

**EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE A
GERMINAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO
INICIAL DO PINHÃO-MANSO**
(Jatropha curcas L.)

WILLIAN FERNANDES DE ALMEIDA

2009

WILLIAN FERNANDES DE ALMEIDA

**EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE A GERMINAÇÃO E O
DESENVOLVIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Luiz Antônio Lima

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Almeida, Willian Fernandes de.

Efeitos da salinidade sobre a germinação e desenvolvimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) / Willian Fernandes de Almeida. – Lavras : UFLA, 2009.

65 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Luiz Antônio Lima.

Bibliografia.

1. Pinhão-manso. 2. Salinidade. 3. *Jatropha curcas*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.9504335

WILLIAN FERNANDES DE ALMEIDA

**EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE A GERMINAÇÃO E O
DESENVOLVIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas L.*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de julho de 2009

Profa. Dra. Fátima Conceição Rezende

UFLA

Prof. Dr. Marcus Metri Correa

UFRPE

Prof. Dr. Luiz Antônio Lima
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

*Aos meus pais (in memoriam),
Sérgio e Evany,*

MINHA HOMENAGEM

*Ao meu padrasto, Jean, pelo apoio.
Aos meus irmãos, Allan, Alex, Wagner,
Rodrigo e Wallace; as minhas cunhadas e
sobrinhos.
A minha avó Dina e a toda minha família.*

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e por ter me dado inspiração e persistência nos momentos necessários.

A minha família que, mesmo distante, sempre me apoiou.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Água e Solo, pela oportunidade de cursar o mestrado e pelo desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de recursos financeiros indispensáveis para a realização da pós-graduação.

Ao professor Luiz Antônio Lima, pela orientação, estímulo e confiança depositada.

À professora Fátima Conceição Rezende, pelo incentivo e valiosas críticas e sugestões.

Ao professor Marcus Metri Corrêa, pela participação na banca examinadora e pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas ao trabalho.

A todos os professores(as) do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, pelos ensinamentos oferecidos durante o mestrado.

Aos funcionários(as) e à professora Maria Laene Moreira de Carvalho, do Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, pelo apoio durante a realização de parte deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica, José Luiz e Osvaldo (Neném), pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de curso: Arinaldo, Donizete, Eduardo, Gervásio, Gil, Ícaro, Joaquim, Lucas, Sadjo, Wellington e a todos os outros, pela ajuda e amizade durante o curso.

À Carla Mabel, por sempre me apoiar e incentivar.

Aos meus grandes amigos do Ceará, em especial Deilson, Ana Lúcia, Tiago, Patrícia, Beto, Cleane, Alexandre, Roberta, Rulmennig, Mayara, Jocélio, Lysa, Junior, Gabi Rafael, Ana Sanches, Érica, Cleivan, Cheila, Daniel e Janete, por mostrarem o valor da amizade.

À secretaria Daniela, pela amizade, atenção e disponibilidade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Biodiesel.....	3
2.2 Características da cultura do pinhão-manso	4
2.3 Caracterização da região semi-árida brasileira.....	10
2.4 Processo de salinização dos solos	11
2.5 Desenvolvimento e tolerância das culturas submetidas à salinidade ..	13
2.6 Efeito da salinidade sobre a germinação das culturas	15
2.7 Considerações finais.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Experimento I – efeito da salinidade sobre a germinação de sementes de pinhão-manso.....	19
3.1.1 Local do ensaio.....	19
3.1.2 Características do experimento	19
3.1.3 Preparo dos tratamentos	19
3.1.4 Material utilizado	20
3.1.5 Metodologia.....	20
3.1.6 Parâmetros avaliados	22
3.1.7 Análise estatística	22
3.2 Experimento II – efeito da salinidade sobre o desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso	22
3.2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	22
3.2.2 Descrição da estrutura experimental	22
3.2.3 Características químicas do solo e adubação	23
3.2.4 Características físico-hídricas do solo	24
3.2.5 Tratamentos e delineamento experimental.....	26
3.2.6 Preparo das águas e controle das irrigações	26
3.2.7 Condução das plantas e tratamentos culturais.....	27
3.2.8 Características avaliadas.....	27
3.2.8.1 Características relacionadas às plantas.....	28
3.2.8.2 Características relacionadas ao solo	29
3.2.8.3 Características climáticas dentro da casa de vegetação.....	29
3.2.9 Análises estatísticas dos dados	29

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Experimento I – efeito da salinidade sobre a germinação de sementes de pinhão-manso.....	30
4.1.1 Germinação	30
4.1.2 Primeira contagem de germinação	32
4.1.3 Índice de velocidade de germinação (IVG).....	34
4.1.4 Tempo para 50% da germinação (T50).....	36
4.2 Experimento II – efeito da salinidade sobre o desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso	38
4.2.1 Características climáticas	38
4.2.2 Frequência de irrigação e lâmina aplicada	39
4.2.3 Características das plantas.....	41
4.2.3.1 Altura.....	41
4.2.3.2 Diâmetro	43
4.2.3.3 Número de folhas	44
4.2.3.4 Área foliar.....	46
4.2.3.5 Massa fresca e massa seca de caule e de folhas, massa seca de raízes e teor de massa seca da parte aérea	47
4.2.4 Evolução da salinidade do solo	50
5 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	62

RESUMO

ALMEIDA, Willian Fernandes de. **Efeitos da salinidade sobre a germinação e o desenvolvimento inicial do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.)**. 2009. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade no desenvolvimento inicial do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). Para isso, foram realizados dois experimentos. No primeiro, realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), procurou-se avaliar os efeitos da salinidade sobre a germinação de pinhão-mansão. Sementes de pinhão-mansão foram expostas a sete níveis de salinidade (0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 12,0 dS m⁻¹), utilizando-se substrato de papel umedecido com soluções de CaCl₂ e KCl. Avaliaram-se a primeira contagem de germinação (PCG), a percentagem de germinação (PG), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo para 50% de germinação (T50). Observou-se a redução na percentagem de germinação a partir de 8 dS m⁻¹, aumento no T50 e reduções no PCG e IVG à medida que a condutividade elétrica se tornou mais elevada. No segundo, avaliou-se o crescimento inicial de mudas de pinhão-mansão, conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), submetendo-as a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (0,02 dS m⁻¹, 2,0 dS m⁻¹, 4,0 dS m⁻¹, 6,0 dS m⁻¹ e 8,0 dS m⁻¹) e 5 repetições. A reposição de água foi realizada com base na curva característica do solo, pela leitura da tensão de água por blocos de resistência. Verificou-se que os tratamentos influenciaram significativamente as características da planta e que a salinidade da água acima de 2,0 dS m⁻¹ prejudicou o crescimento das plantas.

* Comitê orientador: Luiz Antônio Lima – DEG/UFLA (Orientador), Fátima Conceição Rezende – DEG/UFLA e Geraldo Magela Pereira – DEG/UFLA.

ABSTRACT

ALMEIDA, Willian Fernandes de. **Salinity effects on the germination and initial development of Jatropha plants** (*Jatropha curcas L.*). 2009. 65 p. Dissertation (Master of Science at Agricultural Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

This research was carried to evaluate salinity effects on initial development of *Jatropha* plants through two experiments. The first, to evaluate the effects of salinity on the germination was conducted at the Laboratory of Seed Analysis (LAS), Federal University of Lavras (UFLA) in Lavras-MG, Brazil. *Jatropha* seeds were exposed to seven salinity concentration levels (0.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 and 12.0 dS m⁻¹) by using paper substract wet by CaCl₂ and KCl solutions. The following variables were determined: First germination count (PCG), germination percentage (PG), germination rate (IVG) and germination time for 50% of seeds (T50). A reduction on germination percentage was observed for solutions higher than 8 dS m⁻¹; increases of T50 and reductions of PCG and IVG were observed as the on electrical conductivity increased. The second, the initial growth of *Jatropha* plant was evaluated at a greenhouse at the Engineering Department of the Federal University of Lavras (UFLA), under different levels of irrigation water salinity. A completely randomized design was used with 5 treatments (0.02 dS m⁻¹, 2.0 dS m⁻¹, 4.0 dS m⁻¹, 6.0 dS m⁻¹ and 8.0 dS m⁻¹) and 5 replications. The irrigation was accomplished according to soil water retention curve and resistance block reading, restoring the soil water content to its field capacity. It was verified that water salinity affected the plants characteristics significantly. Water salinity levels higher than 2,0 dS m⁻¹ caused damage to plant development.

* Guidance Committee: Luiz Antônio Lima – DEG/UFLA (Major professor), Fátima Conceição Rezende – DEG/UFLA and Geraldo Magela Pereira – DEG/UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento do biodiesel, ocorreram várias pesquisas com as oleaginosas potenciais como matéria-prima na produção do combustível verde, destacando-se o pinhão-manso (*Jatropha curcas*), planta de alto potencial produtivo e com vasta adaptação edafoclimática. Esta planta vem sendo apontada como uma importante alternativa para o fornecimento de óleo e indicada para os principais biomas nacionais, destacando-se a região semiárida brasileira (Arruda et al., 2004).

A região semiárida do Brasil estende-se por, aproximadamente, 970.000 km² de área e é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica e chuvas mal distribuídas, física e temporalmente. É comum, nessa região, a utilização da irrigação para a sustentabilidade da agricultura. No entanto, suas fontes hídricas possuem, normalmente, elevados teores de sais, de modo que a irrigação com esses tipos de água e a deficiência de drenagem incorporam quantidades significativas de sais ao solo (Blanco, 1999; Rhoades et al., 2000).

Com a salinização, o potencial osmótico da solução do solo é reduzido, diminuindo a disponibilidade de água e aumentando a toxicidade de certos íons às plantas (Richards, 1954; Cordeiro, 2001).

As plantas, ao serem submetidas a diferentes níveis de salinidade, têm comportamento diferenciado, conforme sua sensibilidade ou tolerância. Alguns sintomas comuns são clorose, queima nas bordas das folhas e raquitismo, dentre outros. Gheyi et al. (1997) relatam que a tolerância de uma cultura a salinidade pode variar tanto entre genótipos de mesma espécie como quanto ao estágio de desenvolvimento. A detecção de alterações fisiológicas nas plantas associadas à salinidade é fundamental para evitar maiores perdas na produtividade das culturas. Várias pesquisas relatam o efeito negativo da salinidade sobre a produtividade de diversas culturas e a importância econômica e ecológica delas

(Carmo et al., 2003; Carvalho et al., 2003; Santana et al., 2003; Figueirêdo et al., 2006; Blanco et al., 2007).

No caso do pinhão-manso, há muitas informações sobre as características da planta e sobre o óleo derivado da sua semente, porém, poucos estudos foram desenvolvidos buscando relacionar o comportamento da cultura, quando submetida à salinidade da água de irrigação.

Em face do exposto, este trabalho foi realizado com os objetivos de:

- avaliar o efeito da salinidade sobre a germinação de sementes de pinhão-manso
- avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso, quando submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Biodiesel

Biodiesel, segundo a Lei nº 11.097, de 13 de setembro de 2005 (Brasil, 2005), que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira pode ser conceituado como: biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (NR)

O governo federal brasileiro, durante quase meio século, promoveu iniciativas para usos em testes de biodiesel, sendo um dos primeiros a registrar patente sobre o processo de produção de combustível, em 1980. Em outubro de 2002, lançou o Programa Brasileiro de Biocombustíveis, com o objetivo de viabilizar sua utilização, promovendo a inclusão social, garantindo preços competitivos, qualidade e suprimento, e produzindo o biodiesel a partir de diferentes fontes de oleaginosas e em regiões diversas, possibilitando a implantação de um programa sustentável (Holanda, 2004). O Brasil apresenta grande potencial na produção de biodiesel, destacando a utilização de fatores de produção baratos e abundantes, como disponibilidade de mão-de-obra e terra (Bilich & Silva, 2006). Em 6 de dezembro de 2004, foi assinado o decreto que autorizou o uso comercial do biodiesel no Brasil, inicialmente com uma mistura de 2% de biodiesel (B2) ao diesel de petróleo; em 2008, essa mistura se tornou obrigatória e, a partir de 2013, esse percentual será de 5% (B5). Estima-se que serão necessários 2,65 bilhões de litros para atender a este percentual. Considerando a diversidade de oleaginosas disponíveis no Brasil, a garantia do suprimento e da qualidade para atingir os objetivos propostos pelo programa parece estar assegurada (Miragaya, 2005).

O biodiesel é um combustível obtido da reação química de qualquer tipo de óleo ou gordura com um álcool. Entre as matérias-primas para a sua produção estão gorduras animais, óleos e gorduras residuais e, principalmente, óleos vegetais diversos (mamona, dendê, soja, girassol, amendoim, algodão, pinhão-manso, etc.), obtidos por meio de diversos processos (Miragaya, 2005). Dentre estas, o pinhão-manso tem se destacado como uma espécie vegetal de grande potencial para a produção de óleo combustível.

2.2 Características da cultura do pinhão-manso

O pinhão-manso (Figura 1), cujo nome científico é *Jatropha curcas* L., também chamado pinhão-de-purga, pinhão-de-cerca, purgueira, pinhão-do-paraguai (SP), etc., pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona (*Ricinus communis* L.) e da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.). Sua origem, apesar de ser ainda controversa, conforme afirmam Saturnino et al. (2005), julga-se que esteja na América do Sul, sendo, mais tarde, disseminado por todas as regiões tropicais, temperadas e, em menor proporção, nas frias (Peixoto, 1973).

Segundo Cortesão (1956), sua distribuição geográfica é bastante vasta devido à sua rusticidade, resistência a longas estiagens, bem como às pragas e doenças; é adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, pouco exigente em solo, se desenvolve bem tanto nas regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas, assim como nos terrenos áridos e pedregosos, podendo suportar longos períodos de secas. Encontra-se desde a orla marítima, ao nível do mar, até 1.000 m de altitude, sendo o seu cultivo mais indicado em regiões que apresentem entre 500 e 800 m de altitude.

É um arbusto ou árvoreta grande, de crescimento rápido, que atinge de três a cinco metros de altura, mas pode alcançar até mais, em condições especiais. O diâmetro do tronco pode atingir de 20 a 30 cm; possui raízes curtas

e pouco ramificadas, caule liso, esverdeado, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex, suco lácteo que corre com abundância em eventuais ferimentos na planta. O tronco, ou fuste, é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (Cortesão, 1956; Peixoto, 1973; Purcino & Drummond, 1986; Tominaga et al., 2007).



FIGURA 1 Pinhão-mansô. (Fonte: www.pinhaomanso.com.br).

As folhas do pinhão, quando novas, têm cor vermelho-vinho, mas se tornam verdes ao crescer; são esparsas e brilhantes, com 6 a 15 cm de comprimento, em forma de palma com três a cinco lóbulos, largas e alternas, pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior (Figura 2).

Floração monoica (Figura 2), apresentando na mesma planta, mas com sexo separado, flores masculinas, em maior número, nas extremidades das ramificações e femininas nas ramificações, as quais são amarelo-esverdeadas. As flores femininas têm pedúnculo longo e as masculinas, além da ausência de pedúnculo, têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna (Peixoto, 1973; Purcino & Drummond, 1986; Tominaga et al., 2007).



FIGURA 2 Detalhe da folha e da floração do pinhão-mansão (Fonte: www.uff.br).

O fruto é capsular ovoide, com 2,5-4,0 cm de comprimento por 2,0-2,5 cm de largura e diâmetro de 1,5 a 3,0 cm. É trilocular, com uma semente em cada cavidade, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e, por fim, preto, quando atinge o estágio de maturação (Figura 3). Contém de 53% a 62% de sementes e de 38% a 47% de casca, pesando cada uma de 1,53 a 2,85 g (Peixoto, 1973).



FIGURA 3 Frutos do pinhão-mansô (Fonte: www.cnpma.embrapa.br e plantabio.com.br).

A semente é relativamente grande; quando secas, medem de 1,5 a 2 cm de comprimento, 0,9 a 1,2 cm de largura e 6 a 10 mm de espessura; apresenta tegumento escuro e rijo e possui, na parte superior, uma excrescência carnuda, a carúncula. A amêndoa, que fica abaixo do tegumento, é uma massa branca (albúmen), contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados, rica em óleo (Figura 4). O teor de óleo na semente varia de 50% a 57% do seu peso (Peixoto, 1973; Saturnino et al., 2005; Tominaga et al., 2007).



FIGURA 4 Sementes de pinhão-mansô (Fonte: www.cote.com.br).

O pinhão-mansão, apesar de pouco exigente em condições climáticas e solo fértil, adaptando-se facilmente a variadas condições, deve, preferencialmente, ser cultivado em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados, para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes. Devem ser evitados os solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem (Cortês, 1956; Peixoto, 1973). Entre as pragas nocivas ao desenvolvimento do pinhão-mansão, que não são muitas, consequência da presença do látex cáustico nas diversas partes da planta, incluem: louva-deus (*Mantis religiosa*), gafanhoto (*Opsiphanes bassus*), tripses (*Thrips* spp.), percevejo (*Cimex* spp.) e besouro desfolhador (Brasil, 1985). Formigas saúva (*Atta* spp.) e rapa-rapa (*Acromyrmex* spp.) atacam, principalmente, as mudas novas. Recomenda-se, então, o plantio de mudas com seis meses de idade, mais desenvolvidas, que não sofrem prejuízos (Saturnino et al., 2005).

As mudas devem ficar na sementeira até alcançarem de 8 a 12 cm, para então serem levadas ao viveiro ou diretamente a campo (Peixoto, 1973). A melhor época de plantio é no final do inverno e no início da primavera ou no começo da estação chuvosa, quando o pinhão-mansão recomeça a brotar e a florir naturalmente (Saturnino et al., 2005). O espaçamento pode ser feito de 2 até 5 m, segundo a fertilidade do solo, suas condições físicas, condições climáticas e modo de condução das plantas (Peixoto, 1973). Recomenda-se realizar a poda logo que a planta atinja 1 m de altura, visando à indução de ramos laterais, os quais propiciarão uma produção maior de frutos e de ramos novos (Saturnino et al., 2005). O controle de plantas daninhas deve ser feito sempre que necessário, pois elas concorrem com a cultura em luz, ar, umidade e nutrientes (Peixoto, 1973). O método mais prático e rápido de colheita dos frutos é fazendo vibrar o pé do pinhão, à meia altura, o que provoca a queda apenas dos frutos maduros (Brasil, 1985).

O pinhão pode ser reproduzido via sexuada ou multiplicado por estacas. Em ambos os casos, a seleção das matrizes deve ser rigorosa, escolhendo-se as melhores plantas. De modo geral, as plantas oriundas de sementes são mais resistentes e de maior longevidade, atingindo idade produtiva após quatro anos, enquanto as provenientes de estacas são de vida mais curta e sistema radicular menos vigoroso, mas começam a produzir no segundo ano. Quando obtida por via sexual, em boas condições de produção, a longevidade desta euforbiácea é de 30 a 50 anos, podendo viver até mais de um século (Cortesão, 1956; Peixoto, 1973). A produtividade do pinhão-manso varia de acordo com a região de plantio, o método de cultivo e os tratos culturais, a idade da cultura, bem como a quantidade de chuva e a fertilidade do solo (Arruda et al., 2004). Em espaçamento 3x3 m, o rendimento anual de óleo pode atingir de 3,0 a 4,0 t/ha (Brasil, 1985). Nas regiões equatoriais, o pinhão-manso pode florescer duas vezes por ano, enquanto nas demais regiões a colheita das sementes é feita apenas uma vez. A produção se distribui entre janeiro e julho, quando o pinhão-manso entra em repouso vegetativo, com perda das folhas, até o início das chuvas em outubro, período em que começa nova brotação (Brasil, 1985).

A maturação dos frutos é completa com o escurecimento das cápsulas. Após a colheita, é feita a secagem ao ar, que provoca a deiscência espontânea dos frutos; depois, separam-se as sementes por meio de trilhadoras e peneiras (Peixoto, 1973).

Uma das principais vantagens do pinhão-manso é o seu longo ciclo produtivo, que pode chegar a 40 anos e manter a média de produtividade de 2 t/ha (Azevedo, 2006, citado por Melo et al., 2006). Segundo Peixoto (1973), pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca, reduzindo, dessa forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta.

Sua rusticidade e adaptabilidade a vários ambientes e condições climáticas o destacam entre as demais oleaginosas. É uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da região nordeste (Brasil, 1985).

Arruda et al. (2004) consideram as características do pinhão-manso importantes para o melhor aproveitamento agrícola da região semiárida, sendo uma opção para a economia dessa região, resultando no aumento das áreas de plantio e, conseqüentemente, auxiliando na fixação de mão-de-obra na zona rural pela geração de emprego e fornecendo matéria-prima para a indústria.

Além disso, o pinhão-manso, por ser planta nativa, pode ser incorporado na reserva legal obrigatória, prevista no Código Florestal para as fazendas, já que 60% dos 20% desta podem ser cultivados (Macedo, 2008).

Apesar de todas as vantagens atribuídas ao pinhão-manso e do incentivo de seu cultivo na região semiárida brasileira, vários pesquisadores alertam sobre a necessidade de investimentos em pesquisa para esta cultura.

2.3 Caracterização da região semi-árida brasileira

A região semiárida brasileira representa cerca de 10% do território nacional e abriga 29% da população do país. Possui extensão de, aproximadamente, de 970.000 km², que corresponde a 62% do território nordestino (incluindo a parte semiárida de Minas Gerais) (Brasil, 2005; Santos et al., 2007). Nessa região, vivem quase 21 milhões de pessoas, destacando que mais de 9 milhões (44%) pertencem à zona rural (Santos et al., 2007).

Climaticamente, o semiárido brasileiro caracteriza-se por clima quente e seco, com duas estações, a seca e a úmida, com pluviosidade situada nas isoietas de, aproximadamente, 300-800 mm. A maior parte das chuvas se concentra em três a quatro meses dentro da estação da úmida, acarretando um balanço hídrico

negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez. Observam-se, ainda, temperaturas médias em torno de 28°C, sem significativas variações estacionais (Araújo Filho et al., 1995).

Além do problema da escassez de água, a região semi-árida sofre também com problemas relacionados com a salinidade. Bresler et al. (1982) mencionam que os problemas de salinidade são mais pronunciados nesta região por causa da precipitação pluvial insuficiente para lixiviar os sais acumulados na zona radicular das plantas, agravados pelo movimento ascendente de solutos por capilaridade em regiões com elevada evapotranspiração potencial. Entender o processo de salinização do solo é de suma importância para reverter ou, mesmo, amenizar os danos por ele causados.

2.4 Processo de salinização dos solos

A formação de solos salinos pode ocorrer naturalmente, pode-se dar sob condições hidromórficas e pode ocorrer tanto em faixas litorâneas como continentais. Na primeira situação, os sais solúveis existentes têm relação com a água do mar que os impregna e, na segunda, são considerados como resultantes das condições climáticas, pela não lixiviação dos sais solúveis liberados ou formados pela intemperização das rochas. Estes solos são caracterizados pela presença de sais de natureza diversa, cujos conteúdos, bastantes elevados, variam com as estações do ano (Yoshioka & Lima, 2005).

A salinização do solo também pode ser ocasionada pelo homem e geralmente está associada ao manejo inadequado da irrigação, ocorrendo, principalmente, em regiões áridas ou semiáridas. Segundo Gheyi et al. (1997) e Munnus (2002), o uso de água de irrigação com alta concentração salina, elevação do lençol freático causada pelo manejo inadequado da irrigação e por deficiência de drenagem e a aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e pouco parcelada no decorrer do período são os principais fatores diretamente

responsáveis pela salinização dos solos em áreas irrigadas. Primavesi (2002) acrescenta, ainda, a destruição da vegetação nativa, a conservação deficiente do sistema de drenagem, a camada superficial do solo encrostada ou compactada e a estrutura do solo compactada, como fatores que igualmente contribuem para a salinização do solo.

Blanco (1999) explica que, quando a drenagem é deficiente, os sais tendem a se acumular no solo devido à elevação do lençol freático e à evaporação da água, na ausência de lixiviação.

Entre os principais íons presentes nos sais solúveis, responsáveis pela salinização, estão potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), sódio (Na^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-).

O índice que expressa a salinidade é a condutividade elétrica (CE), que expressa a habilidade que um meio apresenta em conduzir uma corrente elétrica. A condutividade elétrica do solo é, geralmente, determinada por meio da saturação de uma amostra de solo com água destilada e posterior filtragem a vácuo. Ao volume de líquido filtrado denomina-se extrato de saturação e a condutividade elétrica é chamada de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), sendo o procedimento descrito acima recomendado por Richards (1954) como o método padrão para avaliar a salinidade do solo em relação ao desenvolvimento das plantas.

Os solos são classificados, segundo sua salinidade, em não salinos (CEes 0 - 2 dS/m), ligeiramente salinos (CEes 2 - 4 dS/m), mediantemente salinos (CEes 4 - 8 dS/m), fortemente salinos (CEes 8 - 16 dS/m) e extremamente salinos (CEes ≥ 16 dS/m).

Oliveira (1997) relata que um solo é afetado por sais, quando a concentração desses na solução do solo chega a interferir no crescimento e na produtividade das plantas naturalmente habitantes da área ou aquelas cultivadas pelo homem.

2.5 Desenvolvimento e tolerância das culturas submetidas à salinidade

Com a salinização, o potencial osmótico da solução do solo é reduzido, diminuindo a disponibilidade de água e aumentando a toxicidade de certos íons às plantas (Richards, 1954; Cordeiro, 2001).

Fisiologicamente, o excesso de sais na solução do solo modifica as atividades metabólicas das células no processo de alongamento celular, limitando a elasticidade da parede celular, reduzindo o alongamento da célula e, como consequência, o crescimento da planta (Folegatti & Blanco, 2000). A elevada concentração eletrolítica da solução do solo pode, ainda, causar desequilíbrio nutricional, toxicidade de alguns íons e interferência no equilíbrio hormonal, capazes de diminuir a plasticidade da célula e causar a redução da permeabilidade da membrana citoplasmática, além de influenciar no processo da fotossíntese, já que o conteúdo da clorofila nas plantas é diminuído (Larcher, 1995, citado por Mota et al., 2006). De acordo com Lima (1997), sob condições de estresse salino, ocorrem danos, inicialmente, na bordadura e no ápice das folhas, enquanto as raízes mostram uma diminuição do alongamento e suberização, o que reduz a absorção de água e nutrientes. Blanco (1999) relata que, em alguns casos, a salinidade pode tornar o potencial osmótico tão baixo, a ponto de ocorrer a perda de água da planta para o solo, processo conhecido como dessecação osmótica.

As plantas halófitas, adaptadas a condições salinas, possuem um mecanismo de absorção e acúmulo de sais do solo no vacúolo celular, a fim de reduzir o potencial osmótico interno e, dessa maneira, evitar a dessecação osmótica. Portanto, os sais não se misturam com a solução citoplasmática, permanecendo no interior do vacúolo, uma vez que a membrana que separa o citoplasma do vacúolo não permite o fluxo de um compartimento para outro, mesmo que haja elevado gradiente de concentração (Läuchli & Epstein, 1984, citados por Lima, 1997).

Por outro lado, plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico e sofrem com o decréscimo de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico por osmose (Lima, 1997). De acordo com Ayers & Westcot (1991), se a extração de água pelas raízes reduz-se muito, as plantas diminuem seu crescimento e chegam a apresentar sintomas semelhantes aos provocados por estiagem, tais como murchamento ou coloração verde-azulada escura e, algumas vezes, folhas cerosas e com maior espessura. Estes sintomas são variáveis com os estádios fenológicos das culturas, sendo mais notáveis durante as primeiras etapas do crescimento.

Entretanto, nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Para Läuchli & Epstein (1984), citados por Blanco (1999), existem dois aspectos quanto ao mecanismo de tolerância à salinidade. Primeiro, se uma glicófita tolerante à salinidade pode realizar o ajuste osmótico para um meio moderadamente salino, as taxas crescentes de absorção e transporte de íons e, particularmente, a síntese de solutos orgânicos requer gastos adicionais de energia, a qual deveria ser utilizada no processo de crescimento. Segundo, o estresse salino é primeiramente sentido pelas raízes, mas o ajuste osmótico, assim como a inibição do crescimento e a toxicidade, é mais perceptível na parte aérea da planta. Assim, em adição aos processos celulares, a interação entre o sistema radicular e a parte aérea é essencial na resposta da planta à salinidade.

Maas & Hoffman (1977) publicaram uma tabela com o limite da salinidade do solo (CEes) acima da qual começa haver redução na produção para culturas extensivas, hortaliças, forrageiras e frutíferas. Por meio dessa tabela, podem-se distinguir diferentes grupos de tolerância relativa em relação à salinidade limiar, que são sensíveis, moderadamente sensíveis, moderadamente

tolerantes, tolerantes e não adequados para a maioria das culturas com os respectivos valores <1,3, 1,3-3,0, 3,0-6,0, 6,0-10,0, >10 dS m⁻¹.

Entre as culturas sensíveis, estão feijão, cenoura, maracujá, laranja, gergelim e outras, moderadamente sensíveis: alface, amendoim, melancia, milho, pimentão, uva e outras, moderadamente tolerantes: soja, trigo, nabo forrageiro, beterraba, abacaxi, mamão e outras tolerantes: algodão, cevada, aspargo, tâmara e outras.

Resultados de vários estudos têm comprovado que altas concentrações de sais na água de irrigação provocam redução no desenvolvimento das culturas, como os de Carmo et al. (2003), com a bananeira; de Figueirêdo et al. (2006), com o cafeeiro e Cavalcanti et al. (2004), Silva et al. (2004) e Lima, C. et al. (2007), com a mamoneira, cultura da mesma família do pinhão-manso. Também há relatos de redução na produção das culturas, tal como observado por Medeiros (1998), que verificou que a redução na produção da cultura do pimentão em estufa foi da ordem de 14% para o incremento de 1 dS m⁻¹ na salinidade do solo, acima da salinidade limiar que foi de 1,5 dS m⁻¹, concordando com a tabela apresentada por Maas & Hoffman (1977) e Ferreira et al. (2007) que, estudando a tolerância de cultivar de milho, observaram decréscimo de 15,68% na produção com incrementos unitários na CEes, além da salinidade limiar de 1,20 dS m⁻¹.

2.6 Efeito da salinidade sobre a germinação das culturas

A germinação pode ser definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 2009). Segundo o mesmo autor, a água é o fator ambiental que mais influencia no processo de germinação, pois, com a absorção de água, ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a

intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e nutrientes para a retomada de crescimento do eixo embrionário.

Bansal et al. (1980) relatam que, em condição de potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, a absorção de água é influenciada, podendo inviabilizar a sequência dos eventos relacionados ao processo germinativo das sementes.

Um dos fatores responsável pela alteração da disponibilidade da água é a salinidade. Esta, quando em excesso no solo, provoca a redução do potencial hídrico, induzindo uma menor capacidade de absorção de água pelas sementes.

Os reflexos negativos da salinidade na germinação de qualquer semente foram demonstrados por Prisco (1978), citado por Furtado (1998), como sendo de natureza físico-química; a presença de sais no substrato exercem efeito osmótico ou tóxico prejudiciais à germinação das sementes em geral e ao desenvolvimento das plântulas. Estes efeitos são caracterizados pela diminuição da água pelas sementes e pela penetração excessiva de íons tóxicos nos tecidos embrionários (Furtado, 1998).

No entanto, o comportamento das espécies e cultivares de plantas em relação à salinidade pode ser diferenciado, isto é, cada espécie de planta ou cultivar pode tolerar até certa salinidade (Salinidade limiar - SL), sem reduzir o seu rendimento potencial, a partir da qual passa a diminuir a produtividade à medida que se incrementa a salinidade do solo (Maas & Hoffman, 1977; Medeiros, 1998).

Diversos estudos têm sido realizados para desenvolver técnicas capazes de superar os efeitos induzidos pela salinidade e elucidar os mecanismos de adaptação, especialmente os referentes à fisiologia da resistência das plantas à salinidade (Ferreira & Rebouças, 1992; Silva et al., 1992). Um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas ao estresse hídrico

e salino é a observação da capacidade germinativa das sementes nessas condições (Larcher, 2000).

Ayers & Westcot (1991) apresentaram resultados de pesquisas sobre a tolerância de algumas culturas à salinidade do extrato de saturação do solo (CEes em dS m^{-1}). Os autores observaram que houve redução de 50% sobre a germinação, que pode ser relacionada, por cultura e CEes, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 Salinidade do extrato de saturação do solo que reduziria em 50% a germinação das culturas (Maas & Hoffman, 1977).

Culturas	Tolerância CEes (dS m^{-1})	Culturas	Tolerância CEes (dS m^{-1})
Cevada	16,0 a 24,0	Alfafa	8,0 a 13,4
Algodoeiro	15,5	Arroz	13,0
Beterraba	13,8	Milho	21,0 a 24,0
Sorgo	13,0	Melão	10,4
Trigo	14,0 a 16,0	Feijão	8,0
Tomateiro	7,6	Cebola	5,6 a 7,5
Alface	11,4	Repolho	18,0

Neste mesmo trabalho, os autores acrescentaram que a salinidade na camada superficial do solo superior a 4 dS m^{-1} inibe ou retarda a germinação de sementes e o crescimento inicial de diversas plantas.

O efeito dos sais solúveis como agente retardador na germinação tem sido observado há muito tempo. Pearson et al. (1966), citados por Lima et al. (2005), verificaram queda de 50% na germinação de quatorze cultivares de arroz em solução salina, cuja condutividade elétrica estava entre $21,2$ e $30,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Medeiros et al. (2006) estudaram a salinidade sobre a germinação do quiabo e constataram que as maiores porcentagem de germinação ocorreram nos níveis 0, 2 e 4 dS m⁻¹, com queda brusca a partir de 6 dS m⁻¹.

Oliveira et al. (2007), utilizando diferentes concentrações de NaCl e CaCl₂ em aroeira, notou que a germinação foi prejudicada com o aumento das concentrações de sais.

Kaul et al. (1988), citados por Furtado (1998), estudaram a germinação de sementes de goiaba em solos artificialmente salinizados com cloreto de sódio, sulfato de sódio, cloreto de cálcio e com mistura destes sais, cada um em três níveis de CE (6, 9 e 12 dS/m), e observaram que o aumento do nível de salinidade, independente do tipo de sal, retardou, reduziu e inibiu a germinação.

2.7 Considerações finais

De acordo com o referencial teórico, nota-se que a tolerância a salinidade varia entre as culturas, entre genótipos de mesma espécie e estádios de desenvolvimento. A detecção de alterações fisiológicas nas plantas, associadas à salinidade, é fundamental para evitar maiores perdas na produtividade das culturas. No caso do pinhão-mansão, informações relacionadas com o seu desenvolvimento, quando submetido à salinidade, ainda são escassas e pouco difundidas, o que permite exaltar a importância deste trabalho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento I – Efeito da salinidade sobre a germinação de sementes de pinhão-mansão

3.1.1 Local do ensaio

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, situado nas coordenadas geográficas de 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, à altitude média de 910 m.

3.1.2 Características do experimento

O experimento foi conduzido em condições controladas de laboratório, usando-se para tal um germinador do tipo Mangelsdorf, com temperatura média de 25°C.

Os tratamentos foram definidos por sete níveis de sais, expressos em termos de condutividade elétrica (0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10 e 12,0 dS m⁻¹).

Para a obtenção desses níveis salinos, foram diluídos os sais CaCl₂ e KCl em água de abastecimento e, para a determinação da relação dos sais, utilizou-se a informação de Graham (1959), citado por Kopittke & Menzier (2007), que relatou que um solo ideal deve conter de 65% a 85% de Ca e 2% a 5% de K. Considerando-se esta proporção e a escassez de informação dessa relação para o pinhão-mansão, adotou-se a relação de Ca:K de 15:1, que resulta numa proporção de 22,3 g de CaCl₂ para 1g de KCl.

3.1.3 Preparo dos tratamentos

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados água de abastecimento com CE de 0,02 dS m⁻¹, cloreto de cálcio e cloreto de potássio. Foi realizada uma solução salina com nível superior ao dos tratamentos

utilizados e esta foi diluída em água de abastecimento até que o condutivímetro registrasse o nível da condutividade elétrica de cada tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito repetições. A unidade experimental constou de rolo de papel germiteste com 25 sementes de pinhão-mansão.

3.1.4 Material utilizado

Para a condução do ensaio, foram utilizadas 175 folhas de papel germiteste, pinça metálica, um termômetro, concentrações salinas ($\text{CaCl}_2 + \text{KCl}$), água de abastecimento, sementes de pinhão-mansão e germinador tipo Mangelsdorf, além do condutivímetro digital.

3.1.5 Metodologia

As sementes do pinhão-mansão foram procedentes de experimento realizado na área experimental da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

Segundo recomendação das Regras Para Análises de Sementes (Brasil, 1992), foram distribuídas 25 sementes em duas folhas de papel germiteste já devidamente umedecidas com a solução salina de cada tratamento, na quantidade de solução equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, foi colocada sobre as sementes uma terceira folha de papel, sendo o conjunto dobrado, amarrado na ponta superior e na inferior, resultando nos rolos e sendo caracterizada assim a parcela. Em seguida, os oitos rolos, correspondentes às repetições, foram agrupados por tratamentos com mais duas folhas, uma envolvendo os rolos e outra na parte superior. Este conjunto foi colocado no germinador em posição vertical, para germinar. Foram realizadas observações diariamente, após inserção no germinador, com duração de 10 dias.

No 5º dia, época da primeira contagem, as sementes com raízes, com desenvolvimento satisfatório, eram eliminadas. Esse procedimento foi adotado até o final das observações. Essas informações permitiram avaliar a porcentagem de germinação das sementes na primeira contagem e a porcentagem total de germinação durante o período observado.

Com os dados obtidos das observações diárias foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de pinhão-manso, segundo procedimento recomendado em Brasil (1992), que foi determinado conforme relação a seguir:

$$\text{IVG} = (\text{G1}/\text{N1}) + (\text{G2}/\text{N2}) + \dots + (\text{Gn}/\text{Nn}) \quad (1)$$

em que

IVG = índice de velocidade de germinação.

G1, G2,... Gn = número de plântulas normais computadas na 1ª, 2ª,... e n contagens.

N1, N2,...Nn = número de dias da semeadura a 1ª, 2ª,... e n contagens.

O tempo de ocorrência para a germinação de 50% das sementes (T50) foi realizado junto com o teste de germinação, de acordo com fórmula abaixo.

$$\text{T50} = [(G - G_1) I / (G_2 - G_1)] + T \quad (2)$$

em que

T50 = tempo para a ocorrência de 50% da germinação

G = metade do valor máximo de germinação

G₁ = valor de germinação igual ou imediatamente inferior a G

G₂ = valor da germinação imediatamente superior a G

I = intervalo entre as contagens

T = tempo para a ocorrência de G₁

A porcentagem de germinação (PG) foi determinada ao final de dez dias de experimento, computando-se o número de sementes germinadas.

3.1.6 Parâmetros avaliados

De acordo com os procedimentos em Regras Para Análises de Sementes (Brasil, 1992), durante a condução do experimento, foram avaliados os seguintes parâmetros: germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação e o tempo para protrusão de 50% das sementes (T50).

3.1.7 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e utilizado o teste “F” para avaliar os níveis de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Também foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, optando-se, para avaliar os resultados, por aquela que melhor se correlacionar com os dados (Pimentel-Gomes, 1978).

3.2 Experimento II – Efeito da salinidade sobre o desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso

3.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de 03/12/08 a 28/04/09, no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, situado nas coordenadas geográficas de 21°14’ de latitude sul e 45°00’ de longitude oeste, à altitude média de 910 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo CWa, isto é, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, apresenta temperatura média anual de 20,4°C e precipitação média anual de 1.460 mm (Dantas et al., 2007).

3.2.2 Descrição da estrutura experimental

O experimento foi conduzido no interior de uma casa de vegetação (Figura 5) com cobertura em arco, de 5,80 m de largura e 15,30 m de

comprimento, totalizando 88,74 m². Apresenta pé direito de 2,5 m e altura total igual a 4 m, cobertura com polietileno de 150 micra de espessura, com tratamento antiUV e clarite nas laterais e nos fundos.

As plantas foram cultivadas em vasos com volume de 21 litros, utilizando-se, inicialmente, duas plantas e, após 15 dias, uma planta por vaso, que foi colocado sobre uma estrutura composta de blocos de cimento e tábuas de madeira. Na profundidade de cada vaso foi instalada uma mangueira de polietileno com comprimento de 10 cm, com o objetivo de coletar a água drenada de cada vaso (Figura 5).



FIGURA 5 Casa de vegetação e estrutura experimental.

3.2.3 Características químicas do solo e adubação

O solo utilizado foi coletado em área da Universidade Federal de Lavras, na camada superficial e foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 1999). Este foi seco ao ar e à sombra, destorroado e passado em peneira com abertura de 2 mm.

A caracterização química do solo foi realizada no Departamento de Ciências do Solo da UFLA, tendo sido realizadas análise de pH, matéria orgânica, macro e micronutrientes, soma de bases, capacidade de troca catiônica a pH 7,0 e índice de saturação por bases, além da salinidade inicial (Tabela 2).

TABELA 2 Características químicas do solo antes da adubação.

pH	M.O.	P	K	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	CEes
H ₂ O	dag kg ⁻¹				mg dm ⁻³					dS m ⁻¹
6,1	13	1,4	16	0,3	58,4	11,8	3,3	0,1	42,5	2,2
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	M	P-rem	
cmol _c dm ⁻³							%		mg L ⁻¹	
1,3	0,1	0,0	1,7	1,4	1,4	3,1	45,9	0	1,1	

pH em água, relação 1:2,5; P, Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu, extrator Mehlich 1; Ca, Mg, Al, extrator: KCl 1 mol/L; H+Al, extrator: SMP; B, extrator água quente; S, extrator fosfato monocálcico em ácido acético; SB = soma de bases trocáveis; CTC (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação de alumínio; ISNa – índice de saturação de sódio; matéria orgânica (M. O.), oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N; P-rem = fósforo remanescente

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 e seguindo a recomendação para a mamona conforme apresentado pela quinta aproximação da Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999), foi realizada a adubação de plantio. Esta consistiu da aplicação de 36g de P₂O₅ por vaso na forma de superfosfato simples, 36g de K₂O por vaso na forma de cloreto de potássio, 1,2g de Zn por vaso na forma de sulfato de zinco e 1,2g de B por vaso na forma de ácido bórico. A adubação nitrogenada em cobertura foi feita com a aplicação de 9g de N por vaso na forma de ureia, dividida em três aplicações, aos 30, 60 e 90 DAT.

3.2.4 Características físico-hídricas do solo

Para a determinação da curva de retenção de água (Tabela 3), densidade do solo e análise granulométrica (Tabela 4), foram coletadas amostras de solo deformadas.

As análises da curva de retenção de água foram realizadas pelo método do funil de placa porosa (funil de Haines) para os pontos de 2, 4, 6, 8 e 10 kPa e na câmara de Richards para os pontos de 33, 100, 500 e 1500 kPa. O ajuste da curva foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Genuchten

(1980), pela qual a relação entre a umidade do solo e a tensão matricial pode ser descrita por:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 - (\alpha h)^n]^m} \quad (3)$$

em que

$\theta(h)$ – umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) para um dado valor de h ;

θ_r – umidade residual do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), obtido pelo modelo por extrapolação;

θ_s – umidade de saturação do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

α , n e m – parâmetros de ajuste do modelo;

h – tensão matricial (kPa.).

TABELA 3 Parâmetros da equação de retenção de água.

Parâmetros					
α	θ_s	θ_r	n	m	r_{aj}^2
0,069	0,6567	0,2437	2,734	0,6245	0,99

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, dividindo-se a massa de solo seco em estufa a 105°C pelo volume do anel. Foi encontrado o valor de 1,25 g cm^{-3} .

A análise granulométrica foi realizada no Departamento de Ciências do Solo da UFLA. Foram analisados os teores de argila, silte e areia e os resultados são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 Granulometria e classe textural do solo.

Granulometria (dag kg^{-1})			Classe textural
Areia	Silte	Argila	
10	22	68	Muito argilosa

3.2.5 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos foram compostos de aplicação de lâminas de irrigação com diferentes níveis de salinidade da água para a cultura do pinhão-manso (N1 (testemunha) = 0,02 dS m⁻¹, N2 = 2,00 dS m⁻¹, N3 = 4,00 dS m⁻¹, N4 = 6,00 dS m⁻¹ e N5 = 8,00 dS m⁻¹). Para a testemunha, foi utilizada a água de torneira, que apresentava nível de salinidade muito baixo com condutividade elétrica de 0,02 dS m⁻¹ e pH de 6,5; para os outros níveis, foram produzidos pela adição de CaCl₂ + KCl com a água de torneira, adotando-se a relação Ca:K de 15:1. A justificativa para esta relação está descrita no item 3.1.2.

3.2.6 Preparo das águas e controle das irrigações

Uma solução padrão foi realizada com 334,5 g de CaCl₂ e 15 g de KCl, diluída em 50 litros de água de abastecimento, resultando numa salinidade média de 10,1 dS m⁻¹. A salinidade das águas de irrigação foi produzida por meio da diluição desta solução com a água de abastecimento, até encontrar o nível de salinidade de cada tratamento, sendo a mesma medida com um condutivímetro digital antes de cada irrigação.

Utilizaram-se blocos de resistência elétrica, instalados a 0,15 m de profundidade, próximo à planta na região central do vaso, para monitorar a tensão de água no solo em cada um dos vasos. A reposição era realizada quando a tensão média de água no solo, em cada tratamento, atingia 20 kPa, elevando-a a umidade do solo correspondente à tensão um pouco acima da capacidade de campo, de forma a proporcionar drenagem, ou seja, sempre era aplicado 10% a mais do volume necessário para atingir a capacidade de campo. O cálculo do volume de água para retornar a capacidade de campo foi determinado de acordo com a equação 4.

$$V = (\theta_{cc} - \theta_{20kPa}) \cdot Dg \cdot V_v \quad (4)$$

em que

V – volume d'água a ser aplicado, L

θ_{cc} – umidade do solo na capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$

θ_{20kPa} – umidade do solo a tensão de 20 kPa, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$

Dg – densidade aparente, g cm^{-3}

V_v – volume do vaso, L

O volume de água em cada irrigação foi aplicado com o uso de proveta graduada e calculado de acordo com a leitura da tensão do solo a partir dos dados de cada um dos sensores instalados em cada vaso.

As leituras dos sensores foram realizadas diariamente, pela manhã e à tarde, quando foram obtidos os potenciais para cada vaso e cada tratamento.

3.2.7 Condução das plantas e tratos culturais

O transplântio foi realizado com duas mudas de pinhão-manso por vaso em 03/12/2008 e, após 15 dias, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso, os quais foram dispostos de modo que o espaçamento entre plantas fosse de 1,0 x 0,5 m.

O controle de pragas e enfermidades foi realizado por pulverizações semanais, utilizando-se acaricida à base de enxofre e fungicida, a fim de prevenir o desenvolvimento de pragas e doenças.

3.2.8 Características avaliadas

As avaliações foram realizadas durante um período de 146 dias de cultivo em casa de vegetação, contabilizados a partir do transplântio das plantas para os vasos. Foram avaliadas as seguintes características:

3.2.8.1 Características relacionadas às plantas

A coleta dos dados de altura da planta, diâmetro de caule e número de folhas foi realizada no início do experimento e aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140 e 146 dias após o transplante (DAT). Para cada característica, os seguintes procedimentos foram utilizados:

. a determinação da altura foi realizada com trena métrica, medindo-se do colo da planta ao seu meristema apical desde o transplante das mudas nos vasos;

. a determinação do diâmetro do caule foi realizado 1 cm acima do solo na região do colo da planta, utilizando-se um paquímetro de precisão de 0,02 mm;

. a determinação do número de folhas foi realizada com a contagem das folhas.

Ao término do experimento, foram coletadas todas as folhas de cada planta e foi determinada a área foliar, com o auxílio de um medidor de área foliar de marca LI-Cor, modelo LI-3100.

Para a obtenção da massa fresca e seca, foi realizado, ao final do experimento, o corte das plantas, em que se separaram folhas, ramos e caule. Fez-se, então, em balança de precisão, a pesagem da massa fresca desses materiais. Após a obtenção da massa fresca, as partes da planta foram secas em estufa, a 70°C, até atingirem peso constante e, em seguida, pesados em balança de precisão, determinando-se a massa seca de folhas, ramos mais caule e raízes. O teor de massa seca da parte área (TMSA) foi calculado utilizando-se a equação abaixo.

$$TMSA = \frac{MSPA}{MFPA} \cdot 100 \quad (5)$$

em que

MSPA = soma da massa seca do ramo, caule e folhas;

MFPA = soma da massa fresca do ramo, caule e folhas.

3.2.8.2 Características relacionadas ao solo

Aos 30 DAT, 90 DAT e ao final do experimento, foram retiradas amostras de solo dos vasos na camada 0 a 20 cm, para avaliar a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Esta foi determinada seguindo a metodologia proposta por Richards (1954) e consistiu na agitação de 200 g da amostra de solo com espátula, em recipiente plástico de 600 mL, com adição gradual de água destilada, até que a mesma apresentasse as características desejadas, como superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula. Após o preparo da pasta, as amostras foram colocadas em repouso por 24 horas e, em seguida, foi retirado o extrato por sucção, determinando a CEes por meio de condutivímetro.

3.2.8.3 Características climáticas dentro da casa de vegetação

Foi instalado, dentro da casa de vegetação, um termo-higrômetro digital para medir a temperatura e a umidade relativa do ar. As medidas foram realizadas diariamente, sempre às 16 horas.

3.2.9 Análises estatísticas dos dados

A análise estatística foi realizada utilizando-se programa Sisvar (Ferreira, 2000) e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Efeito da salinidade sobre a germinação de sementes de pinhão-mansó

4.1.1 Germinação

Os resultados referentes à germinação das sementes submetidas a diferentes níveis de salinidade estão apresentados na Tabela 5 e na Figura 6. Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise de variância, do coeficiente de variação e do teste de média. Verifica-se que houve efeito significativo ($P < 0,01$) de níveis de salinidade sobre a percentagem de germinação. O coeficiente de variação para percentagem de germinação foi de 8,72%, o que é considerado baixo, de acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985).

Ainda na Tabela 5, na qual se encontram as médias de germinação de sementes de pinhão-mansó, verifica-se uma redução de 28,97%, ao comparar o N7 (12 dS m⁻¹) com o N1 (0,02 dS m⁻¹). Também se verifica que só houve diferença significativa entre os tratamentos nos níveis acima de 8 dS m⁻¹.

Observa-se que houve efeito quadrático significativo ($P < 0,01$) da salinidade sobre a percentagem de germinação. Por meio da curva de regressão (Figura 6), constata-se que a percentagem de germinação teve um pequeno aumento no nível estimado de 2 dS m⁻¹, para, então, decrescer lentamente.

Redução da germinação com o aumento da salinidade também foi observada por Lima et al. (2005), Machado Neto et al. (2006) e Lima et al. (2007), em estudo com arroz, feijão e algodão, respectivamente.

TABELA 5 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para percentagem de germinação (PG) do pinhão-mansão, em diferentes níveis de salinidade.

Causa da variância	PG
	Teste F
Salinidade	14,455**
Regressão Polinomial Linear	67,687**
Regressão Polinomial Quadrática	16,804**
Q. M. Resíduo	50,61
CV (%)	8,72
Salinidade	Médias
	%
N ₁ (0,02 dS m ⁻¹)	88,0ab
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	90,0a
N ₃ (4 dS m ⁻¹)	87,5ab
N ₄ (6 dS m ⁻¹)	85,0ab
N ₅ (8 dS m ⁻¹)	81,5ab
N ₆ (10 dS m ⁻¹)	76,5 b
N ₇ (12 dS m ⁻¹)	62,5 c

** significativo, a 0,01 de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

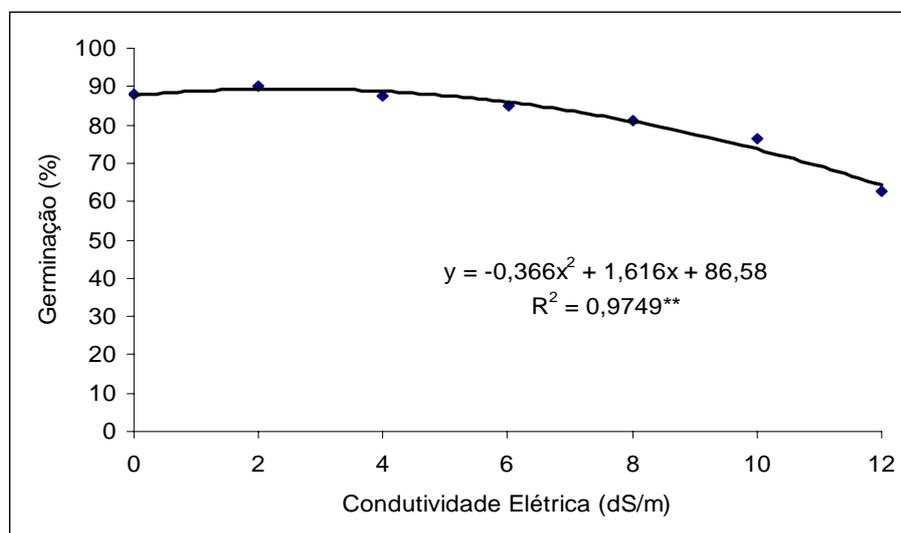


FIGURA 6 Percentagem de germinação de plântulas de pinhão-mansão em função de diferentes níveis de salinidade testados.

4.1.2 Primeira contagem de germinação

Na Tabela 6 encontram-se os resultados da análise de variância para primeira contagem de germinação, o coeficiente de variação e o teste de média deste parâmetro. Observa-se, na mesma Tabela, que houve influência significativa ($P < 0,01$) dos níveis de salinidade sobre o vigor (primeira contagem de germinação) das sementes de pinhão-manso. O coeficiente de variação obtido para a primeira contagem de germinação foi de 17,58%, considerado médio, conforme a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985).

Pela curva de regressão (Figura 7), constata-se uma redução acentuada na germinação (PCG), conforme aumenta a condutividade elétrica. Essa redução foi da ordem de 78% quando se compara o nível N7 (12 dS m^{-1}) com o nível N1 ($0,02 \text{ dS m}^{-1}$) e uma redução média de 6,5% por unidade de salinidade.

Comparando-se os dados da germinação no final e na primeira contagem, percebe-se que a germinação progride à medida que avança o tempo entre a primeira e a última leitura, chegando a ter boa germinação em boa parte dos níveis de salinidade no final. Tal fato deve-se, possivelmente, às características próprias da cultura em superar o potencial osmótico a que foi submetido, o que torna mais evidenciado o efeito tóxico dos sais às sementes.

De acordo com Hadas (1976), a atividade enzimática é atrasada com a diminuição do potencial hídrico externo e provoca atraso no desenvolvimento meristemático e na emergência de radícula.

TABELA 6 Resumo da análise de variância (ANOVA) e médias para primeira contagem de germinação (PCG) do pinhão-mansão, em diferentes níveis de salinidade.

Causa da Variância	PCG
	Teste F
Salinidade	74,023**
Regressão Polinomial Linear	431,191**
Regressão Polinomial Quadrática	7,527**
Q. M. Resíduo	67,43
CV (%)	17,58
Salinidade	Médias
	%
N ₁ (0,02 dS m ⁻¹)	82,0a
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	74,5a
N ₃ (4 dS m ⁻¹)	56,5b
N ₄ (6 dS m ⁻¹)	41,5c
N ₅ (8 dS m ⁻¹)	30,5cd
N ₆ (10 dS m ⁻¹)	24,0 d
N ₇ (12 dS m ⁻¹)	18,0 d

** significativo, a 0,01 de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

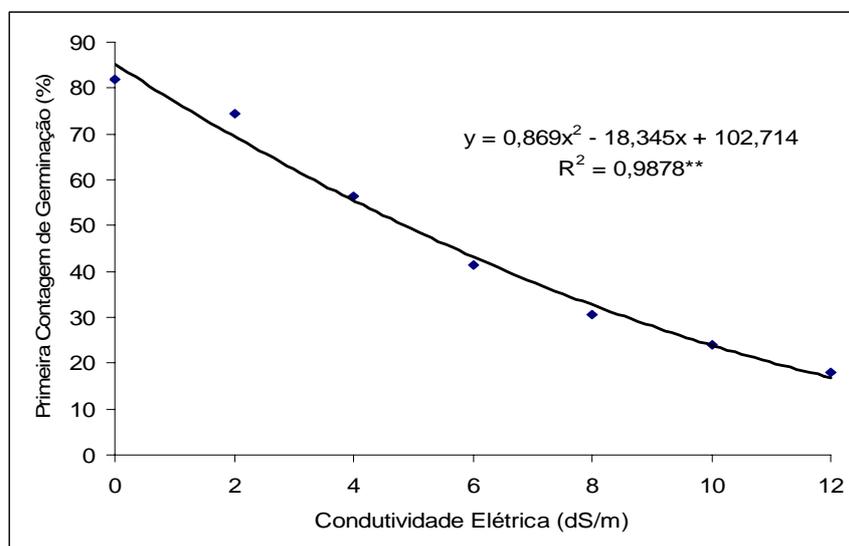


FIGURA 7 Percentagem de germinação de plântulas de pinhão-mansão na primeira contagem, em função de diferentes níveis de salinidade testados.

4.1.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Na Tabela 7 e na Figura 8 são mostradas, respectivamente, a curva de regressão e a análise de variância do índice de velocidade de germinação. Verifica-se que o IVG foi afetado pelos níveis de salinidade, ao observar que, à medida que aumentou a concentração dos sais na solução, houve redução na velocidade de germinação. Os tratamentos com $CE = 0,02$ e 2 dS m^{-1} apresentaram melhores resultados, não diferindo estatisticamente entre si. Verificou-se redução de 44,80% no IVG, ao comparar o N7 com o N1, enquanto a germinação foi reduzida em 28,97%. Esses dados mostram que o IVG é mais sensível aos efeitos da salinidade do que a germinação.

Isso pode ser explicado pelos potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, que promovem redução drástica da absorção de água pelas sementes (Bansal et al., 1980), podendo retardar ou reduzir a velocidade de germinação em muitas espécies vegetais, por interferir na hidratação das sementes (Lima et al., 2005).

Segundo Mayer & Poljakoff-Mayber (1989), com a falta de energia para iniciar o processo germinativo, obtida por incrementos na taxa respiratória após a embebição das sementes e em baixos potenciais hídricos, a absorção de água se processa de forma muito lenta ou pode até não ocorrer.

TABELA 7 Resumo da análise de variância (ANOVA) e médias para o índice de velocidade de germinação (IVG) do pinhão-mansão, em diferentes níveis de salinidade.

Causa da Variância	IVG
	Teste F
Salinidade (S)	59,988**
Regressão Polinomial Linear	355,104**
Regressão Polinomial Quadrática	0,216 ^{ns}
Q. M. Resíduo	0,1418
CV (%)	7,31
Salinidade	Médias
N ₁ (0,02 dS m ⁻¹)	6,63a
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	6,18a
N ₃ (4 dS m ⁻¹)	5,39b
N ₄ (6 dS m ⁻¹)	5,13b
N ₅ (8 dS m ⁻¹)	4,73c
N ₆ (10 dS m ⁻¹)	4,32d
N ₇ (12 dS m ⁻¹)	3,66e

** significativo, a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

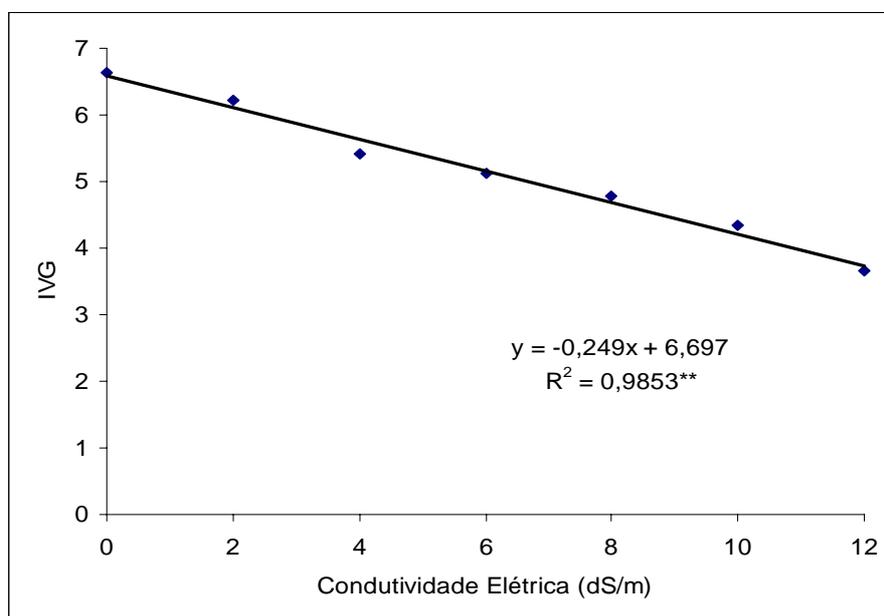


FIGURA 8 Índice de velocidade de germinação de plântulas de pinhão-mansão, em função de diferentes níveis de salinidade testados.

4.1.4 Tempo para 50% da germinação (T50)

Na Tabela 8 e na Figura 9 apresentam-se os resultados referentes ao tempo para ocorrência de 50% da germinação (T50). Os resultados da análise de variância, do coeficiente de variação e do teste de média estão apresentados na Tabela 8. Verifica-se que houve efeito significativo de níveis de salinidade sobre o T50 ($P < 0,01$). O coeficiente de variação para percentagem de germinação foi de 7,37%, o que é considerado baixo, de acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985).

Constata-se um comportamento linear ($P < 0,01$), com aumento no número de dias, para que 50% das sementes germinassem, à medida que a condutividade elétrica foi aumentada. Quanto menor o número de dias para atingir o T50, mais rápida é a germinação e maior é o potencial de desenvolvimento da planta (Figura 9). Assim, é possível conferir que quanto maior a salinidade, maiores são os danos à germinação e, conseqüentemente, a velocidade de emissão de plântulas é prejudicada.

TABELA 8 Resumo da análise de variância (ANOVA) e médias para o tempo para a ocorrência de 50% de germinação (T50) do pinhão-mansão, em diferentes níveis de salinidade.

Causa da variância	T50
	Teste F
Salinidade	46,088**
Regressão Polinomial Linear	271,945**
Regressão Polinomial Quadrática	0,84 ^{ns}
Q. M. Resíduo	0,0905
CV (%)	7,37
	Médias
	Dias
N ₁ (0,02 dS m ⁻¹)	3,14a
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	3,34a
N ₃ (4 dS m ⁻¹)	3,81b
N ₄ (6 dS m ⁻¹)	4,10bc
N ₅ (8 dS m ⁻¹)	4,33cd
N ₆ (10 dS m ⁻¹)	4,62d
N ₇ (12 dS m ⁻¹)	5,21e

** significativo, a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

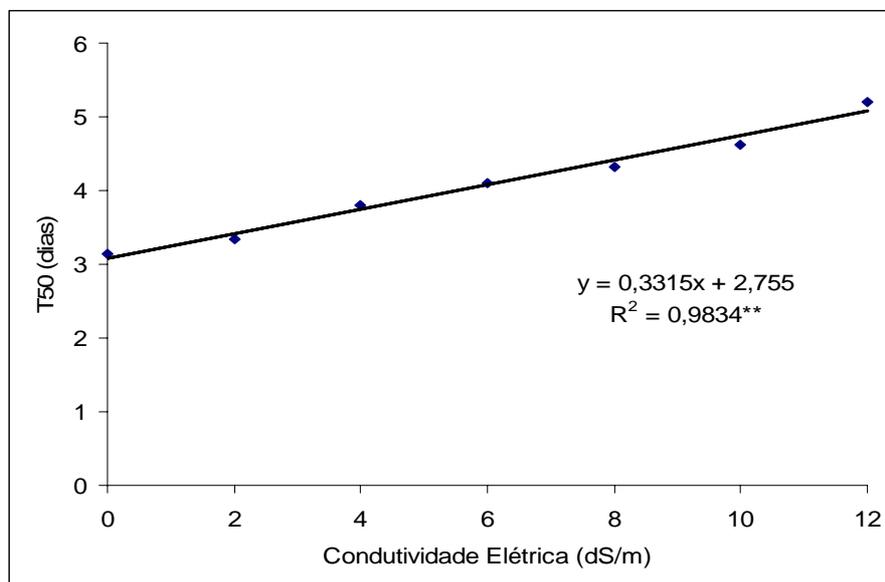


FIGURA 9 Tempo necessário para germinação de 50% de sementes de pinhão-mansão, em função dos diferentes níveis de salinidade estudados.

4.2 Experimento II – Efeito da salinidade sobre o desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-mansó

4.2.1 Características climáticas

As temperaturas máximas e mínimas e as umidades relativas máximas e mínimas estão apresentadas nas Figuras 10 e 11, respectivamente. As temperaturas máximas atingidas no interior da casa de vegetação ficaram entre 41,6°C e 25,0°C, com média máxima de 33,4°C, enquanto as temperaturas mínimas atingidas no mesmo período ficaram entre 22,1°C e 6,6°C, com média mínima de 18,4°C. De acordo com Purdue University (1998), citado por Saturnino et al. (2005), para o pinhão-mansó, temperaturas médias anuais entre 28,5°C e 18,0°C são as mais favoráveis.

As umidades relativas máximas encontradas ficaram entre 94% e 76%, enquanto as mínimas ficaram entre 70% e 19%, com médias máximas e mínimas de 85,5% e 41,9%, respectivamente (Figura 11).

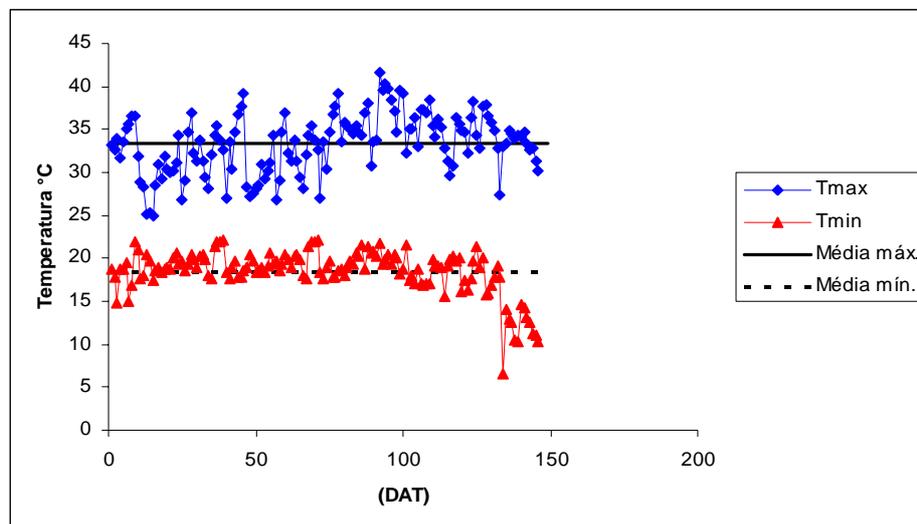


FIGURA 10 Temperatura (° C) máxima e mínima e suas respectivas médias máximas e mínimas, dentro da casa de vegetação.

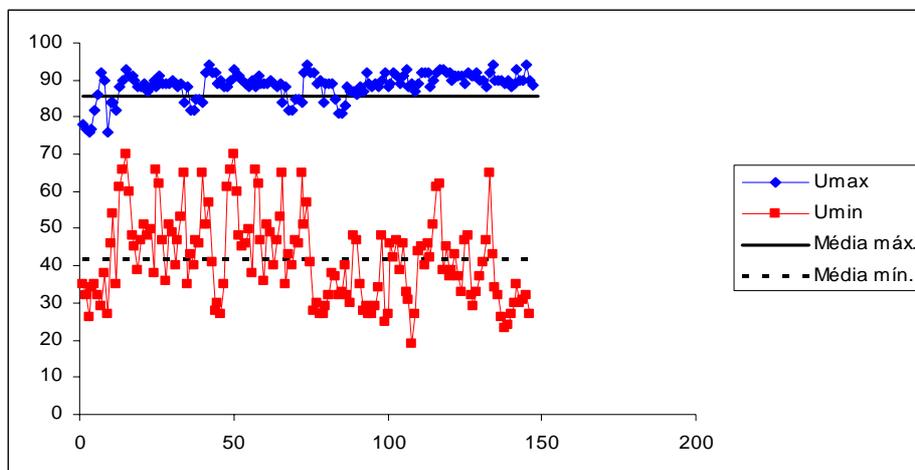


FIGURA 11 Umidade relativa do ar (%) máxima e mínima e suas respectivas médias máximas e mínimas, dentro da casa de vegetação.

4.2.2 Frequência de irrigação e lâmina aplicada

Na Tabela 9 apresentam-se o número de irrigação e a lâmina média total aplicada para cada nível de salinidade. Observa-se que foi aplicada uma maior lâmina média total para os níveis 0,02 e 2,0 dS m^{-1} , reduzindo conforme aumentou a salinidade. Já na Figura 12, apresenta-se a frequência de irrigação em relação ao período estudado, isto é, o dia em que foi efetuada a irrigação para cada nível de salinidade quando a tensão de água no solo atingia o valor médio de 20 kPa. Verifica-se que, inicialmente, as irrigações, para todos os níveis de salinidade, foram realizadas nos mesmos períodos e em intervalos mais espaçados, isto devido (a) ao fato de a salinidade não afetar a disponibilidade de água no solo e (b) ao consumo de água pelas plantas até aproximadamente 50 DAT ter sido reduzido nesta fase de crescimento da planta. A partir de então, as irrigações foram realizadas diferentemente para cada nível, tendo um maior número de irrigação para os níveis 0,02 dS m^{-1} e 2,0 dS m^{-1} , seguido pelo 4,0 dS m^{-1} , com reduções consideráveis para os níveis 6,0 dS m^{-1} e 8,0 dS m^{-1} . Medeiros & Gheyi (1997) explicam que o aumento da pressão osmótica

provocado pela salinidade poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente, a planta não conseguirá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido.

TABELA 9 Número de irrigação e a lâmina média total aplicada para cada nível de salinidade estudado.

Água de irrigação (dS m ⁻¹)	Número de irrigação	Lâmina média total aplicada (mm)
0,02	20	1644
2,0	18	1480
4,0	12	986
6,0	9	740
8,0	8	658

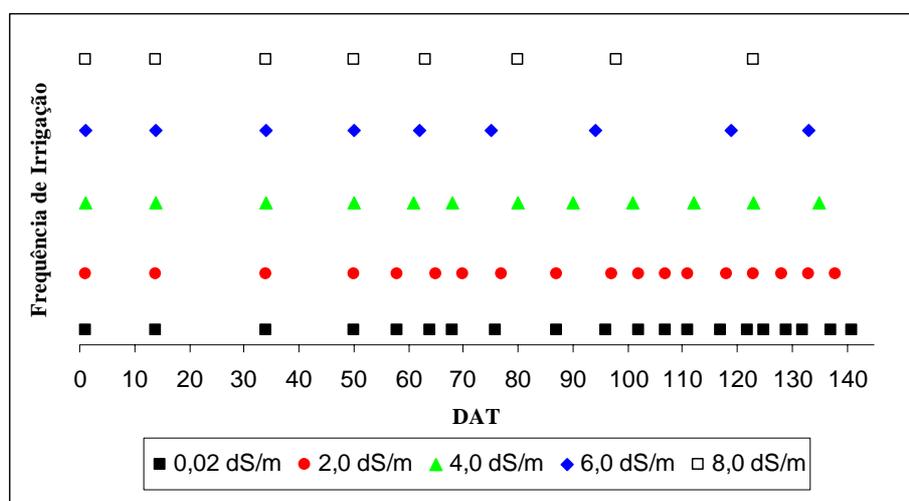


FIGURA 12 Frequência de irrigação em relação ao DAT, para cada nível de salinidade estudado.

4.2.3 Características das plantas

4.2.3.1 Altura

A altura das plantas para cada nível de salinidade da água é apresentada na Figura 13. Observa-se que as curvas de altura para as diferentes salinidades da água começaram a se distanciar ao decorrer do período estudado, podendo-se constatar que a altura das plantas foi influenciada pelos níveis de salinidade ao longo do tempo, ocorrendo um decréscimo da ordem de 48,77% do nível mais alto (8,0 dS m⁻¹) em relação à testemunha (0,02 dS m⁻¹), representando um decréscimo médio de 6,10% por unidade de salinidade da água de irrigação.

Pelos dados da Figura 13 e da Tabela 10 verifica-se que a altura das plantas teve um comportamento linear para os níveis 0,02, 2,0 e 4,0 dS m⁻¹ e quadrático para os níveis 6,0 e 8,0 dS m⁻¹, mostrando que os dois níveis mais altos foram mais prejudiciais ao crescimento da planta.

Observa-se também que a taxa de crescimento da planta, inicialmente, é menor até 42 DAT, com aumentos crescentes dos 56 DAT aos 126 DAT e, posteriormente, com aumentos decrescentes nas duas últimas avaliações (140 e 146 DAT). Esta menor taxa de crescimento final, assim como o curto intervalo entre as avaliações, deve-se ao fator clima, pois, com dias mais frios (Figura 7 e 8), o pinhão-manso entra em estado de dormência e, conseqüentemente, diminui seu crescimento, ocorrendo também a perda natural das folhas, conforme relatam Saturnino et al. (2005).

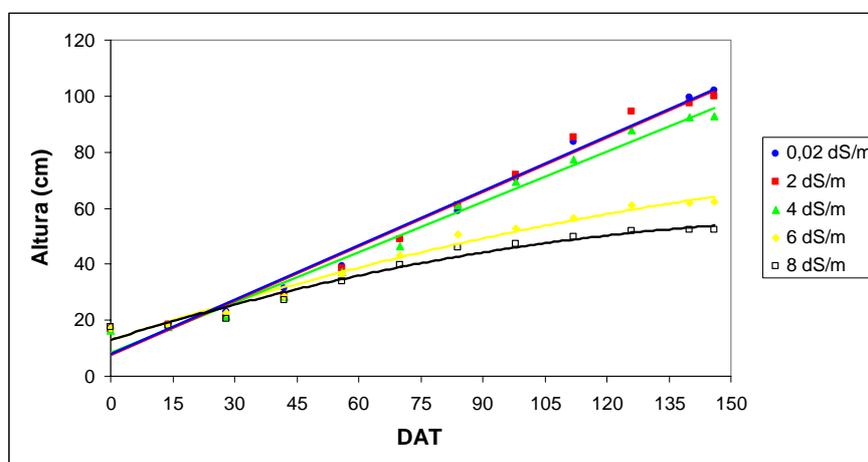


FIGURA 13 Dados de altura da planta (cm), em função de DAT e curvas de regressão para os diversos tratamentos.

TABELA 10 Equações de regressão para a altura da planta (cm), em função dos DAT para os diversos tratamentos.

Água de irrigação CE (dS m ⁻¹)	Equações	R ²
0,02	Altura = 0,645x + 8,08	0,9822**
2,0	Altura = 0,647x + 7,47	0,9782**
4,0	Altura = 0,597x + 8,45	0,9817**
6,0	Altura = -0,0009 x ² + 0,489x + 12,81	0,9825**
8,0	Altura = -0,0012 x ² + 0,455x + 13,01	0,9694**

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Segundo Ayers & Westcot (1999), a limitação do crescimento das culturas ocorre devido à necessidade de gasto de mais energia para absorver água do solo, em consequência do decréscimo no componente osmótico do potencial hídrico do solo com o aumento da salinidade.

As plantas que crescem em meio salino tendem a apresentar menor tamanho (Klar, 1984). De acordo com Richards (1954), o acúmulo de sais solúveis em quantidades excessivas poderá afetar o crescimento e o rendimento das plantas mediante um ou mais mecanismos.

O efeito negativo da salinidade sobre o crescimento das culturas foi constatado também na bananeira (Araújo Filho, 1991); no milho e no feijão (Trajano, 1992); no algodão (Arruda, 1999; Jacomé et al., 2003) e na goiabeira (Távora et al., 2001). Na mamoneira, cultura da mesma família do pinhão-manso, observou-se também decréscimo conforme o aumento da salinidade, (Cavalcanti, 2003; Silva et al., 2008). Silva et al. (2008) observaram decréscimos relativos de 62,92% para o nível 6,7 dS/m, comparados ao nível 0,7 dS/m, com reduções consideráveis da altura a partir de 4,7 dS m⁻¹.

4.2.3.2 Diâmetro

Verifica-se, pelo gráfico da Figura 14, que o diâmetro do caule (DC) foi afetado pela salinidade ao longo do tempo. Observa-se um decréscimo da ordem de 36,02% do nível de 8,0 dS m⁻¹, em relação ao 0,02 dS m⁻¹, representando um decréscimo médio de 4,5% por unidade de salinidade da água de irrigação aos 145 DAT. Constata-se, pelas equações apresentadas na Tabela 11, que os níveis 0,02 e 2,0 dS m⁻¹ tiveram efeito linear e os níveis 4,0, 6,0 e 8,0 dS m⁻¹, efeito quadrático. Esta diferença no comportamento dos dados deve-se ao fato de ter ocorrido um maior decréscimo no crescimento para os três últimos níveis, comparado aos dois primeiros níveis de salinidade.

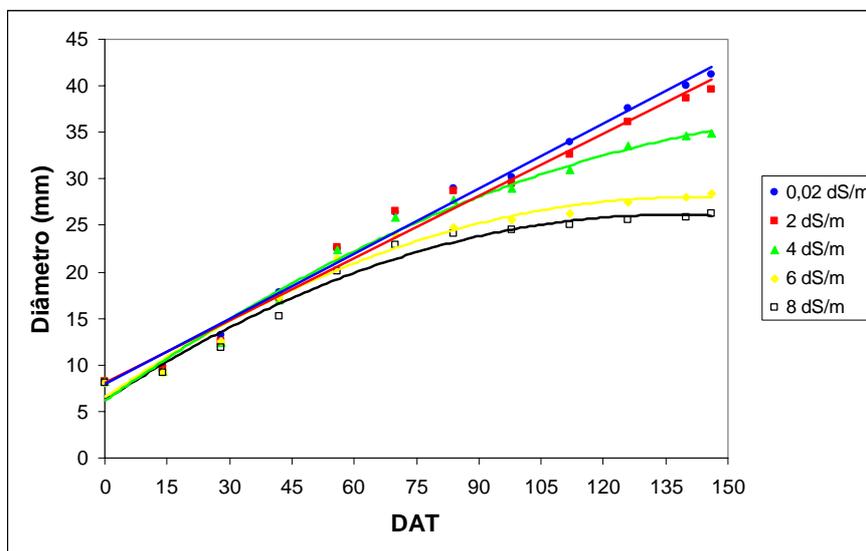


FIGURA 14 Dados de diâmetro do caule (mm), em função de DAT e curvas de regressão para diversos tratamentos.

TABELA 11 Equações de regressão para o diâmetro do caule (mm), em função dos DAT para os diversos tratamentos.

Água de irrigação CE (dS m ⁻¹)	Equações	R ²
0,02	Diâmetro = 0,233x + 8,01	0,9907**
2,0	Diâmetro = 0,223x + 8,15	0,9827**
4,0	Diâmetro = -0,0008x ² + 0,315x + 6,18	0,9856**
6,0	Diâmetro = -0,0011x ² + 0,309x + 6,49	0,9801**
8,0	Diâmetro = -0,001x ² + 0,291x + 6,25	0,9756**

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Reduções no diâmetro do caule, devido ao aumento do nível de salinidade da água de irrigação, foram igualmente observadas em trabalho com mamoneira (Silva et al., 2008) e algodoeiro (Siqueira et al., 2005).

4.2.3.3 Número de folhas

Verifica-se, pelo gráfico da Figura 15, que o número de folhas das plantas teve comportamento linear para os níveis 0,02, 2,0 e 4,0 dS m⁻¹, sendo os

níveis 2,0 e 4,0 dS m⁻¹ superiores ao 0,02 dS m⁻¹; já os níveis 6,0 e 8,0 dS m⁻¹ tiveram comportamento quadrático, havendo decréscimo considerável no número de folhas.

Observa-se, no gráfico da Figura 15, que a salinidade teve efeito positivo para o número de folhas para os níveis 2,0 e 4,0 dS m⁻¹, ou seja, a salinidade da água de irrigação aumentou o número de folhas por planta. A razão provável de tal acontecimento pode ser a aplicação dos nutrientes cálcio e potássio presentes nos sais utilizados na salinização da água de irrigação.

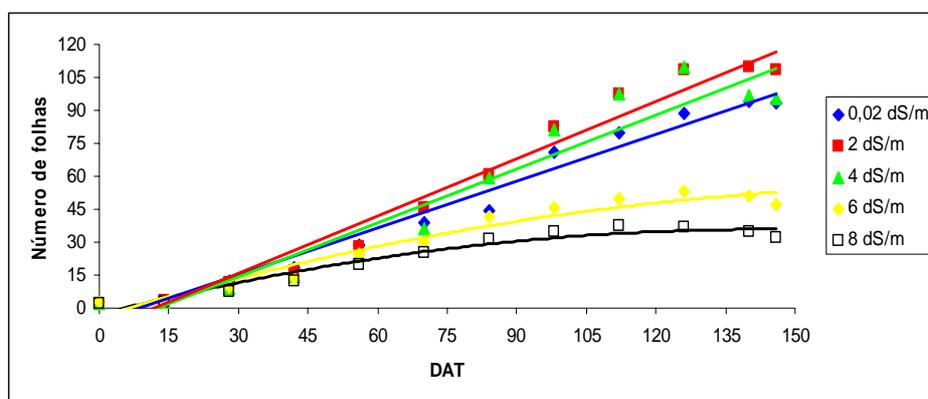


FIGURA 15 Dados de número de folhas em função de DAT e curvas de regressão para o para diversos tratamentos.

TABELA 12 Equações de regressão para o número de folhas, em função dos DAT para os diversos tratamentos.

Água de irrigação CE (dS m ⁻¹)	Equações	R ²
0,02	Nº de folhas = 0,712x - 6,42	0,9731**
2,0	Nº de folhas = 0,868x - 10,05	0,9662**
4,0	Nº de folhas = 0,818x - 10,14	0,9259**
6,0	Nº de folhas = -0,0017x ² + 0,64 - 4,05	0,9541**
8,0	Nº de folhas = -0,0019x ² + 0,54x - 2,89	0,9509**

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

4.2.3.4 Área foliar

Observando-se o gráfico da Figura 16 e os dados da Tabela 13, constata-se que a área foliar foi afetada significativamente pelo aumento da salinidade da água de irrigação. Entretanto, observa-se que o maior valor de área foliar foi obtido com o nível de salinidade de 2 dS m⁻¹, o que se deve, provavelmente, à presença de cálcio e potássio, aplicados via água de irrigação.

Acima do nível de 2 dS m⁻¹, ocorreu um acentuado decréscimo nessa variável. Segundo Lauchli & Epstein (1990) e Araújo (1994), a redução da área foliar decorre, provavelmente, da diminuição do volume das células que reduz a atividade fotossintética, o que contribui, de certo modo, para a adaptação das culturas à salinidade.

Esta característica apresentou decréscimo da ordem de 81,9% do nível 8,0 dS m⁻¹ em relação ao nível 0,02 dS m⁻¹.

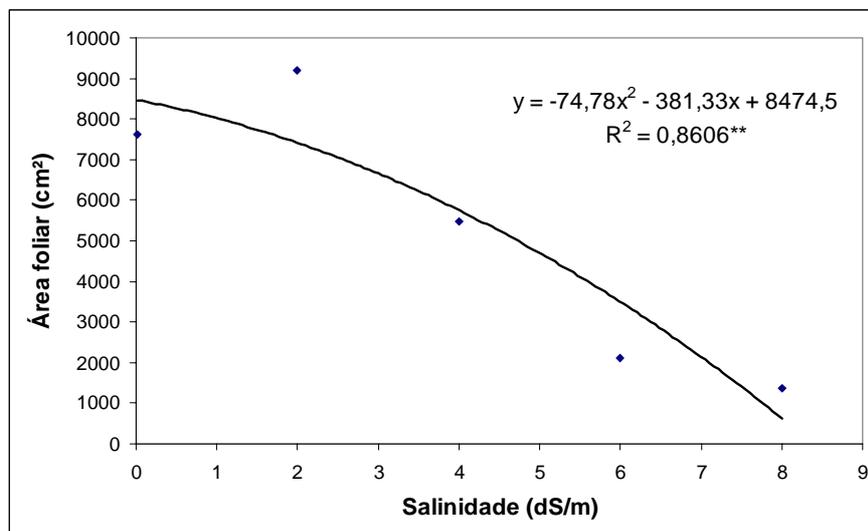


FIGURA 16 Dados de área foliar (cm²), em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

TABELA 13 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para área foliar do pinhão-mansão em diferentes níveis de salinidade.

Causa da variância	AF
	Teste F
Salinidade	259,002**
Regressão Polinomial Linear	863,686**
Regressão Polinomial Quadrática	27,894**
Q. M. Resíduo	222006,59
CV (%)	9,14
Salinidade	Médias
	cm ²
N ₁ (0,02 dS m ⁻¹)	7621,09b
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	9190,53 ^a
N ₃ (4 dS m ⁻¹)	5463,67c
N ₄ (6 dS m ⁻¹)	2112,80d
N ₅ (8 dS m ⁻¹)	1375,75d

** significativo, a 0,01 de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula ou minúscula, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

4.2.3.5 Massa fresca e massa seca de caule e de folhas, massa seca de raízes e teor de massa seca da parte aérea

Os gráficos da Figura 17 representam o comportamento da massa fresca e seca do caule e das folhas, massa seca das raízes e o teor de massa seca da parte aérea, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e, na Tabela 14, encontra-se o resumo da análise de variância para estas características, bem como suas médias.

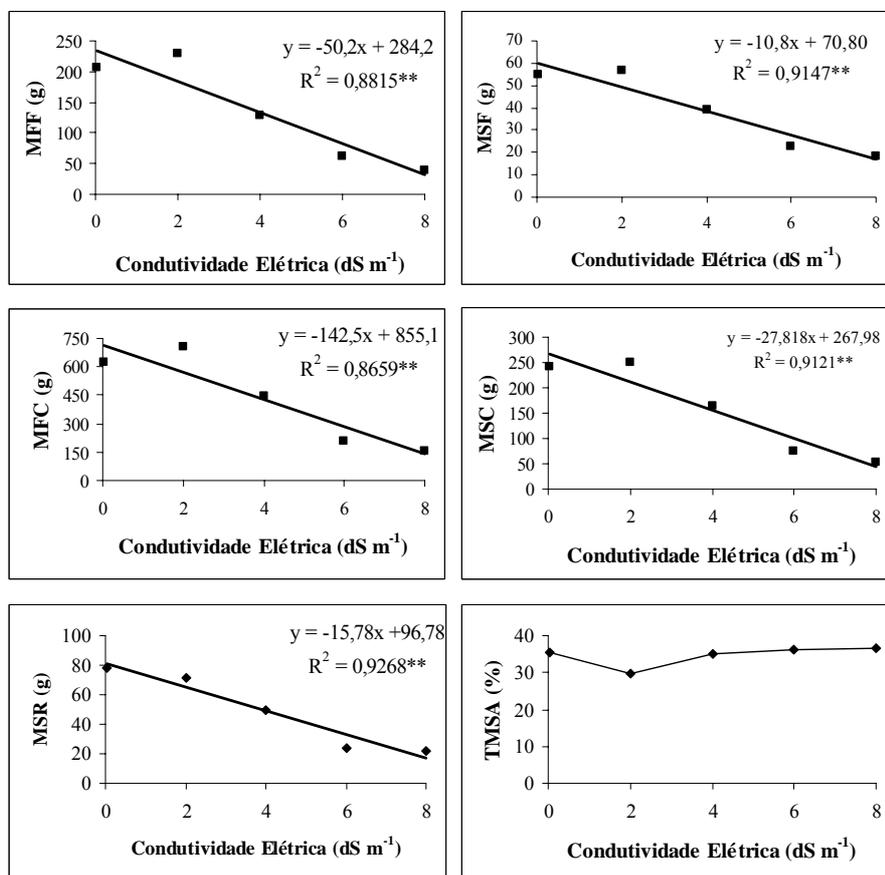


FIGURA 17 Dados observados e curvas de regressão das características massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC), massa seca das raízes (MSR) e o teor de massa seca da parte aérea (TMSA) em relação aos níveis de salinidade, aos 146 DAT

TABELA 14 Resumo da ANOVA para a massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa seca das raízes (MSR) e teor de massa seca da parte aérea (TMSA).

Fator de variação	G.L.	Q.M					
		MFF	MSF	MFC	MSC	MSR	TMSA
Salinidade	4	35736,5**	1594,0**	293121,5**	36071,5**	3358,5**	37,37 ^{ns}
Resíduo	20	146,5	10,5	1791,0	844,0	13,7	19,38
Média		133,6	38,4	427,6	150,6	49,44	34,67
CV (%)		9,06	8,44	9,90	19,29	7,49	12,70

**Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F. ns não significativo

Por meio da Figura 17, pode-se constatar que as características massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca do caule (MFC) e massa seca do caule (MSC) foram afetadas pela salinidade da água de irrigação. Observa-se que essas características tiveram o mesmo comportamento que a área foliar. Apesar de a tendência mostrar um decréscimo linear e decrescente com o aumento do nível salino, somente ocorreu decréscimo quando o nível de salinidade foi superior a 2 dS m⁻¹.

Já a massa seca das raízes (MSR) teve comportamento linear e decrescente, isto é, esta variável foi afetada com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação.

Wanderley (2005) relata que a massa verde possibilita interpretar o suprimento hídrico da planta e a massa seca representa fisiologicamente o crescimento da planta ao longo do ciclo e pode, ainda, representar a fotossíntese líquida.

Constatou-se que a massa seca e verde diferiu significativamente, a 1%, em função dos níveis de salinidade, para todas as características avaliadas. Na Figura 17 observam-se as equações de regressão, demonstrando bom ajuste das

mesmas. Para a massa seca de caule e de folhas, observam-se decréscimos da ordem de 78,10% e 67,27%, respectivamente, do nível 8,0 dS m⁻¹ em relação a 0,02 dS m⁻¹. Para a massa fresca de caule e folhas, observou-se decréscimos da ordem de 80,67% e 74,96% do nível 8,0 dS m⁻¹ em relação a 0,02 dS m⁻¹, respectivamente. Observou-se também decréscimo da ordem de 8,99% por unidade de salinidade da água de irrigação na massa seca da raiz.

O teor de massa seca da parte aérea (TMSA) não foi significativo pelo teste F (tabela 14). Medeiros (1998), trabalhando com pimentão e Figueirêdo et al. (2006) com café, também não encontraram diferenças no teor de massa seca com os níveis de salinidade da água. Figueiredo et al. (2006) relatam que diferença nessa variável pode ser mais bem constatada em um tempo maior de exposição da cultura aos níveis de salinidade.

4.2.4 Evolução da salinidade do solo

Na Tabela 15 são apresentados os valores da condutividade elétrica do extrato saturado do solo, medidos em três diferentes períodos. Nesses três períodos avaliados, houve aumento da salinidade do solo com a salinidade da água de irrigação. Apenas com a água de irrigação 0,02 dS m⁻¹, a condutividade elétrica do solo reduziu-se, passando de 2,2 dS m⁻¹ para 1,97, 1,46 e 0,67 dS m⁻¹ aos 30, 90 e 146 DAT, respectivamente. O sinal negativo (-) na Tabela 15 indica redução da salinidade em relação à inicial. Resultado semelhante foi observado por Santana et al. (2003). Esta redução deve-se às lâminas lixiviadas, ao efetuar as irrigações. Verifica-se, porém, que isso não evitou o aumento da CEes nos outros tratamentos. Para os níveis 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS m⁻¹, observaram-se, ao final do experimento, valores de CEes de 4,06; 8,91; 12,83 e 17,25 dS m⁻¹, respectivamente.

Souza (1995), estudando o comportamento do feijoeiro cultivar Eriparza, e irrigando com diferentes níveis de salinidade da água, observou evolução na

condutividade elétrica do solo proporcional aos tratamentos, ou seja, o efeito da água na solução do solo foi diretamente proporcional à concentração de sais na água de irrigação. Resultados semelhantes também foram encontrados por Borella (1986), em estudo conduzido com a cultura do feijoeiro. Gervásio et al. (2000), trabalhando com alface-americana e irrigando sob diferentes níveis de salinidade da água, também encontraram elevados níveis de sal no extrato do solo com o aumento da condutividade elétrica da água, após colheita da cultura.

TABELA 15 Valores da condutividade elétrica do extrato saturado do solo, função da salinidade da água de irrigação, em três períodos de análise.

Água de irrigação (dS m ⁻¹)	CEes (dS m ⁻¹) aos 30 DAT	Aumento da CEes (%) aos 30 DAT	CEes (dS m ⁻¹) aos 90 DAT	Aumento da CEes (%) aos 90 DAT	CEes (dS m ⁻¹) aos 146 DAT	Aumento da CEes (%) aos 146 DAT
0,02	1,97	-10,3	1,46	-33,8	0,67	-69,4
2,0	2,86	30,1	3,45	56,7	3,98	80,8
4,0	4,87	121,5	7,49	240,5	8,91	305,0
6,0	8,69	295,1	11,08	403,5	12,83	483,1
8,0	9,79	348,2	13,52	514,5	17,25	684,0

* Condutividade elétrica do extrato inicial do solo após a adubação = 2,2 dS m⁻¹.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

Em relação ao experimento I:

- verificou-se efeito significativo da salinidade, a 1% de probabilidade sobre a percentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo para 50% de germinação;

- a percentagem de germinação do pinhão-manso foi afetada quando o nível de salinidade foi superior a 8 dS m^{-1} ;

- a primeira contagem de germinação e o índice de velocidade de germinação foram significativamente reduzidos com o aumento da salinidade. Já o tempo para 50% de germinação aumentou com aumento da salinidade.

Em relação ao experimento II:

- os níveis crescentes de salinidade da água de irrigação ocasionaram uma redução nas variáveis vegetativas e no consumo hídrico;

- o crescimento inicial do pinhão-manso foi significativamente prejudicado quando a água de irrigação foi superior a 2 dS m^{-1} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. 1994. 87 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; CARVALHO, F. C. Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 63-75.
- ARAÚJO FILHO, J. B. **Efeitos de diferentes níveis de salinidade de solo na composição química da folha e crescimento de cultivares de bananeira (Musa sp.)**. 1991. 87 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- ARRUDA, F. P. de. **Emissão/abscisão de órgãos reprodutivos do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7h, em função do sistema de manejo do solo e dos estresses hídrico e salino**. 1999. 133 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan./abr. 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Hans Raj Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Hans Raj Gheyi et al. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29).
- BANSAL, R. P.; BHATI, P. R.; SEN, D. N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v. 22, n. 5, p. 327-331, Nov. 1980.
- BILICH, F.; SILVA, R. da. **Análise do potencial brasileiro na produção de biodiesel**. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/agricultura/AnalisePotencial.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2008.

BLANCO, F. F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. 1999. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Emergence and growth of corn and soybean under saline stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 451-459, set./out. 2007.

BORELLA, J. E. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) e na salinização do solo**. 1986. 82 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba.

BRASIL. **Lei nº 11.097**, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 10 mar. 2009.

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

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985. 364 p. (Documentos, 16).

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semi-árido brasileiro. In: _____. **Redelimitação do semi-árido nordestino**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/publicacoes/desenvolvimentoregional/redelimitacao.asp>>. Acesso em: 10 ago. 2007.

BRESLER, E.; McNEAL, B. L.; CARTER, D. L. **Saline and sodic soils: principles, dynamics and modeling**. New York: Springer-Verlag, 1982. 236 p. (Advanced Series in Agricultural Sciences, 10).

CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 513-518, maio/jun. 2003.

CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 443-450, mar./abr. 2003.

CAVALCANTI, M. L. F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. 2003. 46 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G. B.; CARNEIRO, P. T.; OLIVEIRA, J. M. C. de; BELTRÃO, N. E. de M. Índices de crescimento da mamoneira sob efeito salino no início da fase vegetativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

CORDEIRO, G. G. **Salinidade em agricultura**: conceitos básicos e práticos. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, 2001. 38 p.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais**: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231 p.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análise estatística**. Lavras: UFLA, 2000. 63 p.

FERREIRA, L. G. R.; REBOUCAS, M. A. A. Influência da hidratação/desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 609-615, abr. 1992.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, F. G.; SANTOS, D. B. Tolerância da variedade de milho UFVM 100 à salinidade avaliada por meio de três métodos. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 532-544, dez. 2007.

FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, fev. 2006.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F. Vegetative development on grafted cucumber plants irrigated with saline water. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 451-457, set. 2000.

FURTADO, G. D. **Efeito da salinidade e da temperatura na germinação e vigor de plântulas de duas cultivares de milho pipoca (*Zea mays everta*)**. 1998. 118 p. Dissertação (Mestrado em Conservação de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept. 1980.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 125-128, fev. 2000.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383 p.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. **Journal of Experimental Botany**, v. 27, n. 98, p. 480-489, 1976.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. 200 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

JÁCOME, A. G.; OLIVEIRA, R. H.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Crescimento de genótipo de algodoeiro em função da salinidade da água de irrigação. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 305-313, abr./jun. 2003.

- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.
- KOPITTKE, P. M.; MENZIER, N. W. A review of the use of the basic cation saturation ratio and the “ideal” soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 259-265, Feb. 2007.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (Ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. p. 113-137.
- LIMA, C. B.; SANTOS, S. V. F.; SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, M. Influência da água salina nas características físico-químicas do solo e no desenvolvimento da mamoneira cultivada em vasos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 132-136, dez. 2007.
- LIMA, L. A. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 113-136.
- LIMA, L. H. G. M.; MENESES, C. H. S. G.; LIMA, M. M. A.; FERNANDES, P. D.; PEREIRA, W. E.; BRUNO, R. L. A.; VIDAL, M. S. Avaliação fisiológica de sementes de algodão sob estresse salino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2007. 1 CD-ROM.
- LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 54-61, jun. 2005.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.
- MACEDO, R. G. **O futuro chama-se bioenergia**. Disponível em: <http://www.creapr.org.br/crea/html/assessoria_comunicacao/o_futuro_chamae%20_bioenergia%20.htm>. Acesso em: 2 mar. 2008.
- MACHADO NETO, N. B. A.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, F. L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 28, p. 142-148, jan./fev. 2006.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds.** Oxford: Pergamon, 1989. 270 p.

MEDEIROS, A. D.; MELO, J. K. H.; NUNES, T. A.; BARRETO, N. D. S.; RIBEIRO, M. C. C.; OLIVEIRA, L. C. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quiabo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABH, 2006. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, J. F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão.** 1998. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 239-288.

MELO, J. C.; BRANDER JÚNIOR, W.; CAMPOS, R. J. A.; PACHECO, J. G. A.; SCHULER, A. R. P.; STRAGEVITCH, L. Avaliação preliminar do potencial do pinhão manso para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. v. 2, p. 198-203.

MIRAGAYA, J. C. G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

MOTA, P. R. D.; VILAS-BOAS, R. L.; SOUSA, F. V. Concentração de sais da solução avaliada pela condutividade elétrica na zona radicular do crisântemo sob irrigação por gotejamento. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 532-542, dez. 2006.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environmental**, Rockville, v. 25, n. 2, p. 239-250, Feb. 2002.

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 (*Myracrodouon urundeuva* Fr All). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 2, p. 39-42, jun. 2007.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R. (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 1-35.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 8. ed. Piracicaba: ESALQ-USP, 1978. 430 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 541 p.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. **Pinhão-manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7 p.

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

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 443-450, jan./fev. 2003.

SANTOS, C. F.; SCHISTEK, H.; OBERHOFER, M. **No semi-árido, viver é aprender a conviver: conhecendo o semi-árido em busca da convivência**. Juazeiro: IRPAA, 2007. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/br/dmdocuments/nosaviver.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2009.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; NAGASHI, T.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SILVA, M. J. da; SOUZA, J. G. de; BARREIRO NETO, M.; SILVA, J. V. da. Seleção de três cultivares de algodoeiro para tolerância a germinação em condições salinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 655-659, abr. 1992.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 335-342, jul./ago. 2008.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, I. S. S. Fitomassa da mamoneira irrigada com águas de diferentes salinidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UPPB, 2004. 1 CD-ROM.

SIQUEIRA, E. C.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de; SOARES, F. A. L.; BARROS JÚNIOR, G.; CAVALCANTI, M. L. F. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 263-267, 2005. Suplemento.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.** 1995. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDES, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl₂. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 441-446, ago. 2001.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K.; SOUSA, L. A.; RESENDE, P. L.; SILVA, N. D. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel:** manual. Viçosa, MG: CPT, 2007. 220 p.

TRAJANO, M. D. M. **Acumulo de sais no solo e comportamento de algumas plantas tratadas com água salina.** 1992. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

WANDERLEY, T. F. **Avaliação dos efeitos do reuso de águas de esgotos sobre a produtividade e a qualidade microbiológica de cultivares de batata-doce visando à produção de biomassa**. 2005. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Tocantins, Tocantins.

YOSHIOKA, M. H.; LIMA, M. R. **Experimentoteca de solos: salinidade do solo**. Campina Grande: UFPR, 2005. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/mec/3609/3/salinidade%20solo.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2009.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A Resumo da anava das características altura, diâmetro e número de folhas.	63
TABELA 2A Resumo da anava da característica altura da planta, dentro de cada salinidade para estudo de regressão.	63
TABELA 3A Resumo da anava da característica diâmetro de caule, dentro de cada salinidade para estudo de regressão.	64
TABELA 4A Resumo da anava da característica número de folhas da planta, dentro de cada salinidade para estudo de regressão.	65

TABELA 1A Resumo da ANOVA das características altura, diâmetro e número de folhas.

Fator de variação	G.L.	Q.M.		
		Altura	Diâmetro	Números de folhas
Salinidade (Sal)	4	4746,51**	393,48**	12362,25**
DAT	11	15618,18**	2176,31**	23462,12**
Sal*DAT	44	427,14**	28,95**	1026,98**
Resíduo	240	9,78	1,52	43,22
Médias		49,78	23,16	42,10
CV (%)		6,29	5,33	15,62

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

G.L.- Grau de liberdade

Q.M. – Quadrado médio

TABELA 2A Resumo da ANOVA da característica altura da planta, dentro de cada salinidade para estudo de regressão.

Fator de variação	G.L.	Q.M.
DAT (0,02 dS m ⁻¹)	11	5172,59**
Regressão Linear	1	55885,4**
Regressão quadrática	1	467,91**
Desvio	9	60,57**
DAT (2,0 dS m ⁻¹)	11	5226,19**
Regressão Linear	1	56237,13**
Regressão quadrática	1	228,56**
Desvio	9	107,6**
DAT (4,0 dS m ⁻¹)	11	4435,98**
Regressão Linear	1	47902,98**
Regressão quadrática	1	135,91**
Desvio	9	84,09**
DAT (6,0 dS m ⁻¹)	11	1515,36**
Regressão Linear	1	16180,,55**
Regressão quadrática	1	197,52**
Desvio	9	32,32**
DAT (8,0 dS m ⁻¹)	11	976,62**
Regressão Linear	1	10096,2**
Regressão quadrática	1	317,62**
Desvio	9	36,56**

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

G.L.- Grau de liberdade

Q.M. – Quadrado médio

TABELA 3A Resumo da ANAVA da característica diâmetro de caule, dentro de cada salinidade para estudo de regressão.

Fator de variação	G.L.	Q.M.
DAT (0,02 dS m ⁻¹)	11	669,61 ^{**}
Regressão Linear	1	7292,05 ^{**}
Regressão quadrática	1	24,16 ^{**}
Desvio	9	4,94 ^{**}
DAT (2,0 dS m ⁻¹)	11	617,78 ^{**}
Regressão Linear	1	6677,72 ^{**}
Regressão quadrática	1	41,36 ^{**}
Desvio	9	8,50 ^{**}
DAT (4,0 dS m ⁻¹)	11	485,96 ^{**}
Regressão Linear	1	5129,01 ^{**}
Regressão quadrática	1	139,72 ^{**}
Desvio	9	8,54 ^{**}
DAT (6,0 dS m ⁻¹)	11	279,21 ^{**}
Regressão Linear	1	2743,24 ^{**}
Regressão quadrática	1	266,90 ^{**}
Desvio	9	6,80 ^{**}
DAT (8,0 dS m ⁻¹)	11	239,58 ^{**}
Regressão Linear	1	2322,19 ^{**}
Regressão quadrática	1	248,97 ^{**}
Desvio	9	7,13 ^{**}

^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

G.L.- Grau de liberdade

Q.M. – Quadrado médio

TABELA 4A Resumo da ANAVA da característica número de folhas da planta, dentro de cada salinidade para estudo de regressão.

Fator de variação	G.L.	Q.M.
DAT (0,02 dS m ⁻¹)	11	6364,29 ^{**}
Regressão Linear	1	68126,58 ^{**}
Regressão quadrática	1	270,35 [*]
Desvio	9	178,92 ^{**}
DAT (2,0 dS m ⁻¹)	11	9529,64 ^{**}
Regressão Linear	1	101285,87 ^{**}
Regressão quadrática	1	239,55 [*]
Desvio	9	366,73 ^{**}
DAT (4,0 dS m ⁻¹)	11	8821,47 ^{**}
Regressão Linear	1	89846,18 ^{**}
Regressão quadrática	1	35,88 ^{ns}
Desvio	9	794,90 ^{**}
DAT (6,0 dS m ⁻¹)	11	1925,42 ^{**}
Regressão Linear	1	19574,29 ^{**}
Regressão quadrática	1	633,48 ^{**}
Desvio	9	107,98 ^{**}
DAT (8,0 dS m ⁻¹)	11	929,24 ^{**}
Regressão Linear	1	8953,50 ^{**}
Regressão quadrática	1	766,37 ^{**}
Desvio	9	55,75 ^{ns}

^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{*} significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo

G.L.- Grau de liberdade

Q.M. – Quadrado médio