.
- ALMEIDA, W. S.; FERNANDES, F. R. B.; BERTINI, C. H. C. M.; PINHEIRO, M. S.; TEOFILO, E. M. Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão caupi sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1047–1054, 2012.
- ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Mecanismos fisiológicos envolvidos com a diminuição de K⁺ em raízes de cajueiro causada por NaCl. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 40, p.588-595, 2009.
- AMORIM, A. V.; FILHO, E. G.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.
- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B.; Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.161-169, 2009.
- ARAÚJO NETO, J. C. A., AGUIAR, I. B. & FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 2, p. 249-256, 2003.
- ARAÚJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO, E. F.; DONZELES, S. M. L.; COSTA, G.M. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Idesia**, v. 29, n 2, p. 79-86, 2011.
- ARAÚJO, M. L.; OLIVEIRA, S. S.; SOUZA, J. L. B.; ABREU, M. G. P.; FILHO, A. L. M. Avaliação do efeito do estresse salino sobre o desenvolvimento inicial da rúcula. **Revista Colloquium Agrariae**, v. 10, n.1, p.01-08, 2014.
- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.161-169, 2009.
- ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Revisão: Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como uma Alternativa para o Semi-Árido Nordeste. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

- ASSIS JÚNIOR, J. O. ; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão de corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.
- AZEVEDO NETO, A.D. de; PRISCO, J. T.; ENÉAS FILHO, J.; LACERDA, C. F. de; SILVA, J. V.; COSTA, P. H. A. da; GOMES FILHO, E. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.16, p.31-38, 2004.
- AZEVEDO NETO, A. D.; SACRAMENTO, B. L.; MOURA, S. C.; CRUZ, T. S.; RIBEIRO, M. O. V. A salinidade moderada não afeta o crescimento de salvinia. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte, 2014.
- BARRS, H. D. & P. E. WEATHERLEY.1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian journal of Biological Science**, v.15, p.413-428, 1962.
- BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H.A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.59-64, 2004.
- BARRETO, H. B. F.; FREITAS, R. M. O.; OLIVEIRA, L. A. A.; ARAÚJO, J. A. M.; COSTA, E. M. Efeito da irrigação com água salina na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia Benth*). **Revista Verde**, v.5, n.3, p. 125 – 130, 2010.
- BATES, L.S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.
- BEERS JUNIOR, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 195, p. 133-140, 1952.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988.42p.
- BERTAGNOLI, C. M.; CUNHA, C. S. M.; MENEZES, S. M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira Agrociência*, v.10, n. 3, p. 287-291, 2004.
- BETONI, R.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M. Salinidade e temperature na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* LAM.) (STERCULIACEAE). **Revista Árvore**, v.35, n.3, Edição Especial, p.605-616, 2011.
- BEZERRA, M. A.; SANTOS, F. J. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Fotossíntese de cajueiro anão precoce submetido ao estresse salino. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical*, 2002.
- BEZERRA NETO, E.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Estudo Comparativo do Crescimento de Plantas de Tomate e Milho sob Condições de Salinidade. **Revista Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, vol.42 n.4 1999.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; GHREYI, H. R.; FERNADES, P.D. Growth and yield of corn irrigated with saline water. **Revista Science Agronomy**, v.65, n.6, p.574-580, 2008.

BRADFORD, M. M. **A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.** Analytical Biochemistry, 1976, v. 72, p. 248-254.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; ALMEIDA, T. A. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. Submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.11, n.1, p.63-70, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/ CLAV, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções Para Análises de Sementes Florestais.** Brasília, 2013. 98p.

BRILHANTE, J. C. A. **Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no potencial osmótico de folhas de *Atriplex nummularia* submetidas ao NaCl, seca e PEG.** 2006. 195 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. J.; MELO, A. S.; FILHO, W. S. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 17 – 27, 2014.

BRITO, K. Q. D.; SOUZA, F. G.; JUNIOR, G. J. D.; BRITO, K. S. A. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento inicial da mamona ‘BRS energia. **Revista Verde**, v. 10, n. 4, p. 17 - 20, 2015.

BORGES, E. E. L. & RENA, A. B. Germinação de sementes. In Sementes florestais tropicais (I.B. Aguiar, F.C.M. Piña-Rodrigues & M.B. Figliolia, coords.). **Revista Abrates**, p.83-135, 1993.

CAMPOS, I. S.; ASSUNÇÃO, M. V. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Revista Pesquisa agropecuária Brasileira** v.25, n.6, p.837-843, 1990.

CAMPOS, M. L. O.; HSIE, B. S.; GRANJA, J. A. A.; CORREIA, R. M.; CORTEZ, J. S. A.; POMPELLI, M. F. Photosynthesis and antioxidant activity in *Jatropha curcas* L. under salt stress. **Brazilian Society of Plant Physiology** v. 24, n. 1, p. 55-67, 2012.

CARVALHO, C. M.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; LIMA JUNIOR, L. A.; VALNIR JUNIOR, M. Pinhão-manso: Crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.5, p.487–496, 2013

CATELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Bases para a padronização do teste de germinação em três espécies de *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 2, p.077-085, 2009.

CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; SENA, G. S. A.; NUNES, J. C. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino na formação de mudas de pinhão-manso. **Revista Irriga**, v. 16, n. 3, p. 288-300, 2011.

COELHO, A. M. Acesso em 28 de Outubro de 2015. Disponível em:
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30006/1/Eficiencia-agronomica.pdf>

COELHO, D. S. Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológicos de genótipos de sorgo forrageiro. Juazeiro: UNIVASF. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, 83p, 2010.

COSTA JÚNIOR, J. E. V. Crescimento, acúmulo de massa seca e de solutos orgânicos em plantas de faveleira (*cnidoscolus quercifolius* POHL ET BAILE) crescidas em solução salina. UFCG. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), 32f, 2011.

CUNHA, P. C. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de *Jatropha curcas* L. cultivadas sob estresse salino.** Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Botânica, 60p, 2009.

CUNHA, P. C.; MENDES, B. S. S.; FILHO, R. A. O.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de plântulas de pinhão-manso sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 46 – 52, 2013.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; DIAS, A. T.; PAES, R. A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro ‘cravo’ submetido a estresse salino. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 528-531, 2003.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, A. Q.; QUEIROZ, J. R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Bragantia**, v.65, n.2, p.275-284, 2006.

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. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados.** Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 9, p. 129-140.

DÍAZ-LÓPEZ, L.; GIMENO, V.; LIDÓN, V.; SIMÓN, I.; MARTINEZ, V.; SÁNCHEZ, F.G. The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: An ecophysiological analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 54, p. 34-42, 2012.

DICKMANN, L.; CARVALHO, M. A. C.; BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.3, p.64-75, 2005.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. **Colorimetric method for determination of sugars and related substances.** Analytical Chemistry, v. 28, p. 350-356, 1956.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MATOS, P. S.; OLIVEIRA, J. C.; SARMENTO, M. F. Q. Germinação e crescimento inicial de plântulas de carobinha-do-campo submetido ao estresse hídrico e salino. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 4, p. 39-45, 2014.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Revista Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.4, p.662-679, 2008.

FAGERIA, N. K.; FILHO, W. S. S.; GREYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerante a salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 13, p. 206-218.

FERREIRA, P.A; SILVA, J. B. L; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 3, p. 22-41.

FERREIRA, E. G. B. S.; MATOS, V. P.; SENA, L. H. M.; OLIVEIRA, R. G.; SALES, A. G. F. A. Processo germinativo e vigor de sementes de *Cedrela odorata* L. sob estresse salino. *Revista Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 99-105, 2013.

FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; VOIGT, E.L.; SOARES, L.S.P.; VIEGAS, R.A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 20(1):51-59, 2008.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Revista de Pesquisas agropecuárias brasileira*, v. 36, n. 1, p. 79-88, jan. 2001.

FURTADO, G. F. F; SOUSA JUNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *vigna unguiculata* L. Walp sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 9, n. 2, p. 291-299, 2014.

FURTADO, R. F.; MANO, A. R. O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.224-227, 2007.

FURTADO, G. F.; PEREIRA, F. H. F.; ANDRADE, E. M. G.; PEREIRA FILHO, R. R.; SILVA, S. S. Efeito do Nitrato de Cálcio na Redução do Estresse Salino em Melanciaira. **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 33-40, 2012.

FURTADO, G. F. F.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; ANDRADE, E. M. G.; GUERRA, H. O. C. Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.

FLORIANO, E. P. Germinação e dormência de sementes florestais. Caderno Didático nº 2, 1ª ed./ Eduardo P. Floriano Santa Rosa, 19 p. 2004.

FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; OLIVEIRA, F. N.; COSTA, E. M.; RIBEIRO, M. C. C. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 54-58, 2010.

- FOLHA, R. E. O. **Proteômica de cloroplasto de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) associada ao estresse por déficit hídrico e salinidade** Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Genética, 118p, 2013.
- GEIGENBERGER, P. et al. Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short term water-deficit. *Planta*, v. 201, n. 4, p. 502-518, 1997.
- GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. ***Plant Physiology***, v. 59, p. 309-314, 1977.
- GILBERT, G. A.; GADUSH, M. V.; WILSON, C.; MADORE, M. A. Amino acid accumulation in sink and source tissues of *Coleus blumei* Benth. during salinity stress. ***Journal of Experimental Botany***, Vol. 49, n. 318, p. 107–114, 1998.
- GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. ***Horticultura Brasileira***, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- GIMENO, V.; SYVERTSEN, J. P.; SÍMON, I.; NIEVES, M.; DÍAZ-LOPEZ, L.; MARTÍNEZ, V.; GARCÍA-SÁNCHEZ. Physiological and morphological responses to flooding with fresh or saline water in *Jatropha curcas*. ***Environmental and Experimental Botany***, v.78 p. 47– 55, 2011.
- GIRI, J. Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants. ***Plant Signaling & Behavior*** 6: 11, p. 1746-1751, 2011.
- GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). ***Acta Botanica Brasilica*** p. 966-972. 2012.
- GOMES, A. D. V.; LEITE, M. J. H.; FREIRE, A. L. O. Acúmulo de solutos orgânicos em plantas de munquêm (*Albizia inundala* (Mart) submetido a estresse salino em diferentes níveis de cloreto de sódio. ***Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável***, v. 7, n. 3, p. 54-56, 2012.
- GRAÇA, J. P. Avaliação de parâmetros fisiológicos em cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico. 2009. 52p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2009.
- GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C; LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***. v.15, n.8, p.794–800, 2011.
- GRUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. ***International Journal of Genomics***. p.18, 2014.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GALINDO, E. A.; BARROZO, L. M. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *chorisia glaziovii* o. *kuntze*. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, nº 2 p. 279 - 288, 2011.

HSIE, B. S. Perfil morfofisiológico de plantas de *Jatropha curcas* L. cultivadas em campo sob diferentes condições ambientais. Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Biologia vegetal, 73f., 2013.

HISHIDA, M.; VALLE, F. A.; FUJIYAMA, H.; CRUZ, A. O.; ENDO, T.; MAYORAL, J. A. L. Antioxidant Enzyme Responses to Salinity Stress of *Jatropha curcas* and *J. cinerea* at Seedling Stage. **Russian Journal of plant physiology**, v. 61, n. 1, 2014.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley, University of California, 32p.1950.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; NETO, M. F.; HOLANDA, A. C. 2010. Qualidade da água de irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 4, p. 44-61.

KAVI KISHOR, P.B. S.; AMRUTHA, R. N.; NAIDU, K. R.;RAO, K.R.S.S.; SREENATH, R.A.O; REDDY, K.J.; THERIAPPAN, P.; SREENIVASULU, N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, Bangalore, v.88, n.3, p.424-438, 2005.

KRISHNAN, P. R., & PARAMATHMA., M. Potentials and *Jatropha* species wealth of India. *Scientific Correspondence* , 97, n. 7, 1000-1004, (2009).

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 289-295, 2004.

JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEE, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Revista Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.), v.64, n.2, p.111-118, 2007.

LANNETTA, M.; COLONNA, N. In: Land Care in Desertification- Affected Areas: from Science towards Application. 2008. Disponível em: <http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/Leaflets/B3_Leaflet_PT.pdf>. Acesso em 16 de março, 2013.

LICHTENTHALER H. K. & BUSCHMANN, C.Chlorophylls and Carotenoids: **Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy**. In: WROLSTAD, R. E.; ACREE, T. E.; AN, H.; DECKER, E. A.; PENNER, M. H.; REID, D. S.; SCHWARTZ, S. J.; SHOEMAKER, C. F.; SPORNS, P. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Inc: New Jersey. Unit F4.3, p. F4.3.1-F4.3.8, 2001.

LEMES, E. Q.; LOPES, J. C.; NOGUEIRA, N. O.; SILVA, L. F.; JUNIOR, D. G.; PEREIRA, D. S. Qualidade fisiológica de *Cupania vernalis* cambess sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6,n. 3 p.144-153 2012.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, vol.6, N.11; 2010.

LIMA, L. A.; ALMEIDA, W. F.; LIMA, P. L. T.; OLIVEIRA, E. C.; SHOCK, C. C. Germination and early growth of physic nut submitted to levels of salinity. **Revista Engenharia Agrícola**, v.33, n.6, p.1110-1123, 2013.

LIMA, M. F. P.; PORTO, M. A. F.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; CARVALHO, D. R. Emergência e crescimento inicial de plântulas de albizia submetidas à irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p.106–112, 2015.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Revista Bragantia**, v.63, n.3, p.335-340, 2004.

LIMA NETO, M. C.; LOBO, A.K.M.; MARTINS, M.O.; FONTENELE, A.V.; SILVEIRA, J.A.G. Dissipation of excess photosynthetic energy contributes to salinity tolerance: A comparative study of salt-tolerant *Ricinus communis* and salt-sensitive *Jatropha curcas*. **Journal of Plant Physiology**, p. 23-30, 2014.

LIMA, L. H. G. M.; MENESES, C. H. S. G.; LIMA, M. M. A.; PEREIRA, W. E.; FERNANDES, P. D.; BRUNO, R. L. A.; VIDAL, M. S. Atributos fisiológicos de sementes de algodoeiro submetidas a estresse salino. **Revista brasileira de oleaginosa e fibrosa**, v.11, n.3, p.173-184, 2007.

LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. N.; GRHEIYI, H. R.; SILVA, S. S. Influência do estresse salino e da adubação nitrogenada no crescimento da mamoneira cv. brs energia. **Revista Verde**, v.6, n.3, p.213 – 221, 2011.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, nº 3, p. 079-085, 2008.

LOPES, J. C.; FREITAS, A. R.; BELTRAME, R. A.; VENANCIO, L. P.; MANHONE, P. R.; SILVA, F. R. N. Germinação e vigor de sementes de pau d' alho sob estresse salino. **Revista de Pesquisas Florestais Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 169-177, 2015.

LOPES, T. C.; KLAR, A. E.; Influência de diferentes níveis de salinidade sobre aspectos morfofisiológicos de mudas de *eucalyptus urograndis*. **Revista Irriga**, v. 14, n. 1, p. 68-75, 2009.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177. 1962.

MAGALHÃES, I.D. Eficiência fotoquímica e rendimento de pinhão manso irrigados com água salina. Paraíba, UFPB. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias, 54 f., 2012.

- MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Revista Bragantia**, v.67, n.1, p.75-82, 2008.
- MALAVOLTA, E; VITII, G. C; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato 1989; 201p.
- MARTINEZ, M. A.; SILVA, J. B. G.; PEREIRA, D. R. 2010. Modelagem do movimento de sais no solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 7, p. 94-113.
- MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, p. 318-329, 2014.
- MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; CAVASINI, R. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão manso. **Revista Ciência agrotécnica**, v. 32, n. 3, p. 863-868, 2008.
- MASSETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q.; REZENDE, R. K. S.; OBA, G. C.; GAMBATTI, M.; PATRICIO, V.S. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 3, p. 127-131, 2014.
- MATIAS, J. R.; PEREIRA, A. L.; SILVA, R. C. B.; NASCIMENTO, M. A.; RIBEIRO-REIS, R. C.; DANTAS, B. F. Efeito de estresse salino no processo germinativo de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*). Disponível em <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/905766>. Acesso em 27 de outubro de 2015.
- MATOS, F. S.; ROCHA, E. C.; CRUVINEL, C. K. L.; RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, R. P.; TINOCO, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 947-954, 2013.
- MEDEIROS, P. R.F; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. 2010. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 6, p. 84-92.
- MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; FILHO, R. A. O.; CAMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.
- MORALES, M. A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. *Flora, Jena*, v.196, n.5, p.345-352, 2001
- MONDO, V. H. V.; BRANCALION, P. H. S.; CICERO, S. M.; NOVENBRE, A. D. L. C.; NETO, D. D. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, nº 2, p.177-183, 2008.
- MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVA, L. M. M.; JUNIOR, A. R. L.; COSTA, R. C. L.; ROCHA, I. M. A.; SILVEIRA, J. A. G. Acumulação de íons e metabolismo de N em cajueiro

ano em meio salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.2, p.125-133, 2007

MOURA, A. R. **Aspectos morfológicos, fisiológicos e do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetido ao déficit hídrico.** Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, 83f, 2010.

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

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, 1981, v. 22, p. 867-880.

NASCIMENTO, H. H. C. Caracterização ecofisiológica de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico. . Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, 91p., 2009.

NASCIMENTO, R. N.; NASCIMENTO, D. A. M.; SILVA, D. A.; ALVES, A. G. índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, n.2, p.128-132, 2012.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; NETO, J. D.; GREYEL, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, n.5, p.551–558, 2009.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P.; PINHO, P. J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.517-521, 2005.

NÓBREGA, J. A. Crescimento e produção do pinhão manso adubado e irrigado com água salina sob condições de campo. Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, 69, p., 2010.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GREYEL, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA JÚNIOR, J. F. Resistência estomática, tensão de água no xilema e o teor de clorofila em genótipos de gravioleiras. **Revista Scientia agrícola**, v.58, p. 491-495, 2001.

NOGUEIRA, N. W.; LIMA, J. S. S.; FREITAS, R. M. O.; RIBEIRO, M. C. C.; LEAL, C. C. P.; PINTO, J. R. S. Efeito da salinidade na emergência e crescimento inicial de plântulas de flamboyant. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 3 p. 466 - 472, 2012.

NUNES, C. F.; SANTOS, D. N.; PASQUAL, M.; VALENTE, T. C. T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.207-210, fev. 2009.

NUNES, D. P.; SCALON, S. P. Q.; BONAMIGO, T.; MUSSURY, R. M. Germinação de sementes de marmelo: temperatura, luz e salinidade. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1737-1745, 2014.

OLIVEIRA, A. M.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; RIBEIRO, M. C.; BENEDITO, C. P.; Salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* fr all). **Revista Caatinga**, v.20, n.2, p.39-42, 2007.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. DE; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; GALVÃO, D. C. Efeito da água salina na germinação de *Stylosanthes capitata* Vogel. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, p.77-82, 2008.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; AMANCIO, M. G. Desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.2, p.149-155, 2009.

OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, R. A. A.; GOMES, L. P.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-manso. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.19, n.3, p.204–210, 2015.

OLIVEIRA, G. L.; DIAS, D. C. F. S.; HILST, P.C.; SILVA, L. J.; DIAS, L. A. S. Standard germination test in physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.3, p.336-343, 2014.

OLIVEIRA, G. M.; MATIAS, J. R.; SILVA, P. P.; RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F.; germinação de sementes de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* fr. all.) e mororó (*bauhinia cheilantha* (bong) stend.) em diferentes condutividades elétricas. **Revista Sodebras**, n. 104, v.09, 2014.

OLIVEIRA, L. A. A.; BARRETO, L. P.; NETO, E. B.; SANTO, M. V. F.; COSTA, J. C. A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.31-35, 2006.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, J. N.; COELHO, C. C. R.; NEVES, M. G.; SILVA, R. T. L.; NETO, C. F. O. Pigmentos fotossintetizantes, aminoácidos e proteínas em plantas jovens de graviola submetida ao déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2013.

OLIVEIRA, I. R. S.; OLIVEIRA, F. N.; MEDEIROS, M. A.; TORRES, S. B.; TEIXEIRA, F. J. V. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, J. N.; COELHO, C. C. R.; NEVES, M. G.; SILVA, R. T. L.; NETO, C. F. O. Pigmentos fotossintetizantes, aminoácidos e proteínas em plantas jovens de graviola submetida ao déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2013.

PACHECO, M. V.; FERRARI, C. S.; BRUNO, R. L. A.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, G. Z.; ARRUDA, A. A. Germinação e vigor de sementes de *Capparis flexuosa* L. submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.2, p.301-305, 2012.

- PATEL, A. D.; PANCHAL, N. S.; PANDEY, I. B.; PANDEY, A. N. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biología**, v.1, n. 32, p. 59-71, 2010.
- PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com nacl, manitol e peg (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* benth. **Revista Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.
- PEREIRA, A. M.; QUEIROGA, R. C. F.; SILVA, G. D.; NASCIMENTO, M. G. R.; ANDRADE, S. E. O. Germinação e crescimento inicial de meloeiro submetido ao osmocondicionamento da semente com NaCl e níveis de salinidade da água. **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 205-211, 2012.
- PEREIRA, F. H. F.; NETO, D. E. ; SOARES, D. C. ; OLIVA, M. A. Trocas Gasosas em Plantas de Tomateiro Submetidas a Condições Salinas (2004). Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/239532054>. Acesso em 30 de Agosto de 2015.
- PEREIRA, M. D.; LOPES, J. C. Germinação e desenvolvimento de plântulas de pinhão manso sob condições de estresse hídrico simulado. **Revista Ciências Agrárias**, v. 32, suplemento 1, p. 1837-1842, 2011.
- PEREIRA, V. J. Validação de métodos para teste de germinação em sementes de espécies florestais da família fabaceae. Uberlândia: UFU. Dissertação de Mestrado em Agronomia, 90f. 2012.
- PIMENTEL, C. A relação da água com a planta. Seropédica, RJ, Edu. 2004, 191 p.: II.
- POSSAS, J. M. C.; NASCIMENTO, R.; FILHO, F. C. F. M.; NASCIMENTO, D. A. M.; ALENCAR, A. E. V. Efeito da salinidade na germinação de sementes de pinhão manso. **Revista Verde**, v 9. , n. 4, p. 184 - 188, 2014.
- PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; FILHO, E. G. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p. 211-214, 2009.
- PRISCO, J. T.; FILHO, E. G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 10, p.143-159.
- QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. 2010. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 5, p. 64-82.
- RABBANIET, A. R. C.; MANN, R. S.; FERREIRA, R. A.; CARVALHO, S. V. A.; NUNES, F. B. S.; BRITO, A. S. Efeito do estresse salino sobre atributos da germinação de sementes de girassol. **Revista Scientia Plena**, v.9, n. 5, 2013.

RAJAONA, A.M.; BRUECK, H.; SECKINGER, C.; ASCH, F. Effect of salinity on canopy water vapor conductance of young and 3-year old *Jatropha curcas* L. **Journal of Arid Environments**, v. 87, p. 35-41, 2012.

RIBEIRO, M. R. 2010. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap.2, p. 12-19.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTONIO NETO, P.; FERNADES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1047–1054, 2013

SACRAMENTO, B. L.; CRUZ, T. S.; SILVA, L. L.; MOTA, K. N. A. B.; NETO, A. D. A. Pigmentos e teores de solutos orgânicos em plantas de aguapé sob estresse salino. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, A. A.; NOGUEIRA, S. L. Germinação da vinagreira em função de cinco níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, v. 9, n.1, p. 68 - 74, 2014.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Revista Ciência agrotécnica**, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SANTANA, T.A.; OLIVEIRA, P.; SILVA, L. D.; LAVIOLA, B. G.; ALMEIDA, A. A. F.; GOMES, F. P. Water use efficiency and consumption in different Brazilian genotypes of *Jatropha curcas* L. subjected to soil water deficit. **Biomass and bioenergy**, v.75, p.119-125, 2015.

SANTOS, C. A. Grau de resiliência em duas espécies do semiárido submetidas a estresses abióticos. Recife, UFRPE. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, 78 f., 2014.

SANTOS, F. S. Biometria, germinação e qualidade fisiológica de sementes de *Tabebuia chrysostricha* (Mart. Ex A. Dc.) Standl. provenientes de diferentes matrizes. Jaboticabal, UNESP. Dissertação de Mestrado em Agronomia, 57 f., 2007.

SANTOS, J. B.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V.; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, p.145–152, 2013.

SANTOS, W. L. C.; FRANÇA, F. A.; LOPEZ, L. B.; SILVA, G. M. S.; AVELAR, K. E. S.; MORAES, S.R. Atividades farmacológicas e toxicológicas da *Jatropha curcas* L. (pinhão manso). **Revista Brasileira de Farmacologia**, v.04, n. 89, p. 333-336, 2008.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Análise estatística na germinação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** n. 12, p. 205-237, 2000.

SANTANA, T.A.; OLIVEIRA, P.S.; SILVA, L.D.; LAVIOLA, B.G.; ALMEIDA, A.A.F.; GOMES, F.P. Water use efficiency and consumption in different Brazilian genotypes of *Jatropha curcas* L. subjected to soil water deficit. **Biomass and energy**, v.75 p. 119-125, 2015.

SATO, M.; BUENO, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P. A Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): Uso para Fins Combustíveis e Descrição Agronômica. **Revista Varia Scientia**, v. 07, n. 13, p. 47-62, 2009.

SATURINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N. ; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n. 229, p. 44-78, 2005.

SECCO, L. B.; QUEIROZ, S. O.; SOUZA, Y. A.; SILVA, P. R. Germinação de sementes de melão (cucumis melo l.) em condições de estresse salino. **Revista Verde**, v.4, n.4, p. 129 – 135, 2010.

SEVERINO, L.S.; LIMA, R.L.S.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação de mudas de pinhão-manso em recipientes de diferentes volumes. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007, 14p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 81).

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. **Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants**. Proceedings of National Academy Science, v.51, p.119-125, 1965.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. **Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 11, p. 161-179.

SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.30-35, 2008.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-manso submetido à salinidade. **Revista Pesquisas Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.437-445, 2009.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIEGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments** V. 74 p. 1130-1137, 2010.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIEGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Revista Scientia agrícola**, v.68, n.1, p.62-68, 2011.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, J. F. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Revista Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. E.; MONTEIRO, R. N. F.; SILVA JÚNIOR, J. F. Relações hídricas em duas cultivares de beterraba sob diferentes níveis de salinidade. Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação (IV WINOTEC), Fortaleza- Ceará-Brasil, 2012.

SILVA, E.M.; SOARES, J. A.; FILHO, R. R. P.; JÚNIO, J.R. S.; NOBRE, R. G. Emergência e crescimento inicial de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Verde Agroecologia e desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n.4, p.44-50, 2012.

SILVA, E. C. A. **Respostas fisiológicas, bioquímicas e enzimáticas em mudas de Moringa oleífera Lam. Submetidas a estresses abióticos**. Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, 102p. 2013.

SILVA, T. T. S.; LIMA, V. L. A.; ALVES, A. S.; MONTEIRO, D. R.; FERREIRA FILHO, J. G. A. Estresse salino na germinação de sementes de craibeira. **Revista Educação Agrícola Superior** - v.29, n.1, p.23-25, 2014.

SILVA, E.N.; SILVEIRA, J.A.G.; RIBEIRO, R.V.; VIEIRA, S. A. Photoprotective function of energy dissipation by thermal processes and photo respiratory mechanisms in *Jatropha curcas* plants during different intensities of drought and after recovery. **Environmental and Experimental Botany** v. 110 p. 36-45, 2015.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; COSTA, P. H. A.; AZEVEDO NETO, A.D.; ENEAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Influência do acúmulo de íons sobre o crescimento foliar e as trocas gasosas em plantas de sorgo sob estresse salino. Disponível em <http://sbbq.iq.usp.br/arquivos/regional/2002/cdresumo/Estendido/042.pdf> Acesso em 23 de Janeiro de 2015.

SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GRHEIYI, H. R.; Alocação de fitomassa pela mamoneira sob estresse salino e doses de nitrogênio. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 182-187, 2013.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GRHEIYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 8, n.1, p.247-256, 2013.

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.390–394, 2011.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F.; GREYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012..

SOUSA, A. E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; GREYI, H. R.; NETO, M. C. L.; LACERDA, C. F.; SOARES, F. A. L. Trocas gasosas e conteúdo de carboidratos e compostos nitrogenados em pinhão manso irrigado com águas residuária e salina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1428-1435, 2012.

SOUZA, E. R.; RIBEIRO, V. G.; DANTAS, B. F.; FILHO, J. M. P. L. Variação de carboidratos em folhas de videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.4, p.535-539, 2013.

SPADETO, C.; LOPES, J. C.; MENGARDA, L. H. G.; MATHEUS, M. T.; BERNARDES, P. M. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, v.8, N.14; p. 539, 2012.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; MARTINEZ, H. E. P. Avaliação de um circuito eletrônico para medição da condutividade elétrica de soluções nutritivas. **Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.2, p.427-435, 2005.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas, **Ciência Rural**, v.35, n.3, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 441-446, 2001.

TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodisel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n. 229, p. 18-27, 2005.

URBANEK, H.; KUZNIAK-GEBAROWSKA, E.; HERKA, K. **Elicitation of defense response in bean leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase**. Acta Physiologiae Plantarum, , v. 13, p. 43-50, 1991.

VERAS, R. P.; LAIME, E. M. O.; FERNANDES, P. D.; SOARES, F. A. L.; FREIRE, E. A. Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-mansão irrigado sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.6, p.582–587, 2011.

VIDAL, M. F.; ROMERO, R. E.; OLIVEIRA, T. S. I mobilização dos nutrientes e produção de matéria seca em condições de salinidade e sodicidade crescentes no solo. **Revista Ceres**, v. XVII, n. 272, 2000.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11, Pág.2, 2010.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. **Determination of amino acids with ninhydrin**. Analyst, v. 80, p. 209-213, 1955.

APÊNDICE

Resumos dos Artigos enviados para publicação na revista PAT



Influência do estresse salino no crescimento inicial de mudas de *Jatropha curcas* L.

RESUMO

Uma das consequências resultantes do processo de degradação ambiental é a salinização do solo. Nesse contexto, estima-se que no Brasil, dos 4,5 milhões de hectares que estejam comprometidos pela salinização, a maioria localiza-se na região do semiárido nordestino. Uma estratégia para recuperação dessas áreas degradadas seria a inserção e manejo adequado de espécies vegetais, tais como o pinhão manso. Tendo em vista as potencialidades do pinhão manso, a presente pesquisa objetivou avaliar a influência da salinidade no crescimento inicial de mudas de *Jatropha curcas* submetidas ao estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de fisiologia vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado sendo em esquema fatorial 2 x 4 correspondendo a dois períodos de avaliação (15 e 30 dias após a diferenciação dos tratamentos) e quatro tratamentos salinos (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) com seis repetições. Analisou-se o crescimento, a produção da matéria seca e a alocação de biomassa da parte aérea e raiz. Baseado no tempo de exposição à salinidade, conclui-se que as variáveis relacionadas ao crescimento, apresentaram redução a partir do nível de 50 mM de NaCl. A salinidade compromete o crescimento inicial das mudas de pinhão manso.

PALAVRAS-CHAVES: salinidade; áreas degradadas; biometria; matéria seca

Germinação de sementes e crescimento de plântulas de *Jatropha curcas* L. submetidas ao estresse salino

RESUMO

Na irrigação o uso contínuo da água com características salinas, acarreta o acúmulo de sais no solo, a presença destes sais é bastante nociva e acabam por interferir diretamente na produção e desenvolvimento das culturas, principalmente na fase germinativa. Objetivou-se avaliar a germinação de sementes e o crescimento inicial de *Jatropha curcas* submetidas ao estresse salino. Para imposição do estresse salino nas sementes, quantidades do cloreto de sódio foram diluídos em água destilada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos salinos (0, 50, 75 e 100 mM de NaCl) e quatro repetições de 25 sementes cada, com 100 sementes para cada tratamento, totalizando 400 sementes. Embora a porcentagem de germinação não seja afetada pela salinidade, constata-se uma redução no índice de velocidade de germinação com conseqüente aumento no tempo médio necessário para as sementes germinem. Os níveis crescentes de salinidade ocasionaram uma redução no crescimento inicial das plântulas. Folhas de plântulas de pinhão manso possuem os solutos orgânicos aumentados no nível de salinidade de 75 mM de NaCl. Já na raiz, os carboidratos solúveis totais e a prolina livre são reduzidos nos tratamentos de 50 e 75 mM de NaCl. A salinidade compromete o desempenho germinativo de sementes de pinhão manso.

PALAVRAS-CHAVES: salinidade; germinação; solutos orgânicos; matéria seca

Relações hídricas e pigmentos fotossintéticos em mudas de *Jatropha curcas* L. submetidas ao estresse salino

RESUMO

A salinização pode ser ocasionada por um processo natural, verificado basicamente em ocasiões em que a drenagem do solo na área é bastante deficitária. E pode surgir a partir da interferência humana, através do manejo inadequado da irrigação, bem como o uso da água de baixa qualidade para esta finalidade. Os mecanismos pelo qual a salinidade deprecia as plantas continuam sendo uma questão muito discutida pelos pesquisadores devido à natureza complexa do estresse salino. Para realização da fotossíntese, os vegetais necessitam fixar o CO_2 , porém ao abrirem os estômatos perdem água por estas estruturas que são morfofisiológicas reguláveis. Objetivou-se avaliar a influencia da salinidade nas relações hídricas e nos pigmentos fotossintéticos de mudas de *Jatropha curcas* submetidas ao estresse salino. Baseado no tempo de exposição à salinidade, conclui-se que as trocas gasosas, o fechamento estomático foi constatado para este mesmo nível de salinidade, sendo mais acentuado nas mudas submetidas aos tratamentos de 75 e 100 mM de NaCl, a partir de 15 dias de estresse salino. A salinidade ocasiona redução nos pigmentos fotossintéticos.

PALAVRAS-CHAVES: salinidade; trocas gasosas; clorofila; fotossíntese