

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
DOUTORADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**SALINIDADE DA ÁGUA NO SOLO E NO COMPORTAMENTO  
VEGETATIVO E PRODUTIVO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA**

**TESE**

**JOÃO BATISTA DOS SANTOS**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**MAIO DE 2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**JOÃO BATISTA DOS SANTOS**

**Engenheiro Agrônomo**

**SALINIDADE DA ÁGUA NO SOLO E NO COMPORTAMENTO  
VEGETATIVO E PRODUTIVO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA**

**Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem**

**ORIENTADORES**

**Dr. CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO**

**Dr. DELFRAN BATISTA DOS SANTOS**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**MAIO DE 2011**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S237s

Santos, João Batista dos.

Salinidade da água no solo e no comportamento vegetativo e produtivo da mamoneira BRS energia / João Batista dos Santos. -- 2011.

109 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos".

Referências.

1. *Ricinus communis* L. - Mamona - Plantas Oleaginosas.
2. Condutividade Elétrica. 3. Biodiesel. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Santos, Delfran Batista dos. III. Título.

CDU 633.85(043)

**DIGITALIZAÇÃO:**

**SISTEMOTECA - UFCG**

**SALINIDADE DA ÁGUA NO SOLO E NO COMPORTAMENTO  
VEGETATIVO E PRODUTIVO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA**

**JOÃO BATISTA DOS SANTOS**

**Engenheiro Agrônomo**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**MAIO DE 2011**

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

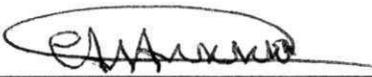
JOÃO BATISTA DOS SANTOS

SALINIDADE DA ÁGUA NO SOLO E NO COMPORTAMENTO VEGETATIVO E  
PRODUTIVO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA

APROVADO EM 17 DE MAIO DE 2011

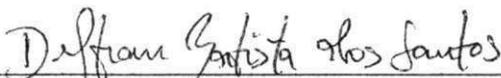
BANCA EXAMINADORA

PARECER



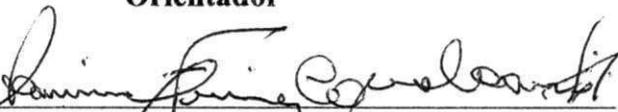
Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo – UFCG  
Orientador

Aprovado



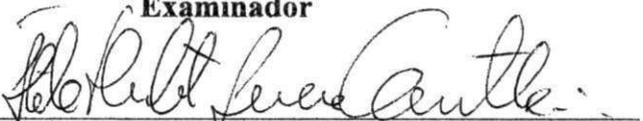
Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos – IFBA  
Orientador

Aprovado



Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante – UFPB  
Examinador

Aprovado



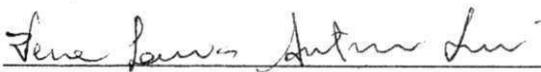
Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante – UFPI  
Examinador

Aprovado



Prof. Dr. José Dantas Neto – UFCG  
Examinador

Aprovado



Prof. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima – UFCG  
Examinadora

Aprovado

CAMPINA GRANDE  
MAIO - 2011

**A meus pais, Manoel Severino dos Santos (*in  
memoriam*) e Maria de Lourdes Alves.**

**A minha esposa Simone da Silva Santos.**

**A meus filhos Raul Michelves dos Santos e  
Samuel Tomaz da Silva Santos.**

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e por tudo que me tem proporcionado em cada momento dessa caminhada

A meus pais, Manoel Severino dos Santos (*in memoriam*) e Maria de Lourdes Alves, pelo amor incondicional, incentivo constante aos estudos e apoio nas horas difíceis

A meus filhos, Raul Michelves dos Santos e Samuel Tomaz da Silva Santos, por serem centro de minha atenção

A minha esposa, Simone da Silva Santos, pelo companheirismo, paciência e apoio em alguns momentos difíceis

A minhas irmãs, sobrinhos e sobrinhas pelo carinho, respeito e consideração

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro concedido ao projeto, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado

Ao Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA, na pessoa de Dr. Delfran Batista dos Santos, pela concessão da área experimental e pelo apoio durante a condução do trabalho

Aos orientadores: Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Dr. Delfran Batista dos Santos, pela orientação, paciência e pelos valiosos ensinamentos durante a realização deste trabalho

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante; Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Antunes; Prof. Dr. José Dantas Neto e Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, pelas valiosas contribuições a este trabalho

Aos Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante; Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão, pelas sugestões e acréscimo a pesquisa e pelas muitas vezes que me auxiliaram na solução das minhas dúvidas

Ao amigo Cruz Ramón Marengo Centeno, pelo apoio durante a condução do trabalho

Aos amigos Alex Mateus Rebequi e João Luis da Silva Filho, pela valiosa participação em algumas etapas deste trabalho

As irmãs do Colégio Santa Rita, em especial a irmã Matilde, pelo apoio oferecido em algumas fases durante o desenvolvimento deste trabalho

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação: Evandro, Manasseis, Antônio Antunes, Alan e Wilma

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>01</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>02</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>05</b>
A cultura da mamoneira.....	05
Origem.....	05
Fitologia.....	07
Aspectos socioeconômicos da mamoneira.....	10
Qualidade da água para irrigação.....	12
Efeito da salinidade sobre as plantas.....	13
Análise de crescimento de plantas.....	15
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
Local do experimento e delineamento experimental.....	16
Descrição do sistema de lisimetria.....	16
Caracterização do solo e da água.....	17
Condução do experimento.....	20
Variáveis analisadas.....	21
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II – SALINIDADE DA SUSPENSÃO DRENADA E DO SOLO EM FUNÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA MAMONEIRA.....</b>	<b>30</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>31</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>32</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>40</b>

Salinidade da suspensão drenada.....	40
Salinidade da solução do solo.....	42
Salinidade do solo e da solução do solo.....	45
Classificação da salinidade do solo.....	50
Grau de salinidade e de sodicidade do solo.....	51
CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

<b>CAPÍTULO III – CRESCIMENTO DA MAMONEIRA BRS ENRGIA EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....</b>	<b>60</b>
RESUMO.....	61
ABSTRACT.....	62
INTRODUÇÃO.....	63
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
Altura de plantas.....	70
Diâmetro caulinar.....	73
Área foliar.....	77
Taxa de crescimento absoluto e relativo.....	81
CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

<b>CAPÍTULO IV – COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MAMONEIRA PRECOCE EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....</b>	<b>91</b>
RESUMO.....	92
ABSTRACT.....	93
INTRODUÇÃO.....	94
MATERIAL E MÉTODOS.....	96
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

## LISTA DE TABELAS

## CAPÍTULO II

<b>Tabela 1.</b> Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos.....	37
<b>Tabela 2.</b> Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade.....	38
<b>Tabela 3.</b> Resumos das análises de variância, pelo quadrado médio, referentes à condutividade elétrica da suspensão drenada aos 5, 20, 35, 50, 65 e 80 dias após a emergência (DAE) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	40
<b>Tabela 4.</b> Resumos das análises de variância, pelo quadrado médio, relativos à salinidade da solução do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, aos 5, 20, 35, 50, 65 e 80 dias após a emergência da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	42
<b>Tabela 5.</b> Resumos das análises de variância da condutividade elétrica do extrato de saturação e da solução do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em função da salinidade da água de irrigação ao final do experimento. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	46
<b>Tabela 6.</b> Situação salina do substrato ao final do experimento, em função da salinidade da água de irrigação nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	50
<b>Tabela 7.</b> Grau de salinidade do solo ao final do experimento nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	51

<b>Tabela 8.</b> Grau de sodicidade do solo ao final do experimento nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	52
--	----

### CAPÍTULO III

<b>Tabela 1.</b> Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos.....	67
<b>Tabela 2.</b> Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade.....	68
<b>Tabela 3.</b> Resumos das análises de variância referentes a altura de plantas da mamoneira aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	70
<b>Tabela 4.</b> Resumos das análises de variância do diâmetro caulinar da mamoneira aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011 .....	73
<b>Tabela 5.</b> Resumos das análises de variância referentes a área foliar da mamoneira aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	77
<b>Tabela 6.</b> Análises de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da área foliar (TCAaf e TCRaf), altura de planta (TCAap e TCRap) e diâmetro do caule (TCAdc e TCRdc) da mamoneira irrigada com água salina, em função do tempo de avaliação. Senhor do Bonfim, BA, 2011.....	81
<b>Tabela 7.</b> Análises de variância referentes à regressão polinomial sobre as taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da área foliar (TCAaf e TCRaf), altura de planta (TCAap e TCRap) e diâmetro do caule (TCAdc e TCRdc) da	82

mamoneira irrigada com água salina, em função do tempo de avaliação Senhor do Bonfim, BA, 2011.....

#### CAPÍTULO IV

- Tabela 1.** Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos..... 97
- Tabela 2.** Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade..... 98
- Tabela 3.** Resumo das análises de variância referentes ao número de racemo por planta (NRP), altura do primeiro racemo (APR), comprimento do racemo principal (CRP), número de frutos por racemo principal (NFRP), número de nós (NN), massa de cem sementes (MCS) e massa seca das raízes (MSR) da mamoneira em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 100
- Tabela 4.** Resumo das análises de variância referente à massa de frutos por planta (MFP) e por hectare (MFH), massa de sementes por planta (MSP) e por hectare (MSH), rendimento de casca (RC), de semente (RS) e de óleo (RO), em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 103

## LISTA DE FIGURAS

## CAPÍTULO II

- Figura 1.** Condutividade elétrica da suspensão drenada, aos 5 (A), 20 (B), 35 (C), 50 (D), 65 (E) e 80 (F) dias após a emergência da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 41
- Figura 2.** Condutividade elétrica da solução do solo aos 5 (A), 20 (B), 35 (C), 50 (D), 65 (E) e 80 (F) dias após a emergência das plântulas, nas camadas de 0-20 (---) e de 20-40 cm (—), em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 44
- Figura 3.** Condutividade elétrica da solução do solo (A) e do extrato de saturação (B), nas camadas de 0-20 (---) e 20-40 (—) cm, em função da salinidade da água de irrigação, ao final do experimento. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 47
- Figura 4.** Correlação entre os valores da condutividade elétrica da solução - CE<sub>ss</sub> (A) e do extrato de saturação - CE<sub>s</sub> (B), nas camadas de 0-20 (----) e 20-40 (—) cm, com os da condutividade elétrica da água drenada do solo - CE<sub>ad</sub>, aos 80 dias após a emergência da mamoneira. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 48
- Figura 5.** Correlação entre os valores da condutividade elétrica da solução (CE<sub>ss</sub>) e do extrato de saturação do solo (CE<sub>s</sub>), na camada de 0-20 cm (----) e 20-40cm (—). Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 49

## CAPÍTULO III

- Figura 1.** Altura de plantas de mamoneira aos 20 (A), 35 (B), 50 (C), 65 (D), 80 (E) e 95 (F) dias após a emergência em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 71

- Figura 2.** Altura de plantas da mamoneira nos níveis de salinidade 0,12 (A); 0,8 (B); 1,6 (C); 2,4 (D); 3,2 (E), 4,0 (F) e 4,8 (G)  $\text{dS m}^{-1}$ , ao longo de seu cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 72
- Figura 3.** Diâmetro caulinar da mamoneira aos 20 (A), 35 (B), 50 (C), 65 (D), 80 (E) e 95 (F) dias após a emergência em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 74
- Figura 4.** Diâmetro caulinar da mamoneira nos níveis de salinidade 0,12 (A); 0,8 (B); 1,6 (C); 2,4 (D); 3,2 (E), 4,0 (F) e 4,8 (G)  $\text{dS m}^{-1}$ , ao longo de seu cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 76
- Figura 5.** Área foliar por planta de mamoneira aos 20 (A), 35 (B), 50 (C), 65 (D), 80 (E) e 95 (F) dias após a emergência em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 79
- Figura 6.** Área foliar da mamoneira nos níveis de salinidade 0,12 (A); 0,8 (B); 1,6 (C); 2,4 (D); 3,2 (E), 4,0 (F) e 4,8 (G)  $\text{dS m}^{-1}$ , ao longo de seu cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 80
- Figura 7.** Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) da altura de plantas da mamoneira, irrigada com águas salinas, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 83
- Figura 8.** Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) do diâmetro caulinar da mamoneira irrigada com águas salinas, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 84
- Figura 9.** Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) de área foliar da mamoneira, irrigada com águas salinas em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 85

## CAPÍTULO IV

- Figura 1.** Altura de inserção do primeiro racemo (A), comprimento do racemo principal (B), número de frutos no racemo principal (C), número de nó (D) e massa seca da raiz (E), em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 101
- Figura 2.** Massa de frutos por planta (A) e por hectare (B), massa de sementes por planta (C) e por hectare (D), rendimento de casca (E), rendimento de sementes (F) e rendimento de óleo (E), em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria. Senhor do Bonfim, BA, 2011..... 104

## **Salinidade da água no solo e no comportamento vegetativo e produtivo da mamoneira BRS Energia**

**RESUMO:** Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o crescimento e a produção da mamoneira, cultivar BRS Energia, em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria, com o propósito de gerar tecnologia para o seu cultivo no semiárido nordestino. O estudo foi desenvolvido na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, Senhor do Bonfim, BA. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de níveis de salinidade da água de irrigação, sendo o nível mais baixo ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) o da água de abastecimento urbano do município, o qual foi considerado testemunha; os demais níveis foram: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8  $\text{dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). A salinidade do solo, da solução solo e da suspensão drenada, cresceu linearmente com o aumento da salinidade das águas de irrigação; entretanto, apesar do aumento da salinidade das águas de irrigação ter elevado o caráter salino do solo, não interferiu em sua sodicidade. O crescimento das plantas diminuiu de forma linear com o aumento da salinidade das águas de irrigação, em todas variáveis analisadas. A taxa de crescimento absoluto em altura de plantas e em área foliar diminuiu em função do aumento da salinidade das águas de irrigação e do tempo de cultivo, enquanto a taxa de crescimento relativo dessas variáveis diminuiu apenas com o tempo de cultivo. A taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar aumentou em função da salinidade das águas de irrigação e do tempo de cultivo; já sua taxa de crescimento relativo diminuiu com o aumento do tempo de cultivo, independentemente do aumento da salinidade das águas de irrigação para o qual, em determinado tempo de cultivo, a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar tendeu a ficar praticamente constante. O aumento da salinidade das águas de irrigação inibiu a capacidade produtiva da mamoneira e promoveu maior percentagem de casca nos frutos. Mesmo para o maior nível de salinidade das águas de irrigação, o rendimento em óleo (49,18%) foi satisfatório em relação a outras oleaginosas.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L , Condutividade elétrica, Produtividade, Biodiesel

## Water salinity in the soil and vegetative and productive behavior of castor BRS

### Energy

**ABSTRACT:** This research aimed to evaluate the growth and production of the castor oil plant, cultivar BRS Energia, in function of the irrigation water salinity in lisimetry system, with the purpose of generating technology for its cultivation in the Northeastern semiarid. The study was developed in the experimental area of Irrigation and Drainage of the Bahia Federal Institute, Campus of Senhor do Bonfim. The used experimental design was entirely randomized with seven treatments and three repetitions, totaling 21 experimental plots. The treatments were constituted of levels of salinity of the irrigation water, being the lowest level ( $0.12 \text{ dS m}^{-1}$ ) the one of the water of urban provisioning of the municipal district, which was considered as the control; the other levels were: 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 4.0 and  $4.8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). The salinity of the soil, of the soil solution and of the drained suspension increased lineally with the increase of the salinity of the irrigation waters; however, in spite of the increase of the salinity of the irrigation waters has elevated the saline character of the soil, it didn't interfere in its sodicity. The growth of the plants decreased in a linear way with the increase of the salinity of the irrigation waters in all analyzed variables. The absolute growth rate in height of plants and in leaf area decreased in function of the increase of the salinity of the irrigation waters and of the time of cultivation, while the relative growth rate of those variables decreased just with the time of cultivation. The absolute growth rate of the stem diameter increased in function of the salinity of the irrigation waters and of the time of cultivation; already its relative growth rate decreased as the increase of the time of cultivation independently of the increase of the salinity of the irrigation waters, for which, in a certain time of cultivation, the relative growth rate of the stem diameter tended to be practically constant. The increase of the salinity of the irrigation waters inhibited the productive capacity of the castor oil plant and promoted larger peel percentage in the fruits. Even for the largest level of salinity of the irrigation waters, the yield in oil (49.18%) was satisfactory in relation to other oleaginous ones.

**Key words:** *Ricinus communis* L, Electrical conductivity, Productivity, Biodiesel

# **CAPÍTULO I**

## **CONSIDERAÇÕES GERAIS**

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de destacada importância no Brasil e no mundo, cujo óleo é uma matéria prima de aplicações únicas na indústria química devido às características peculiares de sua molécula, o que o faz ressaltar como o único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de uma composição com predominância de ácido graxo, ricinoléico, conferindo-lhe propriedades químicas atípicas. Além da vasta aplicação na indústria química a mamoneira é importante devido à sua tolerância à seca, tornando-se uma cultura viável para a região semiárida do Brasil, onde há poucas alternativas agrícolas. No entanto, esta cultura não é exclusiva da região semiárida, sendo também plantada com excelentes resultados em diversas regiões do País.

Espécie da família *Euphorbiaceae*, possui potencial de exploração econômica no Nordeste brasileiro em razão das suas características de xerofilismo e heliofilismo. Sua importância para a região se baseia também no fato de ser fixadora de mão-de-obra e geradora de emprego, uma alternativa para a agricultura de áreas semiáridas (AZEVEDO & LIMA, 2001).

Apesar de se tratar de uma planta xerófila, as maiores produções são obtidas em locais com pluviosidade entre 600 e 700 mm (BELTRÃO et al., 2002), com maior exigência no início da fase vegetativa. Azevedo et al. (1997) registraram em Monteiro, PB, aumento de produtividade com a ocorrência de precipitações pluviais totalizando de 215 a 270 mm nos primeiros setenta dias após a emergência.

A cultura da mamona tem ocupado grande espaço nas discussões, no meio rural, fato que se deve ao seu uso promissor no Programa Biodiesel, do Governo Federal, um dos prioritários. Acredita-se que a referida cultura possa contribuir positivamente na geração de emprego e renda no semiárido nordestino, com massiva participação do agricultor familiar neste processo. Embora a produção dos grãos de mamona seja a atividade que gerará maior número de postos de trabalho, a extração do óleo merece um bom acompanhamento.

A grande importância da cultura da mamona, *Ricinus communis* L., é caracterizada por sua tolerância à seca, tornando-se uma cultura viável para a região semiárida do nordeste brasileiro, onde há poucas alternativas agrícolas, em razão da baixa precipitação e da qualidade da água, que apresenta restrição para a agricultura devido aos altos índices de salinidade. Com a possibilidade do uso do seu óleo para produção do

biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o aumento da área plantada com esta cultura no semiárido nordestino.

O Programa Nacional do Biodiesel ganhou força nos últimos dois anos devido à criação de demanda real pelo produto, em virtude principalmente dos instrumentos normativos editados pelo Governo Federal. O marco regulatório para o setor autoriza o uso comercial do biodiesel no Brasil, considera a diversidade de oleaginosas disponíveis internamente e garante o suprimento, a qualidade e a competitividade frente aos demais combustíveis, além de uma política de inclusão social.

Nas regiões áridas e semiáridas a água tornou-se fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, porém o fenômeno da escassez não é atributo exclusivo dessas regiões. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

As áreas semiáridas do Nordeste brasileiro se caracterizam pela acentuada variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais, contribuindo para o alto risco da agricultura de sequeiro, e obtenção de baixas produtividades das culturas exploradas. A irrigação é uma prática que permite a redução desses riscos, possibilitando que as culturas externem seus potenciais de produtividade (SILVA & RAO, 2006).

Devido à pressão antrópica por águas de boa qualidade e à crescente necessidade de expansão da produção agrícola em todo o mundo, tem aumentado o uso de águas consideradas de qualidade inferior na irrigação (NOAMAN & EL-HADDAD, 2000; ZENG et al., 2001). No Nordeste, a maior parte das águas utilizadas na irrigação contém teores relativamente moderados de sais, sendo frequentemente encontrados valores que chegam a  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  (AUDRY & SUASSUNA, 1995).

Uma das alternativas para o aumento da produtividade nessa região é a irrigação. Entretanto esta técnica, quando mal-empregada, tem gerado vários problemas ambientais, principalmente a salinização do solo, que pode provocar diminuição acentuada no crescimento e na produtividade das culturas (GHEYI et al., 1991).

A salinização do solo pode ser provocada tanto pela presença de sais na água usada para irrigação quanto por deficiência na drenagem da área. Em áreas nas quais o solo já está salinizado, a recuperação é um processo economicamente oneroso e, para o aproveitamento dessas áreas, faz-se necessário o desenvolvimento de genótipos mais tolerantes à salinidade, o que viabiliza sua exploração em solo salino (ARAÚJO, 1994).

Com o intuito de aumentar a produtividade agrícola em regiões em que as baixas precipitações limitam a produção, pode-se fazer uso de irrigação com água de qualidade inferior e, ainda assim, obter resultados de colheitas economicamente viáveis (AYERS & WESTCOT, 1999) e, desta forma, favorecer o desenvolvimento regional, melhorando a qualidade de vida da população.

A reutilização da água de drenagem e o uso de água salina na irrigação se tornaram assunto de grande interesse em virtude do aumento da demanda de água pela irrigação e da competição entre os diversos usuários: abastecimento urbano, industrial e agrícola. Diante deste cenário, em muitos países, inclusive no Brasil, a água só pode ser utilizada após autorização expressa, por meio de outorga e através de pagamento.

Grandes esforços no sentido de caracterizar e desenvolver variedades de espécies vegetais mais resistentes ao efeito salino estão sendo realizados por profissionais de várias áreas de conhecimento, sobretudo para uso em países com áreas que sofrem problemas de salinidade no solo e dispõem de água de baixa qualidade quanto a salinidade.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito salino no solo, o desenvolvimento vegetativo e os componentes de produção da cultura da mamoneira, cultivar BRS Energia, em função de níveis de salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria com o propósito de gerar tecnologia para o seu cultivo no semiárido nordestino.

## REVISÃO DE LITERATURA

### A cultura da mamoneira

#### Origem

Os gregos denominavam a planta da mamona de aporano e de croton, e os latinos, de rícinus. As palavras aporano, croton e rícinus significam em grego e em latim, respectivamente, carrapato, em virtude da semelhança de suas sementes com a forma de um carrapato, animal pertencente ao grupo dos aracnídeos (RODRIGUES et al., 2002).

A mamona (*Ricinus Communis* L.) é uma oleaginosa de origem tropical, da família euforbiácea, originada provavelmente da Etiópia, leste do continente africano, onde disseminado mundialmente, em especial nos países de clima tropical e subtropical (WEISS, 1983; SEVERINO et al., 2005). Para Moreira et al. (1996) sua introdução no Brasil se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos, sendo conhecida sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira, bafureira, baga e palma-criste. Os portugueses utilizavam o óleo de mamona durante a colonização, com a finalidade de iluminação e lubrificação dos eixos das carroças; o clima tropical predominante facilitou seu alastramento, podendo também ser encontrada em quase toda a extensão territorial, como se fosse uma planta nativa, e em cultivos destinados à produção de óleo (MATOS, 2007).

Durante a era colonial a cultura da mamoneira também teve grande importância, quando dela se extraía o óleo, para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar (ZUCHI, 2008). A cultura reveste-se de importância pelas várias aplicações que encontra no mundo moderno. O óleo, por exemplo, é a base dos mais diversos produtos industriais; a torta, produto da extração do óleo, é usada como fertilizante e condicionante do solo e, caso seja tornada atóxica, servirá como fonte protéica para rações animais.

A mamoneira pertence à família Euphorbiaceae que engloba vasto número de plantas nativas da região tropical (SILVA et al., 2004 a), incluindo a mandioca, a seringueira e o pinhão-manso (MATOS, 2007). É uma planta xerófila e heliófila, com características de cultura resistente à seca e rendimento máximo com precipitação de 600-700 mm distribuídos principalmente em seu estado vegetativo (SILVA et al., 2004 a). Sua facilidade de propagação e de adaptação em diferentes condições climáticas propiciou, à mamona, ser encontrada ou cultivada nas mais variadas regiões do mundo, como no norte dos Estados Unidos e Escócia. Seu óleo é uma matéria-prima de aplicações únicas na

indústria química devido a características peculiares de sua molécula, que o fazem o único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de uma composição com predominância de um único ácido graxo, ricinoléico, o qual lhe confere as propriedades químicas atípicas (MATOS, 2007).

O Brasil se posicionou como a segunda maior área cultivada de mamona em bagas do mundo nos períodos 1980 a 1985 e 1986 a 1991. A participação no cenário mundial declinou de 26 para 8% em 1999 mantendo, no entanto, a terceira posição entre os principais países produtores. Em termos de produção, participava com 26% da produção mundial, perdendo esta posição, participando apenas com 2% em 1999. Em 2000 houve uma extraordinária recuperação da produção nacional, da ordem de 132,7 mil toneladas em relação à safra de 1999, de 25 mil toneladas. Esta elevação se deve ao aumento do preço internacional do óleo de mamona brasileiro que atende à qualidade exigida pelo mercado importador, que é no mínimo, o óleo industrial tipo 1, ou seja, aquele obtido no primeiro processo de prensagem (SANTOS et al., 2001). Em 2007/2008 a produção nacional foi de 123,3 mil toneladas

A perda da competitividade do Brasil no mercado mundial de mamona é explicada por Savy Filho et al. (1999) pela incapacidade do agricultor brasileiro utilizar melhor nível tecnológico, expresso em termos de uso de insumos industriais (como fertilizante), sementes melhoradas ou mesmo melhores sistemas de preparo do solo, plantio e colheita. A região Nordeste é responsável por 85% da área plantada com a cultura e por mais de 78% da produção nacional de bagas. Entre os anos 1990 e 2000 a região Nordeste produziu o equivalente a R\$ 350 milhões relativos às 700 mil toneladas de bagas de mamona colhidas. Todos os Estados nordestinos são produtores de mamona, exceto Sergipe e Maranhão que, embora possuam áreas com aptidão ao cultivo, não registraram plantios comerciais. As regiões produtoras de mamona no Nordeste brasileiro se caracterizam por apresentar capacidade de armazenamento de água no perfil de solo, variando de 50 a 120 mm (LIMA et al., 2008).

A cultura da mamona é uma alternativa de relevante importância econômica e social para o Brasil, particularmente para a região Nordeste que, segundo levantamento feito pela Embrapa, dispõe de mais de 4,5 milhões de hectares de terras com aptidão para sua exploração econômica. É exatamente nesta região, especialmente no Estado da Bahia, onde o cultivo desta oleaginosa se tem concentrado com mais de 90% da área cultivada no Brasil, considerando que os sistemas de produção existentes e utilizados pelos produtores ainda são, de certa forma, bastante precários e pouco têm evoluído (SILVA et al., 2004b).

## Fitologia

Para Távora (1982) e Beltrão & Azevedo (2007), a mamoneira é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica com a seguinte classificação botânica: ordem Fanerogamae ou espermatophita, filo Angiospermae, classe Dicotyledonae, subclasse Archilamydeae, ordem Geraniales, família Euforbiácea, gênero Ricinus; espécie *R. communis* L; subespécie *R. Ricinus communis*.

A planta apresenta sistema radicular pivotante e raízes fistulosas, com poucas raízes laterais, porém de aspecto robusto, assumindo a forma do sistema radicular dos pequenos arbustos (WEISS, 1983; SAVY FILHO, 2005). Anatomicamente, a raiz consiste de periderme, do córtex e do cilindro central, apresentando lenticelas na parte externa, em especial na raiz principal, internamente, tem-se o floema no limite do cilindro central e o xilema no interior, que são elementos de condução das plantas (BELTRÃO & AZEVEDO, 2007) e sistema radicular da mamoneira que tem a capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo que, normalmente, não são atingidas pelas culturas convencionais, como milho e feijão, promovendo aumento da aeração e da capacidade de retenção e distribuição da água no solo (SAVY FILHO et al., 1999), apesar de suas raízes atingirem até 1,5 m de profundidade, a planta absorve cerca de 60% da água que consome dos primeiros 0,6 m do solo (TÁVORA, 1982). Portanto, os solos profundos, bem drenados e com densidade em torno de  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ , permitem a obtenção de melhores resultados.

Indivíduos da espécie *R. communis* apresentam-se polimórficos, com hábito predominantemente arbustivo podendo, em alguns casos, atingir até dez metros de altura (POPOVA & MOSHKIN, 1986). Em geral, o sistema radicular da mamoneira é do tipo axial, com uma raiz principal pivotante e as demais raízes laterais. Suas folhas são simples, longo-pecioladas e palmatilobadas. Os frutos podem ser deiscentes ou indeiscentes, tricocas, na sua maioria com acúleos, triloculares, com sementes que variam de tamanho, formato, cor e teores de óleo (SAVY FILHO, 1999; BELTRÃO et al., 2001).

Trata-se de uma planta monóica com inflorescência racemosa, formando cachos terminais. Normalmente, as flores femininas ocupam a porção superior e as masculinas a parte basal da inflorescência, proporcionando dois tipos de reprodução autofecundação e fecundação cruzada, sendo sua polinização geralmente anemófila. Embora considerada planta autógama por alguns pesquisadores, o nível de alogamia pode atingir até 25% nas mamoneiras de porte anão e 40% nas de alto porte, o que favorece a heterogeneidade e a mistura varietal. Por outro lado esta ocorrência dificulta o

estabelecimento e a manutenção de cultivares melhoradas (SAVY FILHO, 1999; BELTRÃO et al., 2001; FREIRE et al., 2001).

Shifriss (1960) relatou que o monoicismo é governado por dois grupos principais de genes, em que o primeiro grupo consiste de genes qualitativos que determinam os tipos de flores, com estames e pistiladas, que podem ser diferenciados potencialmente pela inflorescência, enquanto o segundo grupo consiste de poligenes, os quais determinam o nível de concentração de uma substância que canaliza a ação dos genes qualitativos. As plantas monóicas e femininas podem ser AAGG aaGG (A para flores com estames, G para flores pistiladas) ou MoMo ou momo (Mo para flores tanto com estames quanto pistiladas, como para flores predominantemente pistiladas). Diversas plantas femininas diferem umas das outras na aptidão em produzir algumas flores com estames na base dos seus racemos, o que pode ser devido a diferenças nos poligenes que governam a expressão sexual.

A maturação das flores femininas ocorre aproximadamente cinco a dez dias antes das flores masculinas, caracterizando o fenômeno da protoginia o que proporciona a manutenção da taxa de alogamia (SAVY FILHO, 1999; BELTRÃO et al., 2001). A quantidade de flores masculinas e femininas e a produção da planta, estão diretamente ligadas às condições ambientais, tipos de solo e idade da planta. Em solos férteis, por exemplo, com nutrição adequada, condições hídricas e temperatura satisfatória, as flores femininas aparecem em maior número (SAVY FILHO, 1999), enquanto em altas temperaturas, deficiência hídrica e aumento da idade da planta favorecem o desenvolvimento de flores masculinas (WEISS, 1983). Em condições de campo a mamoneira se desenvolve adequadamente em clima quente e úmido. A temperatura ideal está entre 20 a 30°C e a exigência hídrica no período vegetativo é de, no mínimo, 100 mm de chuva por mês (CARVALHO, 1988; SAVY FILHO, 1999).

A mamoneira é uma espécie de elevada complexidade morfológica e fisiológica (BELTRÃO & SILVA, 1999) variando muito em seu hábito de crescimento, cor da folhagem e do caule, na coloração e no teor de óleo da semente. Deste modo, as cultivares são, por vezes, muito distintas entre si (TÁVORA, 1982). Possui crescimento indeterminado, consistindo de uma série de caules ou ramos encerrados por um racemo, numa disposição simpodial que lhe é peculiar. Produz em média três importantes ordens de racemos denominados primários, secundários e terciários, expostos a diferentes condições ambientais que influenciam significativamente a participação de cada uma delas na produtividade total da cultura (USDA, 1960; VIJAYA KUMAR et al., 1997).

O ciclo da mamona é anual e, ocasionalmente, bienal, em regiões tropicais. As cultivares anuais apresenta ciclo médio de 150 dias e as precoces de 120 a 130 dias, sendo estas, mais adaptadas, portanto para a colheita mecânica, pelo fato de apresentarem um ou poucos racemos, com homogeneidade na maturação. Por outro lado, as cultivares de ciclo longo (180-210 dias) são mais ajustadas a regiões tropicais e apresentam maior tolerância a estresses bióticos e abióticos mais recomendadas, então, para produtores que utilizam baixa tecnologia (AZEVEDO & LIMA, 2007).

Segundo Azevedo & Lima (2007), a mamoneira é uma planta de dias longos, de metabolismo fotossintético C<sub>3</sub> crescendo e se desenvolvendo bem em dias de, no mínimo, 12 horas de duração, requer temperatura do ar moderadamente alta (entre 20 e 26 °C), com baixo índice de umidade durante seu ciclo, além de altas temperaturas (> 40 °C) provocarão o aborto de flores e a redução do teor de óleo e proteína da semente.

A mamoneira apresenta crescimento inicial lento e a presença de plantas daninhas nesta fase do desenvolvimento pode ocasionar perdas consideráveis na produção (MASCARENHAS, 1981). Segundo Mazzani (1983), a porcentagem de polinização cruzada em mamona é variável e, raras vezes, menor que 30%. Para Távora (1982), a liberação do pólen na mamona é máxima nas horas mais quentes do dia, podendo o grão de pólen permanecer viável em condições ambientais, durante 48 horas, já o estigma das flores femininas permanece receptivo pelo período de 5 a 10 dias.

Quanto ao tipo, à polinização é do tipo misto, ocorrendo tanto a autofecundação quanto a fecundação cruzada (SAVY FILHO, 1999). A inflorescência é constituída por uma ráquis do tipo racemo, cujas flores são responsáveis pela produção de grãos, ocupando a parte superior, e separada as flores produtoras de pólen que ocupam a parte inferior no mesmo órgão, caracterizando uma espécie de reprodução sexual por alogamia do tipo monóica. Geralmente, a relação entre flores produtoras de grãos e as produtoras de pólen é de 30-50% a 50-70%, respectivamente. Além disso, são encontradas constituições genéticas que apresentam flores hermafroditas ou somente a presença de flores pistiladas (100% de flores ♀), utilizadas para a produção de híbridos (SINGH, 1986).

Os limites térmicos da germinação das sementes da mamoneira, segundo Weiss (1983), são de 14 °C (mínimo) e de 36 °C (máximo). No processo de embebição a semente absorve de 28 a 32% de água e inicia a hidrólise das macromoléculas para a nutrição do embrião, em que parte do óleo armazenado é consumida no processo de respiração celular, após ser transformado em carboidratos. O conteúdo de óleo começa a

decrecer após o terceiro dia da germinação e continua até o 14º dia (SEVAST'YANOVA, 1986).

### **Aspectos socioeconômicos da mamoneira**

O cultivo da mamoneira pode ser realizado em todo o País, excluindo-se alguns ecossistemas de baixa altitude e local muito frio, já que a planta não os tolera. Embora a maior parte da produção nacional se concentre na região nordeste, as regiões sul e sudeste apresentam elevadas produtividades de grãos devido sobremaneira, a disponibilidade de água e ao adequado manejo cultural, tal como pela utilização de variedades de porte anão e colheita única (BELTRÃO & LIMA, 2007).

Apesar da grande importância socioeconômica da cultura em todo o País, o uso de sementes não selecionadas e de baixa qualidade tem resultado no comprometimento das produtividades, elevada ocorrência de pragas e doenças e várias características agronômicas indesejáveis. Existe, portanto, a necessidade do melhoramento genético da cultura no qual sejam priorizadas características, tais como: produtividade, precocidade, frutos indeiscentes e semideiscentes, plantas com porte médio e/ou baixo, alto teor de óleo e maior resistência às principais pragas e doenças (FREIRE et al., 2007).

Dos produtos obtidos da mamona o óleo é o mais importante e principal objetivo para aqueles que a exploram comercialmente. Embora impróprio para consumo humano, a excelência do óleo de mamona é evidenciada pelo amplo uso industrial. A elevada viscosidade e a estabilidade de tal produto, são mantidas em larga faixa de condições de temperatura. Devido à alta capacidade de reações químicas dadas pelo ácido graxo ricinoléico, o óleo de mamona tem larga aplicação na fabricação de tintas, vernizes, detergentes, inseticidas, nylon, resinas de plástico, lubrificantes, tubos especiais para irrigação, chapas e engrenagens, aditivos para combustível, bactericidas, fungicidas, produtos sintéticos, fluidos especiais para transmitir pressões hidráulicas, graxas para navio e aviões, espumas plásticas e paracheque em automóveis, próteses humanas para coluna vertebral, crânio, mandíbula, dentes e mamas (CARVALHO, 1997; GIBELLI, 2001).

Um dos mais comentados assuntos a respeito do óleo de mamona é sua aplicação como combustível de origem renovável, o "biodiesel". Com o advento do Programa Nacional de Biodiesel, autorizando a adição de 2% de biodiesel (B2) ao diesel em 2005, diversos estados do Nordeste tiveram grande incentivo do governo federal para a expansão da produção de mamona, embasada principalmente na agricultura familiar

(SAVY FILHO, 2005). Em função da isenção fiscal e devido ao apelo econômico e social da cultura, muitos trabalhos científicos têm sido conduzidos nesta região visando à melhoria das técnicas de manejo e buscando materiais genéticos mais produtivos e adaptados a cada microrregião. O biodiesel, combustível obtido a partir do óleo de diversas oleaginosas, entre elas a mamona, é outro subproduto muito importante para a economia de um país porque além de ser de origem vegetal e renovável pode contribuir para a diminuição da dependência de petróleo.

O cultivo dessas plantas utilizadas na obtenção de óleos que servem como matérias-primas na produção do biodiesel, tem-se intensificado e várias indústrias de extração de óleo estão em fase de adaptação ou de construção. A mamoneira é promissora para o semiárido nordestino, em razão da fácil adaptação ao clima dessa região (DRUMMOND et al., 2006). Salienta-se que a criação desta demanda para o óleo de mamona contribuirá com a estratégia governamental de criar oportunidades socioeconômicas para a região nordestina, através de benefícios sociais decorrentes da geração de emprego (alto índice) por capital investido, culminando com a valorização do campo e a promoção do trabalhador rural. De acordo com Santos et al. (2005) a produção agrícola desconcentra renda mais intensamente que a extração de petróleo ou gás, podendo tornar o Brasil um paradigma mundial de como enfrentar três grandes desafios do século XXI, com uma única política pública, ou seja, através do incentivo à agricultura de energia, enfrentar os desafios da produção de energia sustentável, da proteção ambiental e da geração de emprego e renda, com distribuição mais equitativa.

Como adubo orgânico, a torta de mamona é utilizada nas culturas de café, citrus, cana-de-açúcar, hortaliças, frutíferas e conhecida como produto que apresenta efeito nematicida (SAVY FILHO et al., 1999) havendo, também a possibilidade de utilização para alimentação animal (SANTOS et al., 2001). O produtor pode, ainda, utilizar a casca do fruto incorporando-a ao solo, visando aumentar o teor de matéria orgânica.

O Programa Nacional de Biodiesel já está fomentando a produção de mamona e deve ainda promover a expansão da área de plantio, não só na região nordeste, mas também nas regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. A mamona hoje, colocada pelo governo como planta de excelente potencial e está incentivando seu plantio, principalmente nas regiões carentes do Brasil. O governo brasileiro tornou-se um dos maiores divulgadores e promotores desta cultura, ao sinalizar que ela deve ser a principal oleaginosa no processo de substituição parcial do diesel brasileiro. O objetivo do governo é realizar um programa de grande benefício social, assegurando uma fonte de renda

contínua para as famílias de regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico do País (MYCZKOWSKI, 2006).

A BRS Energia é uma cultivar de mamona desenvolvida em rede pela Embrapa, EBDA e ENPARN e lançada em 2007. Cultivar precoce, possui ciclo médio de 120 dias, apresentando porte baixo – em torno de 1,40 m – caule verde com cera, cachos cônicos com tamanho médio de 60 cm e frutos verdes com cera e indeiscentes. As sementes pesam entre 0,40 e 0,53 g, com a cor marrom e bege, contendo 48% de óleo. A produtividade média em condições de sequeiro é em torno de 1.800 kg ha<sup>-1</sup>. Os espaçamentos recomendados em condições de monocultivo são 1,0 x 1,0 m e 0,70 x 0,40 m (Embrapa, 2007).

### **Qualidade da água para irrigação**

Em função da alta demanda evapotranspirométrica proporcionada pela alta radiação da região nordeste, a evapotranspiração é superior ao total precipitado, ocorrendo déficit hídrico em quase todos os meses do ano, tendo-se a necessidade de irrigação. Qualquer que seja a fonte, a água usada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade dos sais presentes nela possam variar bastante (LIMA et al., 2008). A prática da irrigação é em muitas situações, a única maneira de garantir uma produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido brasileiro, onde há deficiência hídrica às plantas. Nessas áreas, sem um manejo adequado da irrigação a salinização do solo é inevitável (HOLANDA & AMORIM, 1997). A qualidade das águas da região Nordeste que podem ser usadas na irrigação é muito variável, tanto em termos geográficos como ao longo do ano, sobretudo nos pequenos reservatórios, em que a salinidade aumenta consideravelmente com a redução do volume armazenado (OLIVEIRA et al., 2006).

Apesar da importância da irrigação para os cultivos no Nordeste, não tem se dado a devida atenção para o fato de que nem todas as águas utilizadas são próprias para o desenvolvimento satisfatório da cultura nem se sabe, ao certo, até que ponto a cultura da mamona é sensível à salinidade (SANTOS FILHO et al., 2004).

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade dos sais dissolvidos. Os sais se encontram em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução ou intemperização das rochas e solos – incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais – além de serem transportados pelas águas de irrigação e depositados no

solo, onde se acumulam à medida que a água se evapora ou são consumidos pelas culturas. A adequação da água de irrigação não depende unicamente do teor total de sais, mas também do tipo de sais. Sempre que o conteúdo total de sais aumenta, os problemas do solo e das culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo para manter rendimentos aceitáveis. A qualidade da água e/ou sua adequação para irrigação determina, também, pela gravidade dos problemas que podem ocorrer depois de seu uso em longo prazo (AYERS & WESTCOT, 1999).

Os problemas resultantes variam em tipo e intensidade e depende do solo e do clima e da habilidade e conhecimento no manejo do sistema água-solo-planta, por parte do usuário. O uso da água de certa qualidade está determinado pelas condições que controlam o acúmulo dos sais e o efeito no rendimento das culturas (AYERS & WESTCOT, 1999).

O nível de salinidade da água das regiões áridas e semiáridas nos reservatórios de pequenas e médias capacidades, aumenta do início para o final da estiagem. Este fenômeno é observado visto que durante o processo de evaporação, os sais se acumulam no sentido da superfície do solo, cada vez mais próximos do ambiente radicular das plantas. O acúmulo de sais no solo também pode ser um processo natural, observado principalmente quando há deficiência de drenagem. A redução do conteúdo de água do solo por evapotranspiração resulta no aumento da concentração salina, provocando toxicidade às plantas, queda de germinação das sementes e retardando ou inibindo completamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (SANTOS, 1999).

O aumento da salinidade diminui o potencial osmótico da solução do solo e dificulta a absorção de água pelas raízes, ao mesmo tempo em que íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  se acumulam nas folhas e afetam os processos fisiológicos da planta (NOBLE & ROGERS, 1992; LAZOF & BERNSTEIN, 1999). A tolerância à salinidade também pode variar entre genótipos de uma mesma espécie, e o estágio de desenvolvimento da planta (GHEYI, 1997).

### **Efeito da salinidade sobre as plantas**

O acúmulo de sais na rizosfera prejudica o crescimento e o desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade (LIMA et al., 2006) devido à diminuição do potencial osmótico que, com o potencial mátrico representa as resistências que as raízes das plantas têm de vencer para absorver água do solo. O aumento da pressão osmótica pode atingir um valor tal que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar este potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo

em solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por “seca fisiológica” (MEDEIROS, 1992).

Os danos devidos à toxicidade podem reduzir significativamente o rendimento das culturas, estando sua magnitude dependendo do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Os problemas de toxicidade frequentemente acompanham ou potencializam os de salinidade ou de permeabilidade, podendo surgir mesmo em baixa salinidade. Os sintomas de toxicidade podem surgir em qualquer cultura desde que as concentrações de sais no interior da planta sejam suficientemente altas ou acima de seus níveis de tolerância (AYERS & WESTCOT, 1999). Este excesso pode promover desbalanceamento e danos ao citoplasma resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água havendo, nestas regiões, um acúmulo maior de sais, translocados do solo para a planta e, obviamente, intensa toxidez de sais (COELHO, 2006).

As forças de absorção das plantas atuam em toda a profundidade radicular e extraem a água de onde a encontram mais facilmente disponível. Em geral a menor resistência a absorção encontra-se na parte superior da zona radicular – parte frequentemente molhada por chuvas ou por irrigações e por ela passa a maior quantidade da água – sendo melhor lixiviada e menos afetada pela salinidade que as partes mais profundas (AYERS & WESTCOT, 1999).

As culturas sensíveis à salinidade sofrem redução progressiva do crescimento e da produção à medida em que a concentração salina da solução do solo aumenta. De acordo com Lima (1997), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis pelas plantas podem ser causados pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos, reduzindo o crescimento das plantas.

Os efeitos marginais da salinidade atuam em todas as fases das plantas (SÁ, 1999). No entanto, o primeiro contato entre o ambiente salino e as plântulas tem início durante o crescimento do eixo embrionário da semente. Por isto, o processo germinativo se constitui na fase mais importante para avaliação do comportamento de determinada cultura à salinidade (CAVALCANTE et al., 2002).

Além da ação química depressiva dos sais da água ou dos substratos às plantas, há também os efeitos negativos da salinidade sobre a condição física do solo. As interferências do complexo que representam a mistura salina e/ou da ação específica de cloreto, nitrato e sódio, se tornam mais danosas quando os sais induzem a dispersão

da argila e depauperam a estrutura do solo (RICHARDS, 1954; COSTA, 2000). Quando isto ocorre os atributos físico-hídricos do meio – como infiltração, disponibilidade de água, aeração e drenagem – são marcadamente reduzidos e o pH é sensivelmente elevado (SANTOS, 1999).

### **Análise de crescimento de plantas**

A análise quantitativa de crescimento é constituída de modelos e fórmulas matemáticas para avaliar índices de crescimento das plantas, muitos dos quais, relacionados com a atividade fotossintética. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir na atividade fisiológica, isto é, estimar de forma precisa as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas iguais, crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003).

As informações das quantidades da massa da matéria seca e da área foliar em função do tempo são utilizadas na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares da mesma espécie e das comunidades vegetais. Normalmente, estes são taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), índice de área foliar (IAF) e índice de colheita (IC) (REIS & MULLER, 1979; PEREIRA & MACHADO, 1987; BENINCASA, 2003).

O crescimento pode ser estudado através de diferentes métodos ou técnicas, desde as mais simples até as mais sofisticadas; tais informações são as quantidades de materiais contidos na planta toda e em suas partes (folhas, hastes, raízes e frutos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante (JAUER et al. 2004). A planta e o ambiente devem ter suas características conhecidas para que sejam atendidas as necessidades da cultura, de modo que a mesma expresse toda a sua potencialidade (SANTOS et al., 2003). O crescimento da planta, como um todo em termos de aumento de volume, de peso, de dimensões lineares e de unidades estruturais, é função do que a planta armazena e do que a planta produz em termos de material estrutural (NÓBREGA et al., 2001).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do experimento e delineamento experimental

O trabalho foi desenvolvido em 21 lisímetros de drenagem, instalados na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA, a qual apresenta coordenadas geográficas de 10°28' S e 40°11' W e altitude de 550 m. A área experimental teve 7 m de largura por 17,8 m de comprimento, totalizando 124,6 m<sup>2</sup>. O período de estudo foi de setembro de 2008 a janeiro de 2009.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições totalizando 21 unidades experimentais em que cada uma correspondeu a um lisímetro de drenagem e os sete tratamentos foram constituídos dos seguintes níveis de salinidade da água de irrigação: o nível mais baixo foi o da água que se usou como testemunha, correspondente à água da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA), com 0,12 dS m<sup>-1</sup>, os demais níveis corresponderam aos valores de condutividade elétrica: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> (25 °C), obtidos mediante a utilização de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, nas proporções de 7:2:1, respectivamente, diluídos em água da EMBASA. A cultura utilizada foi a mamoneira, cultivar BRS energia, com espaçamento entre fileiras de 0,7 m e entre plantas de 0,5 m, conforme recomendações técnicas. Destacaram-se 21 lisímetros de drenagem e cada unidade foi composta de quatro plantas, totalizando 84 plantas úteis em todo o experimento.

### Descrição do sistema de lisimetria

Os lisímetros foram constituídos de uma caixa de fibra de vidro com capacidade para 1.120 L, com dimensões de: 1 m de largura por 1,4 m de comprimento e 0,8 m de profundidade. Os lisímetros foram enterrados a 0,75 m de profundidade e na base de cada um deles se fez um orifício e se conectou uma tubulação para proceder à descarga do efluente até os recipientes coletores, sobre o orifício aberto foi instalada uma calha de 30 cm de comprimento, feita com tubo de PVC com diâmetro de 33 mm; sobre a calha e toda a base da caixa se colocou uma camada de brita zero com espessura de 2 cm e, sobre esta, uma camada de areia lavada, de igual espessura e sobre a camada de areia lavada foi posto o solo, de modo a formar um perfil homogêneo.

Fez-se o preenchimento dos lisímetros em camadas sucessivas de aproximadamente 10 cm até atingir a espessura de 60 cm, procurando-se acondicionar o material de solo, de modo a deixá-lo com a massa específica próxima à original (Figura 1).

O sistema de drenagem de cada lisímetro foi ligado a um dispositivo para coleta do efluente, neste efluente se mediram o volume de água drenado e a condutividade elétrica.



Figura 1 - Disposição dos lisímetros em campo

### **Caracterização do solo e da água**

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado no perfil da área experimental do Instituto Federal Baiano de Senhor do Bonfim. As características físico-químicas do solo foram determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, utilizando-se a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), cujos resultados estão contidos na Tabelas 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos

Característica química	Camada (cm)		Característica física	Camada (cm)	
	0-20	20-40		0-20	20-40
pH	6,5	6,3	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	731	698
MO (g kg <sup>-1</sup> )	15,5	11,9	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	75	79
P (mg dm <sup>-3</sup> )	136	51,5	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	194	223
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,80	2,10	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	106	127
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,98	1,61	GF (%)	45,6	43,1
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,31	0,23	Índice de dispersão (%)	54,4	56,9
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,13	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,21	1,35
Al <sup>3+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	---	---	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,53	2,53
H <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,36	2,03	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,52	0,47
SB (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,25	4,07			
CTC (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,61	6,10			
V (%)	68,9	66,7			
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	0,71	0,76			
PST (%)	2,18	2,21			

CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica - [SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)]; MO - Matéria orgânica; PST - Porcentagem de sódio trocável; SB - Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); V - Saturação por bases = (SB/CTC) x 100; Ada - Argila

A caracterização química para fins de fertilidade, foi feita em amostras de material de solo coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, para quantificação dos teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo e hidrogênio + alumínio, valores de pH e matéria orgânica. Essas determinações foram também realizadas no laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG. A determinação do pH e da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi feita diretamente com a utilização de potenciômetro e de condutivímetro, respectivamente. O potássio e o sódio foram extraídos com a solução duplo ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 M e HCl 0,05 M) e determinados por fotômetro de chama com filtro de comprimento de onda apropriado a cada elemento. As concentrações de hidrogênio + alumínio foram obtidas através da extração com acetato de cálcio (0,5 M), titulado com NaOH 0,0125 M.

A quantificação dos teores de cálcio e magnésio foi realizada efetuando-se a extração com cloreto de potássio e titulação com EDTA 0,0125M; a determinação da matéria orgânica foi feita pelo método do carbono orgânico através da oxidação com cloreto de potássio 0,4 N e titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N, conforme metodologia sugerida pela Embrapa (1997).

A caracterização física foi realizada em amostras de material de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. As determinações de areia, silte e argila, foram realizadas utilizando-se o método do hidrômetro (BOUYOUCOS, 1951) e a densidade real ou de partículas pelo método da água fervente em balão volumétrico (BLAKE, 1965). Os teores de umidade correspondentes aos valores do potencial matricial de água do solo, nos pontos de capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e de murchamento permanente ( $\theta_{pm}$ ), as tensões de - 0,010 Mpa e -1,500 Mpa, respectivamente, foram determinados em câmara de pressão acoplada a placas de porcelana porosa (RICHARDS, 1965).

As análises físicas e químicas do material de solo foram realizadas antes e depois do experimento. Realizou-se a análise da água de abastecimento (água da EMBASA) utilizada no tratamento testemunha e também na obtenção dos níveis de salinidade da água de irrigação, no início do experimento.

A água utilizada para irrigação do tratamento testemunha e para preparo dos demais níveis de salinidade foi proveniente da EMBASA (Tabela 2). Segundo Richards (1954) e Bernardo (1989), a água da EMBASA pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade e de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. É uma água que não apresenta nenhuma restrição de uso para irrigação

**Tabela 2.** Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade

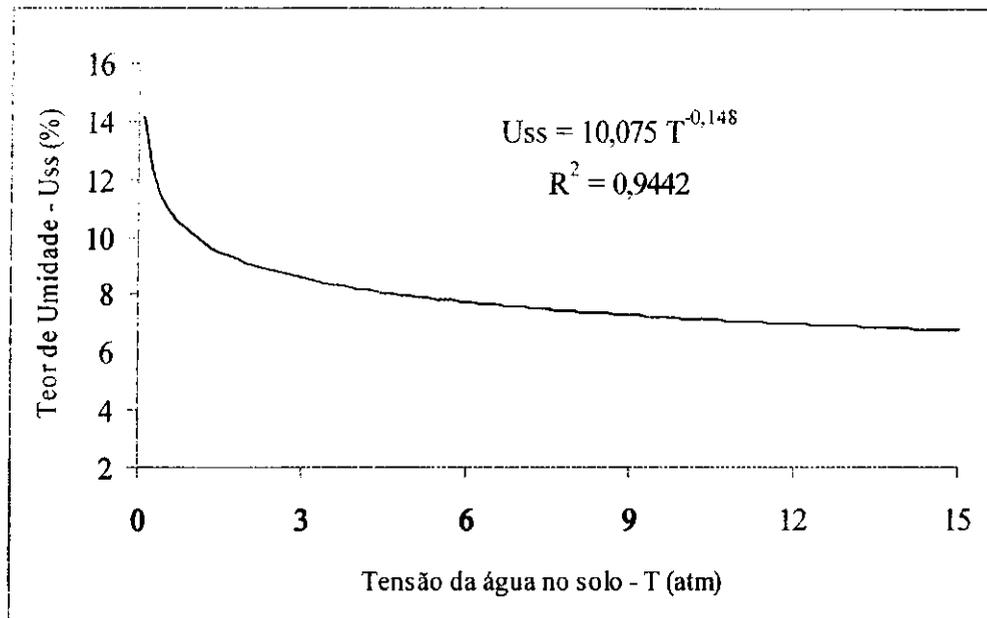
Características químicas	
pH	5,28
Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Mg (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Na (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,49
K (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,03
Carbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,39
Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,92
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>-0,5</sup>	0,69
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,12

### Condução do experimento

A semeadura foi realizada manualmente, no dia 13 de setembro de 2008, colocando 4 sementes por cova a 2 cm de profundidade. Os tratos culturais, como capinas, desbastes e adubação, também foram manuais, ao longo do ciclo da cultura, que para a mamona cultivar BRS Energia é de 120 dias.

A adubação de plantio foi realizada com uréia na proporção de 20 kg de nitrogênio por hectare. A adubação de cobertura aos 25 DAE foi realizada com uréia e cloreto de potássio nas proporções de 40 kg de nitrogênio e 60 kg de potássio por hectare, respectivamente.

Antes da instalação do experimento todos os lisímetros foram irrigados até a capacidade de campo, tomando-se como base a curva de retenção de água do solo, de acordo com a Figura 2.



**Figura 2.** Curva característica de retenção de umidade do solo

A lâmina de irrigação aplicada foi calculada com base na Eq.1, durante o ciclo da cultura, acrescida da fração de lixiviação de 10% em todos os tratamentos. O turno de irrigação adotado de dois dias e a aplicação da irrigação foi manual e de modo uniforme. A água de drenagem foi coletada a cada 24 horas após a irrigação para quantificação do volume drenado e monitoramento da condutividade elétrica.

$$C.A. = \sum V_{ap} - \sum V_{ad} \quad (1)$$

C.A. = Consumo de água

$V_{ap}$  = Volume de água aplicado

$V_{ad}$  = Volume de água drenado

#### **Variáveis analisadas**

As variáveis analisadas foram: condutividade elétrica da solução do solo, condutividade elétrica da água de drenagem, condutividade elétrica do extrato de saturação, altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, taxa de crescimento absoluto e relativo em altura de plantas, diâmetro caulinar e área foliar, número de racemos por planta, altura do primeiro racemo, comprimento do racemo principal, número de frutos do racemo principal, número de nós, massa de cem sementes, massa seca das raízes, massa de frutos por planta e por hectare, massa de sementes por planta e por hectare, rendimento de casca, rendimento de sementes e rendimento de óleo

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. Viçosa: UFV, 1994. 87p. (Dissertação Mestrado).

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão do Nordeste: caracterização, variação sazonal, limitação do uso**. Recife: CNPq, 1995.

AYERS, R.S.; WESTCOT D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. GHEYI, J. F. de MEDEIROS, F. A. V. DAMASCENO. Campina Grande: UFPB, 1999. Estudos da FAO, 153p.

AZEVEDO, D. M .P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 380 p.

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. da; DANTAS, E. S. B.; ARAÚJO, J. D. de. **Período crítico de competição entre plantas daninhas e a mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997, 6 p. (Comunicado Técnico, 44).

AZEVEDO, D.M.P. DE; LIMA, E.F. (ed.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 350p.

BELTRÃO, N. E. de M. ; LIMA, R. de L. S. de. Aplicação do óleo de mamona como fonte de energia: Biodiesel. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. cap. 17, p. 395-416.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância de seu cultivo no Brasil. **Revista brasileira de oleaginosas fibrosas**, Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão: Campina Grande, PB; Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, p. 37-61. 2001.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. de. Fitologia. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande – PR). 2.ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.118-137 p

BELTRÃO, N. E. de M; SILVA, L.C.; MELO, F.B. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) para o semi-árido nordestino, em especial do Piauí**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2002. 44p. EMBRAPA Algodão. Documentos, 97.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5 ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1989. 596p.

BLAKE, G. R. Particle density. In: BLAKE, C. A. (ed) **Methods of soil analysis**. Madison. American Society of Agronomy, p.374-391. 1965.

BOUYOUCOS, G. J. A. Recalibration of the hidrometer methods for making analysis of soils. **Agronomy Journ**, Madison, v.43, p434-437. 1951.

CARVALHO, L. O. **Cultura da mamoneira**. Campinas: CATI (Comunicado Técnico, 73), 3 p. 1988.

CARVALHO, L. O. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: São Paulo (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Manual técnico das culturas**. 2. ed. Campinas, 1997. cap. 11, p. 349-368.

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, J. B.; SANTOS, C. J. O; FEITOSA FILHO; J. C.; LIMA, E. M.; CAVALCANTE, I. H. L.. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiro irrigado com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.3, p.748 – 751. 2002.

COELHO, D. K. **Efeitos da irrigação na mamoneira com águas salinas e adubação com polpa de mamona**. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

COSTA, J. R. M. **Efeito do revestimento lateral das covas e volumes de água salina sobre a produção e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo.** 2000. 72f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2000.

DRUMMOND, A. R. F.; GAZINEU, M. H. P.; ALMEIDA, L.; SOUTO MAIOR, A. Estudo dos Parâmetros: Tempo de Extração e Solvente na Obtenção de Oleo de Mamona para a Produção de Biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2006. 1 CD-ROM.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises do solo.** 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento Genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil.** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 229-256.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. De M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 171-194.

GHEYI, H. R. Efeitos dos sais sobre as plantas. In: FAGEIRA, N.K. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: (s.e),1997.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos.** Mossoró: ESAM, 1991. 70p.

GIBELLI, F. Projeto poliuretano de óleo de mamona e seus subprodutos. In: CÂMARA, G. M. S., CHIAVEGATO, E. J. (Coord.). **O agronegócio das plantas oleaginosas.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Departamento de Produção Vegetal, 2001. cap. 10, p. 181-184.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade da agricultura.** Campina Grande: UFPB, SBEA, 1997. p137-169.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, A. C. Análise de crescimento da cultivar de feijão pérola em quatro densidades de semeadura growth analysis of bean cultivar pérola in four sowing densities. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 10, p. 101, 2004.

LAZOF, D. B.; BERNSTEIN, N. Effects of salinization on nutrient transport to lettuce leaves: consideration of leaf developmental stage. **The New Phytologist**. The Hague, v. 144, n. 1, p. 85-94, 1999.

LIMA, C. B. e; SANTOS FILHO, S. V. dos; SANTOS, M. A. dos; OLIVEIRA, M. de. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 5 (número especial), p. 50-56, dez. 2008.

LIMA, C. P. de; FERNANDES, D. M.; KIHHL, T. A. M.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G. de. Influência da salinidade do solo na germinação e no desenvolvimento inicial da mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade da agricultura**. Campina Grande: UFPB, SBEA, 1997. p113-136.

MASCARENHAS, M. H. T. Controle de plantas daninhas na cultura da mamoneira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p. 35-36, 1981.

MATOS, E. H. da S. F. **Cultivo da mamona e extração do óleo**. Brasília: CDT/UnB, 2007 (Dossiê Técnico).

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas. Tártago. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. p. 277-360.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB, 1992, 137p (Dissertação de Mestrado).

MOREIRA, J.A.N.; LIMA, E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVÊDO, D.M.P. de. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1996. 30p. (**Documentos, 44**).

MYCZKOWSKI, M. L. **Seleção para aumento da porcentagem de flores femininas na população FCA-Unesp-PB de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 34 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

NOAMAN, M. N.; EL-HADDAD, E. S. Effects of irrigation water salinity and leaching fraction on the growth of six halophyte species. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.135, p.279-285, 2000.

NOBLE, C. L.; ROGERS, M. E. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. **Plant and Soil**, v. 146, n. 1/2, p. 99-107, 1992.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO N. E. de M. FIDELES, J. F. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 437-443, 2001.

OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, de; LIMA, C. J. G. de S.; GUIMARÃES, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde**, v. 1, n. 1, p. 47-53, jan./jun. 2006.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33 p. (IAC. Boletim técnico, 114).

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. Amerind, New Delhi: Amerind Publishing, Co. Put. 1986. p. 315.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, 1979. 35 p.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y recuperación de suelos salinos y sódicos**. México, 1954. 172p. (Manual de Agricultura, 60).

RICHARDS, L. A., Physical conditions of water in soil. In: C. A. BLACK, D. D. EVANS, J. L. WHITE, L. E. ENSMINGE and F. E. CLARK, ed. **Methods of soil analysis** -

**Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling.** Madison, ASASSSA, 1965. p.128-152.

RODRIGUES, R. F. de O.; OLIVEIRA, F.; FONSECA, A. M. As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. Revisão de conhecimentos. Revista Lecta, **Bragança Paulista**, v. 20, n. 2, p. 183-194, jul./dez. 2002

SÁ, J. R. de. **Níveis de salinidade da água sobre o comportamento do maracujazeiro-amarelo** (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) **cultivado em recipientes de polietileno.** 1999. 53f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

SANTOS FILHO, S. V. dos; LIMA, C. B. e; OLIVEIRA, M. de; SANTOS, M. A. dos. Absorção de nutrientes durante a fase vegetativa mamoneira em três solos da região de Mossoró, RN sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.

SANTOS, J. B. dos. **Produção e qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina.** 1999. 57p. Monografia. (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. 1999.

SANTOS, J. M. B.; PEIXOTO, C. P.; SANTOS J. M. B.; BRANDELERO E. M. , PEIXOTO, M. F. S. P. SILVA V. **Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Recôncavo Baiano.** 2. ed. Bahia: Magistra, 2003. v. 15, p. 111-121.

SANTOS, R. F.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L. M. G. Análise econômica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil.** Embrapa Algodão (Campina Grande, PB). – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola.** Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N. V.; BARBOZA, M. Z. 1. Mamona. In: **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral: oleaginosas no estado de São Paulo: análise e diagnóstico.** Campinas, 1999. 39 p. (Cati, Documento Técnico, 107).

SEVAST'YANOVA, L. B. Germination of seeds. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p. 34-35.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, J. W. Fatores de conversão do peso de cachos e frutos para peso de sementes de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14p. (Boletim de pesquisa, 56).

SHIFRISS, O. Conventional and unconventional systems controlling sex variations in *ricinus*. **The Weizmann Institute of Science**. p 361-388, 1960.

SILVA, L. C. & RAO, V. R. T. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.10, n.1, p.128-131, 2006

SILVA, S. M. S. e; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. Componentes da produção em diferentes cultivares de mamoneira irrigada com água salina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004a.

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

SINGH, D. C. In. SIMMONDS, N. W. **Evolution of crop plants**. Edinburg: Longman Scientific & Technical, 1986. p. 84-86.

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111 p.

USDA. **Castorbean production**. Washington: U.S. Departamento of Agriculture, 1960. (Famer's Bulletin, 2041).

VIJAYA KUMAR, P.; RAMAKRISHNA, Y. S.; RAMANA RAO, B. V.; VICTOR, U. S.; SRIVASTAVA, N. N.; SUBBA RAO, A. V. M. Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus communis* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Hyderabad, v. 88, p. 279-289, 1997.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. Longman, London, p. 31-99. 1983.

ZENG, L.; SHANNON, M.C.; LESCH, S. M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.48, p.191-206, 2001.

ZUCHI, J. **Características agronômicas de cultivares de mamona em função do local de cultivo**. Pelotas, 2008. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas

## **CAPÍTULO II**

### **SALINIDADE DA SUSPENSÃO DRENADA E DO SOLO EM FUNÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA MAMONEIRA**

## **Salinidade da suspensão drenada e do solo em função da água de irrigação no cultivo da mamoneira**

**RESUMO:** Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a salinidade do solo, da suspensão drenada e da solução do solo em função da salinidade da água de irrigação em um solo cultivado com mamoneira em sistema de lisimetria. O estudo foi desenvolvido na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de níveis de salinidade da água de irrigação, sendo o nível mais baixo ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) o da água de abastecimento urbano do município, o qual foi considerado testemunha; os demais níveis foram: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). A salinidade do solo, da solução solo e da suspensão drenada, cresceu linearmente com o aumento da salinidade das águas de irrigação. A correlação entre a condutividade elétrica da solução e do extrato de saturação revelou adequabilidade e confiabilidade do uso de extrator de solução do solo para o manejo de águas salinas em lisímetros de drenagem; apesar da lavagem o aumento da salinidade das águas elevou o caráter salino do solo, mas não interferiu na sodicidade.

**Palavras-chave:** Condutividade elétrica, solução do solo, lixiviação

## **Salinity and the suspension drained soil in function of irrigation water in the cultivation of castor**

**ABSTRACT:** This research aimed to evaluate the salinity of the soil, of the drained suspension and of the soil solution in function of the irrigation water salinity in a soil cultivated with castor oil plant in lysimetry system. The study was developed in the experimental area of Irrigation and Drainage of the Bahia Federal Institute, Campus of Senhor do Bonfim. The used experimental design was the entirely randomized with seven treatments and three repetitions, totaling 21 experimental plots. The treatments were constituted of levels of salinity of the irrigation water, being the lowest level ( $0.12 \text{ dS m}^{-1}$ ) the one of the water of urban provisioning of the municipal district, which was considered as the control; the other levels were: 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 4.0 and  $4.8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). The salinity of soil, soil solution and the suspension drained, increased linearly with increasing salinity of irrigation water. The correlation between the electrical conductivity of the solution and the saturation extract revealed suitability and reliability of using extractor soil solution for the management of saline water in drainage lysimeters. While washing the increased water salinity increased the character saline soil, but it didn't interfere in the sodicity

**Key words:** electrical conductivity, soil solution, lixiviation

## INTRODUÇÃO

O problema da salinidade ocorre com mais frequência em regiões áridas e semiáridas do mundo, como é o caso do Nordeste brasileiro. Nessas regiões o transporte e o acúmulo de sais solúveis nos solos são devidos, em maior parte, às baixas precipitações e às altas taxas de evaporação, associadas às características químicas, e pelas irrigações nem sempre adequadamente dimensionadas, e à drenagem das terras, em geral deficiente (GOMES et al., 2000; LEITE et al., 2007; LIMA et al., 2010). A salinidade pode comprometer a germinação não só dificultando a absorção de água pelas sementes, mas também contribuindo para a absorção em concentrações tóxicas caracterizadas pelo complexo de sais e pela salinidade específica (GHEYI, 2000; CAVALCANTI et al., 2004; FERNANDES et al., 2010).

Segundo Pizarro (1996), os efeitos dos sais do solo podem ser reunidos em três grupos principais: efeito osmótico dos sais dissolvidos, efeito do sódio adsorvido e toxicidade de alguns íons. Alta porcentagem de sódio no complexo de troca eleva os valores da porcentagem de sódio trocável (PST), tendo efeito importantíssimo sobre a estrutura do solo, além do sódio poder criar problema de toxicidade. Solos com alto teor de sódio tornam-se dispersos, o que diminui a permeabilidade, causa encharcamento, perda de aeração e resistência a penetração das raízes.

O conhecimento da composição química da solução do solo e da condutividade elétrica é importante para verificar a disponibilidade de nutrientes e monitorar o potencial osmótico e a concentração de íons tóxicos, ao longo do ciclo de uma cultura. Entretanto, a amostragem e a realização de análises periódicas de solo durante as fases de crescimento e desenvolvimento das culturas, são inviáveis economicamente em uma atividade agrícola comercial, além de não ser uma metodologia instantânea, que possibilite a tomada de decisão imediata. O extrator de solução é uma alternativa capaz de solucionar o problema de forma eficaz, de baixo custo e de coletas rápidas no campo (FRANÇA & SILVA et al., 2000; BLANCO, 2008). A importância de se estudar a solução do solo é que as plantas, absorverem apenas nutrientes solubilizados, isto é, que estão presentes na solução do solo (BRANDÃO & LIMA, 2002; SOUZA et al., 2007).

A quantificação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) conforme a literatura, é mais utilizada que as medidas de condutividade elétrica obtidas por outras metodologias, na solução do solo e na salinidade da água de drenagem. A tolerância das culturas aos efeitos danosos da salinidade do solo e da água é expressa, na

grande maioria das publicações, em função da salinidade limiar, ou seja, limite em que as plantas não sofrem declínio de crescimento e de produção, e na condutividade elétrica do extrato de saturação sob o qual o crescimento e a produção são reduzidos (MAAS & HOFFMAN, 1977; TANJI, 1991; AYERS & WESTCOT, 1999). A alteração da condutividade elétrica é um reflexo da mudança no teor de água e/ou diluição da solução do solo. Assim, os resultados de condutividade elétrica verificados na solução do solo, podem ser estimados na saturação, sendo corrigidos em função das diferentes umidades (RICHARDS 1954).

A acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e o desenvolvimento das culturas, provocando decréscimo de produtividade (LIMA et al., 2007; DIAS & BLANCO, 2010) devido à diminuição do potencial osmótico que, juntamente com o potencial mátrico, representa as resistências a que são submetidas as raízes das plantas para absorverem água e nutrientes do solo. O aumento da produção agrícola em ritmo lento, a baixa tolerância a salinidade da maior parte das culturas economicamente viáveis, a perda de qualidade da produção com o aumento da salinidade do solo, a escassez de água adequada à irrigação e a necessidade pela expansão de áreas para produção agrícola, evidenciam a exigência de adoção de tecnologias que viabilizem o uso de águas de qualidade inferior na agricultura (TEDESCHI & DELL'AQUILA, 2005; CAVALCANTE et al., 2007; MORI et al., 2008; SINGH et al., 2009).

Mesmo considerando os riscos mencionados, Rhoades et al. (2000), Medeiros et al. (2005), Cavalcante et al. (2005) apresentam dados sobre a utilização de águas salinas oriundas de mananciais e de reutilização da água de drenagem para produção agrícola, em vários países do mundo. Nos Estados Unidos da América do Norte foram produzidos alfafa, algodão, plantas forrageiras, milho e sorgo irrigados com águas de salinidade variando de 5 a 8 dS m<sup>-1</sup>. Águas de condutividade elétrica entre 3 e 9 dS m<sup>-1</sup> são usadas para produção de alfafa e algumas hortícolas no Chile. No Egito produz-se abobrinha, algodão, arroz, cebola, cevada, milho, pimentão, tomate e trevo com águas de conteúdo salino 2,8 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>. A Índia irriga algodão, milho, mostarda e trigo com águas subterrâneas de salinidade que oscila de 2 a 8 dS m<sup>-1</sup>. Em Israel os solos de textura argilosa são irrigados com águas de 3,5 a 5,5 dS m<sup>-1</sup>.

No Brasil há informações sobre o uso de águas de qualidade inferior na produção de algumas culturas, como tomate, sendo mais frequentes os dados para frutíferas desenvolvidas no campo. Costa (2000) verificou após irrigar maracujazeiro amarelo em Santa Cruz, RN com água de condutividade elétrica 3,2 dS m<sup>-1</sup>, que o solo atingiu a salinidade de 6,94 a 9,69 dS m<sup>-1</sup> e concluiu que a maior produtividade de 10,65 t

ha<sup>-1</sup> foi obtida no solo de menor índice salino. Santos (2001) e Nascimento (2010), irrigaram maracujazeiro amarelo nos municípios potiguares de Coronel Ezequiel e Jaçanã com águas de salinidade 3,6 e 4,2 dS m<sup>-1</sup>, isto é, de restrição severa à agricultura e obtiveram rendimentos de até 37,7 e 18,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em 12 e 8 meses de colheita.

Marinho (2002) cultivou coqueiro Anão verde em Parnamirim, RN irrigado com águas ricas em cloreto de sódio, isentas de iodo, de condutividade elétrica 0,1; 5,0; 10,0 e 15,0 dS m<sup>-1</sup> e colheu os maiores frutos nos tratamentos de menor salinidade. Porto Filho (2003) cultivou meloeiro irrigado com águas salinas de 0,6; 1,9; 3,2 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> em Mossoró, RN e verificou que o declínio das produções comerciais de 35,88 para 33,07; 28,04 e 23,86 t ha<sup>-1</sup> de frutos foi resposta do aumento da salinidade da água de irrigação. Assis Júnior et al. (2007) cultivaram feijão de corda irrigado com águas de condutividade elétrica 0,8 e 5 dS m<sup>-1</sup> e constataram perdas de rendimento das plantas sob irrigação com água de alta salinidade. Os resultados dos diferentes autores evidenciam que, apesar da possibilidade do uso de águas salinas na agricultura em todos os casos, são registrados perdas de produção com o aumento do estresse salino induzido às plantas. Esta situação é comum à grande maioria das plantas cultivadas, inclusive na mamoneira (CAVALCANTI et al., 2005; SILVA et al., 2008)

Além da ação química depressiva dos sais da água ou dos substratos às plantas, há também os efeitos negativos da salinidade sobre a condição física do solo. As interferências do complexo que representam a mistura salina e/ou da ação específica de boro, cloreto, nitrato e sódio se tornam mais danosas quando os sais induzem a dispersão da argila e depauperam a estrutura do solo (RICHARDS, 1954; FERREIRA et al., 2010). Quando isto ocorre os atributos físico-hídricos do meio, como infiltração, disponibilidade de água, aeração e drenagem, são marcadamente reduzidos e o pH na maioria dos casos é elevado (SANTOS, 1999).

Diante do exposto objetivou-se, com este trabalho, avaliar a salinidade do solo, da suspensão drenada e da solução do solo e a correlação entre a salinidade do solo e da solução do solo, em função da salinidade da água de irrigação em um solo cultivado com mamoneira em sistema de lisimetria.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em 21 lisímetros de drenagem instalados na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA, a qual apresenta coordenadas geográficas de 10°28'S e 40°11'W e altitude de 550 m. A área experimental teve 7 m de largura por 17,8 m de comprimento, totalizando 124,6 m<sup>2</sup>. O período de estudo ocorreu de setembro de 2008 a janeiro de 2009.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais, em que cada uma correspondeu a um lisímetro de drenagem; os sete tratamentos foram constituídos dos seguintes níveis de salinidade da água de irrigação: o nível mais baixo foi o da água que se usou como testemunha, correspondente à água da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA), com 0,12 dS m<sup>-1</sup>, os demais níveis corresponderam aos valores de condutividade elétrica 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> (25 °C), obtidos mediante a utilização de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, nas proporções de 7:2:1, respectivamente, diluídos em água da EMBASA. A cultura utilizada foi a mamoneira, cultivar BRS-energia, com espaçamento entre fileiras de 0,7 m e entre plantas de 0,5 m, conforme recomendações técnicas. Destacaram-se 21 lisímetros de drenagem e cada unidade foi composta de quatro plantas, totalizando 84 plantas úteis em todo o experimento.

Os lisímetros foram compostos de uma caixa de fibra de vidro com capacidade para 1.120 L, com dimensões de 1 m de largura por 1,4 m de comprimento e 0,80 m de profundidade, espaçados de 1 m. Os lisímetros foram enterrados a 0,75 m de profundidade. Na base de cada um deles se fez um orifício e se conectou uma tubulação para proceder à descarga do efluente até os recipientes coletores sobre o orifício aberto foi instalada uma calha de 30 cm de comprimento feita com tubo de PVC com diâmetro de 33 mm. Sobre a calha e toda a base da caixa, colocou-se uma camada de brita zero com espessura de 2 cm e, sobre esta, uma camada de areia lavada, de igual espessura, enfim, sobre a camada de areia lavada foi posto o solo, de modo a formar um perfil homogêneo.

Fez-se o preenchimento dos lisímetros em camadas sucessivas de aproximadamente 10 cm até atingir a espessura de 60 cm, procurando-se acondicionar o material de solo, de modo a deixá-lo com a massa específica próxima à original. O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado no perfil natural da área experimental do Instituto Federal Baiano de Senhor do Bonfim. As características físico-químicas do solo foram determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do

Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG utilizando-se a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), cujos resultados estão contidos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos

Característica química	Camada (cm)		Característica física	Camada (cm)	
	0-20	20-40		0-20	20-40
pH	6,5	6,3	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	731	698
MO (g kg <sup>-1</sup> )	15,5	11,9	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	75	79
P (mg dm <sup>-3</sup> )	136	51,5	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	194	223
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,80	2,10	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	106	127
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,98	1,61	GF (%)	45,6	43,1
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,31	0,23	Índice de dispersão (%)	54,4	56,9
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,13	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,21	1,35
Al <sup>3+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	---	---	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,53	2,53
H <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,36	2,03	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,52	0,47
SB (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,25	4,07			
CTC (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,61	6,10			
V (%)	68,9	66,7			
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	0,71	0,76			
PST (%)	2,18	2,21			

CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica - [SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)]; MO - Matéria orgânica; PST - Porcentagem de sódio trocável; SB - Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); V - Saturação por bases = (SB/CTC) x 100; Ada - Argila

A água utilizada para irrigação do tratamento testemunha e para preparo dos demais níveis de salinidade foi proveniente da EMBASA (Tabela 2). Segundo Richards (1954) e Bernardo (1989), a água da EMBASA pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade e de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. É uma água que não apresenta nenhuma restrição de uso para irrigação

**Tabela 2.** Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Características químicas	
Ph	5,28
Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Mg (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Na (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,49
K (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,03
Carbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,39
Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,92
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>-0,5</sup>	0,69
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,12

Dois extratores de PVC foram instalados em cada lisímetro de drenagem, nas camadas de 0–20 e de 20–40 cm, a uma distância de 40 cm das plantas de mamoneira, com o objetivo de coletar a solução do solo para monitoramento da condutividade elétrica a cada 15 dias. Os extratores de solução possuíam, na sua extremidade inferior, cápsulas porosas de cerâmica de 20 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento. O processo de extração da solução do solo ocorreu da seguinte forma: 1 hora após a última irrigação foi aplicado um vácuo nos extratores de cápsula porosa fazendo-se a sucção do ar com seringa de 40 mL. Decorridas três horas após a aplicação do vácuo, a solução do solo era coletada em uma seringa acoplada a um tubo de silicone flexível; em seguida, as amostras de solução eram acondicionadas em recipiente plástico hermeticamente fechado. Nos intervalos entre as coletas de solução do solo lavava-se a seringa com água destilada, para evitar contaminação entre as amostras.

A medição da condutividade elétrica da solução solo foi realizada em condutivímetro portátil, aos 5, 20, 35, 50, 65 e 80 dias após a emergência de plântulas normais da mamoneira, em função do aumento da salinidade da água de irrigação. As amostras de solução do solo coletadas nos extratores dos 5 até os 80 dias após a emergência da mamoneira, nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, foram armazenados em recipientes plásticos hermeticamente fechados, para análise de salinidade ao final do estudo.

O sistema de drenagem de cada lisímetro foi ligado a um dispositivo para coleta da suspensão drenada, nesta suspensão drenada se mediram o volume de água drenado e a condutividade elétrica (condutivímetro portátil, após cada irrigação).

Ao final do experimento foram coletadas amostras de solo em cada lisímetro de drenagem nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com a finalidade de comparar os valores de condutividade elétrica da solução do solo obtidos através dos extratores de cápsula porosa com os valores obtidos através do método padrão, ou seja, o da pasta saturada. Utilizando-se 250 gramas dessas amostras de solo seco ao ar e peneirado em peneiras de 2 mm, prepararam-se pastas saturadas, as quais foram colocadas em repouso pelo período de 24 h, de acordo com a metodologia proposta por Richards (1954), em seguida, foram retirados os extratos saturados por meio de sucção a valores próximos a 100 kPa, nos quais foi medida a condutividade elétrica.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, conforme Ferreira (2003), utilizando-se o programa SISVAR v. 4.2. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os tratamentos foram submetidos à análise de regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 2006)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Salinidade da água drenada

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 3) a salinidade da água de irrigação exerceu efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, sobre a condutividade elétrica da suspensão drenada em todas as épocas avaliadas. Constata-se, também, que o coeficiente de variação decresceu ao longo do período experimental.

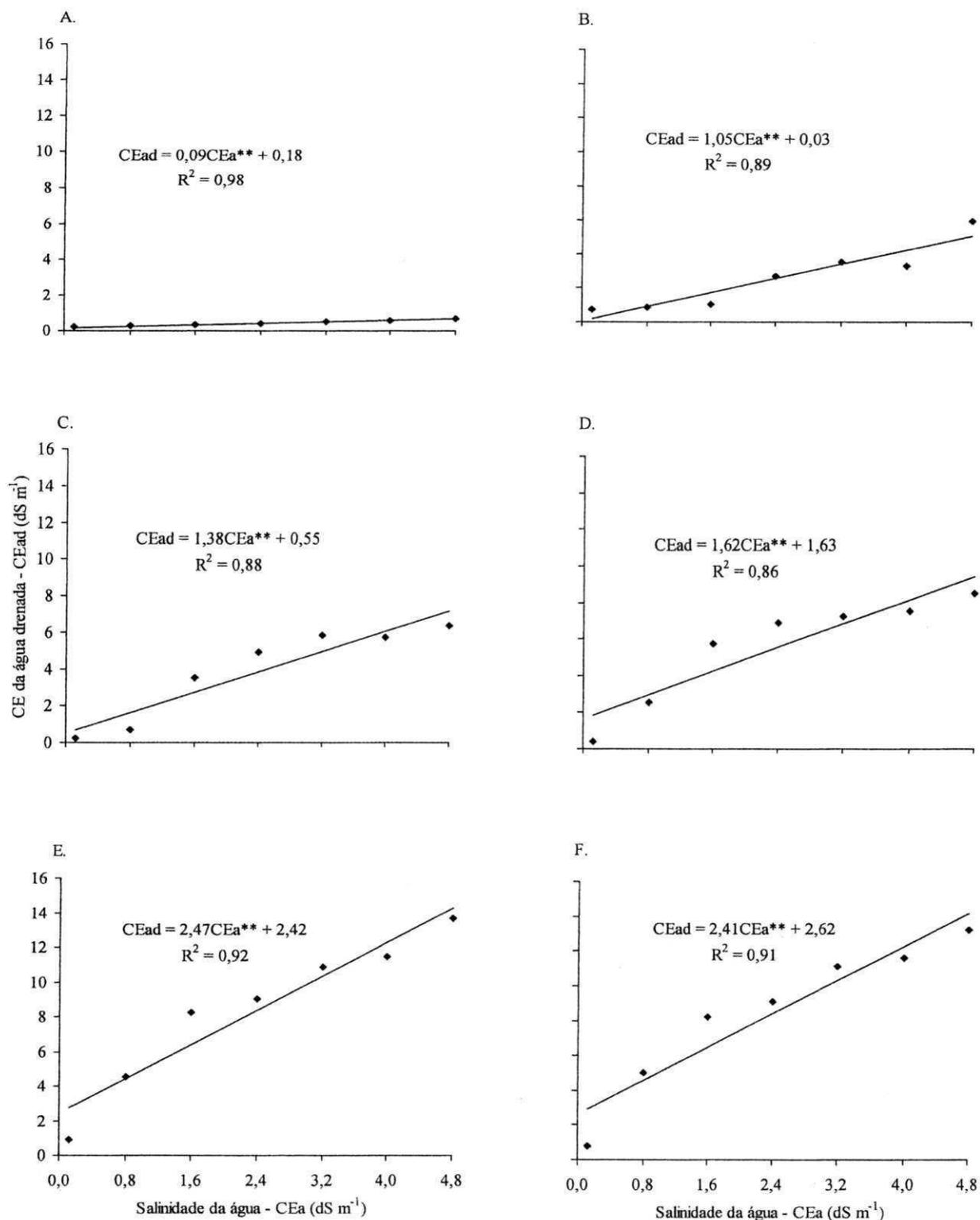
**Tabela 3.** Resumo das análises de variância pelo quadrado médio, referentes à condutividade elétrica da suspensão drenada aos 5, 20, 35, 50, 65 e 80 dias após a emergência (DAE) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Quadrado Médio							
Fonte de	Condutividade elétrica da água drenada - CE <sub>ad</sub>						
Varição	GL	5 DAE	20 DAE	35 DAE	50 DAE	65 DAE	80 DAE
Tratamentos	6	0,085**	1,197**	18,688**	26,464**	57,374**	55,523**
Resíduo	14	0,012	0,037	0,409	0,180	0,426	0,607
CV (%)		26,24	22,52	16,49	7,67	7,77	9,24
Regressão							
Linear	1	0,502**	6,357**	99,042**	136,101**	317,901**	301,762**
Quadrática	1	0,006 <sup>ns</sup>	0,282*	9,078**	18,427**	17,099**	23,601**
Desvio	4	0,001 <sup>ns</sup>	0,137*	1,002 <sup>ns</sup>	1,064**	2,312**	1,944*

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; \*= significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

O aumento da salinidade das águas de irrigação resultou em aumentos lineares da condutividade elétrica das suspensões drenadas ao longo do tempo. Verifica-se que a irrigação com água de abastecimento (0,12 dS m<sup>-1</sup>) basicamente não transportou sais ao solo visto que a condutividade elétrica da suspensão drenada sofreu baixa variação dos 5 aos 80 dias de avaliação após a emergência das plântulas (Figura 1). Os aumentos lineares significativos da condutividade elétrica das suspensões drenadas em função do tempo de irrigação, foram de 0,09 para 1,05; 1,38; 1,62; 2,47 e 2,41 (Figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E e 1F) para cada aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Ao considerar que os aumentos dos coeficientes são respostas do aumento da salinidade das águas, nota-se que esta situação expressa que a necessidade de lavagem do solo para a

lixiviação de sais aumenta com a elevação da condutividade elétrica da água de irrigação (TANJI, 1991; AYERS & WESTCOT, 1999; CAVALCANTE et al., 2010).



**Figura 1.** Condutividade elétrica da suspensão drenada, aos 5 (A), 20 (B), 35 (C), 50 (D), 65 (E) e 80 (F) dias após a emergência da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

## Salinidade da solução do solo

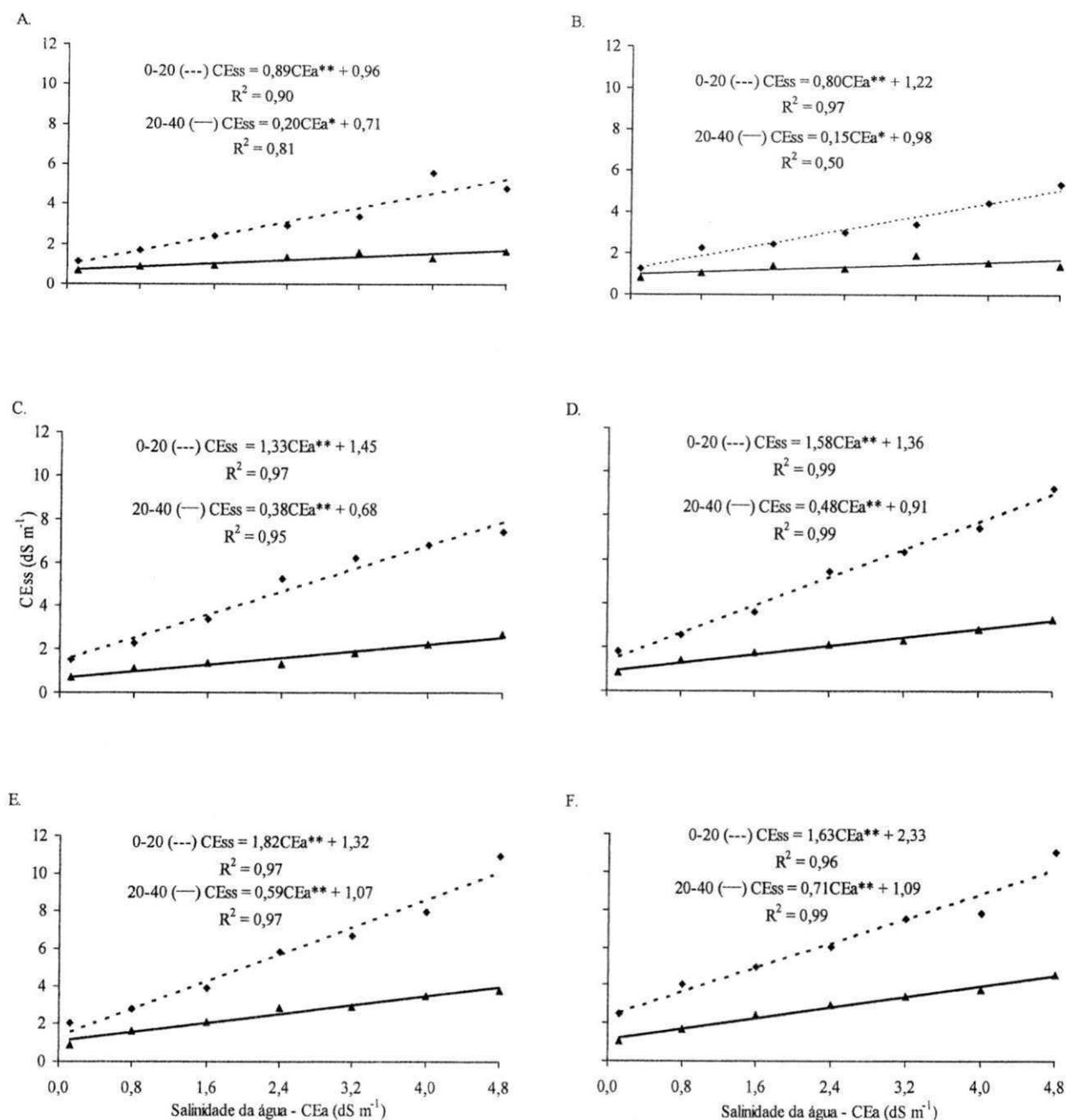
Conforme análise de variância, o aumento da salinidade das águas de irrigação interferiu significativamente ( $p < 0,01$ ) na condutividade elétrica da solução do solo, em ambas as camadas, exceto aos 5 e 20 dias após a emergência das plântulas na camada de 20-40cm (Tabela 4). O coeficiente de variação, apesar de elevado, decresceu de 26,73 para 11,62% na camada de 0-20 cm e de 40,98 para 18,71% na camada de 20-40 cm, referentes aos valores da condutividade elétrica da solução do solo da primeira para a última lavagem do solo, isto é, aos 5 e 80 dias após a emergência das plântulas.

**Tabela 4.** Resumo das análises de variância pelo quadrado médio, relativos à salinidade da solução do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, aos 5, 20, 35, 50, 65 e 80 dias após a emergência da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Quadrado Médio							
Fonte de Variação	Condutividade elétrica da solução do solo - CEss						
	GL	5 DAE	20 DAE	35 DAE	50 DAE	65 DAE	80 DAE
----- 0-20 cm -----							
Tratamentos	6	7,659**	5,783**	15,857**	21,884**	29,651**	23,901**
Resíduo	14	0,693	0,230	0,429	0,304	0,611	0,528
CV (%)		26,73	15,18	14,03	10,64	13,66	11,62
----- 20-40 cm -----							
Regressão							
Linear	1	41,453**	33,488**	92,631**	130,237**	172,726**	137,469**
Quadrática	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,404 <sup>ns</sup>	1,219 <sup>ns</sup>	0,240 <sup>ns</sup>	2,598 <sup>ns</sup>	0,897 <sup>ns</sup>
Desvio	4	1,125 <sup>ns</sup>	0,201 <sup>ns</sup>	0,323 <sup>ns</sup>	0,207 <sup>ns</sup>	0,646 <sup>ns</sup>	1,260 <sup>ns</sup>
----- 20-40 cm -----							
Tratamentos	6	0,422 <sup>ns</sup>	0,365 <sup>ns</sup>	1,350**	1,985**	3,135**	4,408**
Resíduo	14	0,237	0,129	0,149	0,110	0,358	0,276
CV (%)		40,98	26,95	24,01	16,11	23,94	18,71
Regressão							
Linear	1	-	-	7,694**	11,772**	18,194**	26,157**
Quadrática	1	-	-	0,142 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,381 <sup>ns</sup>	0,090 <sup>ns</sup>
Desvio	4	-	-	0,066 <sup>ns</sup>	0,033 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>	0,051 <sup>ns</sup>

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; B1 = Linear; B2 = Quadrática; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

Os valores da condutividade elétrica da solução do solo, assim como das suspensões drenadas, aumentaram linearmente em função do aumento da salinidade da água de irrigação e do período de lavagem do solo, com superioridade na camada de 0-20 cm (Figura 2), onde se situa a maior proporção de raízes da mamoneira. Estes resultados estão de acordo com Ben-Hur et al. (1998) ao afirmarem que a solução do solo nas áreas irrigadas apresenta, de forma geral, um nível de salinidade superior ao da água de irrigação, devido aos sais solúveis existentes no solo, principalmente na camada superior. Portanto, não é apenas a concentração de sais da água, em si mesma que geralmente, causa problemas osmóticos às plantas, mas o aumento desta concentração de sais na solução do solo.



**Figura 2.** Condutividade elétrica da solução do solo aos 5 (A), 20 (B), 35 (C), 50 (D), 65 (E) e 80 (F) dias após a emergência das plântulas, nas camadas de 0-20(---) e de 20-40 cm (—), em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Os dados da condutividade elétrica da solução do solo variaram de 1,1 a 11,0 dS m<sup>-1</sup> e de 0,65 a 4,52 dS m<sup>-1</sup> com o aumento da salinidade das águas de irrigação e dos períodos de lixiviação do solo, respectivamente, nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm. Andrade Neto (2009) observou, ao estudar diferentes concentrações de sais fertilizantes na água de irrigação em bananeira da terra, tendência linear de elevação da condutividade

elétrica do extrato de saturação e da solução do solo com o aumento da concentração da uréia e do nitrato de cálcio na água de irrigação. É provável que a maior concentração de sais na camada superficial tenha ocorrido em função da aplicação de composto orgânico na época do plantio na camada de 0-20 cm contribuindo para maior adsorção de sais oriundos da água de irrigação. Esta situação está de acordo com França & Silva et al. (2000) e Coelho et al. (2005) ao estudarem o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo e concluírem que a condutividade elétrica e a concentração de potássio podem ser avaliadas utilizando-se extratores de solução, com precisão confiável.

Ao comparar os dados da Figura 1 com os referentes à camada de 0-20 cm da Figura 2, constatam-se semelhanças entre os valores da condutividade elétrica das suspensões drenadas com os da solução do solo. Esta semelhança pode ser útil nas atividades de manejo da irrigação com águas de qualidade inferior para a agricultura, principalmente no que se refere à necessidade de lavagem para a lixiviação dos sais do ambiente radicular das plantas e, neste sentido, evidencia a importância da instalação dos extratores de solução do solo. Pela semelhança entre os valores da condutividade elétrica da solução do solo e das suspensões lixiviadas ou drenadas, adotando-se uma fração de lixiviação pode-se efetuar a lavagem do solo, uma vez que é possível calcular a lâmina de água necessária para essa lavagem.

#### **Salinidade do solo e da solução do solo**

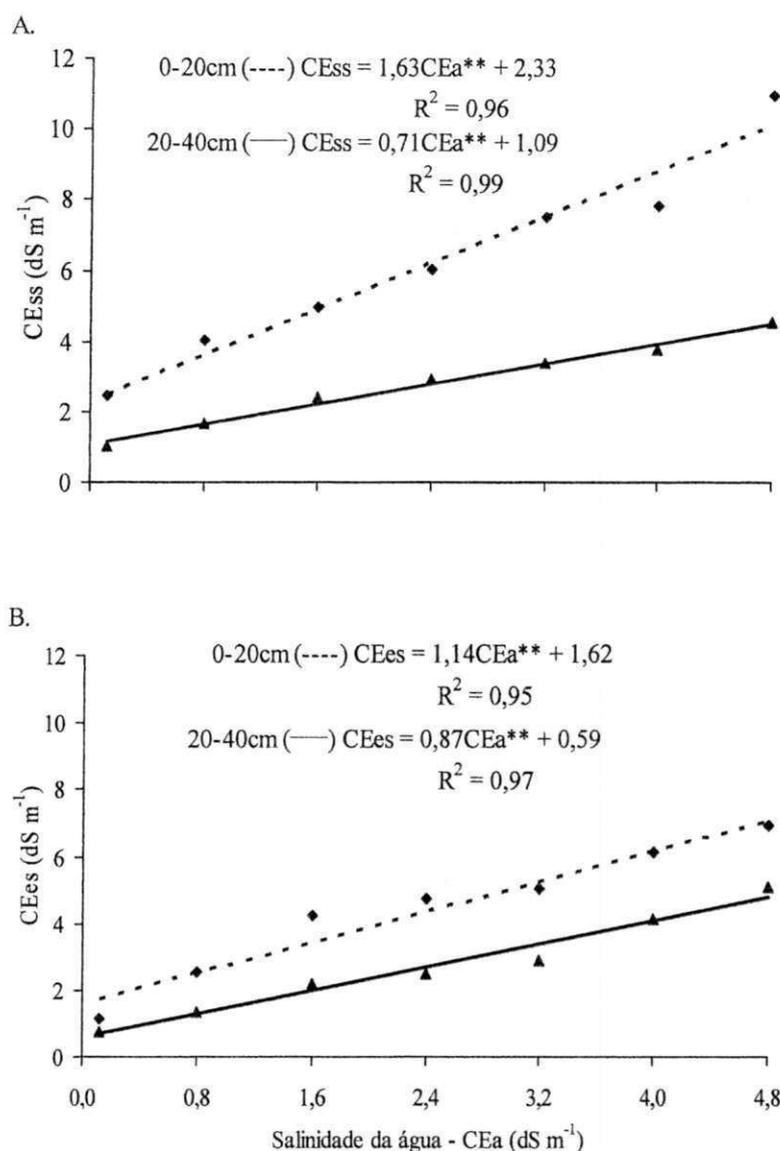
Com base na análise de variância indicada na Tabela 5, ao final do experimento, o aumento dos níveis de salinidade das águas exerceu efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, sobre a condutividade elétrica do extrato de saturação e da solução solo, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância da condutividade elétrica do extrato de saturação e da solução do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em função da salinidade da água de irrigação ao final do experimento. Senhor do Bonfim,BA, 2011

<b>Quadrado Médio</b>					
<b>Fonte de</b>	<b>Extrato de saturação</b>			<b>Solução do solo</b>	
<b>Varição</b>	<b>GL</b>	<b>0-20</b>	<b>20-40</b>	<b>0-20</b>	<b>20-40</b>
<b>Tratamentos</b>	6	6,827**	11,868**	50,160**	30,577**
<b>Resíduo</b>	14	0,189	0,414	0,949	0,458
<b>CV %</b>		16,09	14,69	13,65	13,41
<b>Regressão</b>					
<b>Linear</b>	1	39,663**	67,646**	299,921**	178,826**
<b>Quadrática</b>	1	0,476 <sup>ns</sup>	1,583 <sup>ns</sup>	0,236 <sup>ns</sup>	0,064 <sup>ns</sup>
<b>Desvio</b>	4	0,205 <sup>ns</sup>	0,495 <sup>ns</sup>	0,201 <sup>ns</sup>	1,144 <sup>ns</sup>

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

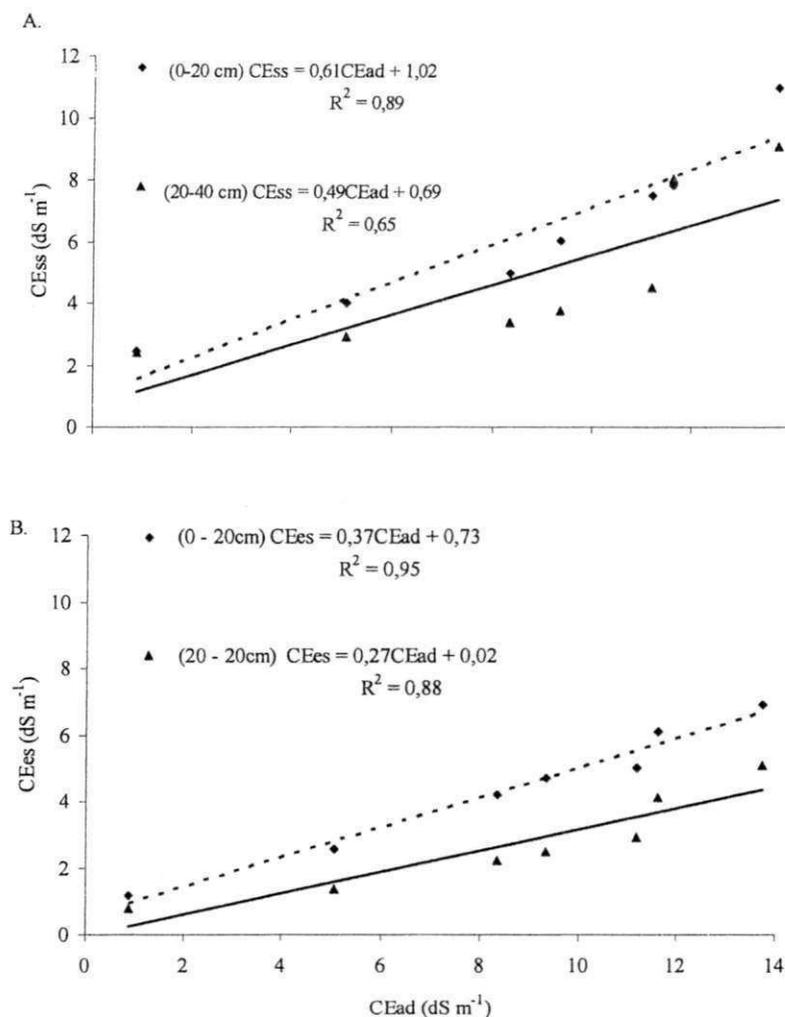
Ao final do experimento, aos 80 DAE, verificam-se aumentos lineares da condutividade elétrica da solução do solo e do extrato de saturação, nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, com superioridade para qualquer tipo de água na camada superficial (Figura 3). Em ambas as situações, a condutividade elétrica da solução do solo (CEss) e do extrato de saturação (CEes) foi expressivamente superior nos primeiros 20 cm do solo, em relação à faixa de 20-40 cm. O comportamento dos dados está em acordo com Gurgel et al. (2003) e Dias et al. (2005) ao concluírem que na solução do solo os sais são mais concentrados nas camadas mais superficiais. Está em acordo também com Porto Filho et al. (2011) após irrigarem melão por dois ciclos consecutivos com águas de irrigação com salinidade 0,6; 1,9; 3,2 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> e concluírem que essa variável foi maior na faixa mais superficial do solo.



**Figura 3.** Condutividade elétrica da solução do solo - CEss (A) e do extrato de saturação - CEes (B), nas camadas de 0-20 (----) e 20-40 (—) cm, em função da salinidade da água de irrigação, ao final do experimento. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Os valores da condutividade elétrica da solução (CEss) e do extrato de saturação (CEes) se ajustaram mais significativamente com os da condutividade elétrica da água drenada na camada superficial em relação à faixa mais profunda do solo (Figura 4). Verificam-se, para ambas as variáveis, que os maiores ajustamentos dos dados referem-se à camada superficial (0-20 cm) com valores dos coeficientes de correlação de 0,89 e 0,65 para a solução (Figura 4A) e de 0,95 e 0,88 para o extrato de saturação do solo (Figura 4B) determinado pelo método de Richards (1954). Comparativamente, percebe-se também maior confiabilidade, expressa pelos maiores coeficientes de determinação de cada camada

entre a condutividade elétrica do extrato de saturação e a condutividade elétrica da água drenada.

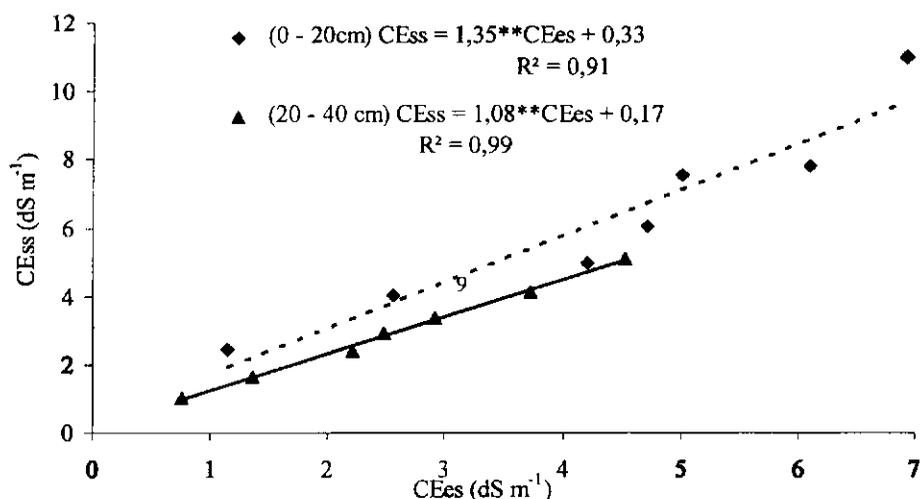


**Figura 4.** Correlação entre os valores da condutividade elétrica da solução -  $CE_{ss}$  (A) e do extrato de saturação -  $CE_{es}$  (B), nas camadas de 0-20 (----) e 20-40 (—) cm, com os da condutividade elétrica da água drenada do solo -  $CE_{ad}$ , aos 80 dias após a emergência da mamoneira. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Ao considerar que tanto a condutividade elétrica da água drenada bem como da solução do solo, (Figura 4A), indicam a condição salina da solução do solo que atravessa o espaço ocupado pelo sistema radicular das plantas e que de acordo com Ayers & Westcot (1999) a condutividade elétrica do extrato de saturação deve ser da ordem da metade do valor da água drenada, o mais confiável parece ser correlacionar os dados da condutividade elétrica da solução com os do extrato de saturação do solo.

Os valores da condutividade elétrica da solução do solo ( $CE_{ss}$ ) se correlacionaram adequadamente com os obtidos do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) como

indicado na Figura 5. Pelos coeficientes de determinação de 0,91 e de 0,99 entre os dados das camadas de 0-20 e de 20-40 cm, constatam-se ajustamentos, entre os valores de CE<sub>ss</sub> e CE<sub>es</sub>, em níveis de confiança que permite estimar a condutividade elétrica do extrato de saturação a partir dos valores condutividade elétrica da solução obtida com extratores de solução composto de cápsulas de porcelana porosa instalados em diferentes profundidades do solo.



**Figura 5.** Correlação entre os valores da condutividade elétrica da solução (CE<sub>ss</sub>) e do extrato de saturação do solo (CE<sub>es</sub>), na camada de 0-20 cm (----) e 20-40cm (—). Senhor do Bonfim, BA, 2011

A extração da solução do solo permite monitorar o nível da salinidade do solo sem a coleta sistemática de amostras de terra para o preparo da pasta saturada e obtenção do extrato para leitura da condutividade elétrica, (RICHARDS, 1954), sem o inconveniente de prejudicar o sistema radicular das plantas com as coletas das amostras e em tempo muito mais rápido que no método convencional (MOLIN et al., 2005; SANTANA et al., 2006). Pelos resultados constata-se que a condutividade elétrica da solução do solo, assim como discutido também por Dias et al. (2005) revela ser uma variável confiável para se monitorar o conteúdo de sais no perfil do solo irrigado com águas de salinidade crescente durante o desenvolvimento das plantas.

## Classificação da salinidade do solo

Ao final do experimento constata-se, conforme valores da Tabela 6 que o aumento do teor salino das águas utilizadas para irrigação das plantas e lixiviação dos sais, elevou a condição de salinidade e de sodicidade, em ambas as camadas dos substratos. Esta afirmativa se baseia nos valores de condutividade elétrica e percentagem de sódio trocável que o solo possuía antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 1). Constata-se, também, superioridade da condutividade elétrica e da percentagem de sódio trocável do extrato de saturação da camada mais profunda do solo em relação à sua camada superficial. Tal superioridade é devida ao carreamento dos sais da primeira para a segunda camada de solo, ao longo do período de 80 dias de irrigação e lavagem do solo. Na primeira camada, conforme Richards (1954), a elevação do caráter não salino (NS) para solo salino (SS) foi atingido nos tratamentos irrigados com águas de 4 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> e na camada subsequente a partir das irrigações com água ligeiramente salina - CEa = 0,8 dS m<sup>-1</sup> (MEDEIROS et al., 2010).

**Tabela 6.** Situação salina do substrato ao final do experimento, em função da salinidade da água de irrigação nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm. Senhor do Bonfim, BA, 2011

CEa	Camadas do solo							
	----- 0-20 cm -----				-----20-40 cm-----			
	CEes	PST	pH	Classificação	CEes	PST	pH	Classificação
dS m <sup>-1</sup>	dS m <sup>-1</sup>	%	-	-	dS m <sup>-1</sup>	%	-	-
0,12	0,76 e	2,99	6,57	NS	1,15 c	3,03	6,21	NS
<b>0,8</b>	1,36 de	3,05	6,94	NS	2,55 c	3,75	6,11	NS
<b>1,6</b>	2,21 de	3,15	6,78	NS	4,21 b	4,70	6,36	SS
<b>2,4</b>	2,48 cd	3,18	6,97	NS	4,71 b	4,78	6,26	SS
<b>3,2</b>	2,91 bc	3,45	6,90	NS	5,01 b	5,09	6,25	SS
<b>4,0</b>	4,12 ab	3,48	7,08	SS	6,10 ab	5,29	6,03	SS
<b>4,8</b>	5,10 a	4,39	6,97	SS	6,92 a	5,83	6,28	SS
CV %	16,09	23,88	3,33	-	13,57	22,58	6,77	-
DMS	1,21	2,25	0,64	-	1,68	2,92	1,17	-

PST= Porcentagem de sódio trocável; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação; CEa= Condutividade elétrica da água de irrigação; NS = Solo não salino; SS = Solo salino; CV = Coeficiente de variação; DMS = Diferença mínima significativa

## Grau de salinidade e de sodicidade do solo

A partir dos valores da condutividade elétrica (CEes) e da percentagem de sódio trocável (PST) do extrato saturado, contidos na Tabela 6, obteve-se a elevação do grau de salinidade (Tabela 7) e de sodicidade do solo (Tabela 8), conforme sugerido por Richards (1954). Na camada superficial, nos tratamentos irrigados e submetidos à lixiviação dos sais com águas de 0,12 e 0,8 dS m<sup>-1</sup> o solo se manteve como não salino, isto é, com CEes < 2 dS m<sup>-1</sup>, sendo elevado para ligeiramente salino (4 > CEes > 2 dS m<sup>-1</sup>) quando tratado com águas de 1,6, 2,4 e 3,2 dS m<sup>-1</sup> e para moderadamente salino (8 > CEes > 4 dS m<sup>-1</sup>) referente às águas de 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup>.

**Tabela 7.** Grau de salinidade do solo ao final do experimento nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Salinidade da água - CEa	*Grau de salinidade - CEes			
	Camadas do solo, cm			
	0-20		20-40	
dS m <sup>-1</sup>	dS m <sup>-1</sup>	Classificação	dS m <sup>-1</sup>	Classificação
<b>0,12</b>	0,76	NS	<b>1,15</b>	NS
<b>0,8</b>	1,36	NS	<b>2,55</b>	LS
<b>1,6</b>	2,21	LS	<b>4,21</b>	MS
<b>2,4</b>	2,48	LS	<b>4,71</b>	MS
<b>3,2</b>	2,91	LS	<b>5,01</b>	MS
<b>4,0</b>	4,12	MS	<b>6,10</b>	MS
<b>4,8</b>	5,10	MS	<b>6,92</b>	MS

\*Conforme Richards (1954). NS = Não salino (CEes < 2 dS m<sup>-1</sup>); LS = Ligeiramente salino (4 > CEes > 2 dS m<sup>-1</sup>); MS = Moderadamente salino (8 > CEes > 4 dS m<sup>-1</sup>); FS = Fortemente salino (16 > CEes > 8 dS m<sup>-1</sup>); ES = Extremamente salino (CEes > 16 dS m<sup>-1</sup>)

Na segunda camada (20-40 cm), a elevação do grau de salinidade foi mais expressiva, como já justificado pelo acúmulo de sais ao longo do perfil. Verifica-se que apenas no solo tratado com a água de abastecimento municipal – não salina (CEai = 0,12 dS m<sup>-1</sup>) o grau de salinidade se manteve não salino. O aumento do grau de salinidade do solo de ligeiramente para moderadamente salino (8 > CEes > 4 dS m<sup>-1</sup>) foi atingido pelas águas de mesma classificação salina – Ligeiramente salina - CEai 0,8 e 1,6 dS m<sup>-1</sup> (2 > CEes > 0,7 dS m<sup>-1</sup>). Em termos de caráter salino, percebe-se que as águas moderadamente salinas, de diferentes condutividades elétricas, induzem o mesmo grau de salinidade aos

solos como se constata para as águas de CEai 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> que elevaram a CEes do solo e mantiveram o grau de salinidade em moderadamente salino. Esta situação é mais comum em solos com elevado teor de areia o que proporciona maior lixiviação e menor adsorção de sais resultando em menor teor salino no ambiente radicular das plantas (TANJI, 1991; MEDEIROS et al., 2010).

**Tabela 8.** Grau de sodicidade do solo ao final do experimento nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Salinidade da água - CEa  dS m <sup>-1</sup>	*Grau de sodicidade – PST			
	Camadas do solo, cm			
	0-20		20-40	
	%	Classificação	%	Classificação
0,12	2,99	ns	3,03	ns
0,8	3,05	ns	3,75	ns
1,6	3,15	ns	4,70	ns
2,4	3,18	ns	4,78	ns
3,2	3,45	ns	5,09	ns
4,0	3,48	ns	5,29	ns
4,8	4,39	ns	5,83	ns

\*Conforme Richards (1954). ns = Não sódico (PST < 7 %); ls = Ligeiramente sódico (7 < PST < 15 %); ms = Moderadamente sódico (15 < PST < 20 %); fs = Fortemente sódico (20 < PST < 30 %); es = Extremamente sódico (PST > 30 %)

## CONCLUSÕES

1. A salinidade do solo avaliada pela condutividade elétrica da suspensão drenada, da solução solo e pelos valores do extrato de saturação, cresceu ao longo do ciclo da cultura, com o aumento da salinidade das águas de irrigação.

2. A ordem decrescente da magnitude dos valores da condutividade elétrica foi: suspensão drenada > solução do solo > extrato de saturação do solo.

3. A correlação entre a condutividade elétrica da solução e do extrato de saturação revelou adequabilidade e confiabilidade do uso de extrator de solução do solo para o manejo de águas salinas em lisímetros de drenagem.

4. O aumento da salinidade das águas elevou o caráter salino, mas não interferiu na sodicidade do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de Irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPb, 1999. 218p.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 237 p. 2006.

BLANCO, F. A aplicação da técnica correta no manejo da água salina de irrigação para produção de frutas permite incorporar áreas abandonadas ao processo produtivo. **Frutas e derivados**. Ano 3, Edição 09. Março de 2008

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. do C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia, MG. **Caminhos de Geografia** 3, 2002

BEN-HUR, M.; AGRASSI, M.; KEREN, R.; ZHANG, J. Compaction, aging and raindrop-impact effects on hydraulic properties of saline and sodic vertisols. **Soil Science. Society of America. Journal**. v. 62, n. 12, p. 1377- 1383, 1998.

CAVALCANTE, L. F.; COSTA, J. R. M.; OLIVEIRA, F. K. D.; CAVALCANTE, I. H. L.; ARAÚJO, F. A. R. Produção do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em covas protegidas contra perdas hídricas. **Irriga**, v. 10, n.3, p.229-240. 2005.

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, G. D.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, M. Z. B. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.15-19, 2007.

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, R. V.; FERREYRA, F. F.; GUEYI, H. R.; DIAS, T. J. Recuperação de solos afetados por sais. In: GUEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010, 472p.

CAVALCANTI, M. L. F.; JÚNIOR, G. B.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GUEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetido à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.1, p. janeiro/junho, 2004.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GUEYI, H. R.; JÚNIOR, G. B. Tolerância da mamoneira BRS 149 a salinidade, germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.57-61, 2005.

COELHO, E. F.; VELAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A. Sondas TDR para estimativa da umidade e condutividade elétrica do solo com uso de multiplexadores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 475 – 480, 2005.

COSTA, J. R. M. **Efeito do revestimento de covas e volumes de água salina sobre a produção e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo**. 2000. 72p. (Mestrado em Produção Vegetal). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

DIAS, N. S. e BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e na planta. In: GUEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010, 472p.

DIAS, N. DA S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. DE; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.496-504, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira, de pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual e métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p. Documentos, 1.

FERNANDES, P. D.; GUEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. In: GUEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010, 472p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. CD-ROM.

FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GUEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010, 472p.

FRANÇA e SILVA, E. F.; ANTI, G. R.; CARMELLO, Q. A. de C. DUARTE, S. N. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.785-789, out./dez. 2000

GOMES, E. M.; GUEYI, H. R.; FRANÇA E SILVA, E. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.355-361, set./dez., 2000

GHEYI, H. R. **Problemas de salinidade na agricultura irrigada**. In: Oliveira, T.S.; Assis Jr.,R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (eds). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2000. p.329- 346.

GURGEL, M. T.; MEDEIROS, J. F. DE; NOBRE, R. G.; CARDOSO NETO, F. C.; SILVA, F. V. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidade. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.3, p.1-13, 2003.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Revista Irriga**, v.12, n.2, p.168-176, abril/junho, 2007

LIMA, C. B.; FILHO, S. V. S. dos.; SANTOS, M. A. dos.; OLIVEIRA, M. de. Influência da Água Salina nas Características Físico-Químicas do Solo e no Desenvolvimento da Mamoneira Cultivada em Vasos. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.132-136, 2007.

LIMA, V. L. A.; FARIAS, M. S. S.; BORGES JÚNIOR, J. C. F. Drenagem agrícola no manejo dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010, 472p.

MAAS, E. U.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Current assesment. **Journal Irrigation and Drainage Division**, ASCE, v.103, p.115-134. 1977 (Proceeding paper)

MARINHO, F. J. L. **Germinação, crescimento e desenvolvimento do coqueiro anão verde sob estresse salino**. 2002. 196p. (Doutorado em Recursos naturais). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

MEDEIROS, J. F.; MAIA, C. E.; PORTO FILHO, F. Q. Água salina como recurso. In: WORKSHOP USO E REUSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR. REALIDADES E PERSPECTIVAS. Campina Grande, 2005. Disponível em [www.agriambi.com.br/usoreuso](http://www.agriambi.com.br/usoreuso). p.374-395. **CD-ROM**.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GUEYI, H. R. Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais. In: GUEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010, 472p.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p.420-426, 2005.

MORI, M.; AMATO, M.; MOLA, I. D.; CAPUTO, R.; CHIARAND'A, F. Q.; TOMMASO, T. D. Productive behaviour of "cherry"-type tomato irrigated with saline water in relation to nitrogen fertilization. **European Journal Agronomy**, v. 29, p.135-143, 2008.

NASCIMENTO, J. A. M. do. **Resposta do maracujazeiro e do solo com biofertilizante bovino irrigado com água de baixa e alta salinidade**. Areia: UFPB, 2010. 101 p. Dissertação de Mestrado.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación**. 3ª ed. Revisada y ampliada. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513p.

PORTO FILHO, F. Q. **Rendimento e qualidade do melão em função do nível e da época de aplicação de águas salinas**. 2003. 133p. (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

PORTO FILHO, F. DE Q.; MEDEIROS, J. F. DE; GUEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; SOUSA, P. S. DE; DANTAS, D. DA C. Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1130-1137, 2011.

RHOADES, J.; KAMDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117p. Tradução por GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R.; QUEIRÓZ, J. E. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48 ).

RICHARDS, L.A. (Ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 160p.

SANTANA, G. S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M.; RAMOS, M. M. Estimativa da condutividade elétrica da solução do solo a partir do teor de água e da condutividade elétrica aparente do solo. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.675-685, 2006.

SANTOS, C. J. O. **Avaliação do maracujazeiro-amarelo e do solo submetido a condicionadores químicos, adubação potássica irrigado com água salina**. 2001. 88p. (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

SANTOS, J. B. dos. **Produção e qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina**. 1999. 57p. Monografia. (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GUEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; 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**, v.12, n.4, p.335-342, 2008

SOUZA, T. V.; PAZ, V. P. S.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. C.; LEDO, C. A. S. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. **Revista Irriga**, v.12, n.4, p.563-574, 2007.

SINGH, R. B.; CHAUHAN, C. P. S.; MINHAS, P. S. Water production functions of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with saline and alkali waters using double-line source sprinkler system. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 736-744, 2009.

TANJI, K. K. (Ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1991. 610p. (Manuals and Reports of Engineering Practices, 71).

TEDESCHI, A.; DELL'AQUILA, R. Effects of irrigation with saline waters at different concentration, on soil physical and chemical characteristics. **Agricultural water management**, v.77, n.2, p.308-322. 2005.

## **CAPÍTULO III**

### **CRESCIMENTO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

## **Crescimento da mamoneira BRS Energia em função da salinidade da água de irrigação**

**RESUMO:** Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o crescimento da mamoneira precoce, cultivar BRS Energia, em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria. O estudo foi desenvolvido na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de níveis de salinidade da água de irrigação, sendo o nível mais baixo ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) o da água de abastecimento urbano do município, o qual foi considerado testemunha; os demais níveis foram: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). O crescimento em altura, o diâmetro do caule e a área foliar, diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação, em todas as avaliações realizadas ao longo do ciclo da cultura. A taxa de crescimento absoluto em altura de plantas e em área foliar diminuiu em função do aumento da salinidade da água de irrigação e do tempo de cultivo, enquanto a taxa de crescimento relativo dessas variáveis diminuiu apenas com o tempo de cultivo. A taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar aumentou em função da salinidade das águas de irrigação e do tempo de cultivo; já a taxa de crescimento relativo diminuiu com o aumento do tempo de cultivo, independentemente do aumento da salinidade das águas de irrigação para o qual, em determinado tempo de cultivo, a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar tendeu a ficar praticamente constante.

**Palavras-chave:** Taxa de crescimento, águas de qualidade inferior, biodiesel

## **Growth of the precocious castor oil plant in function of the irrigation water salinity**

**ABSTRACT:** This research aimed to evaluate the growth of the precocious castor oil plant, cultivar BRS Energia, in function of the salinity of the irrigation water in lisimetry system. The study was developed in the experimental area of Irrigation and Drainage of the Bahia Federal Institute, Campus of Senhor do Bonfim. The used experimental design was entirely randomized with seven treatments and three repetitions, totaling 21 experimental plots. The treatments were constituted of levels of salinity of the irrigation water, being the lowest level ( $0.12 \text{ dS m}^{-1}$ ) the one of the water of urban provisioning of the municipal district, which was considered as the control; the other levels were: 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 4.0 and  $4.8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). The growth in height, stem diameter and leaf area decreased with the increase of the salinity of the irrigation water in all evaluations accomplished along the crop cycle. The absolute growth rate in height of plants and in leaf area decreased in function of the increase of the salinity of the irrigation water and of the time of cultivation, while the relative growth rate of those variables decreased just with the time of cultivation. The absolute growth rate of the stem diameter increased in function of the salinity of the irrigation waters and of the time of cultivation; already its relative growth rate decreased as the increase of the time of cultivation independently of the increase of the salinity of the irrigation waters, for which, in a certain time of cultivation, the relative growth rate of the stem diameter tended to be practically constant.

**Key words:** growth rate, waters of inferior quality, biodiesel

## INTRODUÇÃO

A mamoneira pode ser cultivada em quase todo o País, excluindo-se alguns ecossistemas de baixa altitude e locais muito frios, já que a planta não o tolera. Embora a maior parte da produção nacional de grãos da mamoneira se concentre na região nordeste, as regiões sul e sudeste apresentam elevadas produtividades devido, principalmente, à regularidade das chuvas o que contribui para o manejo mais adequado da cultura da mamoneira, e pela utilização de material biológico de qualidade (BELTRÃO & LIMA, 2007).

A mamoneira é uma espécie de elevada complexidade morfológica e fisiológica (BELTRÃO & SILVA, 1999), variando muito em seu hábito de crescimento, cor da folhagem e do caule, na coloração e no teor de óleo da semente. Deste modo, as cultivares são, por vezes, muito distintas entre si (TÁVORA, 1982). O ciclo da mamona é anual e ocasionalmente bienal em regiões tropicais. As cultivares anuais apresenta ciclo médio de 150 dias e as precoces de 120 a 130 dias, sendo essas mais adaptadas para a colheita mecânica, pelo fato de apresentarem poucos racemos e homogeneidade na maturação. Por outro lado, as cultivares de ciclo longo (180-210 dias) são mais ajustadas às regiões tropicais e apresentam maior tolerância aos estresses bióticos e abióticos; portanto, são mais recomendadas pelos produtores que utilizam baixa tecnologia (AZEVEDO & LIMA, 2007).

Segundo Savy Filho (2005) com o advento do Programa Nacional de Biodiesel, autorizando a adição de 2% de biodiesel (B2) ao diesel em 2005, diversos estados do Nordeste tiveram grande incentivo do governo federal para a expansão da produção de mamona, embasada sobremaneira na agricultura familiar. O biodiesel, combustível obtido a partir do óleo de diversas oleaginosas, entre elas a mamona, é outro subproduto muito importante para a economia de um país porque além de ser de origem vegetal e renovável, pode contribuir para a diminuição da dependência de petróleo.

Segundo Myczkowski (2006) o Programa Nacional de Biodiesel já está fomentando a produção de mamona e deve promover, ainda, a expansão da área de plantio, não só na região nordeste mas também nas regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. A mamona é colocada, hoje, pelo governo como planta de excelente potencial e está incentivando seu plantio, sobretudo nas regiões carentes do Brasil. O governo brasileiro tornou-se um dos maiores divulgadores e promotores desta cultura ao sinalizar que ela deve ser a principal oleaginosa no ainda tímido processo de substituição parcial do diesel brasileiro. O objetivo do governo é realizar um programa de grande benefício social.

assegurando uma contínua fonte de renda para as famílias de regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico interno.

Na região Nordeste muitas vezes a acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e o desenvolvimento das culturas provocando, em geral, decréscimo de produtividade (LIMA et al., 2007) em virtude da diminuição do potencial osmótico que, juntamente com o potencial mátrico representa a resistência de que as raízes das plantas precisam para vencer e absorver água do solo. O aumento da produção agrícola em ritmo lento, a baixa tolerância da maior parte das culturas economicamente viáveis, a perda de qualidade e de rendimento da produção com o aumento da salinidade do solo, a escassez de água adequada à irrigação e a necessidade pela expansão de áreas para produção agrícola, evidenciam a exigência de adoção de tecnologias que viabilizem o uso de águas de qualidade inferior na agricultura (TEDESCHI & DELL'AQUILA, 2005; CAVALCANTE et al., 2007; MORI et al., 2008; SINGH et al., 2009;

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve suas condições morfofisiológicas em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo. Com isto é possível avaliar seu crescimento como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes (BENINCASA, 2003).

Segundo Brandelero et al. (2002) a análise de crescimento tem sido usada por pesquisadores na tentativa de explicar diferenças no crescimento de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente e constitui uma ferramenta eficiente para a identificação de materiais promissores. Também, pode ser usada para a avaliação da produtividade de culturas e permite que se investiguem a adaptação ecológica a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e os tratamentos culturais, e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (ALVAREZ et al., 2005).

Cavalcanti et al. (2005) observaram ao estudar o crescimento da mamoneira, variedade BRS nordestina, submetida à salinidade da água de irrigação, que aos 80 dias após a emergência o número de folhas reduziu linearmente 2,95% para cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, a partir do nível de salinidade de  $1,78 \text{ dS m}^{-1}$ , a altura das plantas e o diâmetro do caule também diminuíram linearmente com o aumento da salinidade da água, sendo o decréscimo de 5,85 e 1,45%, respectivamente, por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Ao estudarem o desenvolvimento e a produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. Silva et al. (2008) observaram que as cultivares BRS

Paraguaçu e BRS Energia, estabilizaram seu crescimento no final do ciclo da cultura. Apesar da sensibilidade aos sais da água de irrigação, as expressivas inibições do crescimento se caracterizaram quando as plantas foram irrigadas com água de salinidade a partir de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$ , fato determinado pela deficiência hídrica, induzida por efeito osmótico, o que pode provocar alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, a ponto de prejudicar a absorção de água e a taxa de transpiração.

Cavalcanti et al. (2005), avaliando o comportamento da mamona irrigada com águas contendo diferentes proporções de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  e condutividade elétrica variando entre  $0,7$  e  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$ , registrou redução de crescimento de  $22,78\%$  na altura das plantas da cultivar BRS-149 Nordeste.

Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o crescimento da mamoneira, cultivar BRS Energia, em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em 21 lisímetros de drenagem instalados na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA, a qual apresenta coordenadas geográficas de 10° 28' 23" S e 40° 11' 20" W e altitude de 550 m. A área experimental tinha 7 m de largura por 17,8 m de comprimento, totalizando 124,6 m<sup>2</sup>. O período de estudo foi de setembro de 2008 a janeiro de 2009.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais, em que cada uma correspondeu a um lisímetro de drenagem, os sete tratamentos foram constituídos dos seguintes níveis de salinidade da água de irrigação: o nível mais baixo foi o da água que se usou como testemunha, correspondente à água da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA), com 0,12 dS m<sup>-1</sup>, os demais níveis corresponderam aos valores de condutividade elétrica: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> (25 °C), obtidos mediante a utilização de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, nas proporções de 7:2:1, respectivamente, diluídos em água da EMBASA.

A cultura utilizada foi a mamoneira, cultivar BRS-energia, com espaçamento entre fileiras de 0,7 m e entre plantas de 0,5 m, conforme recomendações técnicas (Embrapa, 2007). Cada unidade experimental foi composta de quatro plantas, totalizando 84 plantas úteis em todo o experimento.

A BRS Energia é uma cultivar de mamona desenvolvida em rede pela Embrapa, EBDA e ENPARN, e lançada em 2007. Cultivar precoce, possui ciclo médio de 120 dias, apresentando porte baixo, em torno de 1,40 m, caule verde com cera, cachos cônicos com tamanho médio de 60 cm e frutos verdes com cera e indeiscentes. As sementes pesam entre 0,40 e 0,53 g, com as cores marrom e bege, contendo 48% de óleo. A produtividade média é em torno de 1.800 kg ha<sup>-1</sup>. Os espaçamentos recomendados em condições de monocultivo são 1,0 x 1,0 m e 0,70 x 0,40 m (Embrapa, 2007).

Os lisímetros foram compostos de uma caixa de fibra de vidro com capacidade para 1.120 L, com dimensões de 1 m de largura por 1,4 m de comprimento e 0,80 m de profundidade, espaçados de 1 m. Os lisímetros foram enterrados a 0,75 m de profundidade; na base de cada um deles se fez um orifício e se conectou uma tubulação para proceder à descarga do efluente até os recipientes coletores, sobre o orifício aberto foi instalada uma calha de 30 cm de comprimento feita com tubo de PVC com diâmetro de 33 mm e sobre a calha e toda a base da caixa, colocou-se uma camada de brita zero com espessura de 2 cm

e, sobre esta, uma camada de areia lavada, de igual espessura; enfim, sobre a camada de areia lavada foi posto o solo, de modo a formar um perfil homogêneo.

Fez-se o preenchimento dos lisímetros em camadas sucessivas de aproximadamente 10 cm até atingir a espessura de 60 cm, procurando-se acondicionar o material de solo, de modo a deixá-lo com a massa específica próxima à original. O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado no perfil natural da área experimental do Instituto Federal Baiano de Senhor do Bonfim. As características físico-químicas do solo foram determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG utilizando-se a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), cujos resultados estão contidos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos

Característica química	Camada (cm)		Característica física	Camada (cm)	
	0-20	20-40		0-20	20-40
pH	6,5	6,3	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	731	698
MO (g kg <sup>-1</sup> )	15,5	11,9	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	75	79
P (mg dm <sup>-3</sup> )	136	51,5	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	194	223
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,80	2,10	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	106	127
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,98	1,61	GF (%)	45,6	43,1
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,31	0,23	Índice de dispersão (%)	54,4	56,9
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,13	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,21	1,35
Al <sup>3+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	---	---	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,53	2,53
H <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,36	2,03	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,52	0,47
SB (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,25	4,07			
CTC (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,61	6,10			
V (%)	68,9	66,7			
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	0,71	0,76			
PST (%)	2,18	2,21			

CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica - [SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)]; MO - Matéria orgânica; PST - Porcentagem de sódio trocável; SB - Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); V - Saturação por bases = (SB/CTC) x 100; Ada - Argila

A água utilizada para irrigação do tratamento testemunha e para preparo dos demais níveis de salinidade foi proveniente da EMBASA (Tabela 2). Segundo Richards (1954) e Bernardo (1989), a água da EMBASA pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade e de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. É uma água que não apresenta nenhuma restrição de uso para irrigação

**Tabela 2.** Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade.

<b>Características químicas</b>	
pH	5,28
Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Mg (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Na (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,49
K (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,03
Carbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,39
Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,92
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>-0,5</sup>	0,69
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,12

As variáveis de crescimento, como altura de planta, diâmetro de caule e área foliar, foram mensuradas quinzenalmente nas quatro plantas de cada lisímetro dos 20 até os 95 dias após emergência. A partir dos valores médios de altura de planta, diâmetro de caule e área foliar, foram calculadas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e taxas de crescimento relativo (TCR) de cada variável.

A altura da planta foi medida a partir do colo até a extremidade final da planta, utilizando-se uma trena milimetrada. O diâmetro caulinar foi medido com o auxílio de um paquímetro digital, em média 1,0 cm acima do solo.

A área foliar foi determinada a partir da metodologia proposta por SEVERINO et al. (2004), que constou em medir o comprimento da nervura principal de cada folha com uma régua milimetrada, em seguida aplicou-se a Eq.1.

$$\Sigma S = 0,2622 \times P^{2,4248} \quad (1)$$

em que:

$\Sigma S$  - área foliar total (cm<sup>2</sup>)

$P$  - comprimento da internervura principal da folha (cm)

As taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) foram obtidas conforme a metodologia contida em Benincasa (2003) expressa pelas Eqs. 2 e 3, respectivamente, de altura de plantas (TCAap, TCRap), taxas de crescimento absoluto e relativo em diâmetro do caule (TCAdc, TCRdc) e taxas de crescimento relativo e absoluto da área foliar (TCAaf, TCRaf).

$$TCA = V_2 - V_1 / t_2 - t_1 \quad (2)$$

$$TCR = \ln (V_2 - V_1) / t_2 - t_1 \quad (3)$$

em que:

TCA = taxa de crescimento absoluto

TCR = Taxa de crescimento relativo

$V_1$  = Variável que se deseja calcular a taxa de crescimento no tempo  $t_1$ ;

$V_2$  = Variável que se deseja calcular a taxa de crescimento no tempo  $t_2$ ;

ln = logaritmo natural

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, conforme Ferreira (2003), utilizando-se o programa SISVAR v. 4.2. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os tratamentos foram submetidos à análise de regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Altura de plantas

Conforme análises de variância (Tabela 3), verifica-se que houve diferença significativa entre os níveis de salinidade da água de irrigação a nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, para altura de plantas aos 20 e 35 dias após a emergência (DAE) e a 1% de probabilidade nas demais épocas avaliadas (50, 65, 80 e 95 DAE). Pelos resultados, o coeficiente de variação diminuiu até os 35 dias após a emergência e permaneceu praticamente constante para as demais épocas avaliadas. Esta situação indica redução das diferenças entre as leituras e a idade das plantas, indicativo de que o crescimento está se estabilizando, isto é, as diferenças entre valores subsequentes estão cada vez mais diminuindo (BENINCASA, 2003),

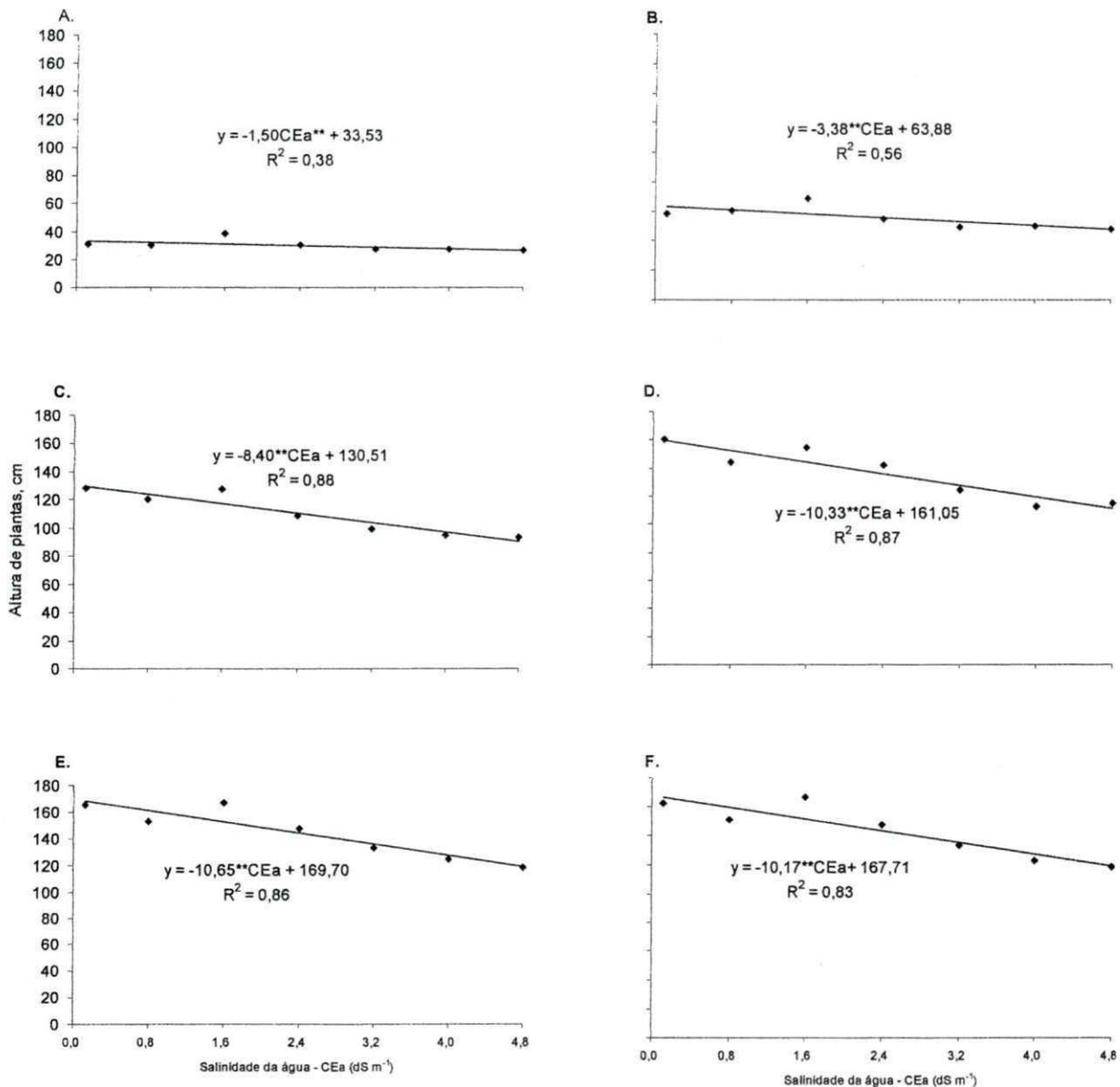
**Tabela 3.** Resumo das análises de variância referentes à altura de plantas da mamoneira aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

		Quadrados Médios					
		Altura de plantas					
Fonte de Variação	GL	Dias Após a Emergência, DAE					
		20	35	50	65	80	95
Tratamentos	6	51,320*	176,662*	693,950**	1059,277**	1141,209**	1078,952**
Resíduo	14	16,899	42,288	31,695	103,138	111,277	112,924
CV %		13,75	11,67	5,11	7,46	7,33	7,42
		Regressão					
Linear	1	117,366*	594,899**	3677,661**	5551,261**	5904,844**	5390,179**
Quadrática	1	26,540 <sup>ns</sup>	53,413 <sup>ns</sup>	0,529 <sup>ns</sup>	18,379 <sup>ns</sup>	174,190 <sup>ns</sup>	229,799 <sup>ns</sup>
Desvio	4	41,004 <sup>ns</sup>	102,915 <sup>ns</sup>	121,378*	196,506 <sup>ns</sup>	111,277 <sup>ns</sup>	213,433 <sup>ns</sup>

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; \*= significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

A altura de plantas diminuiu linearmente em função do aumento da salinidade da água de irrigação, independentemente da data de avaliação (Figura 1). De acordo com as equações ajustadas para cada data amostral (20, 35, 50, 65, 80 e 95 DAE) em função da salinidade da água de irrigação percebe-se, pelos coeficientes de regressão, um declínio da

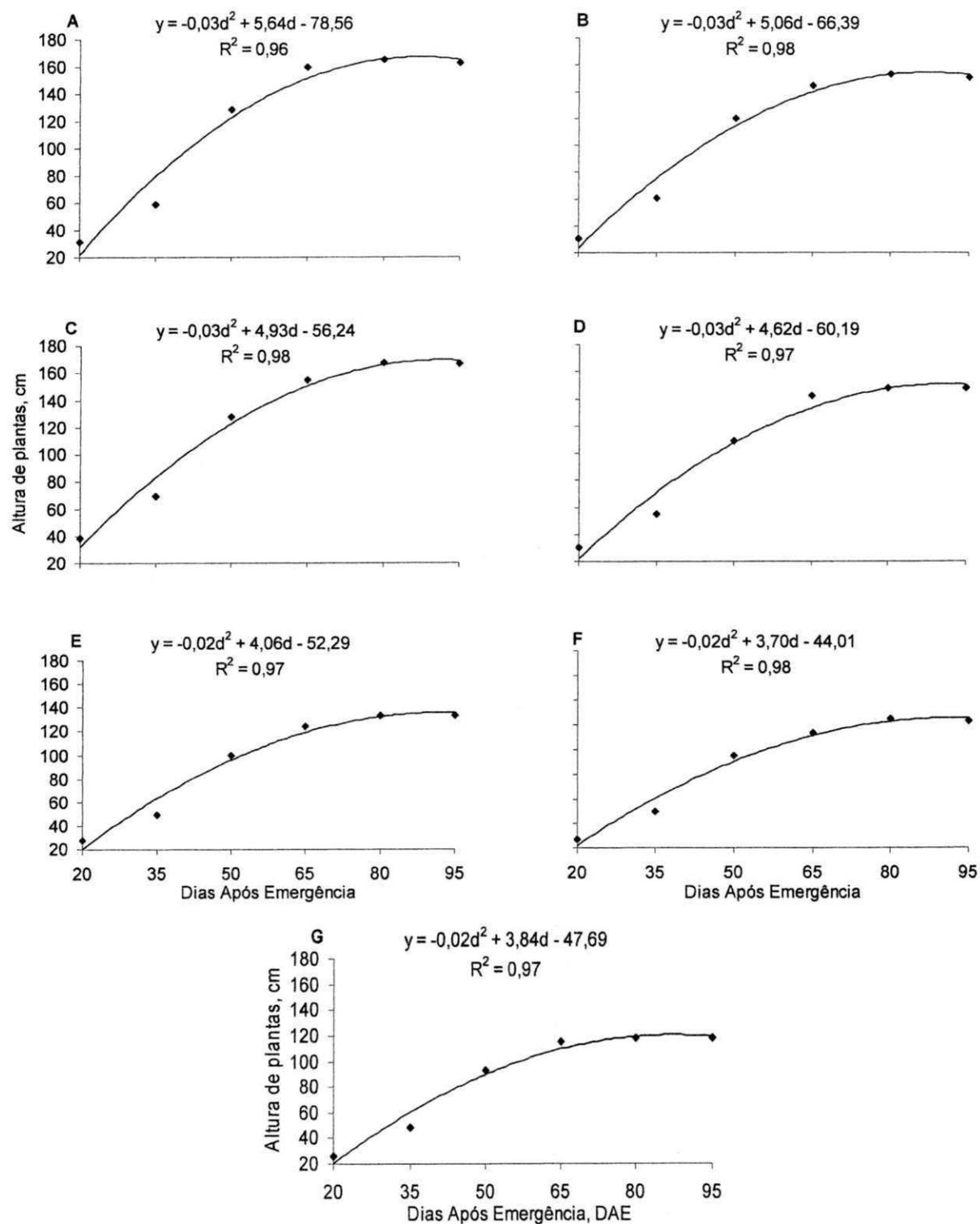
altura de plantas aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 DAE de 1,50, 3,38, 8,40, 10,3, 10,6 e 10,2 cm, para cada aumento unitário da salinidade da água (Figura 1).



**Figura 1.** Altura de plantas de mamoneira aos 20 (A), 35 (B), 50 (C), 65 (D), 80 (E) e 95 (F) dias após a emergência em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Observou-se também que, de forma geral, o crescimento das plantas em altura durante todo o ciclo da cultura ocorreu de forma linear decrescente, em função do aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação e que ocorreu uma pequena redução na altura das plantas, considerando-se os valores em altura da última (95 DAE) e da penúltima (80 DAE) época de avaliação. Esta redução no crescimento em altura mostra a tendência de estabilização da altura e pode ter ocorrido devido também, ao fato da última irrigação ter sido realizada 15 dias antes da última época de avaliação, quando as plantas atingiram 80

dias após a emergência (Figura 2). De acordo com Azevedo & Beltrão (2007), o crescimento da mamoneira é influenciado pelo ambiente, principalmente pela água.



**Figura 2.** Altura de plantas da mamoneira nos níveis de salinidade 0,12 (A); 0,8 (B); 1,6 (C); 2,4 (D); 3,2 (E), 4,0 (F) e 4,8 (G)  $dS\ m^{-1}$ , ao longo de seu cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011

O crescimento da cultura da mamoneira em altura foi mais afetado nos tratamentos que receberam as maiores concentrações salinas, os referidos resultados estão de acordo com os obtidos por (LIMA et al., 2006), quando verificaram que, à medida em que o teor da condutividade elétrica do solo aumentou, ocorreu conseqüentemente, diminuição do crescimento em altura da mamoneira.

### Diâmetro caulinar

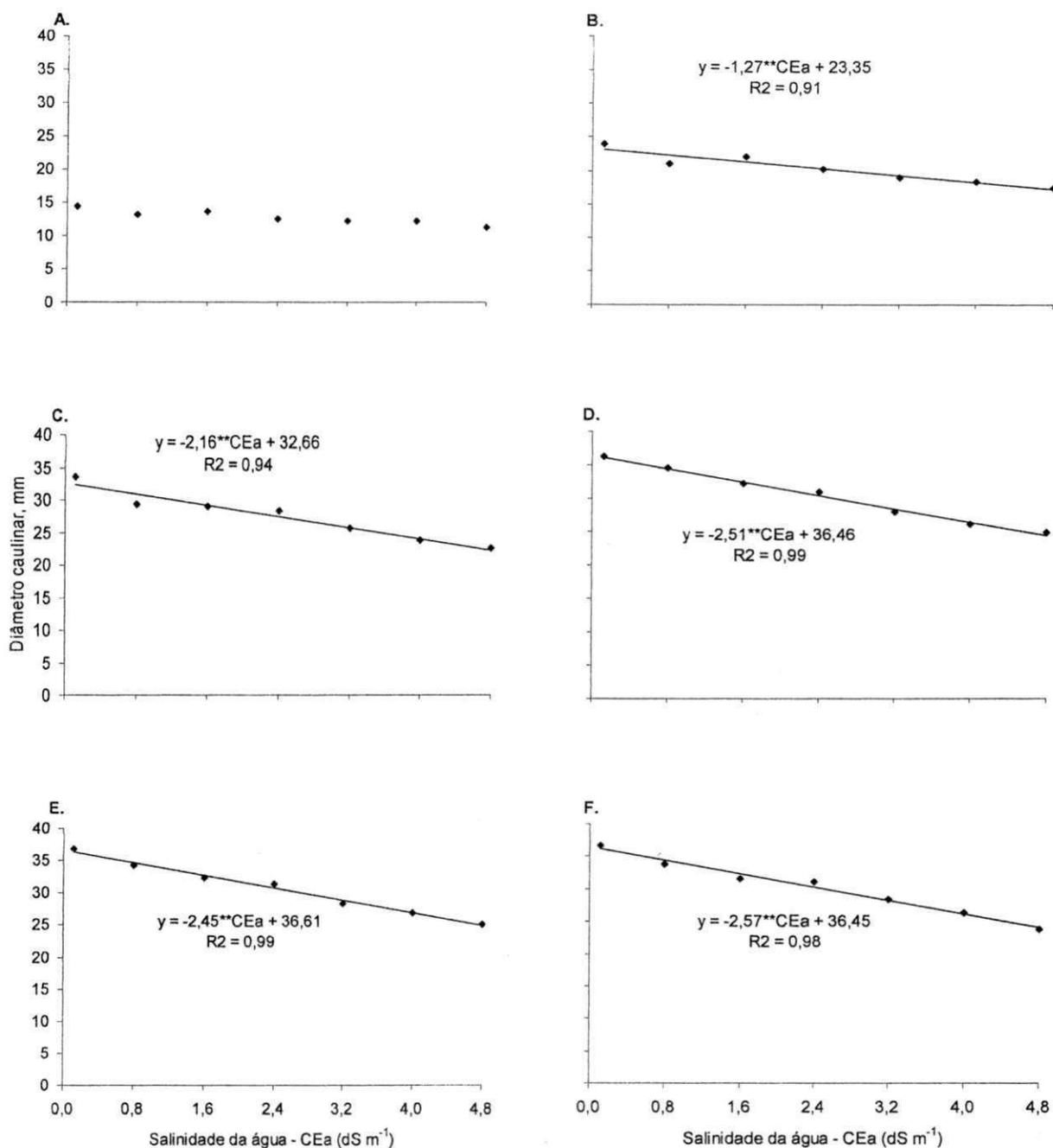
De acordo com o resultado da análise de variância (Tabela 4) observou-se, aos 20 DAE, que não houve diferença significativa sobre o diâmetro caulinar, enquanto nas demais épocas de avaliação os valores médios do diâmetro caulinar revelam efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, dos níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo das análises de variância do diâmetro caulinar da mamoneira aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

		Quadrados Médios					
		Diâmetro caulinar					
Fonte de Variação	GL	Dias Após Emergência, DAE					
		20	35	50	65	80	95
Tratamentos	6	2,986 <sup>ns</sup>	15,344**	43,012**	55,097**	52,642**	58,501**
Resíduo	14	1,061	2,012	1,899	1,219	1,239	1,001
CV %		8,08	6,99	5,02	3,63	3,63	3,31
		Regressão					
Linear	1	-	83,376**	243,458**	327,936**	311,677**	344,450**
Quadrática	1	-	0,251 <sup>ns</sup>	0,545 <sup>ns</sup>	0,385 <sup>ns</sup>	0,520 <sup>ns</sup>	0,073 <sup>ns</sup>
Desvio	4	-	2,109 <sup>ns</sup>	3,517 <sup>ns</sup>	0,566 <sup>ns</sup>	0,914 <sup>ns</sup>	1,619 <sup>ns</sup>

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; \*= significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

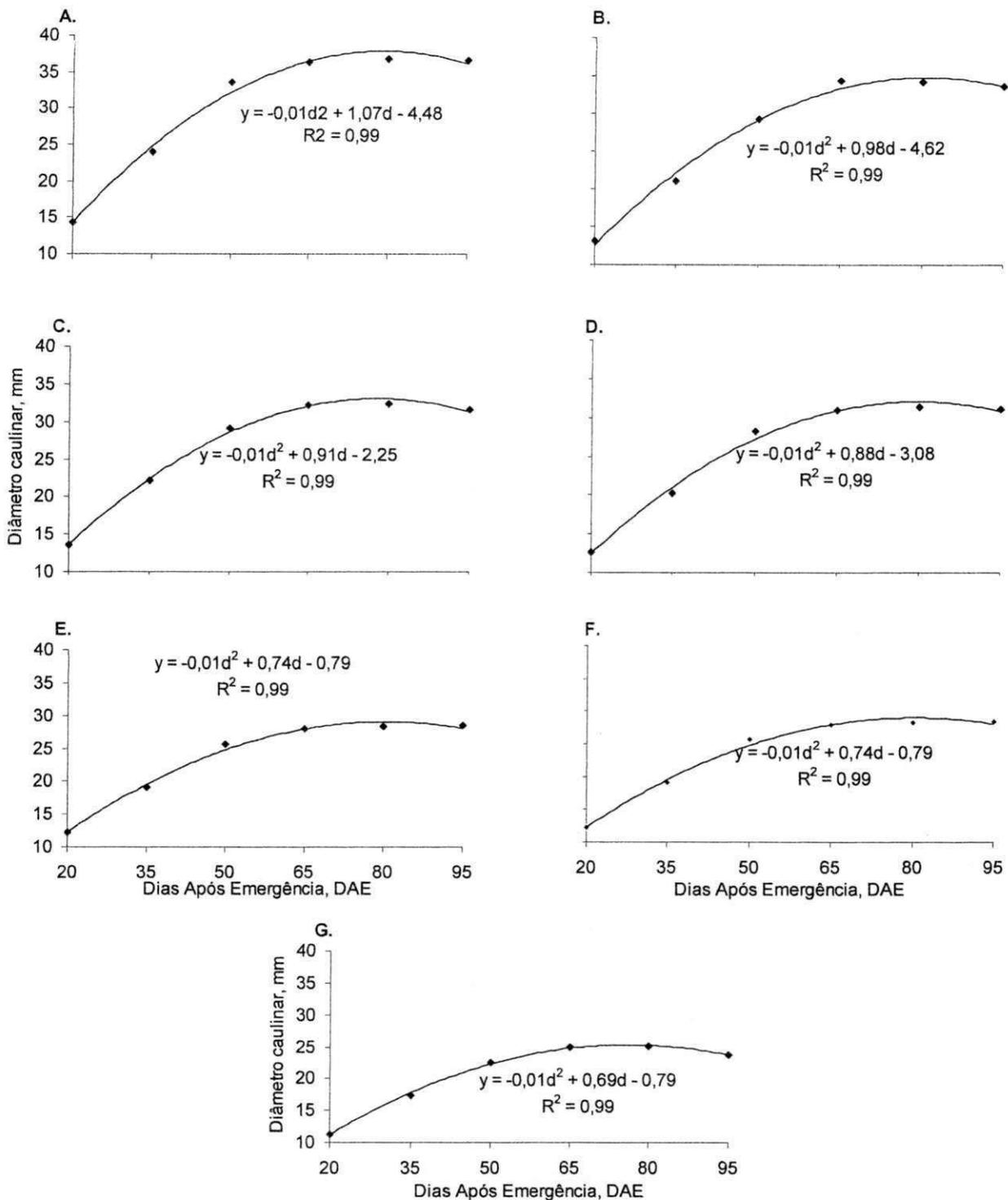
O diâmetro do caule ao longo das datas amostrais, tal como ocorreu com a altura de plantas, diminuiu à medida em que se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 3). Esta redução aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 DAE foi de 0,55, 1,27, 2,16, 2,51, 2,45 e 2,57 cm, a cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação.



**Figura 3.** Diâmetro caulinar da mamoneira aos 20 (A), 35 (B), 50 (C), 65 (D), 80 (E) e 95 (F) dias após a emergência, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

O diâmetro do caule diminuiu 2,57 mm a cada aumento unitário do nível de salinidade; portanto, houve uma redução total estimada de 12,1 mm no diâmetro caulinar quando comparada com as águas de menor (0,12 dS m<sup>-1</sup>) e de maior (4,8 dS m<sup>-1</sup>) conteúdo salino (Figura 3F). Na última data amostral (90 DAE) o maior diâmetro do caule observado foi 36,2 mm e o menor (24,1 mm), revelando um acúmulo maior de reserva ao final do ciclo da cultura, originado pelo maior fluxo de fotoassimilados translocado para o caule, devido à estabilização do crescimento em altura de plantas (Figura 1). Observou-se,

também, que o crescimento das plantas em diâmetro caulinar foi parecido com o crescimento das plantas em altura, ou seja, durante todo o ciclo da cultura, ocorreu de forma linear decrescente, em função do aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, ocorrendo, em contrapartida, uma pequena redução no diâmetro caulinar, considerando-se os valores da última (95 DAE) e da penúltima (80 DAE) época de avaliação (Figuras 4E e 4F).



**Figura 4.** Diâmetro caulinar da mamoneira nos níveis de salinidade 0,12 (A); 0,8 (B); 1,6 (C); 2,4 (D); 3,2 (E), 4,0 (F) e 4,8 (G) dS m<sup>-1</sup>, ao longo de seu cultivo. Senhor do Bonfim,BA, 2011

Os resultados de diâmetro apresentaram a mesma tendência em relação àqueles observados por Cavalcanti et al. (2008) ao estudarem o desenvolvimento e a produção de duas cultivares de mamona sob estresse salino com condutividades elétricas variando de 0,7 a 6,7 dS m<sup>-1</sup>. Os valores de diâmetro obtidos nesta pesquisa foram superiores aos

encontrados por Alves (2009) ao estudar o comportamento da cultura da mamoneira, cultivar BRS Energia, em diferentes populações de plantas.

Segundo Barros Jr. et al. (2004), a redução do conteúdo de água no solo afeta sensivelmente a altura e o diâmetro de caule das plantas sendo que, com uma redução de 40 a 60 % de água disponível, as plantas praticamente paralisam seu desenvolvimento e as taxas de crescimento absoluto e relativo do diâmetro caulinar da mamoneira crescem linearmente com o incremento dos níveis de reposição de água no solo (RODRIGUES et al., 2006).

Conforme Rhoades et al. (2000), o excesso de sais na zona radicular das plantas exerce efeitos nocivos no crescimento, em que a hipótese que melhor explica este fato é a de que a salinidade excessiva reduz o crescimento e o desenvolvimento e causa até a morte das plantas em virtude do maior efeito osmótico externo à raiz e restrição ao fluxo de água do solo para as plantas, necessário para sobreviverem e produzirem em condições de estresse salino.

### Área foliar

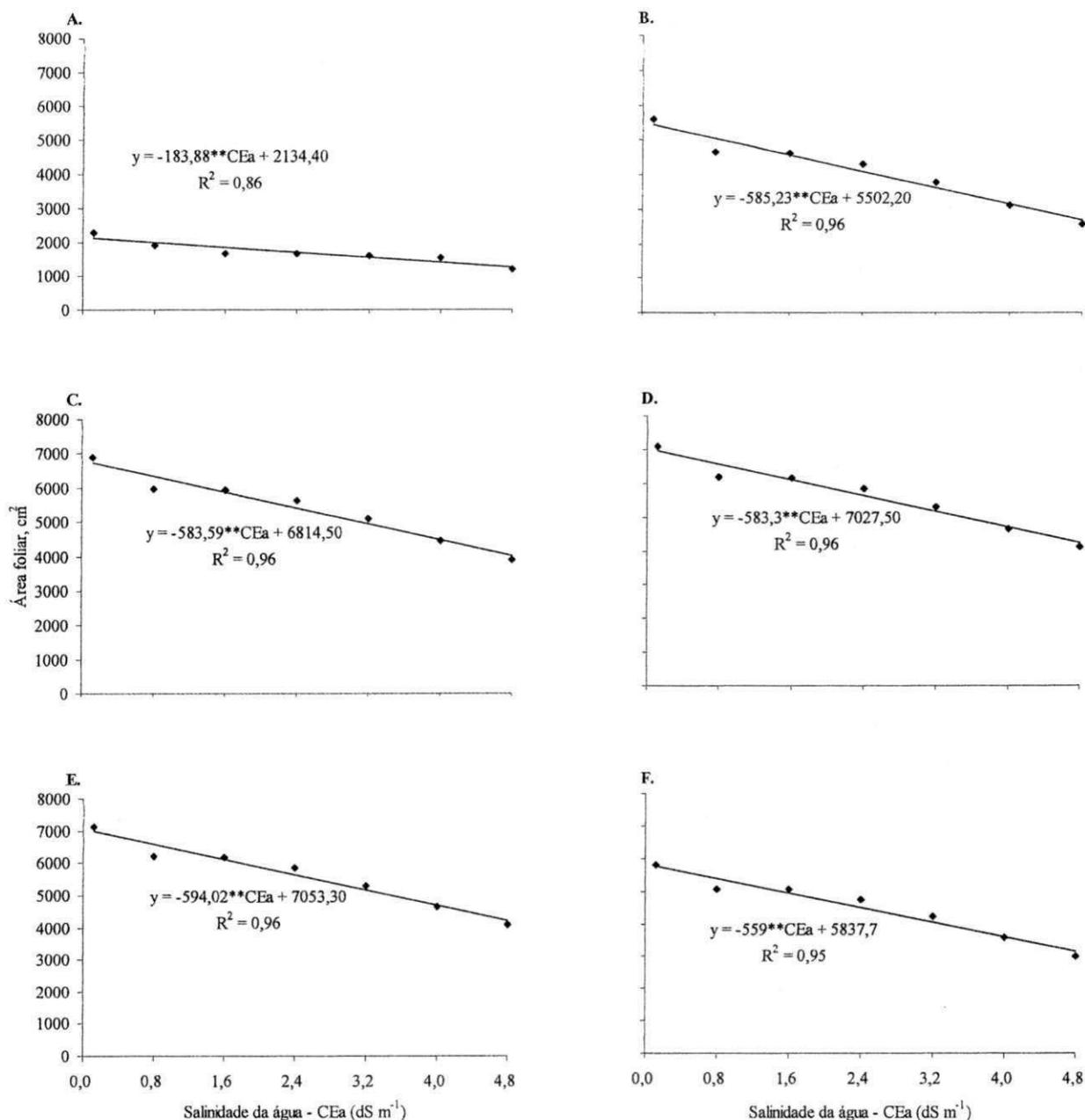
Os valores médios de área foliar submetidos à análise de variância (Tabela 5) revelam efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, em função do aumento da salinidade da água de irrigação ao longo do ciclo da cultura.

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância referentes à área foliar da mamoneira aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

		Quadrados Médios					
		Área foliar					
Fonte de Variação	GL	Dias Após Emergência, DAE					
		20	35	50	65	80	95
<b>Tratamento</b>	6	343156**	3102660**	3084394**	3081127**	3186581**	2834484**
<b>Resíduo</b>	14	12561	126160	125877	125748	115895	118725
<b>CV %</b>		6,63	8,69	6,57	6,31	6,06	7,68
		Regressão					
<b>Linear</b>	1	1760489**	17833059**	17733717**	17715673**	18372836**	16270654**
<b>Quadrática</b>	1	33489 <sup>ns</sup>	90906 <sup>ns</sup>	97845 <sup>ns</sup>	101603 <sup>ns</sup>	89788 <sup>ns</sup>	249721 <sup>ns</sup>
<b>Desvio</b>	4	66239**	172999 <sup>ns</sup>	168700 <sup>ns</sup>	167371 <sup>ns</sup>	164216 <sup>ns</sup>	121632 <sup>ns</sup>

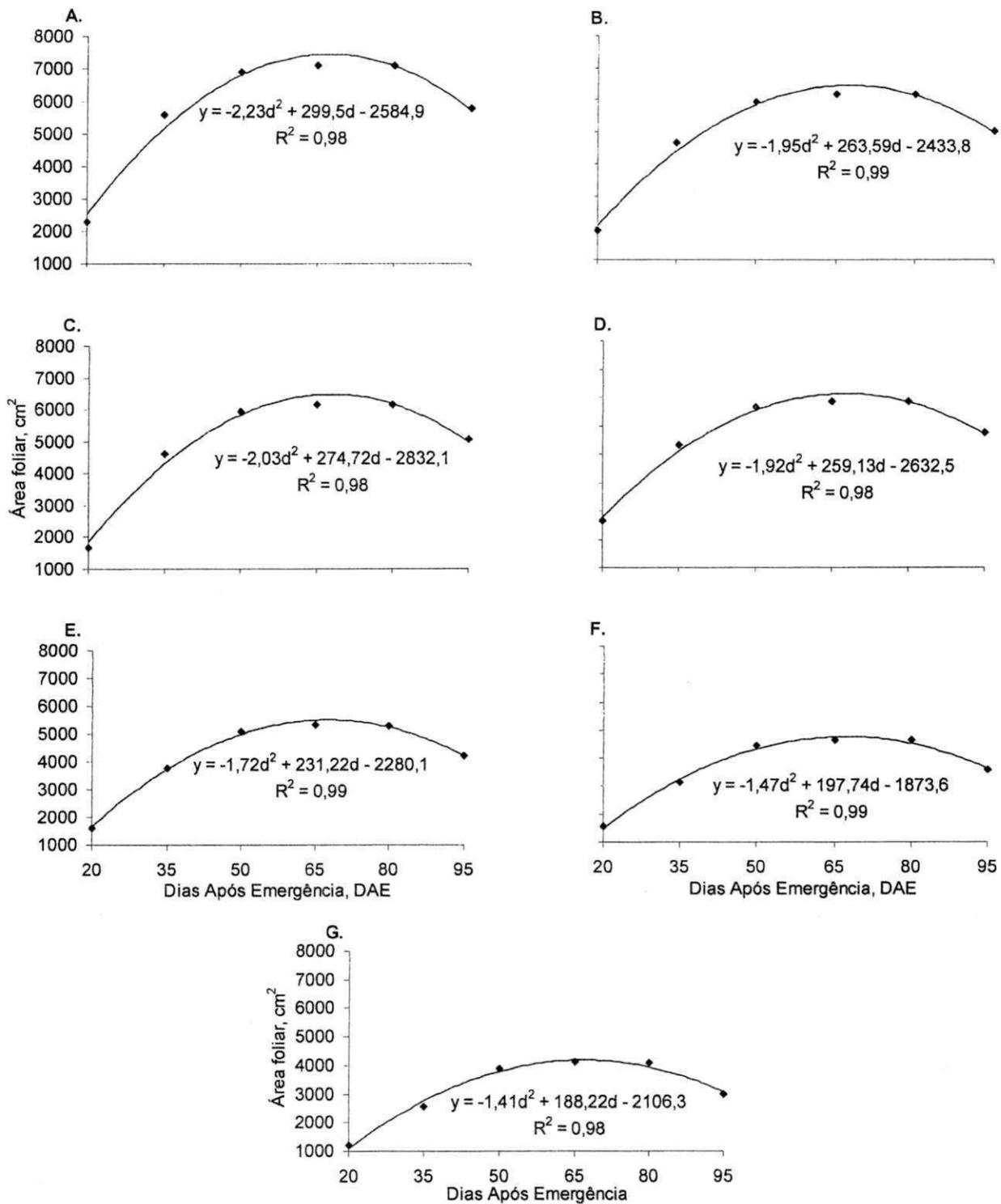
Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; \*= significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

De forma semelhante ao observado para a altura das plantas (Figura 1) e o diâmetro caulinar (Figura 2), a área foliar foi inibida sempre que se elevou a salinidade da água de irrigação em qualquer época de avaliação das plantas (Figura 5). O aumento da salinidade da água provocou declínios na área foliar da mamoneira de 184, 585, 584, 583, 594 e 559 cm<sup>2</sup>, respectivamente aos 20, 35, 50, 65, 80 e 95 DAE, para cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação (Figura 5).



**Figura 5.** Área foliar por planta de mamoneira aos 20 (A), 35 (B), 50 (C), 65 (D), 80 (E) e 95 (F) dias após a emergência, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Apesar de diminuírem em função do aumento da salinidade da água em cada época avaliada, os valores de área foliar aumentam dentro de cada nível de salinidade separadamente. A área foliar dos 20 até os 95 DAE aumentou 3704 cm<sup>2</sup> (174%), quando a mamoneira foi irrigada com a água de menor conteúdo salino (0,12 dS m<sup>-1</sup>); aos 95 DAE as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica acima de 3,2 dS m<sup>-1</sup> atingiram valores baixos para a área foliar devido, em especial, ao pequeno número de folhas existentes e ao tamanho do limbo foliar, que foram bastante reduzidos (Figura 6).



**Figura 6.** Área foliar da mamoneira nos níveis de salinidade 0,12 (A); 0,8 (B); 1,6 (C); 2,4 (D); 3,2 (E), 4,0 (F) e 4,8 (G) dS m<sup>-1</sup>, ao longo de seu cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011

A diminuição da área foliar proporcionada por distúrbios fisiológicos na planta oriunda do excesso de sais prejudica a eficiência fotossintética ocasionando menor

produção de metabólitos e desequilíbrio na nutrição da planta, que se reflete em menor desempenho vegetativo por uma menor altura (Figura 1) e com menor diâmetro do caule da mamoneira (Figura 3).

A redução da área foliar ocorreu, provavelmente, da diminuição do volume das células e, segundo Lauchli & Epstein (1990) e Souza (1995), da reduzida atividade fotossintética que contribui, de certo modo, a adaptação das culturas à salinidade.

A redução da área foliar está de acordo com Ayers & Westcot (1999) ao afirmarem que, quando a extração de água pelas raízes é reduzida por condições de salinidade, as plantas diminuem seu desenvolvimento, chegando a apresentar sintomas semelhantes aos provocados por estiagem, como por exemplo, murchamento, coloração verde-azulado escuro e folhas com maior espessura podendo levar, também, a um tamanho menor e interferir na área foliar.

#### Taxa de crescimento absoluto e relativo

Com base nas análises de variância, com exceção para a taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCRap) a interação salinidade da água x idade das plantas exerceu efeitos significativos sobre as taxas de crescimento dos diferentes órgãos da mamoneira (Tabela 6). As variáveis significativas foram submetidas à regressão polinomial (Tabela 7).

**Tabela 6.** Análises de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da área foliar (TCAaf e TCRaf), altura de planta (TCAap e TCRap) e diâmetro do caule (TCAdc e TCRdc) da mamoneira irrigada com água salina, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		TCAaf	TCRaf	TCAap	TCRap	TCAdc	TCRdc
Salinidade (S)	6	1227,2**	0,00002 <sup>NS</sup>	0,64**	0,00001 <sup>NS</sup>	0,030**	0,000020*
Resíduo (a)	14	128,6	0,00001	0,08	0,00001	0,001	0,000005
Tempo (T)	4	168989,7**	0,016**	42,10**	0,01000**	1,300**	0,00400**
S x T	24	1421,8**	0,00006**	0,28**	0,00002 <sup>NS</sup>	0,010**	0,000008*
Resíduo (b)	56	141,8	0,00002	0,11	0,00001	0,003	0,000005

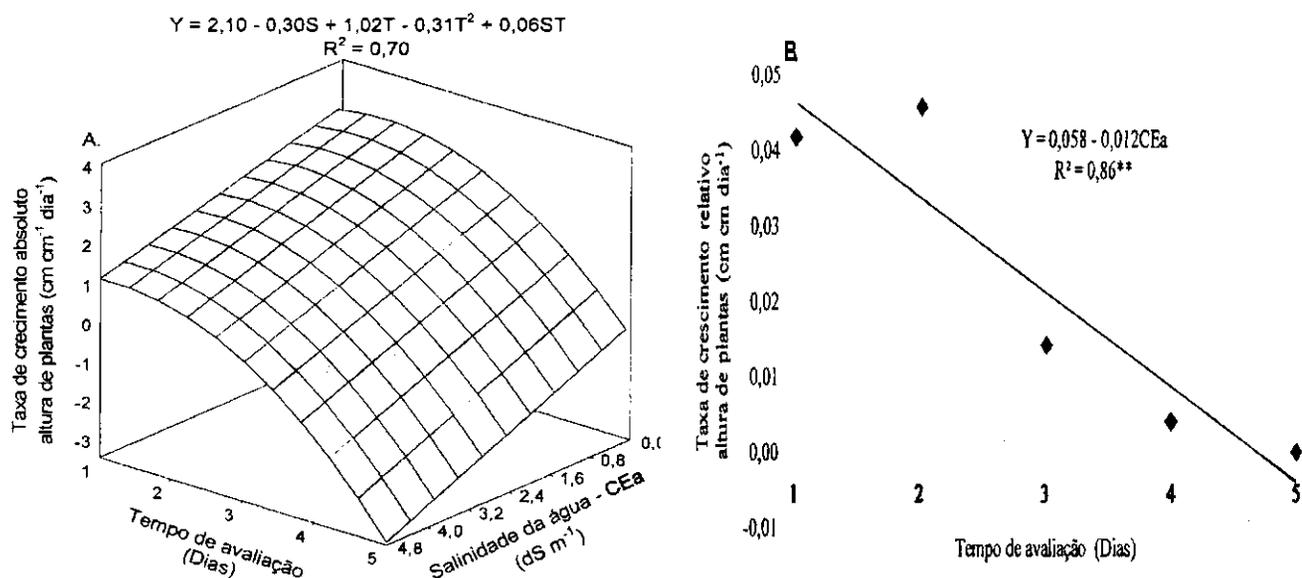
NS = não significativo e, \* e \*\*  $p \geq 0,05$  e  $p \geq 0,01$  pelo Teste F, respectivamente

**Tabela 7.** Análises de variância referentes à regressão polinomial sobre as taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da área foliar (TCAaf e TCRaf), altura de planta (TCAap e TCRap) e diâmetro do caule (TCAde e TCRdc) da mamoneira irrigada com água salina, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Fontes de variação	Probabilidade (Pr > F)						
	GL	TCAaf	TCRaf	TCAap	TCRap	TCAde	TCRdc
<b>Salinidade Linear</b>	1	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	0,0015
<b>Salinidade Quadrática</b>	1	0,0824	-	0,2856	-	0,6850	0,4910
<b>Tempo Linear</b>	1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Tempo Quadrático</b>	1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	0,2509	<0,0001
<b>Salinidade x Tempo</b>	1	<0,0001	0,9740	<0,0001	-	<0,0001	0,0022

A taxa de crescimento absoluto em altura diminuiu com o aumento da salinidade da água e do tempo de cultivo das plantas (Figura 7A). A menor taxa de crescimento em altura estimada foi registrada no período dos 80 aos 95 DAE (tempo 5) com um valor negativo de  $3,43 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , para o nível de salinidade de  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  enquanto a maior taxa de crescimento em altura foi registrada no período dos 20 aos 35 DAE (tempo 1) com taxa de crescimento de  $2,77 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Entre a maior ( $2,77 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) e a menor ( $-3,43 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) taxa de crescimento absoluto em altura de plantas estimadas, houve redução da altura de plantas de  $6,2 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , à medida em que se aumentou o tempo de cultivo tal como a salinidade da água de irrigação.

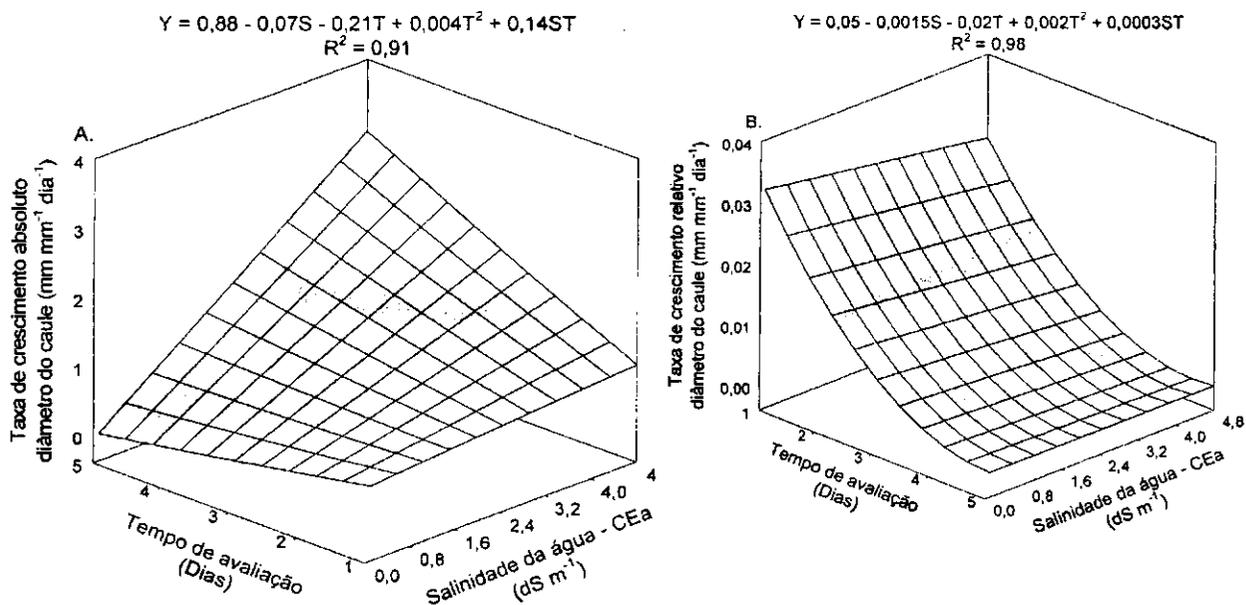
Para a variável taxa de crescimento relativo da altura de plantas não houve efeito significativo da interação salinidade da água x tempo de cultivo, porém se constatou efeito significativo para o tempo de cultivo (Tabela 6) (Figura 7B). A equação ajustada aos valores médios da taxa de crescimento relativo de altura de plantas em função do tempo de cultivo, indica uma redução de  $0,01 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ; as diminuições observadas para a taxa de crescimento absoluto (Figura 7A) e relativo (Figura 7B) são oriundas do menor crescimento vegetativo ocasionado pelas distintas fases de crescimento e desenvolvimento da mamoneira e principalmente a ação negativa dos sais ao metabolismo da planta.



**Figura 7.** Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) da altura de plantas da mamoneira, irrigada com águas salinas, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011.

A taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule aumentou ao longo do tempo de cultivo com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, enquanto a taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule diminuiu em função do tempo de cultivo e em função da salinidade da água no período de 20 a 35 DAE (tempo 1) e no período de 80 a 95 DAE (tempo 5) a taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar permaneceu constante, em função da salinidade da água de irrigação (Figura 8).

A maior ( $2,95 \text{ mm mm}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) e menor ( $0,006 \text{ mm mm}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar foram verificadas no período dos 80 aos 95 DAE (tempo 5), respectivamente, sob a irrigação das águas de maior ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) e menor ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) condutividade elétrica (Figura 8A). No crescimento relativo do diâmetro do caule verifica-se maior taxa de crescimento na água de menor conteúdo salino ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) e no período de 20 a 30 DAE (tempo 1). A taxa de crescimento relativo estimada nos períodos de 20 a 35 DAE e de 80 a 95 DAE (tempos 1 e 5) sob água de menor salinidade, foi de  $0,03$  e  $0,0 \text{ mm mm}^{-1} \text{d}^{-1}$ , enquanto nos mesmos períodos (tempos 1 e 5) porém na água de maior salinidade, as taxas de crescimento do diâmetro do caule foram, respectivamente, de  $0,02$  e  $0,0 \text{ mm mm}^{-1} \text{d}^{-1}$  (Figura 8B).



**Figura 8.** Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) do diâmetro caulinar da mamoneira irrigada com águas salinas, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim, BA, 2011.

A taxa de crescimento absoluto da área foliar da mamoneira, tal como a da altura de plantas, diminuiu com o aumento do tempo de cultivo e da salinidade da água de irrigação (Figura 9A). A maior taxa de crescimento absoluto da área foliar com valor estimado de  $194 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , obtida no período de 20 a 35 dias (tempo 1) quando a mamoneira foi irrigada com água de menor conteúdo salino ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) é 477% superior à menor taxa de crescimento absoluto da área foliar de  $-51,4 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , obtida no período de 80 a 95 DAE (tempo 5) com a água de maior conteúdo salino ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ).

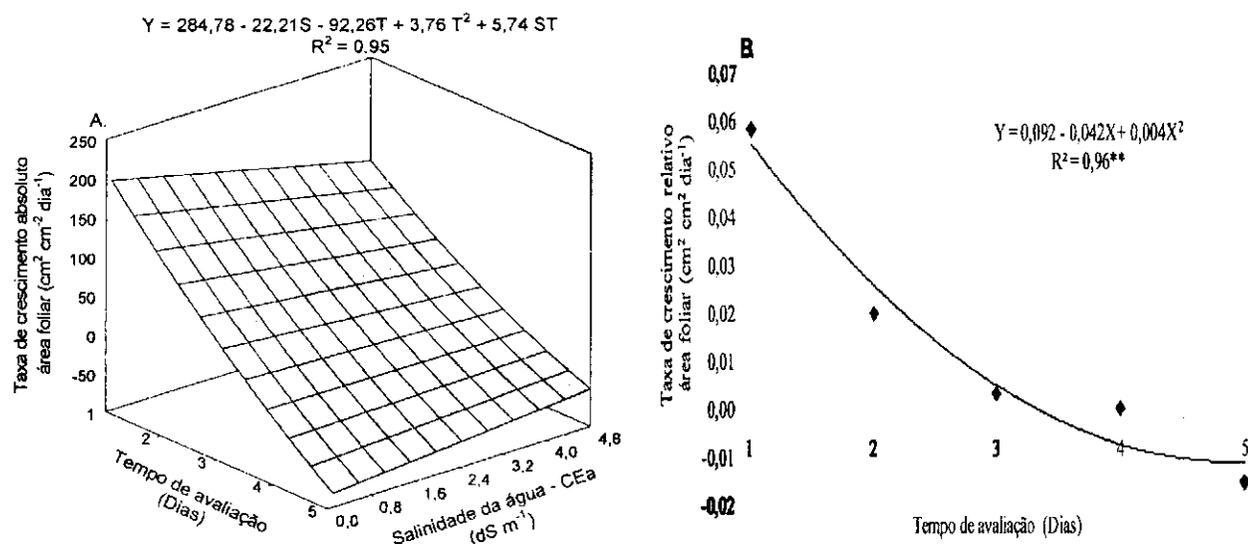
A taxa de crescimento relativo da área foliar, apesar de sofrer efeito significativo da interação salinidade da água x tempo de cultivo (Tabela 6), não se ajustou a um modelo de regressão (Tabela 7). Deste modo, o crescimento relativo da área foliar foi ajustado em função do tempo de cultivo ( $p \geq 0,01$ ) separadamente (Tabela 7, Figura 9 B). A taxa de crescimento relativo da área foliar diminuiu em função do tempo de cultivo, sendo estimada no período de 80 a 95 DAE (tempo 5), uma taxa de crescimento negativo de  $0,02 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . As reduções nas taxas de crescimento relativo da área foliar (Figura 9) se devem principalmente ao efeito prejudicial do excesso de sais no metabolismo das plantas, como pode ser observado para o crescimento em altura de plantas (Figura 1), em diâmetro do caule (Figura 2) e em área foliar (Figura 3).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), a planta apresenta, quando jovem, taxa fotossintética baixa, pois as folhas ainda não estão completamente desenvolvidas e, por

isso, absorvem menos luz solar; por outro lado os seus cloroplastos ainda não estão totalmente prontos para realizar seu trabalho. Conforme a planta envelhece, a capacidade fotossintética também diminui. Um pouco antes de a folha envelhecer por completo, a taxa fotossintética se torna nula pois os cloroplastos e, conseqüentemente a clorofila, são destruídos durante o processo de envelhecimento.

O fundamento da análise de crescimento se baseia no fato de que, praticamente, toda a matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta, resulta da atividade fotossintética. Desta forma, o acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares. Normalmente, esses são: taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida, razão de área foliar, índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura e índice de colheita (BRANDELERO, 2001; LESSA, 2007; LIMA et al., 2007).

Os índices fisiológicos envolvidos e determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação aos locais de utilização ou de armazenamento (FONTES et al., 2005).



**Figura 9.** Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) de área foliar da mamoneira, irrigada com águas salinas, em função do tempo de cultivo. Senhor do Bonfim-BA, 2011

## CONCLUSÕES

1. O crescimento em altura, o diâmetro do caule e a área foliar diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação em todas as avaliações realizadas ao longo do ciclo da cultura.

2. A taxa de crescimento absoluto referente a altura e a área foliar das plantas, diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação e do tempo de cultivo, enquanto a taxa de crescimento relativo dessas variáveis diminuiu apenas com o tempo de cultivo.

3. A taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar aumentou em função da salinidade das águas de irrigação e do tempo de cultivo, já sua taxa de crescimento relativo diminuiu com o aumento do tempo de cultivo, independentemente do aumento da salinidade das águas de irrigação para o qual, em determinado tempo de cultivo, a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar tendeu a ficar praticamente constante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. de C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A, C. C.; CRUSCIOL, C. A.C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachishypogaea* L.) **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.

ALVES, G. S. **Densidade populacional e seu efeito no crescimento e produtividade da mamoneira BRS energia sob cultivo irrigado**. Areia, UFPB/CCA, 2009, 118p. Tese (Doutorado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2ª ed. Campina Grande: UFPB. 1999, 218p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 380 p.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 237 p. 2006.

BARROS JÚNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; LACERDA, R. D.; CAVALCANTI, M. L. F. Análise de crescimento da mamoneira submetida ao estresse hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Energia e Sustentabilidade: anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

BELTRÃO, N. E. de M. ; LIMA, R. de L. S. de. Aplicação do óleo de mamona como fonte de energia: Biodiesel. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. cap. 17, p. 395-416.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância de seu cultivo no Brasil. **Revista brasileira de oleaginosas fibrosas**, Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41 p.

BRANDELERO E.; PEIXOTO, C. P.; M SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C , PEIXOTO, M. F. S. P. SILVA V. **Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano**. 2. ed. Bahia: Magistra, v. 14, p. 77-88, 2002.

BRANDELERO, E. M. **Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no município de Cruz das Almas BA**. 2001. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)– Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2001.

CAVALCANTE, L.F.; SANTOS, G.D.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, I.H.L.; GONDIM, S.C.; CAVALCANTE, M.Z.B. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.15-19, 2007.

CAVALCANTI, M. L. F.; ALVES, A. N.; GUEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; 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**, v.12, n.4 p.335-342, 2008.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GUEYI, H. R.; JÚNIOR, G. B. Tolerância da mamoneira BRS 149 a salinidade, germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.57-61, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira, de pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual e métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p. Documentos, 1.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. CD-ROM.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.1, p.94-99, 2005.

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. cap. 6. p.113-137.

LESSA, L. S. **Avaliação agronômica, seleção simultânea de caracteres múltiplos em híbridos diplóides (aa) e desempenho fisiológico de cultivares de bananeira** . 2007.

92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas, 2007.

LIMA, J. F. PEIXOTO. C. P.; LEDO, C. A da S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

LIMA, C. B.; FILHO, S. V. S. dos.; SANTOS, M. A. dos.; OLIVEIRA, M. de. **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, 2007.

LIMA, C. P. de; FERNANDES, D. M.; KIIHL, T. A. M.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G. de. Influência da salinidade do solo na germinação e no desenvolvimento inicial da mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracaju. **Anais... Aracaju**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.

MORI, M; AMATO, M.; MOLA, I. D.; CAPUTO, R.; CHIARAND'A, F. Q.; TOMMASO, T. D. Productive behaviour of “cherry”-type tomato irrigated with saline water in relation to nitrogen fertilization. **European Journal Agronomy**, v. 29, p.135 – 143, 2008.

MYCZKOWSKI, M. L. **Seleção para aumento da porcentagem de flores femininas na população FCA-Unesp-PB de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 34 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

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

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; CARVALHO, A. P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento da mamoneira em altura e diâmetro caulinar irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: II congresso Brasileiro da Mamona. Aracajú-SE. **Anais... Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, CD – ROM**. 2006.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GUEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; 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**, v.12, n.4, p.335-342, 2008

SINGH, R. B.; CHAUHAN, C. P. S.; MINHAS, P. S. Water production functions of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with saline and alkali waters using double-line source sprinkler system. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 736–744, 2009.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1995. 94p.Dissertação Mestrado

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artimed, 2006. 719 p.

TEDESCHI, A.; DELL'AQUILA, R. Effects of irrigation with saline waters at different concentration, on soil physical and chemical characteristics. **Agricultural water management**, New York, v.77, n.2, p.308-322. 2005.

## **CAPÍTULO IV**

### **COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

## **Componentes de produção da mamoneira BRS Energia em função da salinidade da água de irrigação**

**RESUMO:** Objetivou-se, com este trabalho, estudar os componentes de produção da mamoneira precoce, cultivar BRS Energia, em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria. O estudo foi desenvolvido na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, Senhor do Bonfim, BA. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de níveis de salinidade da água de irrigação, sendo o nível mais baixo ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) o da água de abastecimento urbano do município, o qual foi considerado testemunha; os demais níveis foram: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). O aumento da salinidade das águas de irrigação inibiu a capacidade produtiva da mamoneira e promoveu maior percentagem de casca nos frutos. Mesmo para o maior nível de salinidade o rendimento em óleo (49,18%) foi satisfatório em relação a outras oleaginosas.

**Palavras-chave:** Cultivar BRS Energia, água salina, biodiesel

## **Production components of the precocious castor oil plant in function of the irrigation water salinity**

**ABSTRACT:** This research aimed to study the components of production of the precocious castor oil plant, cultivar BRS Energia, in function of the salinity of the irrigation water in lisimetry system. The study was developed in the experimental area of Irrigation and Drainage of the Bahia Federal Institute, Campus of Senhor do Bonfim. The used experimental design was entirely randomized with seven treatments and three repetitions, totaling 21 experimental plots. The treatments were constituted of levels of salinity of the irrigation water, being the lowest level ( $0.12 \text{ dS m}^{-1}$ ) the one of the water of urban provisioning of the municipal district, which was considered as witness; the other levels were: 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 4.0 and  $4.8 \text{ dS m}^{-1}$  ( $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). The increase of the salinity of the irrigation waters inhibited the productive capacity of the castor oil plant and it promoted larger peel percentage in the fruits. Even for the largest salinity level, the yield in oil (49.18%) was satisfactory in relation to other oleaginous ones.

**Key words:** cultivar BRS Energia, saline water, biodiesel

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma das culturas eleitas pelo Programa Nacional de Biodiesel, visando fornecer matéria prima para a produção de um biocombustível renovável e menos poluente que o seu concorrente fóssil, como óleo diesel. Atualmente, o governo brasileiro está incentivando seu plantio, em especial nas regiões carentes do Brasil, sinalizando que esta deve ser a principal oleaginosa no ainda restrito processo de substituição do diesel brasileiro.

A mamoneira é promissora para o semiárido nordestino, devido à fácil adaptação ao clima dessa região (DRUMMOND et al., 2006). Ressalta-se que a matéria prima para o óleo de mamona irá contribuir com a estratégia governamental de criar oportunidades sócioeconômicas para a região nordestina, através de benefícios sociais decorrentes da geração de emprego (alto índice) por capital investido, culminando com a valorização do campo e a promoção do trabalhador rural. De acordo com Santos et al. (2005) a produção agrícola desconcentra renda mais intensamente que a extração de petróleo ou gás, podendo tornar o Brasil um paradigma mundial de como enfrentar três grandes desafios do século XXI, com uma única política pública, que é incentivo à agricultura de energia, enfrentar os desafios da produção de energia sustentável, da proteção ambiental e da geração de emprego e renda, com distribuição mais equitativa.

Dos produtos obtidos da mamona o óleo ricinoléico é o mais importante e principal objetivo para aqueles que a exploram comercialmente. Embora impróprio para consumo humano, a significação do óleo de mamona é evidenciada pelo seu amplo uso industrial. A elevada viscosidade e a estabilidade de tal produto são mantidas em larga faixa de condições de temperatura. Em virtude da alta capacidade de reações químicas dadas pelo ácido graxo ricinoléico, o óleo de mamona tem larga aplicação na fabricação de tintas, vernizes, detergentes, inseticidas, nylon, resinas de plástico, lubrificantes, tubos especiais para irrigação, chapas e engrenagens, aditivos para combustível, bactericidas, fungicidas, produtos sintéticos, fluidos especiais para transmitir pressões hidráulicas, graxas para navio e aviões, espumas plásticas e pára-choques em automóveis, próteses humanas para coluna vertebral, crânio, mandíbula, dentes e mamas (CARVALHO, 1997).

Atualmente, um dos mais comentados assuntos a respeito do óleo de mamona é sua aplicação como combustível de origem renovável, o “biodiesel”. Com o advento do Programa Nacional de Biodiesel autorizando a adição de 2% de biodiesel (B2) ao diesel em 2005, diversos estados do Nordeste foram agraciados com o grande incentivo do governo federal visando à expansão da produção de mamona, embasada principalmente na

agricultura familiar (SAVY FILHO, 2005). Em função da isenção fiscal e apelo econômico e social da cultura, muitos trabalhos científicos estão sendo conduzidos nesta região, em busca da melhoria das técnicas de manejo e buscando materiais genéticos mais produtivos e adaptados a cada microrregião. O biodiesel, combustível obtido a partir do óleo de diversas oleaginosas, entre elas a mamona, é outro subproduto bastante relevante para a economia de um país, visto que, além de ser de origem vegetal e renovável, pode contribuir para a diminuição da dependência de petróleo.

Um outro benefício da mamona é sua torta que, como adubo orgânico, é utilizada nas culturas de café, citrus, cana-de-açúcar, hortaliças, frutíferas além de conhecida como produto que apresenta efeito nematicida (SAVY FILHO et al., 1999) existindo, também, a possibilidade de utilização para alimentação animal (SANTOS et al., 2001). O produtor pode, ainda, utilizar a casca do fruto, incorporando-a ao solo, visando aumentar o teor de matéria orgânica.

Embora se trate de uma xerófita, as maiores produções de bagas são obtidas em locais com pluviosidade entre 600 e 700 mm, com maior exigência no início da fase vegetativa (BELTRÃO et al., 2002). Decorrente da instabilidade climática, a garantia do sucesso de cultivos em regiões semiáridas depende, dentre outras práticas, do uso de irrigação; entretanto, devido à pressão antrópica por águas de boa qualidade e à crescente necessidade de expansão da área de produção agrícola, em todo o mundo, tem aumentado a utilização de águas consideradas de qualidade inferior na agricultura (NOAMAN & EL-HADDAD, 2000; ZENG et al., 2001). No Nordeste, a maior parte das águas utilizadas na irrigação contém teores relativamente moderados de sais, sendo frequentemente encontrados valores que chegam a  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  (AUDRY & SUASSUNA, 1995).

Objetivou-se, com este trabalho, estudar os componentes de produção da mamoneira precoce, cultivar BRS Energia, em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em 21 lisímetros de drenagem instalados na área experimental de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA, a qual apresenta coordenadas geográficas de 10° 28' 23" S e 40° 11' 20" W e altitude de 550 m. A área experimental tinha 7 m de largura por 17,8 m de comprimento, totalizando 124,6 m<sup>2</sup>. O período de estudo foi de setembro de 2008 a janeiro de 2009.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais, em que cada uma correspondeu a um lisímetro de drenagem, os sete tratamentos foram constituídos dos seguintes níveis de salinidade da água de irrigação: o nível mais baixo foi o da água que se usou como testemunha, correspondente à água da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA), com 0,12 dS m<sup>-1</sup>, os demais níveis corresponderam aos valores de condutividade elétrica: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> (25 °C), que foram obtidos mediante a utilização de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, nas proporções de 7:2:1, respectivamente, diluídos em água da EMBASA.

A cultura utilizada foi a mamoneira, cultivar BRS-energia, com espaçamento entre fileiras de 0,7 m e entre plantas de 0,5 m, conforme recomendações técnicas (Embrapa, 2007). Cada unidade experimental foi composta de quatro plantas, totalizando 84 plantas úteis em todo o experimento.

Os lisímetros foram constituídos de uma caixa de fibra de vidro com capacidade para 1.120 L, com dimensões de: 1 m de largura por 1,4 m de comprimento e 0,80 m de profundidade, espaçados de 1 m. Os lisímetros foram enterrados a 0,75 m de profundidade. Na base de cada um deles se fez um orifício e se conectou uma tubulação para proceder à descarga do efluente até os recipientes coletores, sobre o orifício aberto foi instalada uma calha de 30 cm de comprimento, feita com tubo de PVC com diâmetro de 33 mm; sobre a calha e toda a base da caixa colocou-se uma camada de brita zero com espessura de 2 cm e, sobre esta, uma camada de areia lavada, de igual espessura, enfim, sobre a camada de areia lavada foi posto o solo, de modo a formar um perfil homogêneo.

Fez-se o preenchimento dos lisímetros em camadas sucessivas de aproximadamente 10 cm até atingir a espessura de 60 cm, procurando-se acondicionar o material de solo, de modo a deixá-lo com a massa específica próxima à original. O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado no perfil natural da área experimental do Instituto Federal Baiano de Senhor do Bonfim. As características físico-químicas do solo foram determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do

Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG utilizando-se a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), cujos resultados estão contidos na Tabelas 1

**Tabela 1.** Características físico-químicas nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade do solo coletado no interior dos lisímetros, antes da aplicação dos tratamentos. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Característica química	Camada (cm)		Característica física	Camada (cm)	
	0-20	20-40		0-20	20-40
pH	6,5	6,3	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	731	698
MO (g kg <sup>-1</sup> )	15,5	11,9	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	75	79
P (mg dm <sup>-3</sup> )	136	51,5	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	194	223
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,80	2,10	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	106	127
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,98	1,61	GF (%)	45,6	43,1
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,31	0,23	Índice de dispersão (%)	54,4	56,9
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,13	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,21	1,35
Al <sup>3+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	---	---	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,53	2,53
H <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,36	2,03	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,52	0,47
SB (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,25	4,07			
CTC (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,61	6,10			
V (%)	68,9	66,7			
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	0,71	0,76			
PST (%)	2,18	2,21			

CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica - [SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)]; MO - Matéria orgânica; PST - Porcentagem de sódio trocável; SB - Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); V - Saturação por bases = (SB/CTC) x 100; Ada - Argila

A água utilizada para irrigação do tratamento testemunha e para preparo dos demais níveis de salinidade foi proveniente da EMBASA (Tabela 2). Segundo Richards (1954) e Bernardo (1989), a água da EMBASA pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade e de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. É uma água que não apresenta nenhuma restrição de uso para irrigação

**Tabela 2.** Características químicas da água da EMBASA utilizada na irrigação e no preparo dos níveis de salinidade. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Características químicas	
pH	5,28
Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Mg (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,5
Na (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,49
K (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,03
Carbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,39
Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,92
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>-0,5</sup>	0,69
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,12

Os componentes de produção avaliados foram número de racemos por planta, altura da inserção do racemo primário, comprimento do racemo primário, número de frutos do racemo primário, número de nós, massa de cem sementes, massa seca das raízes, massa de frutos por planta e por hectare, massa de sementes por planta e por hectare, rendimento de casca, rendimento de sementes e rendimento de óleo. Os componentes de produção foram obtidos ao final do experimento quando todos os cachos estavam completamente secos, fato que se deu devido à indeiscência da cultivar. A colheita foi realizada manualmente cortando-se os cachos na base e medindo em seguida o comprimento do cacho primário, posteriormente, separaram-se as bagas que foram colocadas dentro de sacos de tecido, os quais após devidamente identificados, foram pesados e iniciado o descascamento manual

A contagem do número de racemos foi realizada em todas as plantas de cada parcela, cujos valores foram quantificados através de unidade. A altura da inserção do racemo primário foi medida considerando-se, para tanto, a distância vertical, desde o solo até a inserção do racemo primário, com uma régua graduada. O comprimento do racemo primário foi determinado através de medições tomadas na região da raque provida de frutos, utilizando-se réguas milimetradas, sendo a avaliação realizada no ato da colheita aos 110 dias após a emergência. Os frutos foram contados individualmente em todos os racemos primários das plantas; esta contagem foi efetuada após a colheita dos cachos aos

110 dias após a emergência. A contagem dos nós no caule das plantas foi feita considerando-se a distância vertical do solo até a inserção do racemo primário.

Aos 110 dias após a emergência as plantas foram retiradas dos lisímetros, as raízes foram separadas da parte aérea e acondicionadas em estufas com circulação de ar na temperatura de 60 °C, até valor constante, para cálculo da biomassa seca do sistema radicular.

A produção de frutos e de sementes por planta em cada tratamento foi determinada pela relação entre a produção total da parcela em gramas e o número de plantas úteis. A produtividade de frutos e de sementes foi determinada em função da produção por planta, considerando-se a área de cada planta e se estimando por hectare.

O rendimento percentual de casca e de sementes foi determinado pelo quociente entre os valores da massa da casca e das sementes e a massa total dos frutos. A massa de 100 sementes foi determinada numa balança analítica com precisão de três casas decimais.

O teor de óleo das sementes foi determinado através do método de espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear (RMN), método este que se baseia na propriedade que tem os núcleos atômicos de absorverem energia quando oscilam, excitados em um campo magnético (PAZ, 1996).

As medidas de Ressonância Magnética Nuclear – RMN foram realizadas na Embrapa Algodão, em ambiente com temperatura e umidade relativa do ar aos valores de 20 °C e 60%, usando-se o instrumento MQA Oxford 7005 de acordo com os procedimentos descritos por Colnago (1996). As amostras permaneceram 1 hora nessas condições, antes das medidas; o sinal de  $90^{\circ}$  ( $\pi/2$ ) foi obtido a 10,1Vs e de  $180^{\circ}$  ( $\pi$ ) a 20,2 Vs, empregando-se uma frequência de 4,3 MHz.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, conforme Ferreira (2003), utilizando-se o programa SISVAR v. 4.2. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os tratamentos foram submetidos à análise de regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

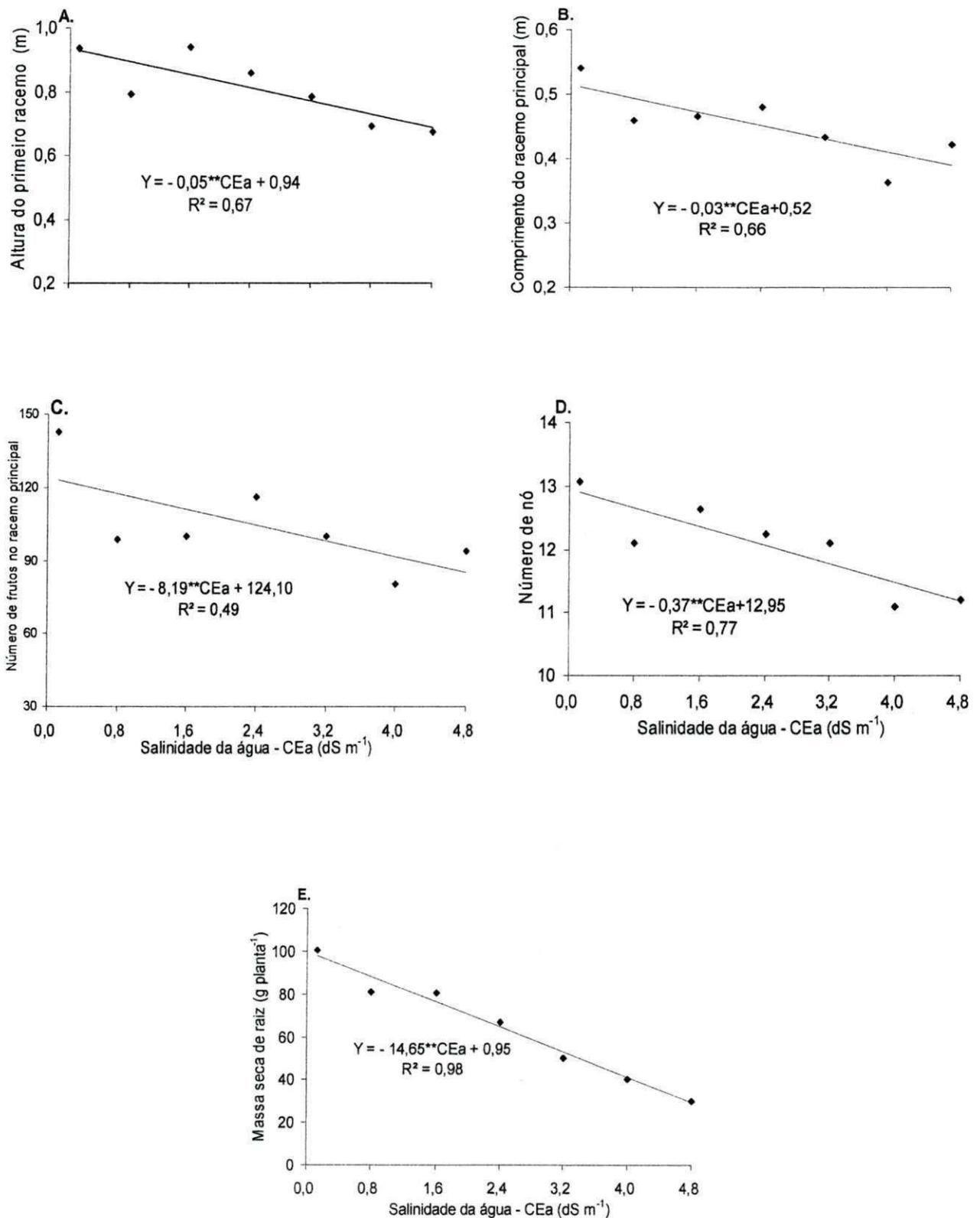
Exceto sobre o número de racemos por planta e massa de 100 sementes, todas as demais variáveis da Tabela 3 responderam significativamente ao aumento do teor salino das águas de irrigação, de 0,12; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m<sup>-1</sup>. Portanto, as variáveis significativas foram analisadas por regressão.

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância referentes ao número de racemo por planta (NRP), altura do primeiro racemo (APR), comprimento do racemo principal (CRP), número de frutos por racemo principal (NFRP), número de nós (NN), massa de cem sementes (MCS) e massa seca das raízes (MSR) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Fontes de variação	Quadrados médios							
	GL	NRP	APR	CRP	NFRP	NN	MCS	MSR
Tratamentos	6	1,18 <sup>ns</sup>	0,03**	0,009**	1194**	1,52**	7,32 <sup>ns</sup>	1908**
Resíduo	14	0,63	0,01	0,001	119,5	0,35	4,09	194,4
CV (%)	-	10,1	9,50	8,37	10,5	4,90	6,29	21,8
Regressão								
Linear	1	-	0,14**	0,035**	3488**	7,05**	-	11188**
Quadrática	1	-	0,01 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	450 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-	0,03 <sup>ns</sup>
Desvio	4	-	0,01 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	806**	0,49 <sup>ns</sup>	-	64,43 <sup>ns</sup>

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; \*= significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

Observa-se que todas as variáveis apresentadas na Figura 1 diminuíram linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação. Esta situação indica que o diagnóstico de efeitos significativos, no caso em apreço, se refere à ação depressiva da salinidade à cultura da mamoneira e está de acordo com Cavalcanti et al., (2005) e Silva et al., (2008) que registraram queda do crescimento e da produção com o estresse salino crescente.



**Figura 1.** Altura de inserção do primeiro racemo (A), comprimento do racemo principal (B), número de frutos no racemo principal (C), número de nós (D) e massa seca da raiz (E), em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria. Senhor do Bonfim, BA, 2011.

A inibição no crescimento das plantas resultou na emissão do primeiro racemo emitido 0,05 m mais baixo (Figura 1A), perda de 0,03 m em cada racemo principal (Figura 1B), redução de 8,19 frutos por racemo principal (Figura 1C), declínio de 0,37 nó por planta (Figura 1D) e 14,65 g de massa seca das raízes (Figura 1E), por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Esta tendência é comum nas plantas glicófitas classificadas sensíveis, moderadamente sensíveis, moderadamente tolerantes aos efeitos dos sais e têm o crescimento e a capacidade produtiva comprometidos com o aumento do estresse salino (RICHARDS, 1954; AYERS & WESTCOT, 1999)

Houve redução de 5 cm ( $p \geq 0,01$ ) da altura de racemos para cada aumento de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ , que é o aumento unitário da salinidade. Nas plantas irrigadas com água de menor salinidade ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) em relação às de maior ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ), verifica-se uma superioridade de 40% na altura do primeiro racemo (Figura 2A)

O comprimento do racemo diminuiu 3 cm a cada aumento do nível de salinidade; portanto, ocorreu redução total estimada de 12 cm no comprimento do racemo quando comparada com as águas de menor ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) e de maior ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) conteúdo salino (Figura 1B). O número de frutos no racemo principal sofreu redução de 8 frutos a cada aumento unitário da salinidade, resultando em redução total de 39 frutos da água de menor para a de maior salinidade (Figura 1C). Deste modo, a irrigação com água salina influenciou negativamente no crescimento da mamoneira e, conseqüentemente, na sua produção.

O modelo de regressão ajustado aos valores do número de nós revela, pelo coeficiente de regressão da equação, um decréscimo ( $p \geq 0,01$ ) de 0,4 nós a cada aumento unitário da salinidade (Figura 1D). Quando observado o número de nós produzidos na água de menor conteúdo salino ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ), em comparação com a de maior salinidade ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ), verificou-se uma superioridade de 16% (aproximadamente 2 nós). Assim a quantificação desta variável auxilia em como se detectar o efeito deletério dos sais às plantas. Neste sentido, a diminuição do número de nós implica em uma emissão menor de brotos vegetativos e reprodutivos da planta refletindo assim, em menor crescimento, como observado para a altura do primeiro racemo (Figura 1A), comprimento (Figura 1B) e número de frutos no racemo principal (Figura 1C) e massa seca de raiz (Figura 1E).

A produção de raízes pela planta é dependente das condições do substrato ou ambiente radicular. Portanto, se órgãos da parte aérea têm seu desenvolvimento comprometido o sistema radicular também o terá, e desta forma o estresse nas raízes, na grande maioria dos casos, se reflete em perdas das variáveis da parte aérea das plantas, como constatado nesta pesquisa, e por Cavalcanti et al. (2004) e Silva et al. (2008) aos

estudarem o comportamento vegetativo da mamoneira à salinidade. Apesar de não constar a quantificação de massa seca da parte aérea, as variáveis altura do primeiro racemo (Figura 1A), comprimento (Figura 1B) e número de frutos no racemo principal (Figura 1C) e número de nós (Figuras 1D) justificam a tendência dos dados em função da salinidade da água.

A maior produção de massa seca de raiz (100 g) foi obtida nas plantas irrigadas com a água de menor conteúdo salino (0,12 dS m<sup>-1</sup>). Quando comparada esta produção com a menor massa seca de raiz (29,9), referente às plantas irrigadas com a água de maior conteúdo salino (4,8 dS m<sup>-1</sup>), observa-se um declínio de 70,1 g (236%) na massa seca, que diminuiu 14,6 g a cada aumento unitário da salinidade da água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> (Figura 1E). Situações dessa natureza, conforme Taiz & Zeiger (2008), provocam perdas excessivas de água do tecido das plantas pela elevada transpiração, originada pelo desequilíbrio osmótico causado pelo excesso de sais (MUNNS & TESTER, 2008).

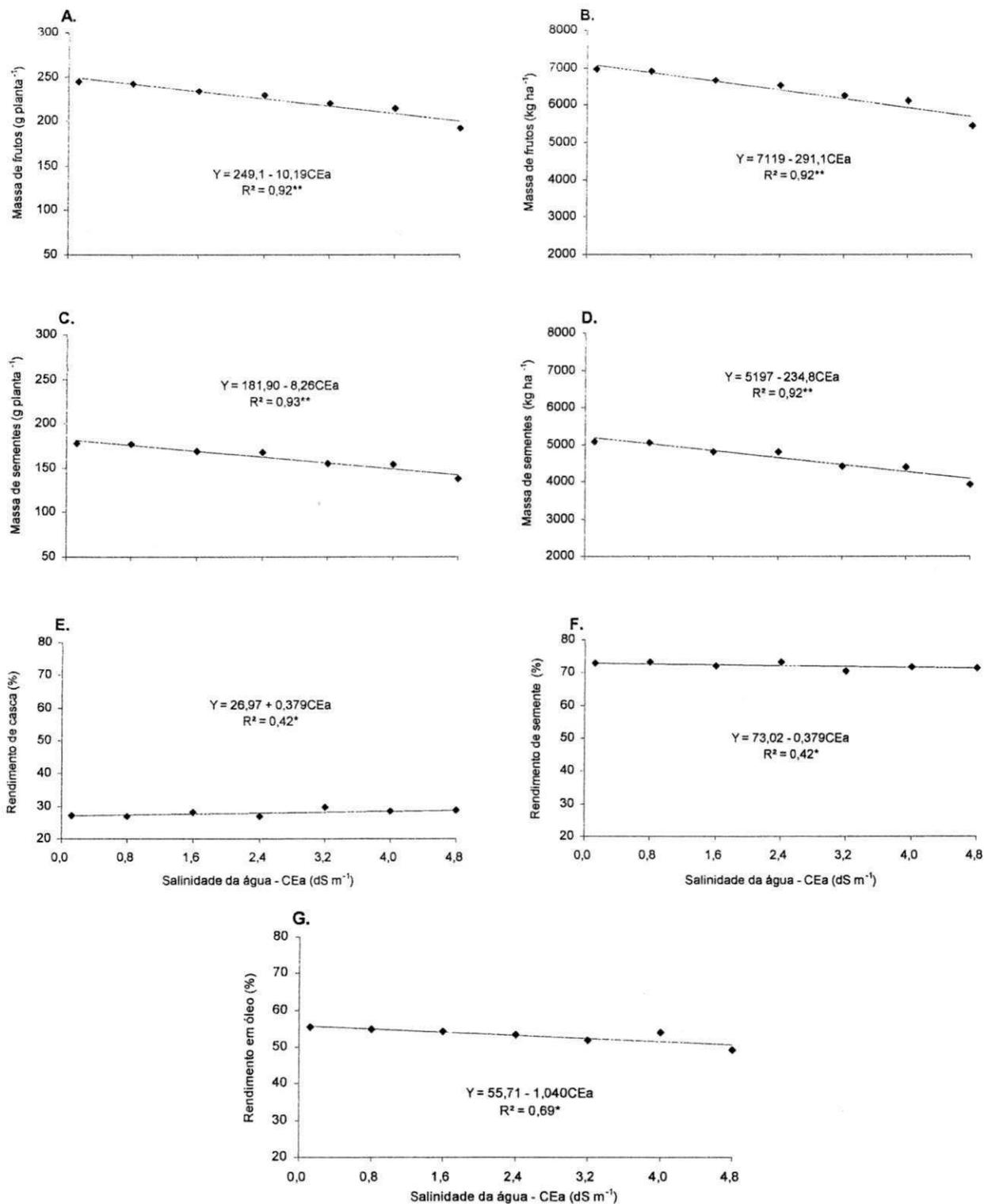
Pelos resumos das análises de variância apresentados na Tabela 4, verifica-se que a salinidade das águas interferiu com efeitos significativos, a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F, sobre todas as componentes de produção.

**Tabela 4.** Resumo das análises de variância referente à massa de frutos por planta (MFP) e por hectare (MFH), massa de sementes por planta (MSP) e por hectare (MSH), rendimento de casca (RC), de semente (RS) e de óleo (RO), em função da salinidade da água de irrigação. Senhor do Bonfim, BA, 2011

Fontes de variação	Quadrados médios							
	GL	MFP	MFH	MSP	MSH	RC	RS	RO
Tratamentos	6	976,8*	796917*	640,3*	518776*	3,00*	3,00*	13,6*
Resíduo	14	351,8	287363	180,3	149036	1,02	1,02	3,38
CV %	-	8,35	8,36	8,29	8,34	3,62	1,40	3,46
Regressão								
Linear	1	5411,8**	4414146 **	3553**	2871834**	7,49 **	7,49 **	56,34**
Quadrática	1	294,9 <sup>ns</sup>	241621 <sup>ns</sup>	145,7 <sup>ns</sup>	117974 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>
Desvio	4	38,5 <sup>ns</sup>	31434 <sup>ns</sup>	35,7 <sup>ns</sup>	30711 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	5,67 <sup>ns</sup>

Tratamentos = Níveis de salinidade da água de irrigação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*= significativo a 1% de probabilidade; \*= significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo

Verifica-se que todas as variáveis apresentadas na Figura 2 diminuíram linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação, exceto o rendimento de casca, que aumentou.



**Figura 2.** Massa de frutos por planta (A) e por hectare (B), massa de sementes por planta (C) e por hectare (D), rendimento de casca (E), rendimento de sementes (F) e rendimento de óleo (E), em função da salinidade da água de irrigação em sistema de lisimetria. Senhor do Bonfim, BA, 2011.

O coeficiente de regressão revela um decréscimo ( $p \geq 0,01$ ) na massa de frutos de  $10,2 \text{ g planta}^{-1}$  (Figura 2A) e de  $291 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 2B), para cada aumento unitário da

salinidade da água. Percentualmente, observa-se uma mesma redução do peso de frutos por planta e do peso de frutos por hectare, entre as águas de menor ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) e maior salinidade ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ), que foi de 27%.

Os valores médios evidenciam que a água de menor salinidade obteve massa de sementes 29% maior em comparação com a massa das sementes observadas na água de maior salinidade (Figura 2C e 2D). Portanto se percebe, pelo ajuste da regressão, que essa redução ( $p \geq 0,01$ ) foi de  $8,26 \text{ g planta}^{-1}$  e  $235 \text{ kg ha}^{-1}$ , para cada aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Associando o efeito da salinidade sobre a massa de frutos (Figura 2A e 2B) e de semente (Figura 2C e 2D), percebe-se que os menores pesos obtidos em função do aumento da salinidade da água estão associados a um tamanho menor do fruto, originado provavelmente pelo efeito deletério dos sais às plantas.

Resultados na mesma linha de pesquisa para diversas espécies de plantas foram obtidos por diversos autores como Rodrigues (2000) para o arroz Gurgel (2001) para a acerola Cavalcanti et al. (2004) para a mamoneira e Nunes et al. (2009) para o noni, os quais evidenciam que, quanto maior for o conteúdo salino da água de irrigação ou do solo menor será o desempenho agrônômico.

Para a variável rendimento de casca nota-se um aumento ( $p \geq 0,05$ ) de 0,38%, a cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Figura 2E). No entanto, o rendimento de sementes diminuiu ( $p \geq 0,05$ ); obviamente os mesmos 0,38%, para cada aumento do nível de salinidade (Figura 2F). Provavelmente essa diminuição está associada à maior produção de casca pelo fruto, ocasionada por distúrbios fisiológicos advindos do excesso de sais nas plantas (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O rendimento em óleo é dependente do rendimento de sementes. Portanto com a redução do rendimento de sementes o rendimento de óleo também foi afetado, apresentando um decréscimo ( $p \geq 0,01$ ) de 1,04% para cada aumento do nível da salinidade da água de irrigação (Figura 2G).

Quanto aos percentuais de casca e de sementes no fruto constata-se, pela média geral, para os níveis de salinidade que 72,1% do fruto são compostos por semente e 29,1% por casca, sendo que dos 72,1% de sementes, 53,2% são de óleo evidenciando que a mamoneira apresenta desempenho satisfatório quanto ao rendimento de óleo em relação a outras oleaginosas, como girassol (42%), soja (18%), dendê (20%) e algodão (18%) Mantovani (2006)

## CONCLUSÕES

1. O aumento da salinidade das águas de irrigação inibiu a capacidade produtiva da mamoneira e promoveu maior percentagem de casca nos frutos.
2. Mesmo para o maior nível de salinidade o rendimento em óleo (50,7 %) foi satisfatório

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão do Nordeste: caracterização, variação sazonal, limitação do uso. Recife: CNPq, 1995.
- AYERS, R.S.; WESTCOT D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. GHEYI, J. F. de MEDEIROS, F. A. V. DAMASCENO. Campina Grande: UFPB, 1999. Estudos da FAO, 153p.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 237 p. 2006.
- BELTRÃO, N.E. DE M; SILVA, L.C.; MELO, F.B. Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) para o semi-árido nordestino, em especial do Piauí. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2002. 44p. EMBRAPA Algodão. Documentos, 97.
- CARVALHO, L. O. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: São Paulo (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Manual técnico das culturas**. 2. ed. Campinas, 1997. cap. 11, p. 349-368.
- CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; JÚNIOR, G. B. Tolerância da mamoneira BRS 149 a salinidade, germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.57-61, 2005.
- CAVALCANTI, M. L. F.; JÚNIOR, G. B.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetido à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, V. 4, n. 1, p. 1-8, 2004.
- COLNAGO, L. A. **Análise do teor de óleo em sementes por RMN**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1996. 13 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Circular Técnica, 3).
- DRUMMOND, A. R. F.; GAZINEU, M. H. P.; ALMEIDA, L.; SOUTO MAIOR, A. Estudo dos Parâmetros: Tempo de Extração e Solvente na Obtenção de Óleo de Mamona

para a Produção de Biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2006. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. CD-ROM.

GURGEL, M. T. Produção de mudas de aceroleira sob diferentes condições de salinidade da água de irrigação. 2001. 117p. Dissertação mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review Plant Biology*. V.59, n.1, p.651-681, 2008

NOAMAN, M.N.; EL-HADDAD, E.S. Effects of irrigation water salinity and leaching fraction on the growth of six halophyte species. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.135, p.279-285, 2000.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; LIMA NETO, A.; DINIZ, A. A.; SILVA, J. J. M.; BREHM, M. A. S. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 451-463, 2009.

PAZ, L. M. **Ressonância Magnética Nuclear (RMN), princípios e aplicações**. Óleos & Grãos, São Paulo, v. 7, n. 33, p. 32-33, 1996.

RODRIGUES, L. N. Estresse salino na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado. 2000. 145p. Dissertação mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y recuperación de suelos salinos y sódicos**. México, 1954. 172p. (Manual de Agricultura, 60).

SANTOS, A. C. dos; BRESSAN FILHO, Â.; GAZZONI, D.; CONTINI, E.; ABREU, F. R.; VIEIRA, J. N. de S.; RAMALHO, J.; MAGALHÃES, L. J. d'A. **Plano nacional de agroenergia**: 2006-2011. Brasília: [s. n.], 2005. 120 p.

SANTOS, R. F.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. (Ed). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 1, p. 17-35.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A. Melhoramento da mamona. In : BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 398-404.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GUEYI, H. R; BELTRÃO, N. E. M.; 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**, v.12, n.4, p.335-342, 2008

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artmed, Porto Alegre, 2006, 719p.

ZENG, L.; SHANNON, M.C.; LESCH, S.M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.48, p.191-206, 2001.