

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COPEAG – COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE  
GENÓTIPOS DE MAMONEIRA IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINAS**

**SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**DEZEMBRO - 2004**

**SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA**  
**ENGENHEIRO AGRÍCOLA**

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE  
GENÓTIPOS DE MAMONEIRA IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINAS**

**Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área  
de Concentração em Irrigação e Drenagem, do  
Centro de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Federal de Campina Grande, em  
cumprimento às exigências para obtenção do  
título de Mestre em Engenharia Agrícola.**

**AREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**ORIENTADOR: HANS RAJ GHEYI – Doutor – UFCG/CCT/DEAg**

**CO-ORIENTADOR: NAPOLEÃO E. de M. BELTRÃO – Doutor – CNPA/EMBRAPA**

**CAMPINA GRANDE**  
**Estado da Paraíba - Brasil**  
**Dezembro – 2004**



S586g Silva, Servulo Mercier Siqueira e  
Germinacao, crescimento e desenvolvimento de genotipos  
de mamoneira irrigados com aguas salinas / Servulo Mercier  
Siqueira e Silva. - Campina Grande, 2004.  
74 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Agricola) -  
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de  
Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Irrigacao 2. Mamoneira - 3. Sais 4. Casa de Vegetacao  
5. Tolerancia 6. Condutividade Eletrica 7. Dissertacao I.  
Gheyi, Hans Raj, Dr. II. Beltrao, Napoleao Esberard de  
Macedo, Dr. III. Universidade Federal de Campina Grande -  
Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 626.81/82(043)



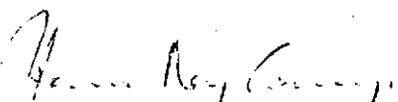
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

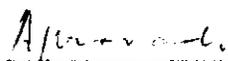
**SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA**

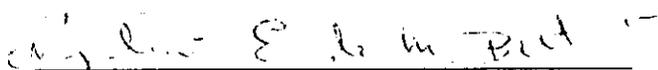
**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE  
GENÓTIPOS DA MAMONEIRA IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA**

BANCA EXAMINADORA

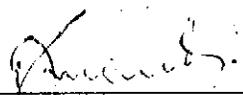
PARECER

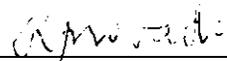
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Hans Raj Gheyi-Orientador

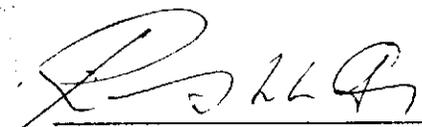
  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Naopleão Esberard de M. Beltrão-Orientador

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Dantas Fernandes-Examinador

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo Almeida Viêgas-Examinador

  
\_\_\_\_\_

DEZEMBRO - 2004

*Em memória de meus avós materno e paterno, em especial a meu avô materno **Dionízio Olegário dos Santos**, pelo exemplo de integridade, simplicidade, amor, carinho e paz interior.*

### **MINHA HOMENAGEM**

*A minha amiga, companheira e esposa **Renata Cibele Lopes Gomes**, meu filho **Pedro Arthur Gomes Siqueira** e meus queridos pais **Sebastião José da Silva e Maria do Socorro Siqueira Santos e Silva** pelos exemplos de vida que são, bem como pela compreensão, carinho e amor a mim dedicados e que serve de estímulos para continuar lutando por momentos felizes como esse.*

*A meu irmão **Sandro Márcio Siqueira e Silva** e meu tio **Ivandelson Siqueira Santos**, parentes e amigos.*

**OFEREÇO E DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

*Ao Ser todo poderoso, por toda força que me dispôs, para a conclusão deste trabalho.*

*Aos meus pais Sebastião José e Maria do Socorro, por tudo que me propiciaram na vida.*

*A meu irmão Sandro Márcio Siqueira e Silva, pela amizade e companheirismo de cada dia.*

*À minha esposa, que sempre esteve ao meu lado nos momentos de dificuldades e por ter realizado a maior felicidade de minha vida, o meu filho Pedro Arthur.*

*A meu tio Ivandelson e sua esposa Egilda, pelo apoio inenarrável na minha formação acadêmica e de vida e aos meus primos Caroline, Carine e Caio, pelo carinho e amizade.*

*Aos meus "Tios" João Reis, Arimá e primos, pelos exemplos de fraternidade, honestidade e luz divina.*

*À coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.*

*Aos Prof. Drs. Hans Raj Gheyi e Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão meus orientadores, pela inquestionável contribuição na minha formação acadêmica, profissional e como ser humano.*

*Ao Prof. Dr., Pedro Dantas Fernandes pela contribuição prestada no decorrer do trabalho e pela sua gratificante amizade, assim como pela participação do julgamento do mesmo.*

*Ao Prof. Dr. Ricardo Almeida Viegas, por sua atenção, ensinamentos transmitidos de maneira construtiva e pela participação no julgamento do mesmo.*

*Ao Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Adilson, Chico, Wilson, Doutor e seu Pedro que ajudaram a conduzir as análises de água e solo feitas no decorrer do experimento, além das amizades conquistadas.*

*A Sra. Rivanilda e Aparecida pela atenção e ajuda dada sempre que necessitei durante todo o curso.*

*A Frederico Antônio Loureiro Soares, que dedicou uma parte do seu precioso tempo na orientação deste trabalho e cuja amizade é salutar.*

*A Allan Nunes Alves, o braço direito do trabalho e a quem tenho muita consideração e admiração.*

*Aos amigos Cláudio Uyeda (Japa), Ridelson Farias, Paulo Torres, Mário Luiz, Genival Barros, Rogério Dantas, Severino Pereira, Luiz Nery, Reginaldo Nobre, José Maria, Maria Leide, Karina Guedes, Sérgio Viana, Sileno, Ibirenaldo e Francisco Valfisio pela grande*

*amizade e contribuições que dispuseram para o meu crescimento intelectual no decorrer do mestrado.*

*A Lázaro Caynan, Mário Júnior, Renê Leite, Ricardo Leite, Hilário Júnior, Juliana Gomes, Karla Sibelly, Marcela Braz, Rubênia Silva, Iva Raquel, Flávio Nunes, Erasmo Siqueira, José Igor, Franklin, Carlinhos, Jairo Rafael, Roque Valclério, Jean Emmanuel, Getúlio, Neto, David e etc, que mesmo distantes, nunca se ausentaram.*

*A todos que juntos a mim passaram por várias dificuldades, e que graças a Deus sobressaimos a cada obstáculo a caminho do sucesso.*

*Enfim, aos que influenciaram de alguma forma nesta conquista.*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE APÊNDICE.....</b>	<b>xvi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Cultura e uso da mamona.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Aspectos gerais da salinidade do solo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Qualidade da água para irrigação.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Efeitos da salinidade nas plantas.....</b>	<b>10</b>
2.4.1 Considerações gerais.....	10
2.4.2 Efeito osmótico .....	11
2.4.3 Efeito direto ou de toxicidade de sais.....	12
2.4.4 Efeito indireto ou de natureza nutricional .....	13
<b>2.5 Tolerância das plantas a salinidade.....</b>	<b>14</b>
2.5.1 Considerações gerais.....	14
2.5.2 Tolerância das culturas à salinidade .....	15
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Localização do experimento .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Delineamento estatístico e tratamento .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Recipientes e Substratos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Preparo das águas de irrigação .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Instalação e condução do ensaio.....</b>	<b>21</b>
<b>3.6 Adubações .....</b>	<b>22</b>
<b>3.7 Tratos culturais.....</b>	<b>23</b>

<b>3.8 Variáveis analisadas.....</b>	<b>23</b>
3.8.1 Fase de germinação.....	23
3.8.2 Índices de crescimento.....	24
3.8.3 Fitomassa.....	25
3.8.4 Variáveis de produção.....	25
<b>3.9. Análise estatística.....</b>	<b>27</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Germinação.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Avaliação de crescimento das plantas.....</b>	<b>33</b>
4.2.1 Altura da planta.....	33
4.2.2 Número de folhas.....	36
4.2.3 Diâmetro do caule.....	39
4.2.4 Área foliar.....	41
4.2.5 Fitomassa.....	45
<b>4.3 Componentes de produção.....</b>	<b>49</b>
4.3.1 Número de dias para 1ª inflorescência e Altura do 1º racemo.....	49
4.3.2 Dias para colheita, número de frutos por cacho, peso dos frutos, peso das sementes e peso de 10 sementes.....	52
<b>4.4. Consumo diário de água pelas plantas durante o ciclo.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5 Dias de sobrevivência.....</b>	<b>62</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>65</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>66</b>
<b>7. APÊNDICE.....</b>	<b>72</b>

## GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE MAMONEIRA IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINAS

### RESUMO

Objetivou-se com este trabalho observar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.), desde a germinação até a produção. O ensaio experimental foi conduzido em casa de vegetação da UFCG, em delineamento inteiramente casualizado, com quinze tratamentos, constituído da combinação de cinco níveis de salinidade (NS) da água de irrigação, expressos em termos de condutividade elétrica (CEa: NS<sub>1</sub>-0,7; NS<sub>2</sub>-2,7; NS<sub>3</sub>-4,7, NS<sub>4</sub>-6,7 e NS<sub>5</sub>-8,7 dS m<sup>-1</sup>, a 25 °C) e três cultivares de mamona Paraguaçu-1, Paraguaçu-2 e CSRN-367, com três repetições. As águas de irrigação foram preparadas mediante adição de NaCl, de forma a se obter a CEa desejada. Com base nos resultados obtidos conclui-se que o percentual de germinação da cultivar Paraguaçu-2 foi inferior as demais cultivares na CEa de 8,7 dS m<sup>-1</sup>, além de ter aumentado em 5 dias o número de dias para germinar, com decréscimos de 4,82% por incremento unitário da CEa. A cultivar CSRN-367 apresentou um incremento de 9,10% em 2,7 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,7 dS m<sup>-1</sup> para o índice de velocidade de emergência. Na fase de crescimento e desenvolvimento, observou-se que a salinidade afetou o desenvolvimento vegetativo das plantas, onde aos 80 DAS entre 0,7 e 8,7 dS m<sup>-1</sup> na altura da planta verificaram-se reduções de 81,44% na cultivar Paraguaçu-1, entre 0,7 e 6,7 dS m<sup>-1</sup> reduções de 60,75% para o número de folhas na cultivar Paraguaçu-2 e 78,92% na área foliar para a cultivar CSRN-367; na produção também observou-se comportamento semelhante com o aumento CEa, em média aos 45 DAS a cultivar CSRN-367 emitiu a primeira inflorescência na CEa de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, assim como apresentou a maior altura de cacho, maior precocidade na colheita dos frutos e maior número de frutos até a CEa de 4,7 dS m<sup>-1</sup>. No peso dos frutos e peso das sementes as cultivares comportaram-se de maneira semelhante, embora no peso de 10 sementes as cultivares Paraguaçu-1 e Paraguaçu-2, sobressaíram em relação a cultivar CSRN-367 nas CEa de 0,7 e 2,7 dS m<sup>-1</sup>. No intervalo entre 76-90 DAS as cultivares decresceram o consumo de água diário pelas plantas (>85%) entre a CEa de 0,7 e 6,7 dS m<sup>-1</sup>. Quanto ao dias de sobrevivência na CEa de 8,7 dS m<sup>-1</sup> as cultivares toleraram em média até 80 DAS. Baseados nos resultados obtidos com essas cultivares de mamoneira, concluir-se que a água até CEa de 2,7 dS m<sup>-1</sup> pode ser utilizado para irrigação da cultura da mamona sendo os melhores resultados alcançados com a menor CEa.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ricinus communis* L., sais, casa de vegetação, tolerância, condutividade elétrica.

## GERMINATION, GROWTH AND DEVELOPMENT OF IRRIGATED CASTOR GENOTYPES WITH SALINITY WATER

### ABSTRACT

The objective of the present study was to observe the effects of the different water salinity levels in the castor genotype (*Ricinus communis L.*), from the germination to the production. The experiment was conducted in Federal University of Campina Grande under greenhouse conditions, a random design was used with forty five treatments using five salinity levels (SL) of the irrigation water, in terms of electrical conductivity expressed as ( $EC_w$ : SL<sub>1</sub>- 0.7; SL<sub>2</sub>- 2.7; SL<sub>3</sub> - 4.7; SL<sub>4</sub> - 6.7; SL<sub>5</sub> - 8.7 dS m<sup>-1</sup> at 25°C) with three castor cultivars Paraguaçu 1, Paraguaçu 2 e CSRN- 367, with three repetitions. The irrigation waters were prepared adding NaCl to get the desired ( $EC_w$ ). According to results obtained it can be concluded that the germination rates of Paraguaçu 2 was less then the others at  $EC_w$  8.7 dS m<sup>-1</sup> besides, increasing by five days the number of days to germinate, presenting a decrease of 4.25% for unit increment of  $EC_w$ . The CSRN-367 presented an increment of 8.91% at 2.7 dS m<sup>-1</sup> compared to 0.7 dS m<sup>-1</sup> for the emergency velocity index. In the growth and development phase, it was observed that the salinity affected the vegetative development of the plants, 80 days after sowing. Between 0.7 and 8.7 dS m<sup>-1</sup> the plant height of the Paraguaçu 1 reduced 92.56%, between 0.7 and 6.7 dS m<sup>-1</sup> the number of leaves of Paraguaçu 2 reduced 60.76%, in relation for leaf area the reduction was 78.73% in case of CSRN - 367; similar results were also observed in the production with an increase of the  $EC_w$ , 45 days after sowing occurred the flowering in CSRN-367 under 0.7 dS m<sup>-1</sup>, as it presented the longest bunch height, higher precocity in the crop of the fruits and greater number of fruits up to 4.7 dS m<sup>-1</sup>  $EC_w$ . The fruits and seeds weight of all cultivars were similar, but 10 seeds of Paraguaçu 1 and 2 were heavier than CSRN-367 at 0.7 and 2.7 dS m<sup>-1</sup>  $EC_w$ . Between trataments as compared to 0.7 dS m<sup>-1</sup> 76 - 90 days after sowing the daily water consumption decreased 85% in 6.7 dS m<sup>-1</sup>  $EC_w$ . The cultivars survived until 80 days at 8.7 dS m<sup>-1</sup>  $EC_w$ . According to the results, it can be concluded that the water till 2.7 dS m<sup>-1</sup>  $EC_w$  can be used to irrigate castor reaching its best results at the lowest  $EC_w$ .

**WORDS KEY:** *Ricinus communis L.* salinity, greenhouse, tolerance, electrical conductivity.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Principais atributos usados na avaliação da qualidade da água de irrigação. ....	9
Tabela 02. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.....	9
Tabela 03. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água. ...	10
Tabela 04. Classificação da tolerância relativa a salinidade.....	16
Tabela 05. Características químicas e físico-hídricas do material de solo utilizado no ensaio. Campina Grande, 2004. ....	20
Tabela 06: Resumo da análise de variância referente às variáveis percentagem de germinação (PG), número de dias para germinar (NDG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.....	29
Tabela 07: Resumo da análise de variância dos desdobramentos (NS x C) e médias para as variáveis percentagem de germinação (PG), número de dias para germinar (NDG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.....	32
Tabela 08: Resumo da análise de variância e médias referente a variável altura das plantas (AP) da mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade, aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.....	34
Tabela 09: Resumo da análise de variância do desdobramento da interação (NS x C) e médias para a variável altura das plantas (AP) de mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 80 DAS. Campina Grande - PB, 2004. ....	35
Tabela 10: Resumo da análise de variância e médias referente à variável número de folhas (NF) da mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. ....	37
Tabela 11: Resumo da análise de variância do desdobramento da interação (NS x C) e médias para o número de folhas (NF) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 60, 80, e 100 dias após o semeio DAS. Campina Grande - PB, 2004.....	38

Tabela 12: Resumo da análise de variância e médias referente a variável diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.....	40
Tabela 13: Resumo da análise de variância e médias referente a variável área foliar (AF) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.....	42
Tabela 14: Resumo da análise de variância do desdobramento da interação (NS x C) e médias para a variável área foliar (AF) das plantas de mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 40, 60, 80 e 100 DAS. Campina Grande - PB, 2004.....	44
Tabela 15: Resumos das análises de variância e médias referentes a fitomassa da parte aérea (FPA), fitomassa da raiz (FR) e fitomassa total (FT) das plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 150 dias após semeadura. Campina Grande - PB, 2004.....	47
Tabela 16: Resumo da análise de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias para a fitomassa total (FT) e fitomassa da raiz (FR) das plantas de mamona, irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 150 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.....	48
Tabela 17: Resumo da análise de variância e médias referentes as variáveis número de dias para 1ª inflorescência (NDI) e altura do 1º racemo (AR) das plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.....	49
Tabela 18: Resumo de análise de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias para o número de dias para 1ª inflorescência (NDI) e altura do 1º racemo (AR) em plantas de mamona irrigadas com água apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.....	51
Tabela 19: Resumo da análise de variância referentes as variáveis: dias para colheita (DPC), número de frutos por cacho (NFC), peso dos frutos (PF), peso das sementes (PS) e peso de 10 sementes (P10S) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.....	52

Tabela 20: Resumo das análises de variância para os desdobramentos da interação (NS x C) e médias para o número de dias para colheita (DPC), número de frutos por cacho (NFC) e peso de 10 sementes (P10S) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004. ....	53
Tabela 21: Valores médios dos fatores níveis salinos e cultivares para as variáveis peso (g) dos frutos (PF) e peso (g) das sementes (PS) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004. ....	56
Tabela 22: Resumo da análise de variância e médias referente à variável consumo de água em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, nos períodos de 0-15, 15-30, 31-45, 46-60, 61-75, 76-90 e 91-105 dias após semeadura (DAS), Campina Grande, 2004. ....	57
Tabela 23: Resumo das análises de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias para consumo de água em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, nos períodos de 46-60, 76-90 e 91-105 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, 2004. ....	59
Tabela 24: Resumo da análise de variância referente aos dias de sobrevivência (DS) da mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004. ....	62
Tabela 25: Resumo da análise de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias dos dias de sobrevivência em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, aos 150 DAS. Campina Grande - PB, 2004. ....	63

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01. Detalhe do experimento, com ênfase para a unidade experimental, recipiente coletor de drenagem (parte inferior) e a placa de identificação do tratamento (parte superior). Campina Grande-PB, 2004 ..... 19
- Figura 02 - Percentagem de germinação (PG) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, 15 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 30
- Figura 03: (A) Número de dias para germinar (NDG) e (B) índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, 15 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 31
- Figura 04: Altura das plantas (AP) de mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20, 40, 60 e 100 (A) e 80 (B) dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 34
- Figura 05: Número de folhas (NF) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20 e 40 (A), 60 (B), 80 (C) e 100 (D) dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 39
- Figura 06: Diâmetro do caule (DC) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 40, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 40
- Figura 07: Área Foliar (AF) das plantas de mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 20 (A), 40 (B), 60 (C), 80 (D) e 100 (E) dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 43
- Figura 08: (A) Fitomassa da parte aérea (FPA), (B) fitomassa da raiz (FR) e (C) fitomassa total (FT) das plantas de mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004. .... 47
- Figura 09: (A) Número de dias para 1ª inflorescência (NDI) e (B) Altura do 1º racemo (AR) em plantas de mamona, aos 100 dias após semeadura (DAS) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande - PB, 2004. .... 49

- Figura 10: (A) Dias para colheita (DPC), (B) número de frutos no cacho (NFC), (C) peso de 10 sementes (P10S), (D) peso dos frutos (PF) e (E) peso das sementes (PS) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, aos 150 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004... 55
- Figura 11: Consumo diário de água em plantas de mamona nos intervalos de 0-15 (A), 16-30 (A), 31-45 (A), 46-60 (B), 61-75 (C), 76-90 (D) e 91-105 (E) dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande – PB, 2004. .... 61
- Figura 12: Dias de sobrevivência (DS) das plantas de mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande-PB, 2004..... 64

**LISTA DE APÊNDICE**

- APÊNDICE 01. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e relação de adsorção de sódio (RAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação na profundidade 0-30 cm, Campina Grande, 2004. .... 72
- APÊNDICE 02. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e relação de adsorção de sódio (RAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação na profundidade 30-60 cm, Campina Grande, 2004. .... 72
- APÊNDICE 03. Características químicas obtidas nas amostras de solo, coletadas no final do experimento na profundidade de 0-30 e 30-60 cm do vaso. Campina Grande-PB, 2004. .... 73
- APÊNDICE 04. Fotos ilustrativas do estudo. .... 74

## 1 INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis L.*) é uma planta de origem até agora incerta. Alguns a têm como asiática outros como africana ou como planta nativa da América. O fato é que a mamona é mencionada desde a antiguidade. Alguns autores clássicos garantem que ela já era conhecida dos antigos egípcios, há mais de 4.000 anos e que estes já a tinham como planta milagrosa sendo igualmente usada na Índia para os mais diversos fins (Savy Filho, 1996).

No Brasil, são poucas as informações sobre a sua introdução, mas ela é conhecida desde os tempos coloniais quando, de seus frutos, era extraído o óleo para lubrificar os mancais de inúmeros engenhos de cana-de-açúcar. A maioria dos autores, entretanto, acredita que ela foi trazida pelos colonizadores portugueses, no primeiro século do descobrimento, sendo sua adaptação às condições edafoclimáticas imediata, podendo ser encontrada, praticamente, em todo território nacional em estado subspontâneo (Fornanzieri Júnior, 1986).

O Brasil se constituía, há algumas décadas, no maior produtor mundial de mamona e o maior exportador do seu principal subproduto, o óleo. Na safra de 1974 foram produzidas, aproximadamente, 573 mil toneladas de mamona; já em 1996, a produção nacional foi de apenas 122 mil toneladas, o que representa uma redução líquida de 79%. Apesar de sua importância, o Brasil sofreu reduções drásticas da área cultivada nas últimas décadas. No período de 1984 à 1996 a área cultivada com esta Euforbiácea no país foi reduzida de 485 mil para 193 mil hectares (Levantamento Sistemático de Produção Agrícola, 1996).

A mamona desponta como cultura de grande potencial econômico para o Brasil, particularmente na região Nordeste que segundo levantamento realizado pela Embrapa, dispõe de mais de 4,5 milhões de hectares de terras com aptidão para a sua exploração econômica. É exatamente nesta região, especialmente no Estado da Bahia, onde o cultivo dessa oleaginosa

tem concentrado mais de 90% da área cultivada no país e onde os sistemas de produção existentes e utilizados pelos produtores ainda são, de certa forma, bastante precários e pouco têm evoluído.

No estado da Paraíba, Araújo et al. (2000) verificaram que 49 municípios têm condições de clima e solo para o cultivo da mamoneira, com épocas de plantio variando de janeiro a maio. Devido ao seu alto grau de adaptabilidade e rusticidade elevada, torna tal oleaginosa uma garantia de rentabilidade da área, com ingressos financeiros (Savy Filho et al. 1999).

O óleo de mamona ou de ricino, extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido graxo ricinoléico, o que confere ao óleo suas características singulares, possibilitando ampla gama de utilização industrial, tornando a cultura da mamoneira de importante potencial econômico, social e estratégico para o país (Moreira et al, 1996; Azevedo et al, 1997a; Azevedo et al, 1997b; Amorim Neto et al, 2001).

Com capacidade de produzir satisfatoriamente bem até sob condições de baixa precipitação pluvial, sobressaindo-se também como alternativa para o semi-árido brasileiro, onde a cultura, mesmo tendo a sua produtividade afetada, tem-se mostrado resistente ao clima adverso quando se verifica perda total em outras culturas, e serve desta forma, como umas das poucas alternativas de trabalho e de renda para o agricultor da região (Vieira & Lima, 2003); porém, pode apresentar limitações quanto a disponibilidade e a qualidade de água para irrigação, haja vista, que são encontradas na parte cristalina, águas com elevadíssimos teores de sal.

A salinidade dos solos e das águas é um problema de preocupação mundial. Admiti-se até que a queda da civilização da mesopotâmia foi consequência do aumento da salinização dos solos irrigados, entre os rios Tigres e Eufrates (Daker, 1988). A superfície da terra afetada pela salinidade, não está bem contabilizada, porém como exemplos existem mais de três milhões de hectares na Índia e cerca de 600 mil hectares na Turquia (Rosa, 1997). No Brasil, são aproximadamente nove milhões de hectares afetados por sais, envolvendo sete Estados, na Bahia, está a maior área afetada no Nordeste (em torno de 44% do total), seguido pelo Ceará, com aproximadamente 25,5% (Pereira, 1983).

Um manejo racional da irrigação envolve tanto aspectos quantitativos para a economia da água como qualitativos associados ao processo de salinização. Na adequabilidade da água para a irrigação influi, além da sua composição iônica, fatores climáticos, solo, planta, método

e manejo de irrigação (Holanda & Amorim, 1997). O uso da água salina na agricultura deve ser considerado como uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, como a água. Neste sentido, deve-se garantir o seu uso através de um manejo cuidadoso. O aspecto econômico também deve ser levado em conta, já que pode haver redução de produtividade (Rhoades et al. 2000).

Devido ao crescimento da irrigação no semi-árido brasileiro, se faz necessário a geração de tecnologia compatível com as condições locais, no sentido de se reduzir a intensidade do processo de salinização dos solos e seus efeitos sobre os rendimentos das culturas, ou pelo menos, manter o problema em níveis economicamente toleráveis pelas plantas cultivadas; há necessidades, também, de incorporação das áreas salinizadas ao cenário produtivo.

Em geral, as plantas têm comportamentos diferentes em condição de salinidade e sodicidade; nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas apresentam rendimentos aceitáveis em níveis altos e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos, existindo, ainda, diferenças em tolerância das culturas em função dos genótipos e em diferentes fases de crescimento. Tal comportamento depende do tipo e da quantidade de sais solúveis, conteúdo de sódio trocável, dependendo essa diferença da capacidade de adaptação osmótica da planta (Ayers & Wescot, 1999). Embora para outras culturas encontrem-se na literatura o valor referente à salinidade limiar, para a mamoneira, os trabalhos ainda são escassos, podendo citar (Cavalcanti, 2003), onde obteve-se a salinidade limiar de  $1,78 \text{ dS m}^{-1}$  para o número de folhas na cultivar BRS-149 Nordestina.

Por tratar-se de uma cultura naturalmente vigorosa, de fácil propagação e podendo apresentar relevante importância social e econômica para o país, especialmente para o Nordeste e considerando os escassos estudos relacionados à aplicação da água com diferentes níveis salinos na irrigação em diferentes fases fenológicas da mamoneira, principalmente para os genótipos BRS-188 Paraguaçu cultivado no semi-árido brasileiro e o CSRN-367 e com o intuito de conseguir melhores resultados de produção, precocidade e tolerância, o presente trabalho objetivou-se a um estudo mais aprofundado sobre essas cultivares de mamona irrigada com água de diferente salinidade.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura e uso da mamona**

A mamoneira pertence à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Geraniales*, família *Euphobiaceae*, gênero *Ricinus* e espécie *R. communis L.* No Brasil, conhece-se a mamona sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira e palma-de-cristo; na Inglaterra e Estados Unidos da América pelos nomes de “castor bean” e “castor seed” respectivamente. Entre seus parentes mais próximos estão a mandioca, a borracha e o pinhão (Weiss, 1983).

As plantas desta espécie têm grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento, cor das folhas e do caule, porte, cor e teor de óleo nas sementes, dentre outras. Podem-se, portanto, encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com folhas e caule verde, vermelho ou rosa, com presença ou não de cera no caule, com frutos inermes ou com espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diferentes tamanhos e colorações e diferentes teores de óleo (Savy Filho, 1996).

É um fitossistema de elevado nível de organização morfológico, com forte e penetrante sistema radicular, atingindo profundidades até três metros (Popova & Moshkin, 1986). Em regiões semi-áridas, a taxa de crescimento da raiz é maior que a parte aérea, o que demonstra que a planta fortalece primeiro o seu sistema de fixação e de absorção para que possa suportar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Isso acontece em menor grau nas áreas onde a precipitação atinge níveis razoáveis (Savy Filho, 1996).

A mamoneira é basicamente uma planta de fotoperíodo de dia longo, porém, se adapta bem em outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos com menos de 12 horas,

mas, não menos que 9 horas, embora a partir deste limite o crescimento seja reduzido (EMBRAPA, 1997).

A distribuição geográfica da mamoneira é extensa, sendo encontrada em estado espontâneo ou cultivada, em quase todas as zonas tropicais e subtropicais. No Brasil é cultivada desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul, embora seja cultivada desde o paralelo 40° norte ao paralelo 40° sul, com intervalos de altitude de 300-1500m acima do nível do mar. Com características de cultura resistente à seca, a mamoneira expressa rendimento máximo com precipitação de 600-700mm distribuídas principalmente em seu estágio vegetativo. Há, no entanto, informações de boas produções obtidas na África do Sul, com precipitações pluviais de 370-500mm (Weiss, 1983).

Segundo Carvalho et al., (2002) a mamona é cultivada comercialmente em mais de 15 países, o Brasil já foi um dos maiores produtores mundiais de mamona ao lado da Índia, de alguns países pertencentes à antiga URSS e da China e maior exportador de seu óleo, ao longo dos anos, a produção vem sofrendo forte queda, com vista de perdas de mercado no exterior.

A sua extraordinária capacidade de adaptação, a multiplicidade de aplicações industriais do seu óleo (derivados) e o valor de sua torta, como fertilizante e suplemento protéico, situa a mamona, entre as oleaginosas tropicais mais importantes da atualidade. Devido a esta importância, nos últimos anos, a cultura passou a ser encarada com maior rigor e critério (Fornanzieri Júnior, 1986).

O fato de não existirem bons substitutos em muitas das aplicações do óleo da mamona, como também, por sua versatilidade industrial, a demanda por esse óleo vem se expandindo bastante tanto no Brasil como em outros países industrializados. Os co-produtos da mamoneira têm amplo espectro de utilização, sendo usado na fabricação de tecidos de nylon, na siderurgia como óleo de corte para laminagem, na indústria para acabamento de peles finas, pinturas e vernizes, perfumaria, cremes, cosméticos e saboarias. O óleo é considerado de grande valor como lubrificante de motores de grande rotação como no caso da aviação. Na medicina têm sido utilizadas suas qualidades purgativas. A torta proveniente da extração do óleo é empregada na adubação (Azevedo et al., 1997).

Acredita-se que com investimentos em tecnologia agrícola que estão sendo feitos por empresas envolvidas na obtenção e comercialização do óleo de mamona e seus derivados, o Brasil poderá voltar a crescer e competir no mercado nas próximas décadas.

## 2.2 Aspectos gerais da salinidade do solo

A salinização do solo tem origem na sua formação uma vez que o mesmo é produto da intemperização da rocha matriz, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de vários fatores, tais como o clima, a topografia, os organismos vivos e o tempo (Brady & Buckman, 1983).

Freqüentemente, os problemas de salinidade têm sido associados com a água de irrigação e com a presença de lençol freático elevado e não controlado. Entretanto, os ventos, as chuvas e as inundações provocadas pelas águas do mar têm, também, originados problemas de salinidade em várias partes do mundo (Van Alphen & Verhoeven, 1983):

Para Bohn et al. (1985), as três principais fontes naturais de sais do solo são; o intemperismo mineral, a precipitação atmosférica e os sais fósseis (aqueles remanescentes de ambiente marinhos e lacustres), sendo que os sais também podem ser adicionados ao solo através das atividades humanas, incluindo o uso da água de irrigação.

Os solos salinos se desenvolvem em conseqüência do acúmulo gradativo de sais. Os sais mais freqüentes são formados por cátions de cálcio, magnésio, sódio e ânions de cloreto e sulfato; também, com menos freqüência, nesses solos, encontram-se outros íons como potássio, carbonatos, bicarbonatos e nitratos.

Para Pizarro (1985), o principal efeito da salinidade sobre os solos consiste em sua ação sobre a estrutura. Essa propriedade é função da floculação dos colóides e da cimentação dos mesmos na forma de agregados, fazendo com que os efeitos da salinidade sejam mais pronunciados quanto mais argilosos for o solo.

Outro efeito da salinidade nas propriedades físicas do solo relaciona-se com a diminuição da disponibilidade da água. De acordo com Russo & Bresler (1980), em solos cuja estrutura tenha sido modificada pela sodicidade e/ou presença de íons em solução, a tendência é armazenar mais água quando exposto a elevados níveis de potencial matricial. Lima et al. (1990), estudando os efeitos da sodicidade e da concentração de sais sobre um solo argiloso, observaram aumento na água retida quando o solo era exposto a uma maior concentração de sódio na fase trocável e/ou menor concentração de sais na solução.

No solo a salinidade progride quando a quantidade de sais que nele é incorporada pela água de irrigação torna-se maior que a quantidade removida pela água de drenagem. A

rapidez com que os sais se acumulam na zona radicular é determinada pela lâmina de água aplicada na irrigação, método de irrigação, tipo de drenagem, tipo de solo, condições edafoclimáticas do local e, principalmente, pelo teor de sais na água, bem como tipos de sais nela presentes (Richards, 1954).

Segundo Santos & Hernandez (1997), a salinidade do solo é afetada pelas características de retenção de água, frequência de irrigação, fração de lixiviação, e qualidade da água de irrigação. O controle da salinidade constitui um aspecto importante de uso seguro da irrigação com água de moderada salinidade. Isto requer uma compreensão de como os sais afetam as plantas e degradam os solos, de como os processos hidrológicos afetam o acúmulo de sais e de como as atividades de irrigação e cultivo afetam o solo.

Intensa evaporação e drenagem inadequada têm provocado problemas de salinidade nos solos, reduzindo a germinação, a densidade, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, interferindo, com isto, na sua produtividade e nos casos mais sérios, levando a planta à morte (Silva & Pruski, 1997). Várias tecnologias têm sido utilizadas para produzir economicamente em condições de salinidade, destacando-se dentre elas o uso de culturas e cultivares consideradas tolerantes à salinidade (Ferreira Neto, 2001).

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

A água é essencial aos seres vivos e fator de fundamental importância à produção de alimentos. A prática de irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir uma produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é caso do semi-árido brasileiro, onde há deficiência hídrica às plantas, devido a taxa de evapotranspiração ser maior que a de precipitação, durante maior parte do ano. Nessas áreas sem um manejo adequado de irrigação a salinização do solo é inevitável (Holanda & Amorim, 1997).

A agricultura irrigada depende tanto da qualidade como da quantidade da água; no entanto, o aspecto de qualidade tem sido desprezado devido ao fato que, no passado, em geral as fontes de água eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto nos projetos novos como nos antigos que requerem águas

adicionais, há que se recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas consequentes, deve-se existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível de águas, de acordo com sua qualidade (Ayers & Westcot, 1999).

A qualidade da água de irrigação é determinada pela composição e concentração de substâncias ou solutos dissolvidos, destacando-se como principais: os cátions cálcio, magnésio e sódio e os ânions, bicarbonato, sulfato e cloreto, enquanto boro, flúor e nitrato estão usualmente, presentes em pequenas concentrações. Pequenas quantidades de carbonatos e de outros constituintes menos importantes, são encontradas em muitas águas. As concentrações de diversos íons mostram grandes variações, como a baixa solubilidade de carbonatos de cálcio e magnésio, de sulfatos de cálcio, sódio e cloretos, freqüentemente predominam nas águas mais salinas (Wilcox & Durum, 1967).

Toda água, superficial ou subterrânea, contém sais dissolvidos. Os sais são adicionados às águas por meio de produtos solúveis do intemperismo das rochas e da erosão proveniente da precipitação pluvial e das águas em escoamento. Os tipos e concentrações dos sais dependem do meio ambiente, do movimento e da fonte da água. Os sais são encontrados, geralmente, em maiores proporções, em águas subterrâneas que em águas superficiais, devido a maior exposição dos estratos geológicos aos materiais solúveis. Os sais solúveis encontrados nas águas subterrâneas originam-se primordialmente da dissolução dos minerais presentes nas rochas. Nas áreas que reabastecem grandes volumes de águas subterrâneas, tais como as correntes aluviais ou de áreas de recarga artificial, a qualidade da água superficial de infiltração tem efeito marcante nas águas subterrâneas. Mesmo as águas de chuvas que infiltram no solo contêm concentrações mínimas de sais retiradas da atmosfera (Andrade & Lopes, 2000).

Os estudos de Leprun (1983) e Laraque (1989) verificam que no Nordeste brasileiro, as águas normalmente utilizadas nas irrigações, contêm na maioria das vezes, concentrações totais de sais na faixa de 1 a 30 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup> (condutividade elétrica na faixa de 0,1 a 3,0 dS m<sup>-1</sup>).

Em estudos realizados por Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995), durante o período de 1988 a 1992, sobre a qualidade de água usada na irrigação, em 95 pequenas propriedades localizadas nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, foi verificada uma semelhança de aproximadamente 78% na composição química das águas analisadas, com predominância para o cloreto e o sódio, com condutividade elétrica (CE)

variando entre 0,25 a 1,50 dS m<sup>-1</sup>, sendo praticamente iguais as concentrações de cálcio e magnésio.

Os parâmetros básicos de avaliação da qualidade de água para irrigação estão na tabela 1: acidez (pH), condutividade elétrica (CEa), cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, boro, total de sólidos dissolvidos (TSD) e relação de adsorção de sódio (RAS), acompanhados dos respectivos símbolos e unidade internacionais adotadas.

Tabela 01. Principais atributos usados na avaliação da qualidade da água de irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade
Acidez	pH	
Condutividade elétrica	CEa	dS m <sup>-1</sup> (25 °C)
Cálcio	Ca	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Magnésio	Mg	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Sódio	Na	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Potássio	K	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Cloreto	Cl	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Sulfato	SO <sub>4</sub>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Carbonato	CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
Nitrogênio	(NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> )	mg L <sup>-1</sup>
Boro	B	mg L <sup>-1</sup>
Relação de adsorção de sódio	RAS	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>

Dentre as diversas proposições para classificação da água de irrigação, destacam-se as de Richards (1954) e Ayers & Westcot (1999). Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade do desenvolvimento de um sistema de classificação de água, próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação; enquanto isso não ocorre, os referidos autores sugerem que seja utilizada a proposição da University of Califórnia Committee of Consultants (UCCC), citada por Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954). As referidas propostas para classificação encontram-se nas Tabelas 02 e 03.

Tabela 02. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC *	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1999)	
	Faixas de CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )			Faixas de CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	Problema de salinidade
C <sub>1</sub>	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C <sub>2</sub>	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C <sub>3</sub>	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C <sub>4</sub>	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

\* University of Califórnia Committee of Consultants

Fonte: (Holanda & Amorim, 1997; Ayers & Westcot 1999).

Tabela 03. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	Grau de restrição		
	Nenhum	Ligeira e moderada	Problemas severos
	----- CE <sub>e</sub> (dS m <sup>-1</sup> ) -----		
0 - 3	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
3 - 6	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
6 - 12	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
12 - 20	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
20 - 40	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

## 2.4 Efeitos da salinidade nas plantas

### 2.4.1 Considerações gerais

Em geral, após cada irrigação, os sais solúveis, que são adicionados ao solo juntamente com a água aplicada, vão se concentrando na solução do solo, à medida que as plantas extraem grande parte da água armazenada na zona radicular para os seus processos vitais, através da transpiração, deixam para trás quase todos os sais, (Rhoades, 1972; Kramer, 1973; Rhoades & Loveday, 1990; Ayers & Westcot, 1991; citados por Amorim 1994).

Os efeitos da salinidade sobre a planta refletem-se em alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio da absorção de nutrientes essenciais (Greenway & Munns, 1980).

O efeito principal da salinidade é de natureza osmótica, podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade refere-se ao efeito relativo do sódio da água de irrigação, tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST) com danos em todas as propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração. Em alguns casos, o efeito iônico pode se manifestar na forma de desequilíbrio nutricional (Holanda & Amorim, 1997).

Segundo Ayers & Westcot (1999), os efeitos tóxicos acontecem quando a planta absorve com a água certos sais ou íons que, em excesso, podem ser acumulados em níveis prejudiciais nas folhas durante a transpiração e, frequentemente, acompanham ou complicam os problemas de salinidade e ou de permeabilidade, podendo aparecer mesmo quando a salinidade é baixa. Para Maas (1984), a absorção foliar na água de irrigação acelera a

velocidade de acumulação dos íons tóxicos da planta, sendo muitas vezes, a principal fonte de toxicidade.

Os efeitos dos sais sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água salina, pela interferência dos sais nos processos fisiológicos, ou mesmo por toxidez similar àquela decorrente de adubações excessivas (Lima, 1997).

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como halófitas e sua tolerância podem atingir até cerca de  $15\text{g L}^{-1}$  de cloreto de sódio, equivalente à metade da concentração da água do mar. Essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto e o sódio em altas taxas, os quais se acumulam nas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo (Lauchli & Epstein, 1984).

#### 2.4.2 Efeito osmótico

A água e os nutrientes nela dissolvidos são absorvidos do solo pelas plantas, principalmente através dos pêlos absorventes da raiz, de certo modo, pelo processo físico de osmose. Assim, a água pode mover-se do solo para dentro da raiz, enquanto o potencial osmótico nas células dos pêlos absorventes for menor do que àquele do solo (Follet et al., 1981 citado por Amorim, 1994).

As plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são maiores que a força de retenção da água, exercido pelo solo. À medida que a água é extraída do solo, as forças que retém a água restante tornam-se maiores e quando a água do solo é retida com força superior as forças de extração, inicia-se o estado de escassez na planta (Ayers & Westcot 1999).

Segundo Menguel & Kirkby (1987), quanto mais aumenta a concentração salina da solução do solo, mais diminui o seu potencial osmótico. E, assim, chega a um determinado ponto em que as células das raízes das plantas não tendo a força de sucção suficiente para vencer o elevado potencial osmótico da solução ambiente, não podem mais absorver água do solo e, então, morrem; a menos que sejam capazes de se ajustar osmoticamente através da acumulação de solutos (sais) inorgânicos ou fotossintetizados.

Para Rhoades et al. (2000), o excesso de sais na zona radicular das plantas exerce, em geral, efeitos nocivos ao crescimento. A hipótese que melhor explica esse fato é que a

salinidade excessiva reduz o crescimento por causa do aumento da energia que é gasta pelas plantas na absorção de água do solo e no ajustamento osmótico celular para sobreviverem e produzirem em condições de estresse.

Quando a extração de água pelas raízes é reduzida, as plantas diminuem o seu crescimento, chegando até a apresentar sintomas semelhantes aos provocados por estiagem, como por exemplo, murchamento, coloração verde-azulada escura e folhas com maior espessura (Ayers & Westcot, 1999).

### **2.4.3 Efeito direto ou de toxicidade de sais**

Segundo Smedema & Ricroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração de íons na solução do solo a causa da toxicidade, ao que supõe, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou um ânion específico ou composição salina desfavorável.

A toxicidade é, normalmente, provocada pelos íons cloreto, sódio e boro, entretanto muitos outros oligoelementos são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações. Estes efeitos acontecem quando as plantas absorvem expressivas quantidades de sais do solo juntamente com a água permitindo que haja toxidez. 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 maior acúmulo de sais, translocados do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de sais.

É recomendável, portanto, manter baixos os níveis de salinidade no solo durante o plantio. Também é importante lembrar que os dados gerados pelas pesquisas e publicados na literatura foram obtidos, em sua maioria, de parcelas de irrigação por inundação ou gotejamento. Por essa razão, é preciso considerar que outros métodos como aspersão, por exemplo, pode conduzir danos maiores uma vez que as folhas também absorvem os sais, reduzindo a produtividade ou mesmo apresentando aspectos negativos para o mercado, por exemplo, a uva se torna esbranquiçada por precipitados químicos oriundos da evaporação da água aspergida sobre as plantas (Lima, 1997).

Em geral, os danos nas culturas sensíveis ocorrem em concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas das folhas e/ou clorose na área internervural. Se a acumulação de íons chegarem a ser suficientemente elevada, haverá, como consequência, uma redução significativa nos rendimentos. As culturas anuais são mais tolerantes e, por conseguinte não são afetadas por concentrações baixas desses elementos, por outro lado, todas as culturas sofrerão danos e chegarão a morrer, se as concentrações forem suficientemente altas (Ayers & Westcot, 1999).

#### **2.4.4 Efeito indireto ou de natureza nutricional**

Em determinadas condições de salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto concentrações de íons diversos podem provocar interferências indiretas capazes de se constituir num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (Cruciani, 1987).

De acordo com Gheyi et al. (1991), o excesso de um determinado íon poderá provocar deficiência de outro devido a sua precipitação ou inibição na absorção (por exemplo, o excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato podem precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso do íon. Outro exemplo desse tipo de problema poderá ser o efeito do sódio trocável no solo, provocando condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, sobretudo, para o sistema radicular.

O sódio, apesar de não ser essencial para as plantas, quando em concentrações adequadas, pode favorecer o cultivo de algumas hortaliças, especialmente beterraba, aipo, acelga e nabo (Richards, 1954; Daker, 1988). Outra observação é que, para algumas culturas anuais, a toxicidade do íon sódio manifesta-se muito mais por efeito da deficiência do cálcio resultado de complexas interações entre esses íons (Ayers & Westcot, 1999).

Segundo Bernstein (1964), as plantas requerem certos elementos minerais para seu crescimento normal e os absorve do solo, principalmente, na forma de sais solúveis, porém, concentrações de sais excessivas são prejudiciais. Por isso, o grau em que esses íons se encontram em excesso na solução do solo (sais solúveis) ou na fração trocável (sódio), representa uma medida do problema de salinidade (Reeve & Fireman, 1967).

## 2.5 Tolerância das plantas a salinidade

### 2.5.1 Considerações gerais

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos de salinidade e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos, cuja diferença deve-se, quase sempre, a melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm o que permite a planta absorver, mesmo em condições de salinidade elevada, suficiente quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo ao nível de tolerância da planta que se cultiva (Ayers & Westcot, 1999).

A salinidade afeta o crescimento e, conseqüentemente, a produção das culturas. Os efeitos dos sais sobre as plantas superiores podem ser causados pela diminuição na permeabilidade da água no sistema radicular, antecipando diariamente o fechamento dos estômatos, fenômeno conhecido como “seca fisiológica”, resultando em menor taxa fotossintética. Os sais podem causar toxidez similar àquela da adubação excessiva e alterar o metabolismo do sistema radicular reduzindo a síntese e/ou, translocação de hormônios sintetizados neste órgão da planta, os quais são necessários ao metabolismo foliar. Como resultado, o crescimento das folhas é retardado (Romero & Oliveira, 2000).<sup>1</sup>

Segundo Richards (1954), a tolerância das culturas à salinidade poderá ser avaliada mediante três critérios.

- capacidade para sobreviver em solos salinos;
- rendimento obtido em solos salinos;
- rendimento da cultura relativo em solos salinos comparados aos obtidos em solos não salinos sob condições de manejo semelhantes;

A tolerância à salinidade pode, em algumas culturas, alcançar valores de 8 a 10 vezes a tolerância de outras. A amplitude dessa tolerância relativa permite maior uso das águas de salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas consideradas adequadas para irrigação (Ayers & Westcot, 1999).

A capacidade dos vegetais superiores em se desenvolverem satisfatoriamente em solos salinos depende de vários fatores interligados, com destaque para a constituição fisiológica da planta e, também, o seu estágio de crescimento (Brady & Buckman, 1983). Segundo Silva (1983) espécies de crescimento lento são mais tolerantes aos sais do que as de crescimento rápido.

Portanto, é imprescindível que se conheça a tolerância de diferentes espécies e cultivares a salinidade, para optar pelo cultivo daquelas que propiciarão as maiores produções com menor consumo de água para lixiviação, como medida a viabilizar a utilização de água de salinidade moderada para irrigação, sobretudo, em condições de semi-árido onde grande parte da água disponível à irrigação contém teores relativamente altos de sais solúveis (Viana, 2000).

### **2.5.2 Tolerância das culturas à salinidade**

As plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a não absorver os sais da solução do solo, pois não são capazes de realizar o ajuste osmótico necessário e sofrem com decréscimos de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico por osmose (Lima, 1997).

Ayers & Westcot (1999) apresentaram resultados de pesquisas sobre tolerâncias de algumas culturas à salinidade do extrato de saturação do solo (CEes), onde houve uma redução de 50% sobre a germinação, a qual, pode ser relacionada por cultura e CEes na seguinte ordem; cevada, algodoeiro, beterraba açucareira, sorgo, cártamo, trigo, beterraba, alfafa, tomateiro, arroz, repolho, melão, milho, alface, cebola, e feijão, respectivamente para os valores: 16 a 24; 15,5; 6 a 12,5; 13; 12,3; 14 a 16; 13,8; 8 a 13,4; 7,6; 18; 13; 10,4; 21 a 24; 11,4; 5,6 a 7,5 e 8 dS m<sup>-1</sup>. Neste mesmo trabalho os autores acrescentaram que a salinidade na camada superficial do solo, superior a 4 dS m<sup>-1</sup> inibe e retarda a germinação de sementes e o crescimento inicial das plantas.

A tolerância das culturas aos sais é convenientemente expressa em termos de salinidade média da zona radicular, sem afetar negativamente o seu desenvolvimento, denominado de salinidade limiar (SL), expressa em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; conseqüentemente, nesse nível de salinidade o rendimento das culturas é 100% (Ayers & Westcot, 1999).

Maas & Hoffman (1977) dizem que o crescimento vegetativo das culturas decresce com o aumento da salinidade do meio, acima do valor da salinidade limiar. Esse decréscimo deixa de ser limiar quando o efeito da salinidade causa rendimentos consideravelmente inferiores a 50 % do potencial produtivo da cultura. A relação linear entre a salinidade e o rendimento das culturas é expressa por:

$$Y = 100 - b (CEes - SL) \quad (\text{eq. 01})$$

em que:

Y – rendimento potencial (em percentagem)

CEes – salinidade do extrato de saturação, em  $\text{dS m}^{-1}$

SL – salinidade limiar da cultura, em  $\text{dS m}^{-1}$

b – diminuição do rendimento por aumento unitário de salinidade acima da SL.

Segundo Maas (1984), as culturas quanto a sua tolerância relativa à salinidade podem ser classificadas conforme a Tabela 04.

Tabela 04. Classificação da tolerância relativa a salinidade.

Grupo de tolerância relativa	Salinidade Limiar – SL ( $\text{dS m}^{-1}$ )
Sensíveis	<1,3
Moderadamente sensíveis	1,3-3,0
Moderadamente tolerantes	3,0-6,0
Tolerantes	6,0-10,0
Não adequa a maioria das culturas	>10,0

Fonte: Ayers & Westcot (1999)

Pomier & Brunin (1974), citados por Ferreira et al., (1997), estudando o efeito da irrigação sobre a produção de um coqueiral plantado em areia grossa, cuja salinidade era metade daquela da água do mar, concluíram que tal procedimento não fora prejudicial ao coqueiro cultivado naquele tipo de solo, tendo, ao contrário, contribuído significativamente para o aumento da produção.

No caso do cajueiro anão-precoce, Carneiro (2001) estudando o efeito da condutividade elétrica da água (CEa) variando de 0,7 a 2,8  $\text{dS m}^{-1}$ , relata que a fitomassa da

parte aérea aos 50 dias após a semeadura (DAS) decresceu 5,35% por aumento unitário da CEa. Gurgel (2001), estudando o efeito da salinidade na acerola, também constatou que a FPA foi afetada significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, com decréscimo linear de 13,15% por aumento unitário da CEa.

Em relação à cultura da mamona, são poucos os dados na literatura com relação à resposta desta cultura à salinidade, mas segundo (Cavalcanti, 2003) a porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de emergência (IVE) em função de CEa de irrigação e de diferentes proporções de sais nas águas, não foram afetados. Isto é, durante a fase de germinação essa cultura apresentou resposta semelhante nos diferentes tratamentos.

Os resultados referentes à tolerância de plantas a elevados níveis de salinidade devem ser analisados e interpretados adequadamente antes de serem aplicados na prática. Os critérios de avaliação podem envolver mecanismos morfológicos (folhas mortas, redução em peso de matéria seca da parte aérea ou grãos), e mecanismos fisiológicos (Fageria & Gheyi, 1997).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, durante o período de 13 de dezembro de 2003 a 15 de maio de 2004.

#### **3.2 Delineamento estatístico e tratamento**

Foram utilizados quinze tratamentos resultantes da combinação fatorial de cinco níveis de salinidade da água de irrigação (NS<sub>1</sub>-0,7; NS<sub>2</sub>-2,7; NS<sub>3</sub>-4,7; NS<sub>4</sub>-6,7; e NS<sub>5</sub>-8,7 dS m<sup>-1</sup>), aplicados às três cultivares de mamoneira; BRS-188 Paraguaçu-1, BRS-188 Paraguaçu-2 (1 ciclo de produção dentro da Paraguaçu-P<sub>1</sub>) e CSRN-367 (variedade proveniente da Costa Rica), todas fornecidas pela EMBRAPA-CNPA. Os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, totalizando as quarenta e cinco unidades experimentais.

#### **3.3. Recipientes e Substratos**

A unidade experimental foi constituída de um vaso com 50 cm de diâmetro na parte superior, 70 cm de altura e capacidade total para 70L. Para facilitar a drenagem e, também, evitar perdas de solo, cada vaso recebeu, em sua parte inferior, uma camada constituída por 2 kg de brita e 4 kg de areia. Subseqüentemente, os vasos receberam uma mistura de 60 kg de

material de solo franco arenoso, proveniente do município de Lagoa Seca-PB, e 6 kg de húmus. Os recipientes foram então perfurados em sua parte inferior e conectados a recipientes plásticos de 2,5 L de forma a permitir a drenagem e coleta do volume lixiviado (Figura 01).



Figura 01. Detalhe do experimento, com ênfase para a unidade experimental, recipiente coletor de drenagem (parte inferior) e a placa de identificação do tratamento (parte superior). Campina Grande-PB, 2004

Os resultados da análise (características químicas e físico-hídricas) do substrato constam na Tabela 05. As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da UFCG, seguindo as metodologias propostas por Richards (1954) e pela Embrapa (1997).

Tabela 05. Características químicas e físico-hídricas do material de solo utilizado no ensaio. Campina Grande, 2004.

<b>Características químicas</b>		<b>Valor</b>
<b>Complexo sorvido cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>	Cálcio	0,77
	Magnésio	2,31
	Sódio	0,85
	Potássio	0,57
	Hidrogênio	2,90
	Alumínio	0,40
	Soma de bases (S)	4,50
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	7,80
Saturação de bases (V), %		57,69
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup>		1,96
Fósforo, mg dm <sup>-3</sup>		0,01
pH em água (1:2,5)		5,42
pH do extrato de saturação		5,31
Condutividade elétrica do extrato de saturação, dS m <sup>-1</sup>		0,26
RAS (mmol L <sup>-1</sup> )		0,69
Classificação em relação à salinidade		Não salino, Não Sódico
<b>Características físico-hídricas</b>		
<b>Granulometria g/kg<sup>-1</sup></b>	Areia	728,90
	Silte	85,60
	Argila	185,50
Classificação textural		Franco Arenoso
Densidade aparente, kg dm <sup>-3</sup>		1,58
Densidade real, kg dm <sup>-3</sup>		2,62
Porosidade Total %		39,69
Umidade -% (0,33 atm)		8,00
Umidade -% (15 atm)		2,34
Água disponível (%)		5,66

### 3.4 Preparo das águas de irrigação

As águas foram preparadas pela adição de NaCl, e foi fornecida pelo sistema de abastecimento de Campina Grande-PB (CAGEPA), proveniente do açude público Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão). A quantidade de NaCl utilizado no preparo das águas foi determinada, levando em consideração a condutividade elétrica da água, conforme tratamento, através da equação  $\text{mg L}^{-1} = \text{CEa} \times 640$  onde a CEa representa o valor desejado. As águas correspondentes aos tratamentos utilizadas foram armazenadas em recipiente plástico fechado com capacidade para 200 L.

A escolha do cloreto de sódio foi baseada em resultados obtidos por Leprun (1983) e Medeiros (1992), em fontes de água localizadas nos Estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte.

### 3.5 Instalação e condução do ensaio

Após o enchimento dos vasos, o substrato foi submetido a duas lavagens consecutivas com 4L de água do abastecimento local (CEa de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ ).

No dia 13 de dezembro, após o solo ser previamente irrigado com as águas correspondentes a cada tratamento, o semeio foi realizado. Foram utilizadas dez sementes por vaso, as quais foram semeadas de forma equidistante a uma profundidade de, aproximadamente, quatro cm.

No período da germinação referente aos primeiros quinze dias, as irrigações foram realizadas a cada de três dias, com 500 mL da solução correspondente dos respectivos tratamentos, de forma a manter o nível da umidade do substrato, contido em cada vaso, próximo à capacidade de campo e assim favorecer o processo de germinação. Aos 15 dias após a semeadura (DAS), com germinação de, aproximadamente, 85% das sementes, todas as unidades experimentais receberam uma lâmina de água suficiente para que houvesse uma drenagem mínima.

O volume drenado foi medido com auxílio de uma proveta. As irrigações subseqüentes foram realizadas de acordo com as necessidades hídricas da cultura, sendo o volume de cada

diferença entre (volume de água aplicado e drenado por tratamento) e sempre visando proporcionar cerca de 15% de lixiviação, conforme pode ser observado na Eq. 02.

$$VI = \frac{(VA - VD)}{(1 - FL)} \quad (\text{mL}) \quad (\text{eq. 02})$$

onde:

VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação

VA – Volume de água aplicado nas irrigações anteriores

VD – Volume de água drenado no período anterior

FL - Fração de lixiviação (0,15)

Aos 20 dias após a semeadura (DAS) quando as plântulas atingiram de 12 a 15 cm de altura procedeu-se ao primeiro desbaste deixando-se, apenas, as duas plantas mais vigorosas por vaso. Aos 30 DAS foi efetuado o segundo e último desbaste.

### 3.6 Adubações

A adubação de fundação foi realizada 15 dias antes do plantio mediante adição de 100 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no substrato; o K e o N foram adicionados nas doses de 6,5 mg kg<sup>-1</sup> e 10 mg kg<sup>-1</sup> do solo, como nitrato de potássio e sulfato de amônio, respectivamente, baseados nas recomendações da Embrapa. Subseqüentemente, a cada 15 dias, foi utilizada uma solução contendo 7,084g L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, diluída em 30 L de água destilada e aplicada 500mL por vaso sempre após cada lixiviação. Este procedimento foi adotado com forma de melhor disponibilizar o N para as plantas. Aos 28, 33, e 36 DAS foram feitas adubações no substrato com micronutrientes, na dose de 100 mL vaso<sup>-1</sup>, com uma solução composta por 3,425 g L<sup>-1</sup> de boro, 0,55 g L<sup>-1</sup> de molibdato de amônia e 0,45 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco. Adubação foliar foi conduzida aos 32 e 39 DAS mediante pulverização das folhas com uma solução contendo 1g L<sup>-1</sup> do fertilizante ALBATRÓS (NPK-Mg 7-17-35-3 + 0,02% de B, 0,10% de Ca, 0,02% de Cu, 0,15% de Fe, 0,10% de Mn, 0,005% de Mo e 0,02% de Zn). A partir de 50 até 60 DAS, a cada intervalo de 3 dias, as águas utilizadas na irrigação receberam 1,0 mL.L<sup>-1</sup> de uma solução 100 mM de FeCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O e 5,0mL L<sup>-1</sup> de uma solução de 18,72 mM de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluídos

em água destilada. Entre os 50 e 65 DAS às folhas foram ainda pulverizadas com uma solução composta pela adição de  $2,0 \text{ mL L}^{-1}$  de sulfato de zinco e de cloreto de cobre.

### 3.7 Tratos culturais

Em decorrência do teor de umidade do substrato (capacidade de campo) bem como de sua riqueza em nutrientes, principalmente Nitrogênio, houve o favorecimento de uma proliferação excessiva de plantas daninhas. O controle (retirada das plantas) foi realizado manualmente.

Com o crescimento das plantas e, sobretudo, devido a sua grande receptividade ao ataque de ácaros houve a necessidade da aplicação de alguns acaricidas. Desta forma, endosulfan foi aplicado na dose de  $5 \text{ mL L}^{-1}$ , aos 54 e 61 DAS. Em seguida, a cada sete dias até o final do experimento, foram feitas aplicações foliares de  $1,5 \text{ mL L}^{-1}$  com carbosulfan.

### 3.8 Variáveis analisadas

#### 3.8.1 Fase de germinação

Foram consideradas germinadas as plântulas que emergiram o epicótilo na superfície do solo nos vasos, sendo avaliados o número de sementes germinadas em relação ao número de sementes plantadas percentagem de germinação (PG), bem como o número de dias para germinar (NDG), contagens realizadas até os 15 DAS.

Para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) foram realizadas contagens diárias de emergência (até o 15º dia), utilizando-se da Eq. 03, onde os valores de  $\sum$  correspondem ao número de plantas germinadas, na primeira, segunda, e nas contagens subsequentes até a última, enquanto os valores de N correspondem ao número de dias da sementeira até a primeira, a segunda e última contagens, de acordo com metodologia contida em Vieira & Carvalho (1994).

$$\text{IVE (plântulas dia}^{-1}\text{)} = \frac{\sum_1}{N_1} + \frac{\sum_2}{N_2} + \dots + \frac{\sum_n}{N_n} \quad (\text{eq. 03})$$

### 3.8.2 Índices de crescimento

As avaliações do crescimento primário foram realizadas aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS, para as variáveis altura da planta, número de folhas e área foliar; as avaliações referentes ao diâmetro do caule foram realizadas a partir dos 40 DAS.

#### 3.8.2.1 Altura de planta (AP) e número de folhas (NF)

Para a variável altura da planta as medições foram feitas a partir do colo até a base da gema apical. Na avaliação do número de folhas foram consideradas aquelas completamente expandidas; isto é, com comprimento igual ou superior a 2,5 cm.

#### 3.8.2.2 Diâmetro do caule (DC)

Na variável diâmetro do caule as medições foram realizadas, com auxílio de um paquímetro, a 3,0 cm acima do colo da planta.

#### 3.8.2.3 Área foliar (AF)

A área foliar foi determinada a partir da metodologia proposta por Wendt (1967). O comprimento da internervura principal de cada folha foi medida sendo a estimativa média dessas medições aplicada na (Eq. 04) e o resultado multiplicado pelo número de folhas.

$$\log y = - 0,346 + 2,152 \log x \quad (\text{eq. 04})$$

Onde;

y – área foliar em  $\text{cm}^2$

x - comprimento médio da folha em cm

### **3.8.3 Fitomassa**

A fitomassa da parte aérea (FPA), das raízes (FR) e total (FT) foram quantificadas no final do experimento, aos 150 DAS. Para a avaliação da fitomassa da parte aérea (FPA), as plantas foram cortadas rente à superfície do solo. No caso das raízes, estas foram cuidadosamente separadas do solo por meio de peneiramento. Depois de coletadas, as fitomassas da parte aérea e das raízes foram submetidas à secagem, em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C, até peso constante. O material vegetal foi pesado em balança eletrônica com precisão para 0,01g. A fitomassa total de cada planta foi obtida mediante a soma das fitomassas da parte aérea e das raízes.

### **3.8.4 Variáveis de produção**

As metodologias utilizadas para avaliar as variáveis de produção levaram em consideração às particularidades inerentes à obtenção de cada uma. As particularidades associadas às variáveis são demonstradas a seguir.

#### **3.8.4.1 Número de dias da primeira inflorescência (NDI)**

O início da contagem dos dias para a emissão da primeira inflorescência foi considerado o intervalo entre a emergência e a abertura do botão floral.

#### **3.8.4.2 Altura do primeiro racemo (AR)**

Considerou-se como a altura final do primeiro racemo a distância entre a base do racemo até a sua extremidade superior. As medições foram realizadas por meio de uma régua

milimetrada em (cm). Levou-se em consideração a não ocorrência, nesta parte da planta, de flores masculinas e, portanto, a não possibilidade de haver polinização. Nesta fase (100 DAS) os frutos se encontravam bem definidos.

#### **3.8.4.3 Dias para colheita (DPC)**

Para a variável dias para colheita considerou-se o intervalo de dias compreendido entre a sementeira até a coleta do último fruto. Os frutos foram somente colhidos quando apresentavam sintomas visuais característicos de seca, portanto, sem apresentarem nenhuma resistência à colheita. Esta variável foi avaliada até 150 DAS.

#### **3.8.4.4 Número de frutos no cacho (NFC)**

Os frutos no cacho foram contados individualmente apenas no primeiro racemo e ocorreu somente após o término da colheita aos 150 DAS.

#### **3.8.4.5 Peso dos frutos (PF)**

As medições do peso de todos os frutos foram conduzidas aos 150 DAS, com o auxílio de uma balança com precisão de 0,01 g.

#### **3.8.4.6 Peso total das sementes (PS)**

As sementes foram pesadas de maneira similar ao descrito no item 3.8.4.5., apenas desconsiderando o peso da casca do fruto.

#### **3.8.4.7 Peso de 10 sementes (P10S)**

Utilizou-se essa quantidade de sementes para medição, pelo fato dos níveis mais elevados da salinidade da água de irrigação ter reduzido o número de frutos. A metodologia na quantificação do P10S foi a mesma utilizada para as variáveis PF e PS.

#### 3.8.4.8. Consumo diário da planta (CD)

Durante o experimento, a cada 15 dias, foi realizada uma avaliação do volume aplicado e drenado como forma de se obter o consumo diário (CD) de água por planta, que foi definido pela seguinte (Eq 05).

$$CD = \frac{(\sum VA - \sum VD)}{15} \quad (\text{eq. 05})$$

Onde;

$\sum VA$  – Somatório do volume aplicado no intervalo de 15 dias (mL)

$\sum VD$  – Somatório do volume drenado no intervalo 15 dias (mL)

15 – período de avaliação do consumo em dias.

#### 3.8.4.9 Dias de sobrevivência (DS)

Observou-se o número de dias de sobrevivência a partir do semeio durante o período do experimento (150 DAS) em todos os tratamentos.

### 3.9. Análise estatística

Os efeitos dos fatores “nível de salinidade” e “cultivares” sobre a germinação, crescimento, desenvolvimento e produção de diferentes cultivares de mamona, foram interpretados por meio de análise de variância, teste “F” e regressão. Para o fator “níveis salinos” realizou-se análise de regressão polinomial (linear e quadrática), por ser um fator quantitativo, visando-se explicar através de modelos matemáticos, o efeito da salinidade em cada variável estudada. Para o fator “cultivar”, por ser qualitativo, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 0,05 de probabilidade (Ferreira, 2000).

Os dados números de folhas (NF) aos 40, 60, 80 e 100 DAS e fitomassa da raiz (FR) aos 150 DAS foram transformados em  $\sqrt{X}$ , sendo esta transformação a que melhor se adequou à análise de variância, como também apresentou uma maior normalidade dos dados, homogeneidade das variâncias e um CV menor que os dados originais (Ferreira, 2000).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Germinação**

Conforme análise de variância Tabela 06, a porcentagem de germinação (PG) foi influenciada pelos fatores nível salino (NS) e cultivares ( $p < 0,01$ ); para a mesma variável (PG), a interação (NS x C) também foi significativa a ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a análise de regressão (Tabela 07) a equação que melhor se ajustou a PG, em todas as cultivares, foi a linear; porém a mesma apresentou a inconveniência de ter PG maior que 100% na CEa de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ , por esse motivo, ajustou-se ao modelo platô. Os resultados em termos de percentual de decréscimo por aumento unitário da salinidade foram 3,80, 7,55 e 2,76% e os valores da salinidade limiar obtidos foram de 2,03, 1,45 e  $1,64 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G (Figura 02).

Observou-se ainda que a cultivar G, apresentou melhor percentual de germinação nos níveis salinos NS<sub>1</sub>, NS<sub>2</sub>, NS<sub>4</sub> e NS<sub>5</sub>, no nível salino mais elevado este percentual foi 17,39 e 47,83% superior àqueles encontrados para as cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, respectivamente. Por outro lado, a cultivar P<sub>2</sub> apresentou menores valores de PG em NS<sub>4</sub> e NS<sub>5</sub> quando comparada à P<sub>1</sub> e G. Estes resultados sugerem que a cultivar P<sub>2</sub> foi, comparativamente, mais sensível ao aumento da salinidade que as demais utilizadas neste estudo na germinação (Tabela 07).

Quanto a variável número de dias para germinar (NDG), houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) dos fatores NS e C isoladamente, bem como da sua interação (Tabela 06). De acordo com o desdobramento da interação NS x C (Tabela 07) o modelo matemático que melhor se adequou ao NDG foi quadrático para a P<sub>1</sub> e G e para a P<sub>2</sub> o linear. Os aumentos no NDG com o aumento da salinidade da água de irrigação estão apresentados na Figura 3A;

neste caso, o NDG foi 40,71% maior para a cultivar P<sub>1</sub> e 62,91% para a G em NS<sub>5</sub>, relativamente ao NS<sub>1</sub>, quando se considera a P<sub>2</sub> houve um acréscimo de 4,82% por aumento unitário da CEa. Esses valores representam um aumento, de aproximadamente 5 dias no NDG na salinidade mais alta em relação a mais baixa para todas as cultivares.

Quanto ao fator cultivar verificou-se que a G foi mais precoce em todos os níveis salinos, enquanto P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> comportaram-se da mesma forma. No NS<sub>1</sub> as sementes da cultivar G apresentaram NDG 10,34 e 21,18% menor que as cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, respectivamente Tabela 07. No NS<sub>5</sub> estes valores foram reduzidos para 2,2% o que denota um efeito comum das diferentes cultivares nesse nível salino.

A influência significativa da salinidade da água de irrigação tanto na PG como no NDG está relacionado com a redução do potencial osmótico da solução do solo causado pelo aumento da concentração de sais solúveis; isto resulta em uma diminuição da absorção de água pela semente e, em consequência, contribui para um decréscimo na percentagem de germinação e um atraso nos dias para germinar (Rhoades & Loveday, 1990).

Tabela 06: Resumo da análise de variância referente às variáveis percentagem de germinação (PG), número de dias para germinar (NDG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios		
		PG	NDG	IVE
Nível Salino (NS)	4	2492,22**	31,74**	0,51**
Cultivar (C)	2	1726,67**	29,87**	0,24**
Interação NS x C	8	398,89*	3,89**	0,04*
Tratamento	14	1186,67	15,56	0,20
Resíduo	30	155,56	1,11	0,01
CV (%)		15,09	8,41	15,04

Foram constatadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares de mamona em relação ao índice de velocidade de emergência (IVE) com o aumento da salinidade da água de irrigação (Tabela 06). De acordo com o desdobramento da interação, os dados do IVE ajustaram-se melhor ao modelo linear nas cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> ( $p < 0,01$ ) e quadrático ( $p < 0,05$ ) na cultivar G. Conforme o modelo matemático obtido em P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> os decréscimos relativos à NS<sub>1</sub> foram de 6,83 e 9,52% por aumento unitário da CEa, respectivamente (Figura 3B).

Com relação a cultivar G, o IVE apresentou um incremento de 9,10% no NS<sub>2</sub> e decréscimos de 34,24% no NS<sub>5</sub>, relativamente ao NS<sub>1</sub>. Estes resultados sugerem que a

cultivar G apresentou melhor ajuste osmótico nos níveis salinos imediatamente superiores ao da testemunha o que, provavelmente, levou a uma menor redução no IVE no NS<sub>5</sub> comparativamente as cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> (Tabela 07). Ressalta-se, que quanto maior o valor do IVE maior será a velocidade de germinação e, conseqüentemente, maior o vigor, uma vez que este índice estima o número de plântulas normais emergidas por dia.

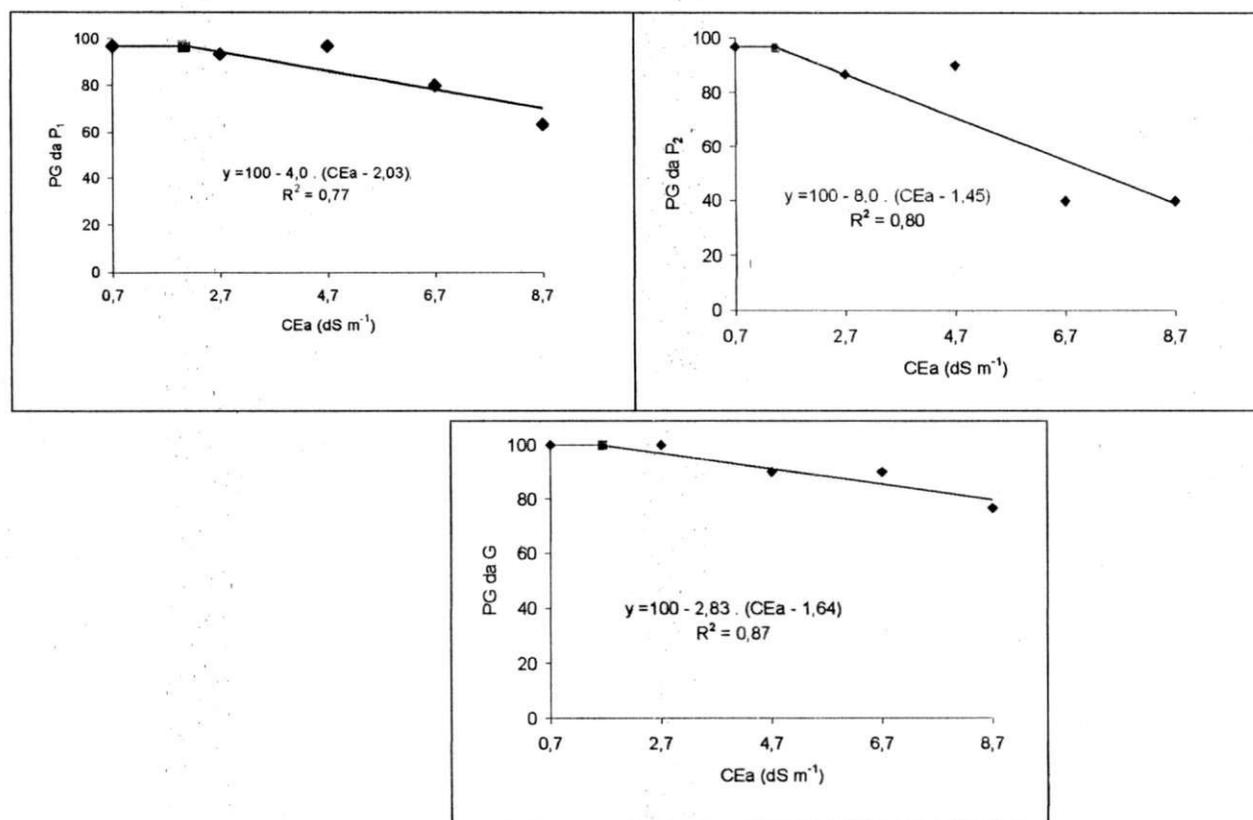


Figura 02 - Percentagem de germinação (PG) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, 15 dias após sementeira (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

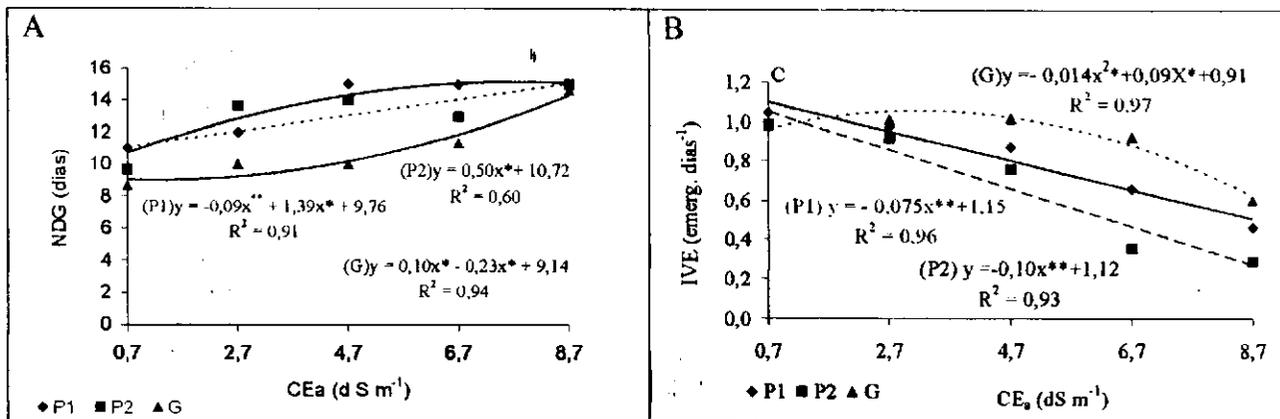


Figura 03: (A) Número de dias para germinar (NDG) e (B) índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, 15 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Quanto ao fator cultivar, observou-se que a P<sub>1</sub> obteve maior IVE no NS<sub>1</sub>, embora com um valor bem próximo aos das cultivares P<sub>2</sub> e G. A cultivar P<sub>2</sub>, apresentou menor IVE em todos os níveis salinos enquanto a G teve um maior IVE a partir do NS<sub>3</sub> em relação as outras cultivares. Estudos realizados por Rodrigues (2000), Campos (2001), Carneiro (2001), Gurgel (2001) e Soares (2001), em condições de casa de vegetação, comprovaram que os efeitos da salinidade da água e/ou do solo afetaram negativamente a germinação e o crescimento inicial das culturas.

Resultados contrários aos observados no presente estudo foram observados por Cavalcanti (2003) com plantas de mamona irrigadas com águas salinas; este autor não encontrou efeito significativo da interação sobre o IVE o que pode ser explicado pelo fato de ter sido utilizada outra cultivar, a BRS-149 Nordestina, além de águas utilizadas na irrigação apresentando CE variando de 0,7 a 4,7 dS m<sup>-1</sup>.

Tabela 07: Resumo da análise de variância dos desdobramentos (NS x C) e médias para as variáveis percentagem de germinação (PG), número de dias para germinar (NDG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	Quadrados Médios		
	PG	NDG	IVE
<b>NS em Paraguaçu-1 (P<sub>1</sub>)</b>			
Nível Salino (NS)	623,33*	11,40**	0,17**
Reg. Linear	1920,00**	36,30**	0,67**
Reg. Quadrática	466,67 <sup>ns</sup>	5,36*	0,03 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	53,33 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	166,67	0,60	0,02
	Figura 2	Figura 3A	Figura 3B
<b>NS em Paraguaçu-2 (P<sub>2</sub>)</b>			
Nível Salino (NS)	2390,00**	12,40**	0,31**
Reg. Linear	7680,00**	30,00**	1,15**
Reg. Quadrática	238,09 <sup>ns</sup>	6,09 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	820,95*	6,75 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	173,33	1,93	0,01
	Figura 2	Figura 3A	Figura 3B
<b>NS em CSRN-367 (G)</b>			
Nível Salino (NS)	276,67 <sup>ns</sup>	15,73**	0,09**
Reg. Linear	963,33*	53,33**	0,22**
Reg. Quadrática	59,52 <sup>ns</sup>	6,09*	0,14*
Desvio Regr.	41,90 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Resíduo	126,67	0,80	0,01
	Figura 2	Figura 3A	Figura 3B
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	96,67a	9,67ab	1,05a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	96,67a	11,00a	0,98a
G (CSRN-367)	100,00a	8,67b	0,99a
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	93,33a	12,00ab	0,97a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	86,67a	13,67a	0,92a
G (CSRN-367)	100,00a	10,00b	1,01a
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	96,67a	15,00a	0,87ab
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	90,00a	14,00a	0,76b
G (CSRN-367)	90,00a	10,00b	1,02a
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	80,00a	15,00a	0,66b
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	40,00b	13,00ab	0,35c
G (CSRN-367)	90,00a	11,33b	0,92a
<b>C dentro de NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	63,33ab	15,00a	0,46ab
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	40,00b	15,00a	0,29b
G (CSRN-367)	76,67a	14,67a	0,60a

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, para cada variável e desdobramento.

## 4.2 Avaliação de crescimento das plantas

### 4.2.1 Altura da planta

De acordo com o resumo de análise de variância Tabela 08 houve efeito da salinidade ( $p < 0,01$ ) em todas as épocas avaliadas com relação a variável altura de planta (AP). Quanto ao fator cultivar, apenas ocorreu efeito significativo ( $p < 0,05$ ) aos 20 DAS; para a interação NS x C verificou-se efeito aos 80 DAS ( $p < 0,05$ ).

O modelo matemático que melhor se ajustou a altura da planta foi o linear com decréscimos relativos nesta variável entre 0,7 dS m<sup>-1</sup> e 8,7 dS m<sup>-1</sup> de 69,24, 77,64 e 78,10% respectivamente, aos 20, 40 e 60 (Figura 4A). Houve efeito significativo da interação NS x C apenas aos 80 DAS e a equação de regressão que melhor se ajustou aos dados foi a linear, a ( $p < 0,01$ ), com decréscimos relativos por incremento unitário da CEa, em relação a NS<sub>1</sub>, de 11,57, 10,67 e 10,18% para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, respectivamente (Figura 4B). Aos 100 DAS, no nível salino mais elevado, a altura da planta não foi determinada devido a morte das plantas (Figura 4A), além de apresentar-se sensível a salinidade da água de irrigação, com reduções consideráveis de sua altura a partir do nível 4,7 dS m<sup>-1</sup>. Observa-se, ainda, que no NS<sub>5</sub>, exceto aos 100 DAS, as plantas apresentaram crescimento com altura similar as outras épocas fato provavelmente determinado pela deficiência hídrica induzida por efeito osmótico a qual provocou alterações morfológicas e anatômicas nas plantas a ponto de desequilibrar a absorção de água e a taxa de transpiração.

Quanto ao fator cultivar não houve efeito significativo, exceção feita aos 20 DAS, o que permite afirmar que as cultivares apresentaram comportamento semelhante, embora a cultivar P<sub>1</sub> tenha apresentado uma maior altura aos 20, 40 e 80 DAS em relação às demais cultivares se destacou como aquela mais sensível na CEa 8,7 dS m<sup>-1</sup> aos 80 DAS Tabela 09.

Cavalcanti (2003), estudando o comportamento da mamona irrigada com águas apresentando condutividade elétrica variando entre 0,7 e 4,7 dS m<sup>-1</sup>, observou uma redução de 22,78% na AP para a cultivar BRS-149 Nordestina aplicado em diferentes proporções de Na<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>. Esses valores são diferentes dos observados no presente estudo, provavelmente, em decorrência das maiores dimensões dos vasos aqui utilizados o que proporcionou um melhor desenvolvimento das plantas ou mesmo uma maior agressividade do NaCl. As reduções

foram em torno de 46,30, 42,68 e 40,71% nas cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, respectivamente, para a mesma variação de CEa aos 80 DAS, comparado aos dados obtidos por Cavalcanti (2003). Contudo, os dois estudos confirmam a redução da altura da planta com o aumento da salinidade. Soares (2001), também verificou resultados semelhantes com CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup> apresentando decréscimo na altura das plantas de maracujá de 50%.

Tabela 08: Resumo da análise de variância e médias referente a variável altura das plantas (AP) da mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade, aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios				
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS
Nível Salino (NS)	4	395,60**	2267,48**	4966,69**	8551,28**	6280,99**
Reg. Linear	1	526,43**	3083,17**	6434,28**		4368,73**
Reg. Quadrática	1	0,52 <sup>ns</sup>	6,16 <sup>ns</sup>	32,02*		96,33 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	2	0,27 <sup>ns</sup>	5,49 <sup>ns</sup>	78,16**	Tabela 09	211,46*
Resíduo da Reg.	10	2,36	1,99	6,32		18,99
Cultivar (C)	2	19,47*	26,69 <sup>ns</sup>	37,42 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>	48,03 <sup>ns</sup>
Interação NS x C	8	3,99 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>	14,34 <sup>ns</sup>	82,94*	70,99 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	118,09	653,14	1432,59	2490,94	1760,45
Resíduo	30	4,33	8,33	18,11	31,38	116,56
CV		13,20	9,06	9,31	11,18	18,04
<b>Nível Salino (NS)</b>		Figura 4A	Figura 4A	Figura 4A	Figura 4B	Figura 4A
<b>Cultivar</b>						
Paraguaçu-1 (P <sub>1</sub> )		16,83	33,20	46,53		61,83
Paraguaçu-2 (P <sub>2</sub> )		15,90	31,80	43,87	Tabela 09	59,92
CSRN-367 (G)		14,57	30,63	46,67		57,83
dms <sup>1</sup>		1,88	2,60	3,83		11,00

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>1</sup>Diferença mínima significativa pelo teste de Tuckey ( $p < 0,01$ )

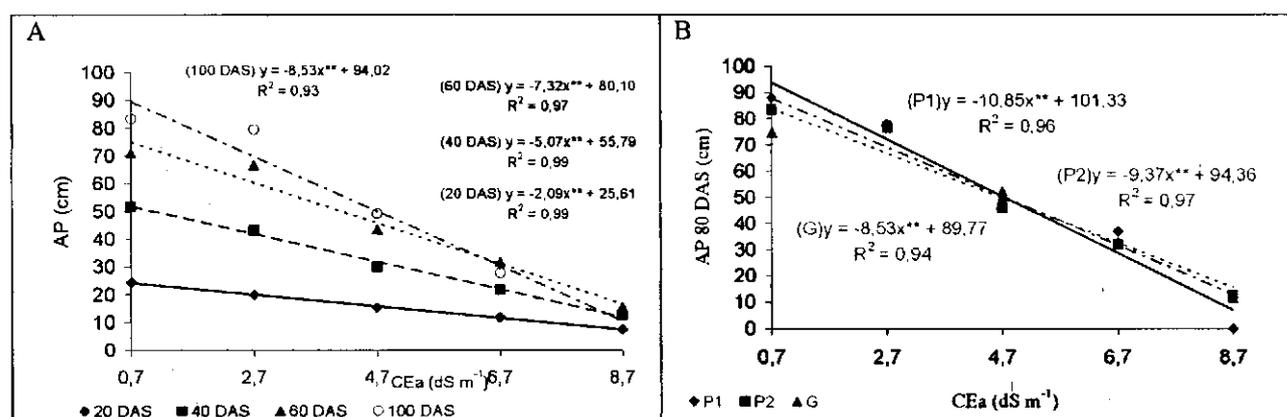


Figura 04: Altura das plantas (AP) de mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20, 40, 60 e 100 (A) e 80 (B) dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Tabela 09: Resumo da análise de variância do desdobramento da interação (NS x C) e médias para a variável altura das plantas (AP) de mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 80 DAS. Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	Quadrados Médios
	80 DAS
<b>NS em Paraguaçu-1 (P<sub>1</sub>)</b>	
Nível Salino (NS)	3673,67**
Reg. Linear	14126,70**
Reg. Quadrática	282,88**
Desvio Repr.	142,54**
Resíduo	15,27
	Figura 4B
<b>NS em Paraguaçu-2 (P<sub>2</sub>)</b>	
Nível Salino (NS)	2710,33**
Reg. Linear	10528,13**
Reg. Quadrática	16,09 <sup>ns</sup>
Desvio Repr.	148,55 <sup>ns</sup>
Resíduo	38,60
	Figura 4B
<b>NS em CSRN-367 (G)</b>	
Nível Salino (NS)	2333,17**
Reg. Linear	8738,13**
Reg. Quadrática	354,38*
Desvio Repr.	120,08 <sup>ns</sup>
Resíduo	40,27
	Figura 4B
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	88,00a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	83,67ab
G (CSRN-367)	75,00b
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	78,00a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	77,33a
G (CSRN-367)	76,67a
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	52,33a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	48,67a
G (CSRN-367)	46,00a
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	37,00a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	32,00a
G (CSRN-367)	32,67a
<b>C dentro de NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	0,00b
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	12,67a
G (CSRN-367)	11,67a

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.2 Número de folhas

A salinidade afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) o número de folhas (NF) em todas as épocas analisadas (Tabela 10). Para o fator cultivar também houve efeito significativo, exceto aos 20 DAS; na interação (NS x C) observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) aos 60, 80 e 100 DAS.

De acordo com as equações de regressão, o modelo que melhor se ajustou aos 20 DAS foi o quadrático com acréscimo de 2,64% no NS<sub>2</sub>, e decréscimo de 29,02% no NS<sub>3</sub> em relação ao NS<sub>1</sub>; aos 40 DAS ocorreu um decréscimo do NF comparativamente a NS<sub>1</sub> de 8,25% por incremento unitário de CEa (Figura 5A).

Uma vez que houve efeito significativo da interação NS x C, com relação ao NF, efetuou-se o desdobramento dos dados referentes a 60 80 e 100 DAS (Tabela 11). Para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, verificou-se que a salinidade da água resultou em uma progressiva redução do NF a partir da CEa 4,7 dS m<sup>-1</sup>. Aos 100 DAS, já não existiam mais folhas em todas as plantas do NS<sub>5</sub>; resultado da morte destas. Estes resultados caracterizam as cultivares de mamona estudadas como sensíveis a altos níveis salinos por longos períodos. O incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação resultou em um decréscimo relativo de 7,97, 8,38 e 6,88% no NF, com base em NS<sub>1</sub>, para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G aos 60 DAS (Figura 5B). Aos 80 DAS, esses valores decrescentes mantiveram-se um pouco mais expressivo, exceção feita a cultivar G. As reduções do NF, quando comparado a CEa de 0,7 dS m<sup>-1</sup> com a de 6,7dS m<sup>-1</sup>, foram de 44,58, 60,74 e 59,85% em P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, respectivamente, e os modelos matemático aplicados foram linear em P<sub>2</sub> e G, e quadrático em P<sub>1</sub> (Figura 5C). Aos 100 DAS às plantas continuaram com mesmo comportamento embora a cultivar G apresentasse um menor número de folhas e as outras duas cultivares uma redução apreciável nesta variável

Conforme a literatura é comum ocorrerem adaptações morfológicas nas plantas sob condições de estresse hídrico e salino, o que caracteriza uma forma de minimizar as perdas de água por transpiração; dentre essas adaptações destacam-se reduções no tamanho e no número de folhas (Fageria, 1989).

Para o fator cultivar, houve efeito significativo para o NF ( $p < 0,05$ ) aos 40 DAS e nas demais épocas ( $p < 0,01$ ), a exceção dos 20 DAS onde não se constataram diferenças significativas até ( $p < 0,05$ ). A cultivar P<sub>2</sub> sobressaiu-se no NF em NS<sub>1</sub> e NS<sub>5</sub> comparada a P<sub>1</sub> e a G, aos 60 DAS; A P<sub>1</sub> foi a mais sensível uma vez que houve morte das plantas desta

cultivar aos 80 DAS, na CEa de 8,7 dS m<sup>-1</sup>. A cultivar G apresentou-se sempre mais sensível aos 100 DAS a partir do NS<sub>2</sub> e NS<sub>3</sub> em relação as outras duas cultivares.

Vários autores têm observado decréscimos no NF quando as culturas são cultivadas na presença de alta salinidade, como exemplos citam-se; Cavalcanti (2003) que em seu estudo com a mamona encontrou uma redução linear do NF de 2,95 % para cada incremento unitário da CEa a partir de 1,78 dS m<sup>-1</sup> e no algodão colorido (Siqueira, 2003), onde foram observadas reduções no NF de 6,17% por incremento unitário, a partir da CEa de 3,5 dS m<sup>-1</sup>;

Tabela 10: Resumo da análise de variância e médias referente à variável número de folhas (NF) da mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios				
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS
Nível Salino (NS)	4	5,02**	3,75**	20,24**	30,29**	31,57**
Reg. Linear	1	5,37**	211,58**			
Reg. Quadrática	1	1,28**	1,41 <sup>ns</sup>	Tabela 11	Tabela 11	Tabela 11
Desvio Regr.	2	0,03 <sup>ns</sup>	3,46 <sup>ns</sup>			
Resíduo da Reg.	10	0,07	3,27			
Cultivar (C)	2	0,16 <sup>ns</sup>	0,33*	5,99**	7,36**	4,34**
Interação NS x C	8	0,24 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,75**	1,27**	2,12**
Tratamento	14	1,59	1,18	7,07	10,43	10,56
Resíduo	30	0,40	0,10	0,24	0,31	0,47
CV		14,52	9,72	11,99	17,61	19,44
<b>Nível Salino (NS)</b>		Figura 5A	Figura 5A	Figura 5B	Figura 5C	Figura 5D
Cultivar						
Paraguaçu-1 (P <sub>1</sub> )		4,47	3,31			
Paraguaçu-2 (P <sub>2</sub> )		4,33	3,30	Tabela 11	Tabela 11	Tabela 11
CSRN-367 (G)		4,27	3,05			
dms <sup>1</sup>		0,57	0,28			

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>a</sup>Dados transformados em  $\sqrt{X}$ , em 40 DAS.

<sup>1</sup>Diferença mínima significativa pelo teste de Tuckey ( $p < 0,01$ )

Tabela 11: Resumo da análise de variância do desdobramento da interação (NS x C) e médias para o número de folhas (NF) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 60, 80, e 100 dias após o semeio DAS. Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	Quadrados Médios		
	60 DAS	80 DAS	100 DAS
<b>NS em Paraguaçu-1</b>			
Nível Salino (NS)	8,18**	14,75**	11,10**
Reg. Linear	29,35**	48,42**	28,25**
Reg. Quadrática	2,08*	8,79**	4,62*
Desvio Regr.	0,64 <sup>ns</sup>	0,90*	0,45 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,24	0,21	0,59
	Figura 5B	Figura 5C	Figura 5D
<b>NS em Paraguaçu-2</b>			
Nível Salino (NS)	10,36**	12,83**	14,84**
Reg. Linear	39,79**	49,09**	41,73**
Reg. Quadrática	0,05 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	2,27 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	0,80 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,44	0,60	0,65
	Figura 5B	Figura 5C	Figura 5D
<b>NS em CSRN-367-G</b>			
Nível Salino (NS)	145,10**	5,25**	10,69**
Reg. Linear	554,70**	19,25**	26,46**
Reg. Quadrática	4,02 <sup>ns</sup>	0,87*	5,52**
Desvio Regr.	10,84*	0,44 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
Resíduo	1,80	0,13	0,25
	Figura 5B	Figura 5C	Figura 5D
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	5,51b	4,78ab	5,16a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	6,60a	5,83a	5,97a
G (CSRN-367)	4,58b	3,86b	5,54a
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	5,88a	5,70a	5,38a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	6,36a	5,73a	5,26a
G (CSRN-367)	4,20b	3,10b	2,69b
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	4,24a	3,86a	3,48a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	4,49a	3,81a	3,31a
G (CSRN-367)	3,10b	2,58b	1,61b
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
C <sub>1</sub> (Paraguaçu-P1)	3,39a	2,54a	1,22a
C <sub>2</sub> (Paraguaçu-P2)	3,19a	2,32a	1,15a
C <sub>3</sub> (CSRN-367 G)	2,94a	2,15a	1,47a
<b>C dentro de NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu-1)	1,80a	0,00b	-
P <sub>2</sub> (Paraguaçu-2)	2,43a	1,14a	-
G (CSRN-367)	2,08a	0,33ab	-

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

Dados transformados em  $\sqrt{X}$  em 60, 80 e 100 DAS.

Às médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

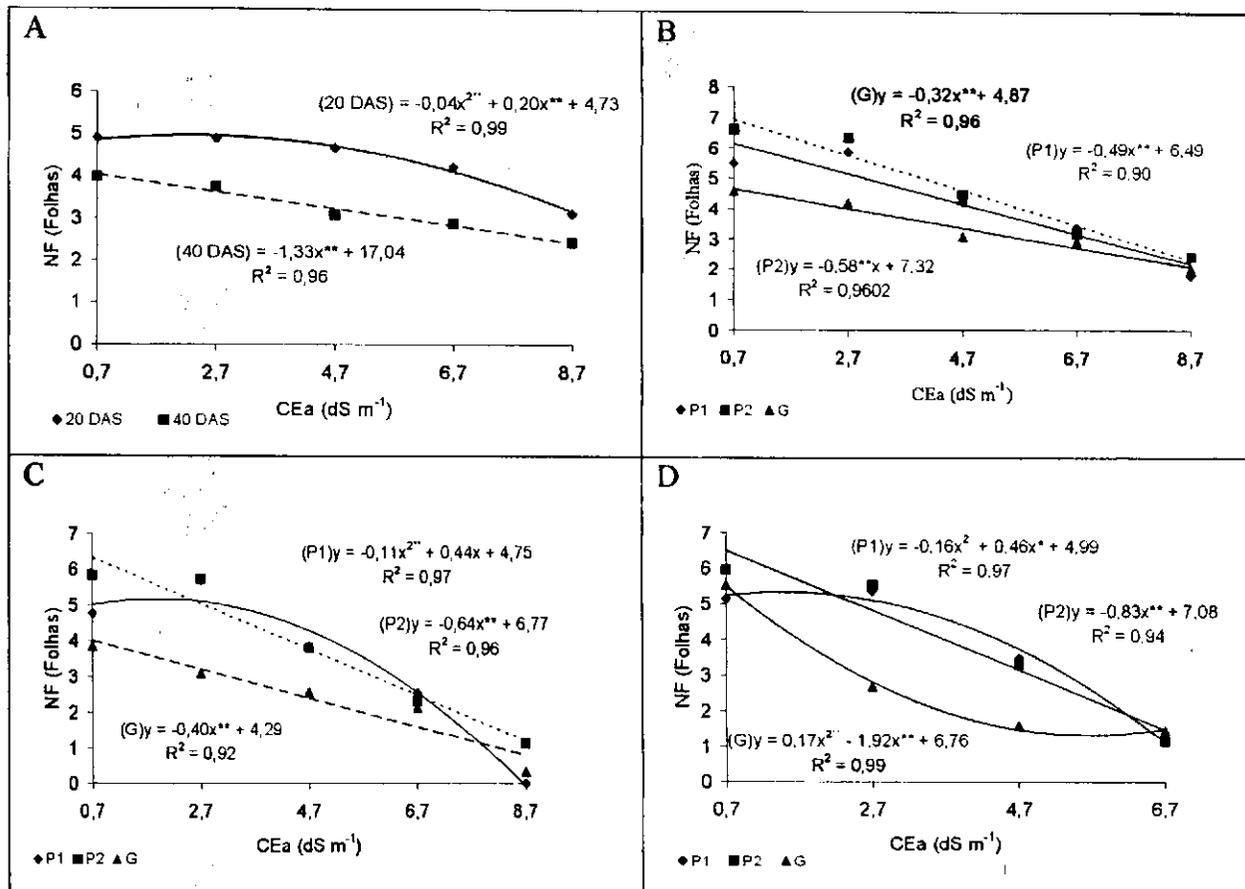


Figura 05: Número de folhas (NF) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20 e 40 (A), 60 (B), 80 (C) e 100 (D) dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

#### 4.2.3 Diâmetro do caule

Para a variável diâmetro do caule (DC) da mamoneira, conforme Tabela 12, houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) da salinidade da água de irrigação em todas as épocas; para o fator cultivar apenas ocorreu efeito significativo ( $p < 0,01$ ) aos 60 DAS, não havendo efeito significativo na interação (NS x C) em qualquer época. Estes resultados indicam que o efeito da salinidade da água aos 40, 60, 80, e 100 DAS foram semelhantes para as cultivares estudadas. A salinidade afetou linearmente o DC em todas as épocas de avaliação e os decréscimos relativos a NS<sub>1</sub> foram de 7,29, 8,02, 9,92 e 9,46% por incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 40, 60, 80 e 100 DAS, respectivamente (Figura 6); isto mostra que o impacto negativo da salinidade sobre o diâmetro do caule foi pouco expressivo com o aumento do tempo de cultivo e sugere que o diâmetro caulinar, com o avanço da idade, foi a variável menos prejudicada pela salinidade. Com base na equação de regressão, as plantas irrigadas com água de 0,7 dS m<sup>-1</sup> (NS<sub>1</sub>) tiveram, em média, o diâmetro caulinar superior a 85% em relação às plantas que receberam água de 8,7 dS m<sup>-1</sup> (NS<sub>5</sub>), aos 80

DAS. Conforme o teste de Tukey, as plantas da cultivar G aos 60 DAS, diferiram estatisticamente das demais cultivares, embora aos 80 todas tenham se comportado de maneira semelhante. Não houve medição do DC para o nível salino mais elevado aos 100 DAS a exemplo do que ocorreu com a AP e NF para esta data. Quanto ao fator cultivar (Tabela 12) G proporcionou maior diâmetro do caule até 60 DAS em relação a P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, nas outras épocas as médias obtidas para as diferentes cultivares foram aproximadas.

Tabela 12: Resumo da análise de variância e médias referente a variável diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios			
		40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS
Nível Salino (NS)	4	1,45**	3,64**	7,14**	5,66**
Reg. Linear	1	1,88**	4,20**	9,20**	4,12**
Reg. Quadrática	1	0,04**	0,02 <sup>ns</sup>	0,17*	0,00 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	2	0,02*	0,06*	0,08 <sup>ns</sup>	0,18**
Resíduo da Reg.	10	0,00	0,01	0,02	0,00
Cultivar (C)	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,06**	0,08 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Interação NS x C	8	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	0,42	1,05	2,09	1,59
Resíduo	30	0,00	0,01	0,04	0,10
CV		5,53	5,29	11,95	16,80
<b>Nível Salino (NS)</b>		<b>Figura 6</b>	<b>Figura 6</b>	<b>Figura 6</b>	<b>Figura 6</b>
<b>Cultivar</b>					
Paraguaçu-1 (P <sub>1</sub> )		1,12	1,57	1,53	1,91
Paraguaçu-2 (P <sub>2</sub> )		1,14	1,56	1,66	1,88
CSRN-367 (G)		1,16	1,67	1,66	1,87
dms <sup>1</sup>		0,28	0,08	0,17	0,32

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>1</sup>Diferença mínima significativa pelo teste de Tuckey ( $p < 0,01$ )

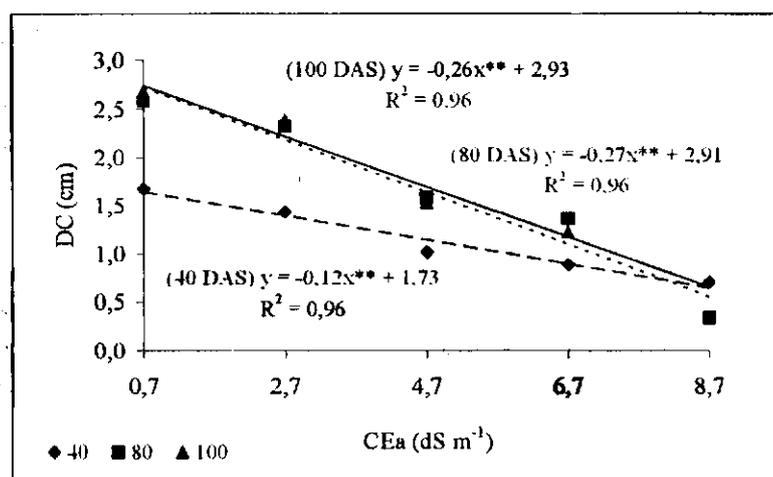


Figura 06: Diâmetro do caule (DC) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 40, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

#### 4.2.4 Área foliar

A salinidade afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) a área foliar (AF) em todas as épocas o mesmo ocorrendo com o fator cultivar aos 60, 80 e 100 DAS; quanto à interação (NS x C) houve efeito significativo, exceto aos 20 DAS (Tabela 13).

Aos 20 DAS os dados do AF ajustaram-se à equação quadrática com decréscimos em NS<sub>5</sub> de 97,05% em relação a NS<sub>1</sub> (Figura 7A). Os maiores decréscimos no AF em valores de CEa foram de 4,7, 6,7 e 8,7 dS m<sup>-1</sup> e estão, aparentemente, relacionados com o aumento do número de dias para germinar (NDG) e com os baixos índices de velocidade de emergência nesses níveis. Reduções na AF por efeito do aumento da salinidade da água de irrigação e, conseqüentemente, da solução do solo, também se relacionam com um possível mecanismo endógeno de controle que a planta desenvolve em condições de estresse para diminuir a transpiração.

Para as demais épocas (40, 60, 80 e 100 DAS) houve efeito significativo da interação NS x C. O desdobramento dos dados foi efetivado Tabela 14 e se verificou que a AF das cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G foram progressivamente reduzidas. Aos 40 DAS, houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para as cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> e para a cultivar G ( $p < 0,05$ ). O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação entre NS<sub>1</sub> e NS<sub>5</sub> resultou em decréscimos relativos de 87,54, 90,09 e 95,28% na AF, para as respectivas cultivares (Figura 7B). Aos 60 DAS houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para as três cultivares, onde o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados da AF para a P<sub>2</sub> foi o quadrático com decréscimo de 92,04 %, entre CEa de 0,7 e 8,7 dS m<sup>-1</sup>; para as cultivares P<sub>1</sub> e G foi o modelo linear com decréscimos de 11,94 e 12,43% por incremento unitário da CEa em relação a NS<sub>1</sub>, respectivamente (Figura 7C). Aos 80 DAS às plantas apresentaram comportamento similar ao observado aos 60 DAS. Cavalcanti (2003), verificou uma diminuição da área foliar tendo observado decréscimos de 6,55% por aumento unitário da CEa até 80 DAS.

A redução da AF decorre, provavelmente, da diminuição do volume das células e, segundo Lauchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), reduz a atividade fotossintética, que contribui, de certo modo, para adaptação das culturas à salinidade.

Tabela 13: Resumo da análise de variância e médias referente a variável área foliar (AF) da mamona irrigada com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios				
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS
Nível Salino (NS)	4	229151,25**	12971387,44**	37231380,93**	27548537,21**	41573896,49**
Reg. Linear	1	287350,23**				
Reg. Quadrática	1	17127,58**	Tabela 14	Tabela 14	Tabela 14	Tabela 14
Desvio Regr.	2	3179,74 <sup>ns</sup>				
Resíduo da Reg.	10	942,63				
Cultivar (C)	2	2873,14 <sup>ns</sup>	296294,51 <sup>ns</sup>	1100657,46**	11077671,57*	4954577,16**
Interação NS x C	8	2909,38 <sup>ns</sup>	472550,98**	1210018,91**	811162,95*	1136334,32**
Tratamento	14	67544,93	4018467,62	11486213,57	8157084,77	12858986,33
Resíduo	30	2530,57	132555,72	181514,17	323640,18	280511,29
CV		29,85	28,52	17,05	22,29	20,01
<b>Nível Salino (NS)</b>		Figura 7A	Figura 7B	Figura 7C	Figura 7D	Figura 7E
Cultivares						
Paraguaçu 1(P <sub>1</sub> )		182,12	Tabela 14	Tabela 14	Tabela 14	Tabela 14
Paraguaçu 2(P <sub>2</sub> )		168,94				
CSRN-367 (G)		154,45				
dms		45,33				

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

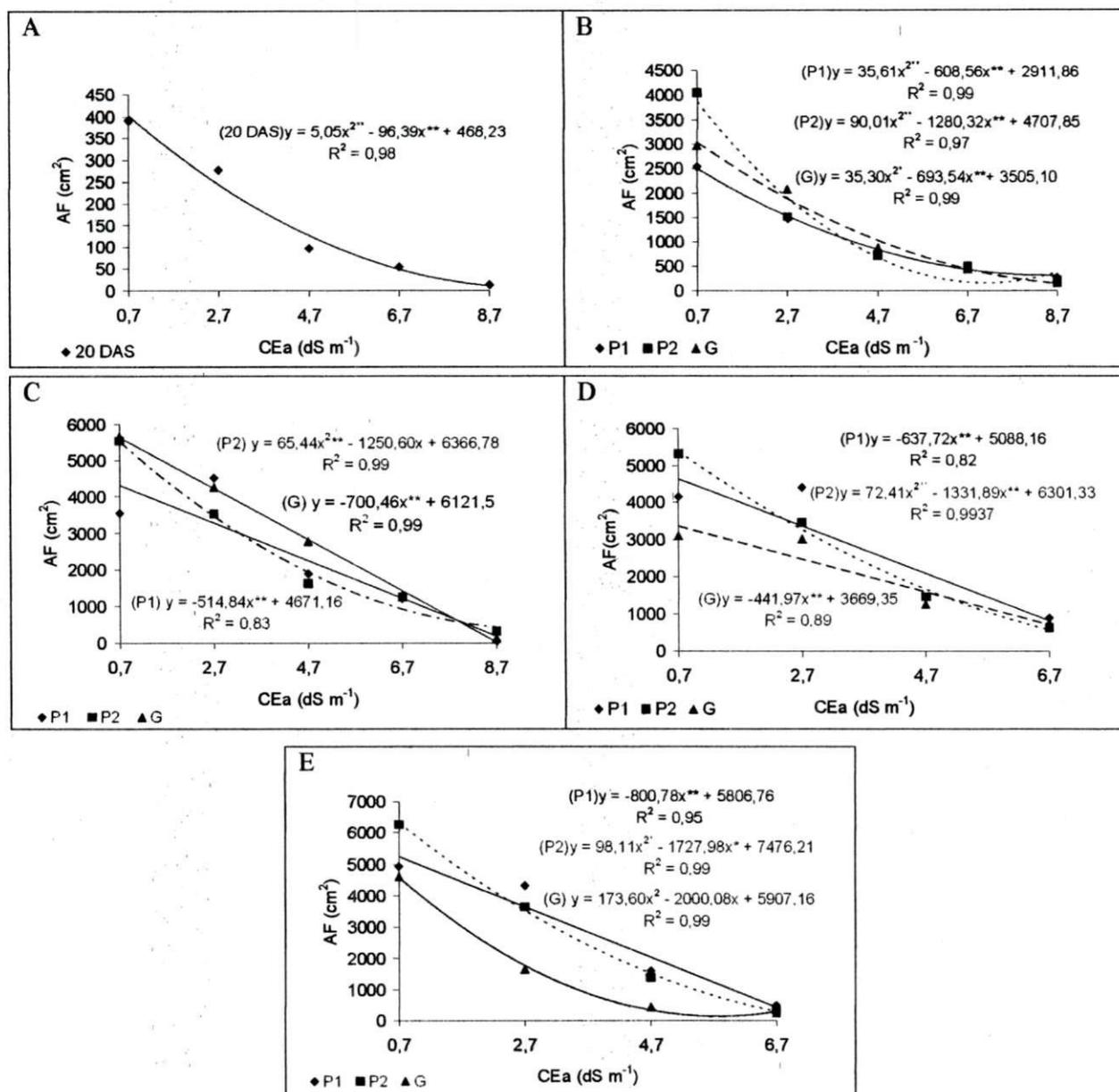


Figura 07: Área Foliar (AF) das plantas de mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 20 (A), 40 (B), 60 (C), 80 (D) e 100 (E) dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Aos 100 DAS, as plantas das cultivares P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> e G no NS<sub>5</sub> haviam morrido impossibilitando, assim, o registro da AF nesta época e níveis de salinidade.

Não houve efeito significativo na AF considerando o fator cultivar aos 20 e 40 DAS denotando que neste período as plantas comportaram-se de forma semelhante. A partir do NS<sub>3</sub>, aos 60 DAS, todas as cultivares comportaram-se de maneira semelhante até o final do experimento, exceto NS<sub>3</sub> aos 100 DAS. A cultivar G apresentou menor área foliar no NS<sub>5</sub>, aos 60 DAS, e no NS<sub>4</sub>, aos 100 DAS. Para a cultivar P<sub>2</sub> verificou-se maior AF no NS<sub>1</sub> e no NS<sub>4</sub> aos 100 DAS, embora não diferindo significativamente da P<sub>1</sub> (Tabela 14).

Tabela 14: Resumo da análise de variância do desdobramento da interação (NS x C) e médias para a variável área foliar (AF) das plantas de mamona irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 40, 60, 80 e 100 DAS. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS
<b>NS dentro de Paraguaçu-1</b>				
Nível Salino (NS)	2772840,95**	9635709,97**	9881019,67**	11569146,55**
Reg. Linear	8999192,97**	318007535,98**	24401080,36**	34200317,28**
Reg. Quadrática	852036,20**	1143664,51*	474645,96 <sup>ns</sup>	177193,39 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	20067,32 <sup>ns</sup>	2795819,69**	4767323,69**	1814160,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	48669,48	207512,81	139182,57	487167,60
	Figura 7B	Figura 7C	Figura 7D	Figura 7E
<b>NS dentro de Paraguaçu-2</b>				
Nível Salino (NS)	7262861,89**	13000111,00**	12599470,99**	18329003,62**
Reg. Linear	22624824,68**	48462314,88**	46261650,56**	53545071,96**
Reg. Quadrática	5444560**	2877527,68**	3203444,74**	1642684,08*
Desvio Regr.	491031**	330300,72 <sup>ns</sup>	122599,75 <sup>ns</sup>	97805,07 <sup>ns</sup>
Resíduo	258335,24	168442,78	166215,74	149362,15
	Figura 7B	Figura 7C	Figura 7D	Figura 7E
<b>NS dentro de CSRN-367</b>				
Nível Salino (NS)	4181975,74**	17053111,99**	4376165,70**	12192186,73**
Reg. Linear	15699530,63**	65969475,72**	11720354,93**	30710433,71**
Reg. Quadrática	837471,32*	295458,91 <sup>ns</sup>	132258,00 <sup>ns</sup>	5786407,42**
Desvio Regr.	95450,51	973756,66	1275884,17**	79719,07 <sup>ns</sup>
Resíduo	90631,60	166058,58	93090,95	110925,19
	Figura 7B	Figura 7C	Figura 7D	Figura 7E
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>				
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	2534,31b	3556,39b	4161,00ab	5166,23ab
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	4042,88a	5539,04a	5320,18a	6271,88a
G (CSRN-367)	2965,55b	5656,52a	3775,83b	4626,68b
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>				
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	1474,34a	4520,94a	4410,81a	4326,82a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	1518,42a	3536,50b	3460,26ab	3654,34a
G (CSRN-367)	2081,30a	4822,91a	3018,48b	1662,99b
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>				
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	814,15a	1903,33a	1444,14a	1618,66a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	722,09a	1632,91a	1466,19a	1393,44ab
G (CSRN-367)	879,05a	2277,45a	1259,59a	450,98b
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>				
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	518,97a	1216,43a	898,45a	497,04a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	501,23a	1257,99a	654,53a	345,62a
G (CSRN-367)	446,56a	1050,66a	748,98a	263,13a
<b>C dentro de NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>				
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	273,51a	60,22a	-	-
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	210,02a	323,34a	-	-
G (CSRN-367)	165,89a	134,83a-	-	-

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.5 Fitomassa

As variáveis fitomassa da parte aérea (FPA), fitomassa das raízes (FR) e fitomassa total (FT) da mamoneira foram influenciadas significativamente ( $p < 0,01$ ) pelos níveis de salinidade da água, o mesmo ocorrendo com o fator cultivar (Tabela 15). Considerando a interação (NS x C) verifica-se que não houve efeito significativo para a variável FPA indicando que os efeitos da salinidade foram semelhantes entre as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G.

Analisando-se a equação de regressão ajustada para (FPA) verifica-se que houve uma abrupta redução nesta variável com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 8A). Na CEa de 6,7 dS m<sup>-1</sup> a FPA foi 81,17% menor que em 0,7dS m<sup>-1</sup> o que mostra a grande sensibilidade da mamoneira à salinidade. Quanto as cultivares verificou-se que P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> comportaram-se de maneira semelhante, e G apresentou menor fitomassa da parte aérea (Tabela 16).

Trabalhando com a mamona, Cavalcanti (2003) verificou que a FPA decresce linearmente em 8,38% por aumento unitário da CEa de acordo com este autor, há uma maior produção de fitomassa seca na parte aérea quando a proporção Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> na água de irrigação vem a ser maior.

Os dados referentes à FR para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão (Tabela 16), com estimativas de decréscimo para esta variável em NS<sub>4</sub>, comparativamente a NS<sub>1</sub>, de 97,78, 99,13 e 92,97%, respectivamente (Figura 8B). O efeito adverso da salinidade sobre a absorção e a utilização de nutrientes está relacionado com o aumento de pressão osmótica na solução do solo e com a acumulação de certos íons no tecido vegetal em concentrações tóxicas ocasionando diminuição no crescimento do sistema radicular (Postal, 1990).

Mediante desdobramento da interação NS x C (Tabela 16), a FR da cultivar G foi significativamente reduzida, onde se verificou menor massa que P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> independentemente do nível salino considerado. É provável que o menor porte inicial da cultivar G (portanto, menores taxas de crescimento) seja a principal causa deste resultado uma vez que as comparações entre as cultivares foram feitas em termos absolutos; comportamento similar foi também observado para a variável FPA. Para a cultivar P<sub>1</sub> o comportamento observado foi semelhante a P<sub>2</sub> a partir do NS<sub>3</sub>. Por outro lado, a cultivar P<sub>1</sub> teve uma redução na FR de 24,03 e 16,47%, comparativamente a P<sub>2</sub>, em NS<sub>1</sub> e NS<sub>2</sub>, respectivamente (Figura 8B).

De modo geral, a salinidade afetou mais a FPA do que a FR das cultivares de mamona estudada, evidenciando o que já tem sido observado que a salinidade inibe mais o crescimento da parte aérea do que o do sistema radicular (Maas & Hoffman, 1977; Shannon, 1979).

A partir do desdobramento da interação NS x C (Tabela 16), os modelos de regressão que melhor se ajustaram à variável FT foi o linear para a cultivar P<sub>1</sub> e o quadrático para as cultivares P<sub>2</sub> e G. As estimativas de redução para FT entre NS<sub>1</sub> e NS<sub>4</sub>, segundo as equações obtidas (Figura 8C) foram de 73,14% para a cultivar P<sub>1</sub>, 92,67% para a cultivar P<sub>2</sub> e 89,47% para a cultivar G.

Para o fator cultivar, verificou-se que P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> comportaram-se de maneira semelhante, exceto no NS<sub>1</sub> onde apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) (Tabela 16); para a cultivar G, em 0,7 dS m<sup>-1</sup>, 2,7dS m<sup>-1</sup> e 4,7dS m<sup>-1</sup>, as variáveis FPA e FR foram afetadas significativamente com o aumento da salinidade o que foi refletido no resultado da FT e, portanto, caracteriza esta cultivar (G) como mais sensível a esses níveis salinos.

Como esperado, as significâncias estatísticas obtidas para a FT foram iguais às obtidas para a FPA o que é explicado por uma maior contribuição da parte aérea na formação da FT das cultivares de mamona. Soares (2001), estudando o maracujá amarelo, observou que aos 77 dias após semeadura a FT das plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 8,0 dS m<sup>-1</sup>, foi 85,48% menor que em 1,0 dS m<sup>-1</sup>.

Nobre (2002), verificou decréscimos na FPA, FR e FT de 93,54, 55,14 e 88,76%, respectivamente, em plantas de gravioleira Morada irrigadas com água apresentando CEa de 5,5 dS m<sup>-1</sup>, aos 80 dias após enxertia, denotando ser a parte aérea a mais afetada pela CEa. Contudo, segundo este autor, a FT acompanhou o comportamento da FPA.

Tabela 15. Resumos das análises de variância e médias referentes a fitomassa da parte aérea (FPA), fitomassa da raiz (FR) e fitomassa total (FT) das plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade aos 150 dias após semeadura. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		FPA	FR	FT
Nível Salino (NS)	4	37455,10**	55,71**	64448,82**
Reg. Linear	1	46307,98**		
Reg. Quadrática	1	1839,83**		
Desvio Reagr.	2	895,94*	Tabela 16	Tabela 16
Resíduo da Reg.	10	123,02		
Cultivar (C)	2	985,17**	9,80**	3904,16**
Interação NS x C	8	215,07 <sup>ns</sup>	2,27**	1119,67**
Tratamento	14	10965,10	18,61	19611,50
Resíduo	30	120,46	0,20	226,47
CV (%)		16,48	13,59	18,03
<b>Nível Salino (NS)</b>			<b>Figura 8A</b>	
Cultivar				
Paraguaçu 1 (P <sub>1</sub> )			68,91	
Paraguaçu 2 (P <sub>2</sub> )			73,29	
CSRN-367 (G)			57,58	
dms <sup>1</sup>			9,89	

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>1</sup>Diferença mínima significativa pelo teste de Tuckey ( $p < 0,01$ )

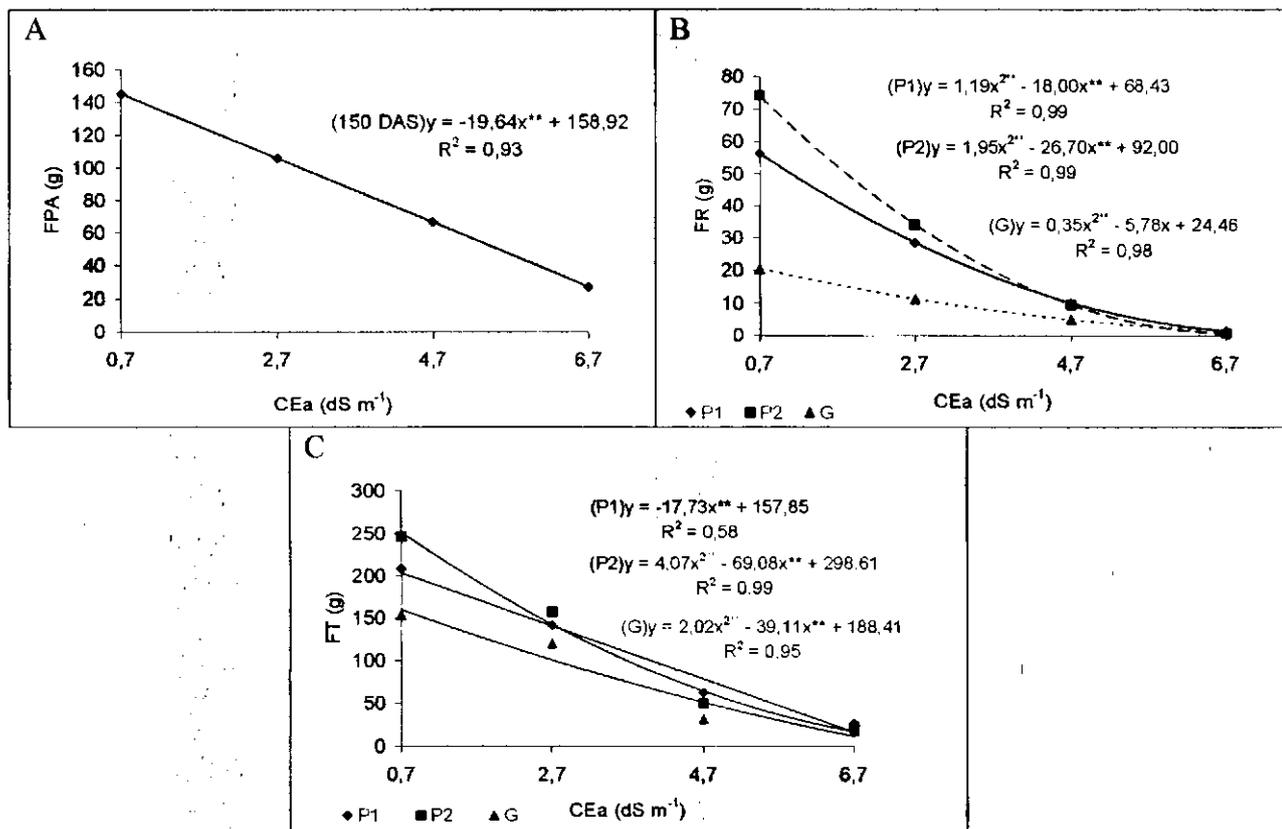


Figura 08: (A) Fitomassa da parte aérea (FPA), (B) fitomassa da raiz (FR) e (C) fitomassa total (FT) das plantas de mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Tabela 16: Resumo da análise de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias para a fitomassa total (FT) e fitomassa da raiz (FR) das plantas de mamona, irrigada com águas de diferentes níveis de salinidade aos 150 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	Quadrados Médios	
	FR (g)	FT (g)
<b>NS em Paraguaçu-1</b>		
Nível Salino (NS)	1634,47**	21458,66**
Reg. Linear	5502,93**	49797,61**
Reg. Quadrática	959,54**	986,64 <sup>ns</sup>
Desvio Regr.	37,71 <sup>ns</sup>	17525,20**
Resíduo	22,60	308,79
	Figura 8B	Figura 8C
<b>NS em Paraguaçu-2</b>		
Nível Salino (NS)	3047,84**	31720,16**
Reg. Linear	9385,96**	114227,68**
Reg. Quadrática	2546,86**	11115,66**
Desvio Regr.	129,35 <sup>ns</sup>	768,66 <sup>ns</sup>
Resíduo	54,11	323,12
	Figura 8B	Figura 8C
<b>NS em CSRN-367</b>		
Nível Salino (NS)	214,87**	13512,68**
Reg. Linear	758,82**	48663,07**
Reg. Quadrática	80,93**	2738,80**
Desvio Regr.	9,87*	1324,43**
Resíduo	1,73	47,56
	Figura 8B	Figura 8C
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	58,08b	207,97b
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	76,97a	246,72a
G (CSRN-367)	20,18c	153,70c
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	24,95a	141,74ab
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	26,70a	157,65a
G (CSRN-367)	12,82b	119,96b
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	10,98a	62,14ab
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	7,95a	49,09a
G (CSRN-367)	3,15b	31,83b
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	4,09a	26,73a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	3,03a	21,94a
G (CSRN-367)	2,35a	17,74a

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*) de probabilidade; ns Não significativo

Às médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

### 4.3 Componentes de produção

#### 4.3.1 Número de dias para 1ª inflorescência e Altura do 1º racemo

A análise de variância para a variável número de dias para 1ª inflorescência (NDI) Tabela 17, denota que os fatores afetaram significativamente ( $p < 0,01$ ) o nível salino, a cultivar como também sua interação (NS x C) indicando que o NDI das cultivares de mamoneira depende dos níveis de salinidade da água de irrigação. É observado que o NDI aumentou significativamente com o aumento da salinidade. Os percentuais de acréscimos relativos ao NDI, por incremento unitário da salinidade da água de irrigação (CEa), foram de 20,98, 17,49 e 9,60% para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, respectivamente (Figura 9A).

Tabela 17: Resumo da análise de variância e médias referentes as variáveis número de dias para 1ª inflorescência (NDI) e altura do 1º racemo (AR) das plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado Médio	
		NDI	AR
Nível Salino (NS)	4	4842,32**	1583,28**
Cultivar (C)	2	4847,44**	1909,77**
Interação NS x C	8	471,96**	124,15**
Tratamento	14	2459,42	846,75
Resíduo	30	51,03	6,66
CV (%)		9,17	16,28

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

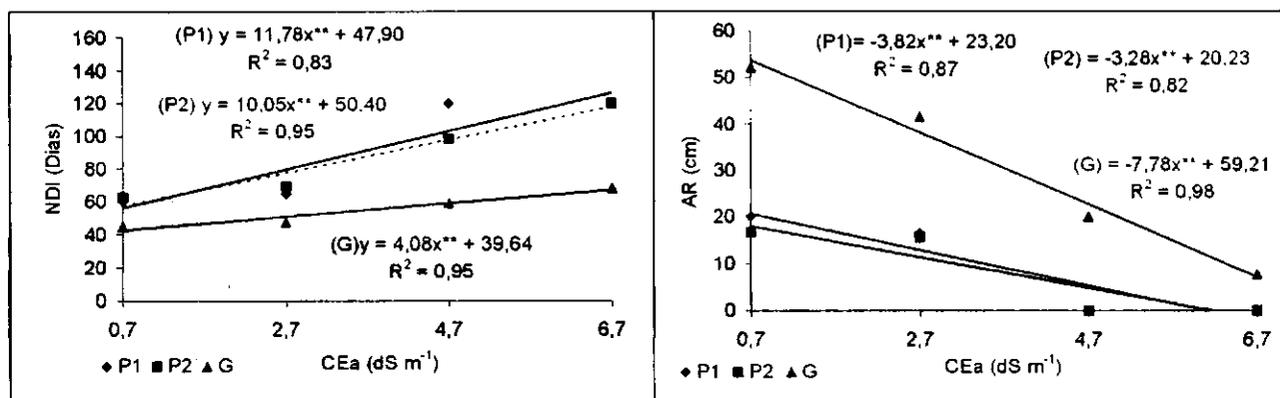


Figura 09: (A) Número de dias para 1ª inflorescência (NDI) e (B) Altura do 1º racemo (AR) em plantas de mamona, aos 100 dias após semeadura (DAS) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande - PB, 2004.

Quanto ao fator cultivar, verificou-se Tabela 18 ter havido diferença significativa entre as médias do NDI; neste caso, a cultivar G foi significativamente diferente em todos os níveis salinos estudados e com maior precocidade de 57,60% na emissão da 1ª inflorescência em NS<sub>4</sub> comparativamente a NS<sub>1</sub> em relação a P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>. Observou-se claramente que à medida que a concentração salina da água aumentou o NDI foi prolongado a tal ponto que em NS<sub>5</sub> não houve formação de inflorescência.

Para altura do 1º racemo (AR) houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) sobre esta variável dos fatores estudados (NS e C) e a sua interação (NS x C) (Tabela 17), denotando que as reduções na AR das cultivares de mamoneira foi dependente dos níveis de salinidade da água de irrigação.

Com o desdobramento do fator cultivar dentro dos níveis salinos (Tabela 18), o modelo matemático com melhor ajuste para o comportamento da AR, considerando as três cultivares, foi o linear (Figura 9B). Ocorreram reduções, segundo estimativas originadas a partir das equações obtidas, em NS<sub>2</sub> de 37,22 e 36,58% para P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, respectivamente, comparado a NS<sub>1</sub>. Ainda, em P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> não houve formação de racemo a partir do NS<sub>3</sub>. Para a cultivar G ocorreu decréscimos relativos em NS<sub>4</sub>, em relação a NS<sub>1</sub>, de 86,82%.

A cultivar G foi menos sensível que as demais cultivares em todos os níveis salinos estudados, sendo a AR 2,62 e 2,55 vezes superior a P<sub>1</sub> e 3,14 e 2,66 vezes maior que P<sub>2</sub>, nos níveis NS<sub>1</sub> e NS<sub>2</sub>, respectivamente. Em NS<sub>3</sub> e NS<sub>4</sub> as cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> emitiram a inflorescência, porém não houve a formação do racemo. Desta forma, P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> foram, comparativamente, bem mais sensíveis a NS<sub>3</sub> e NS<sub>4</sub> refletindo os efeitos observados no NDI (Figura 9B).

Tabela 18: Resumo de análise de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias para o número de dias para 1ª inflorescência (NDI) e altura do 1º racemo (AR) em plantas de mamona irrigadas com água apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	Quadrados Médios	
	NDI	AR
<b>NS em Paraguaçu 1 (P<sub>1</sub>)</b>		
Nível Salino (NS)	3315,64**	336,75**
Reg. Linear	8236,82**	874,02**
Reg. Quadrática	14,08*	10,08**
Desvio Reagr.	1696,02**	126,15**
Resíduo	2,17	0,33
	Figura 9A	Figura 9B
<b>NS em Paraguaçu 2(P<sub>2</sub>)</b>		
Nível Salino (NS)	2120,31**	261,86**
Reg. Linear	6060,15**	646,82**
Reg. Quadrática	168,75 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
Desvio Reagr.	132,02 <sup>ns</sup>	138,02**
Resíduo	136,00	5,17
	Figura 9A	Figura 9B
<b>NS em CSRN-367 (G)</b>		
Nível Salino (NS)	350,31**	1232,97**
Reg. Linear	1000,42**	3634,82**
Reg. Quadrática	30,08 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>
Desvio Reagr.	20,42 <sup>ns</sup>	62,02 <sup>ns</sup>
Resíduo	14,92	14,50
	Figura 9A	Figura 9B
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	60,33a	20,00b
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	62,67a	16,67b
G (CSRN-367)	44,67b	52,33a
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	64,67a	16,33b
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	69,33a	15,67b
G (CSRN-367)	47,33b	41,67a
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	120,00a	-
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	98,33b	-
G (CSRN-367)	59,00c	20,00a
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	120,00a	-
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	120,00a	-
G (CSRN-367)	68,00b	7,67a
<b>C dentro de NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	-	-
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	-	-
G (CSRN-367)	-	-

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade

#### 4.3.2 Dias para colheita, número de frutos por cacho, peso dos frutos, peso das sementes e peso de 10 sementes

Os dados da análise de variância para as variáveis número de dias para colheita (DPC), número de frutos por cacho (NFC), peso dos frutos (PF), peso das sementes (PS) e peso de 10 sementes (P10S) estão apresentados na (Tabela 19). Houve efeito significativo da salinidade, da cultivar e da interação desses dois fatores em todas as variáveis com exceção da PF e PS, onde o efeito da cultivar e da interação não foi significativo.

Tabela 19: Resumo da análise de variância referentes as variáveis: dias para colheita (DPC), número de frutos por cacho (NFC), peso dos frutos (PF), peso das sementes (PS) e peso de 10 sementes (P10S) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	GL	Quadrados médios				
		DPC	NFC	PF	PS	P10S
Nível Salino (NS)	2	4073,44**	4950,26**	33655,22**	13221,09**	58,52**
Cultivar (C)	2	6561,78**	969,37**	75,70 <sup>ns</sup>	11,31 <sup>ns</sup>	6,94**
Interação NS x C	4	1139,06**	94,59*	183,45 <sup>ns</sup>	69,95 <sup>ns</sup>	6,42**
Tratamento	8	3228,33	1527,20	8524,46	3343,08	19,22
Resíduo	18	133,52	24,59	159,02	72,42	0,92
CV (%)		8,35	16,32	17,13	18,48	23,17

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

Verificou-se que houve diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os níveis salinos Tabela 20, para os dias para colheita (DPC) da mamoneira. Nesta tabela são apresentadas as análises referentes aos desdobramentos da interação NS x C. De acordo com a (Figura 10A) os DPC para a cultivar G foram sempre antecipados relativamente às demais cultivares nos níveis NS<sub>1</sub>, NS<sub>2</sub> e NS<sub>3</sub>, com médias de 46,16 e 40,41% comparativamente às cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> para CEa de 4,7\* dS m<sup>-1</sup>, embora para a cultivar G os DPC tenham sido próximos em todos os níveis salinos.

Nesta variável não houve colheita nas condutividades elétricas 6,7 e 8,7 dS m<sup>-1</sup> em decorrência da não emissão de inflorescência, não formação do racemo e a da morte das plantas. Esses resultados podem estar associados aos efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a fisiologia da planta promovendo distúrbios metabólicos principalmente em relação à absorção da água e de nutrientes do solo, bem como a redução da AF que implicou em menor superfície fotossintetizante e, conseqüentemente, no rendimento da cultura, resultando, provavelmente, em um aumento nos dias para a colheita ou até mesmo a

inexistência desta (Kramer, 1969) e que interferiu diretamente no número de frutos no cacho, peso dos frutos, peso de sementes e peso de 10 sementes.

Com relação a variável número de frutos no cacho (NFC) houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para o fator NS, enquanto no fator C apenas não houve diferença significativa na condutividade de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$  denotando semelhança entre elas nesse nível de salinidade da água (Tabela 20). A cultivar G apresentou maior NFC em NS<sub>1</sub>, NS<sub>2</sub> e NS<sub>3</sub> sendo, aproximadamente, 4,99 vezes superior a cultivar P<sub>2</sub> em NS<sub>3</sub>. Não houve formação de frutos na cultivar P<sub>1</sub> em NS<sub>3</sub>. Embora estes resultados de NFC para a cultivar G, em relação a P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> aparentem ser expressivos, na CEa de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$  as três cultivares demandaram maior número de dias para que a contagem dos frutos fosse realizada o que permite deduzir que com o aumento da CEa houve um aparente retardamento na formação dos frutos e conseqüentemente problemas com a produção. Embora a cultivar G tenha apresentado melhores resultados em relação às demais cultivares, o NFC desta cultivar em NS<sub>3</sub> foi, em média, 85,96% menor que em NS<sub>1</sub> (Figura 10B).

Estudando o crescimento e a produção do algodoeiro colorido marrom escuro sob estresse salino, Siqueira (2003) observou uma redução de 30,45% no número de capulhos na CEa de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Esta redução, comparada com as obtidas no presente estudo, mostra que este nível de CE da água foi mais agressivo sobre a cultura da mamona.

Quanto ao peso de 10 sementes (P10S) (Tabela 19), houve efeito significativo dos fatores NS e C como também da sua interação (NS x C) indicando que esta variável foi dependente do aumento da salinidade na água de irrigação. De acordo com o desdobramento da interação (Tabela 20), houve efeito significativo em NS<sub>1</sub> e NS<sub>2</sub> a 0,01 e a 0,05 de probabilidade no NS<sub>3</sub>.

Para o P10S as cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> apresentaram resultados idênticas entre si e maiores que G em NS<sub>1</sub> e NS<sub>2</sub> sendo 46,73 e 46,65%, superior no nível salino mais baixo (Figura 10C). No NS<sub>3</sub> a cultivar P<sub>2</sub> apresentou P10S 24,04% inferior com uma produção relativamente pequena em relação a G o que possibilitou um maior P10S desta cultivar, ressalta-se que P<sub>1</sub> não apresentou produção.

Tabela 20: Resumo das análises de variância para os desdobramentos da interação (NS x C) e médias para o número de dias para colheita (DPC), número de frutos por cacho (NFC) e peso de 10 sementes (P10S) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	Quadrados Médios		
	DPC	NFC	P10S
<b>Nível Salino (NS) em Cultivar (C)</b>			
NS dentro P <sub>1</sub>	4474,33**	1408,33**	41,40**
NS dentro P <sub>2</sub>	1871,44**	1130,11**	27,75**
NS dentro G	5,78 <sup>ns</sup>	2601,00**	3,30*
	Figura 10A	Figura 10B	Figura 10C
<b>Cultivar (C) em Nível Salino (NS)</b>			
C dentro NS <sub>1</sub>	1154,78**	448,11**	11,12**
C dentro NS <sub>2</sub>	571,00*	652,11**	27,73**
C dentro NS <sub>3</sub>	7114,11**	58,33 <sup>ns</sup>	3,55*
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	137,66a	38,33b	6,89a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	141,33a	38,00b	6,88a
G (CSRN-367)	105,67b	59,33a	3,67b
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	129,33ab	36,67b	5,85ab
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	134,33a	31,67b	6,40a
G (CSRN-367)	108,33b	59,33a	4,05b
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	200,00a	0,00a	0,00b
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	180,67a	1,67a	1,58ab
G (CSRN-367)	107,67b	8,33b	2,08a

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. Às médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade

Observando-se os valores médios para a variável PF (Figura 10D), aquele obtido no nível 4,7dS m<sup>-1</sup> foi 96,68% inferior ao encontrado no nível de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, estando esta redução possivelmente relacionado à sensibilidade da mamoneira à salinidade da água de irrigação. Embora não tenham sido constatadas diferenças significativas com relação ao PF, esta variável nas cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> foi, respectivamente, 6,47 e 6,85% maior que na cultivar G (Tabela 21).

Com relação ao PS a tendência observada foi semelhante àquela do PF; isto é, houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas no maior nível de salinidade utilizado (4,7 dS m<sup>-1</sup>). Em termos relativos, o valor observado para o PS em (4,7 dS m<sup>-1</sup>) foi 96,80% menor que o observado em 0,7 dS m<sup>-1</sup> (Figura 10E). Quanto ao fator cultivar não houve efeito significativo sobre o PS indicando que não haver diferenças entre as três cultivares avaliadas.

A salinidade afeta tanto o crescimento como a produção das culturas, efeito que se manifesta, principalmente, na redução da população e desenvolvimento dos frutos, com

sinomas similares ao do estresse hídrico. Em geral, a salinidade do solo, tanto causada pela irrigação com por água salina como pela combinação de fatores água, solo, e manejo das culturas pode resultar em aumento nos dias para colheita, redução no número de frutos, peso dos fruto e sementes, influenciando diretamente na produção Rhoades et al., (2000).

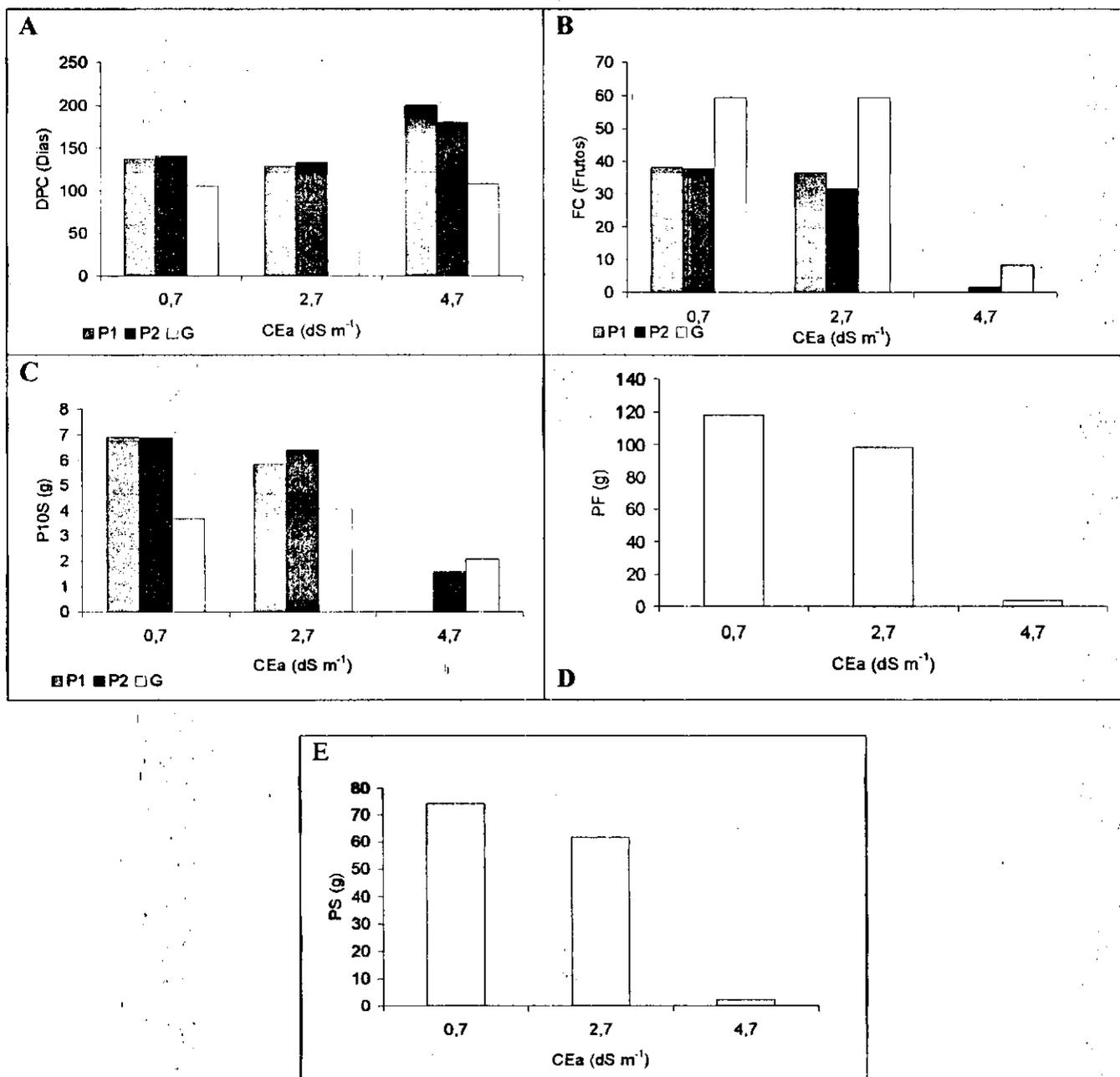


Figura 10: (A) Dias para colheita (DPC), (B) número de frutos no cacho (NFC), (C) peso de 10 sementes (P10S), (D) peso dos frutos (PF) e (E) peso das sementes (PS) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, aos 150 dias após sementeira (DAS). Campina Grande - PB, 2004.

Tabela 21: Valores médios dos fatores níveis salinos e cultivares para as variáveis peso (g) dos frutos (PF) e peso (g) das sementes (PS) em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	Médias	
	PF	PS
Nível Salino (NS)	Figura 10D	Figura 10E
Cultivares (C)		
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	75,12	46,94
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	75,43	43,39
G (CSRN-367)	70,26	44,79

#### 4.4. Consumo diário de água pelas plantas durante o ciclo

O fator NS afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) o consumo diário de água pelas plantas em todas as épocas. Não houve efeito significativo para o fator C até a 5ª época (61-75 DAS). Contudo, nas duas últimas épocas, houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Quanto à interação (NS x C), não houve efeito significativo na 1ª, 2ª, 3ª e 5ª época; na 4ª houve efeito significativo a 0,05 de probabilidade e na 6ª e na 7ª épocas a 0,01 de probabilidade (Tabela 22). O modelo de regressão que melhor se ajustou ao consumo de água até os 15 DAS foi o linear, com decréscimo estimado em NS<sub>5</sub> comparado a NS<sub>1</sub> de 22,23% (Figura 11A). Nos níveis de salinidade mais elevados (NS<sub>4</sub> e NS<sub>5</sub>), a redução no consumo de água pode estar diretamente relacionada com o baixo índice de velocidade de emergência e o prolongamento no período de germinação, o que retardou a emissão de folhas novas, afetando a área foliar e interferindo, em última análise, no consumo de água pelas plantas. As cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G não apresentaram diferenças significativas entre si.

Entre 16-30 DAS os dados de consumo de água se ajustaram à regressão quadrática (Figura 11A). Neste intervalo de tempo, o fluxo transpiratório de água nas plantas em NS<sub>1</sub> foi 57,87% maior que em NS<sub>5</sub>; essa tendência de maiores valores em NS<sub>1</sub>, comparativamente a NS<sub>5</sub>, foi também observada para as variáveis altura de planta, número de folhas e diâmetro do caule. De forma geral, as cultivares, individualmente, não diferiu quanto ao consumo de água, provavelmente, por estarem em sua fase inicial de crescimento (Tabela 22). O consumo de água na 3ª época (31-45 DAS) ajustou-se também ao modelo quadrática de regressão, com decréscimo de 80,82% em NS<sub>5</sub> comparado a NS<sub>1</sub> (Figura 11A). Observa-se, portanto, que a variação do consumo de água entre NS<sub>1</sub> e NS<sub>5</sub> foi sempre decrescente com o tempo indicando um agravamento da salinidade sobre este parâmetro fisiológico.

Tabela 22: Resumo da análise de variância e médias referente à variável consumo de água em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, nos períodos de 0-15, 15-30, 31-45, 46-60, 61-75, 76-90 e 91-105 dias após semeadura (DAS), Campina Grande, 2004.

Causas da Variação	L	- Quadrados Médios						
		0-15 DAS	16-30 DAS	31-45 DAS	46-60 DAS	61-75 DAS	76-90 DAS	91-105 DAS
Nível Salino (NS)	4	7985,91**	212884,85**	1408656,95**	3472244,24**	1020591,66**	4557468,69**	5289151,51**
Reg. Linear	1	9558,32**	32168,15**	1715461,23**		3466062,27**		
Reg. Quadrática	1	924,30 <sup>ns</sup>	7456,27*	142628,65**	Tabela 23	139923,67**	Tabela 23	Tabela 23
Desvio Reagr.	2	12,03 <sup>ns</sup>	457,73 <sup>ns</sup>	10064,09**		197535,30**		
Resíduo da Reg.	10	347,70	899,06	4117,48		799,22		
Cultivar (C)	2	242,26 <sup>ns</sup>	4238,26 <sup>ns</sup>	1064,02 <sup>ns</sup>	6659,83 <sup>ns</sup>	1434,10 <sup>ns</sup>	36699,42**	57697,08**
Interação NS x C	8	1247,54 <sup>ns</sup>	3462,62 <sup>ns</sup>	1278,20 <sup>ns</sup>	63860,03*	1432,58 <sup>ns</sup>	12514,40**	35466,86**
Tratamento	14	3029,18	63408,35	403355,82	996670,35	292621,10	1256444,66	1472331,81
Resíduo	30	658,01	4011,83	1266,17	2606,38	3863,58	1164,83	1658,25
CV		9,00	13,35	6,04	5,97	10,50	3,64	4,92
Nível Salino (NS)		Figura 11A	Figura 11A	Figura 11A	Figura 11A			
<b>Cultivares</b>								
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)		289,69	485,96	598,15	595,35	Tabela 23	Tabela 23	Tabela 23
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)		283,01	481,89	584,73	581,22			
G (CSRN-367)		282,48	455,02	582,62	599,99			
dms <sup>1</sup>		23,12	57,07	32,06	56,01			

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>1</sup>Diferença mínima significativa pelo teste de Tuckey ( $p < 0,01$ )

Segundo (Rhoades & Loveday, 1990), a diminuição do consumo de água pelas plantas com o aumento da salinidade na água de irrigação, e do tempo, está relacionada com o aumento do potencial osmótico da solução externa.

No intervalo de 46-60 DAS a equação que melhor se ajustou ao consumo de água das três cultivares foi a quadrática ( $p < 0,01$ ) (Tabela 23), com decréscimos relativos de 88,14, 87,96 e 90,27% entre 0,7 e 8,7 dS m<sup>-1</sup> para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, respectivamente (Figura 11B). A cultivar G consumiu mais em NS<sub>1</sub> em relação as P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>; ressalta-se, que nesta época (46-60 DAS) a cultivar G também tinha maior área foliar. No NS<sub>3</sub> as cultivares comportaram-se de forma semelhante e no NS<sub>4</sub> e NS<sub>5</sub> a cultivar G foi aquela com menor consumo de água.

No período entre 61-75 DAS os valores médios de consumo de água entre os níveis salinos foram menores em relação ao período anterior. Uma explicação para este fato é que neste período as plantas estavam emitindo a primeira inflorescência e perdendo as folhas basais (senescência). O modelo matemático que melhor se ajustou ( $p < 0,01$ ) ao consumo de água no período 61-75 DAS foi o linear, sendo 82,07% inferior em NS<sub>5</sub> comparado a NS<sub>1</sub> (Figura 11C). Para o intervalo 76-90 DAS houve efeito significativo da interação (Tabela 23), sendo a regressão quadrática significativa ( $p < 0,01$ ) ajustando-se melhor para as três cultivares estudadas.

Os valores de consumo diário de água para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G no NS<sub>4</sub>, em relação ao NS<sub>1</sub>, foram, respectivamente, 88,17, 88,76 e 88,35%, (Figura 11D). Observa-se que as reduções nesta variável em NS<sub>4</sub> foram bastante expressivas, comparativamente ao controle experimental. Em razão da morte das plantas no NS<sub>5</sub> o consumo de água pelas cultivares não foi registrado neste nível.

As cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> exibiram um consumo de água, em relação a G, 3,77 e 4,43% maior em NS<sub>1</sub> e 18,85 e 18,29% em NS<sub>2</sub>, respectivamente. Embora com o aumento da salinidade da água foi constatada uma tendência de igual consumo entre as três cultivares, ainda assim, a G consumiu menos água, possivelmente pelo porte inferior desta cultivar.

Os resultados do consumo de água registrados no intervalo entre 91-105 DAS apresentaram diferenças significativas (Tabela 23) e foram ajustados a equações de regressão (Figura 11E) onde o modelo matemático melhor ajustado foi a quadrática significativo ( $p < 0,01$ ) probabilidade, para todas as cultivares.

Tabela 23: Resumo das análises de variância dos desdobramentos da interação (NS x C) e médias para consumo de água em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, nos períodos de 46-60, 76-90 e 91-105 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, 2004.

Causas de Variação	Quadrados Médios		
	46-60 DAS	76-90 DAS	91-105 DAS
<b>NS dentro de Paraguaçu-1</b>			
Nível Salino (NS)	1120179,92**	1577521,52**	1869583,33**
Reg. Linear	4242799,18**	4411138,70**	5046400,21**
Reg. Quadrática	109989,92**	39522,19**	392889,50**
Desvio Regr.	63965,30**	281903,65**	169460,27**
Resíduo	4219,94	753,17	586,41
	Figura 11B	Figura 11D	Figura 11E
<b>NS dentro de Paraguaçu-2</b>			
Nível Salino (NS)	1056316,67**	1634331,58**	1844526,82**
Reg. Linear	4032849,35**	4541526,89**	5061451,41**
Reg. Quadrática	147379,64**	57776,89**	234824,95**
Desvio Regr.	22518,85*	303690,97**	237304,09**
Resíduo	3273,20	909,89	4303,28
	Figura 11B	Figura 11D	Figura 11E
<b>NS dentro de CSRN-367</b>			
Nível Salino (NS)	1314844,67**	1370644,39**	1645962,37**
Reg. Linear	5048479,09**	3895046,07**	4133304,07**
Reg. Quadrática	159637,74**	137533,56**	798768,00**
Desvio Regr.	25630,92**	79353,52**	5815,05**
Resíduo	1460,41	1831,41	85,32
	Figura 11B	Figura 11D	Figura 11E
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	1639,56b	1776,44ab	1872,67a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	1644,22b	1788,44a	1806,66ab
G (CSRN-367)	1773,78a	1709,11b	1782,89b
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	1341,11a	1393,56a	1143,33a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	1237,11b	1384,00a	1197,56a
G (CSRN-367)	1322,22ab	1130,89b	781,33b
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	664,11a	440,00a	244,44a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	664,11a	406,89a	239,33a
G (CSRN-367)	717,78a	403,11a	197,33a
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>			
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	376,44a	286,67a	238,89a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	376,44a	280,00a	189,78a
G (CSRN-367)	347,11a	253,11a	227,78a
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	241,55a	-	-
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	241,33a	-	-
G (CSRN-367)	210,22a	-	-

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; ns não significativo.

As plantas das cultivares de mamoneira não resistiram ao NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>) e os decréscimos no consumo de água em NS<sub>4</sub>, relativos a NS<sub>1</sub>, foram de 90,30, 93,22 e 87,84% para as cultivares P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e G, respectivamente; a tendência geral observada foi a de uma redução no consumo de água, principalmente nos NS mais elevados, com o avanço do ciclo (Tabela 23).

As plantas diferiram apenas em NS<sub>1</sub> e NS<sub>2</sub> sendo o maior consumo de água observado nas cultivares P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> seguidas por G; similar tendência foi obtida com relação à altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar em 80-100 DAS. Nos níveis salinos NS<sub>3</sub> e NS<sub>4</sub> as plantas comportaram-se de forma semelhante e com um consumo inferior ao intervalo anterior (76-90 DAS). Cavalcanti (2003) verificou que com o incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação variando entre 0,7 e 4,7 dS m<sup>-1</sup> a cultivar de mamona BRS-149 Nordestina consumiu 1,9 L (6,29%) a menos de água, no período de 80 DAS. Nobre (2001), estudando mudas enxertadas de gravioleiras em condições de salinidade verificou uma redução de 98,20% no consumo de água na CEa de 4,5 dS m<sup>-1</sup>, já Siqueira (2003), em seu estudo com o algodão colorido marrom observou decréscimo de aproximadamente 20,00%, confirmando a redução do consumo pela planta com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Aumentando a condutividade elétrica da água (CEa) aumenta também a tensão necessária para que a planta retire água do solo uma vez que o potencial do solo torna-se cada vez mais negativo e, conseqüentemente, a planta terá uma maior dificuldade para utilizar essa água que, apesar de sua presença no solo, não está totalmente disponível para as plantas. (Rhoades & Loveday, 1990).

Segundo Rhoades et al. (2000), a concentração salina próxima à zona radicular reduz o fluxo de água nas plantas devido ao efeito osmótico, fato observado durante todo o ciclo, comprovando que o estresse salino, induz a um estresse hídrico, devido a redução do potencial osmótico da solução do solo.

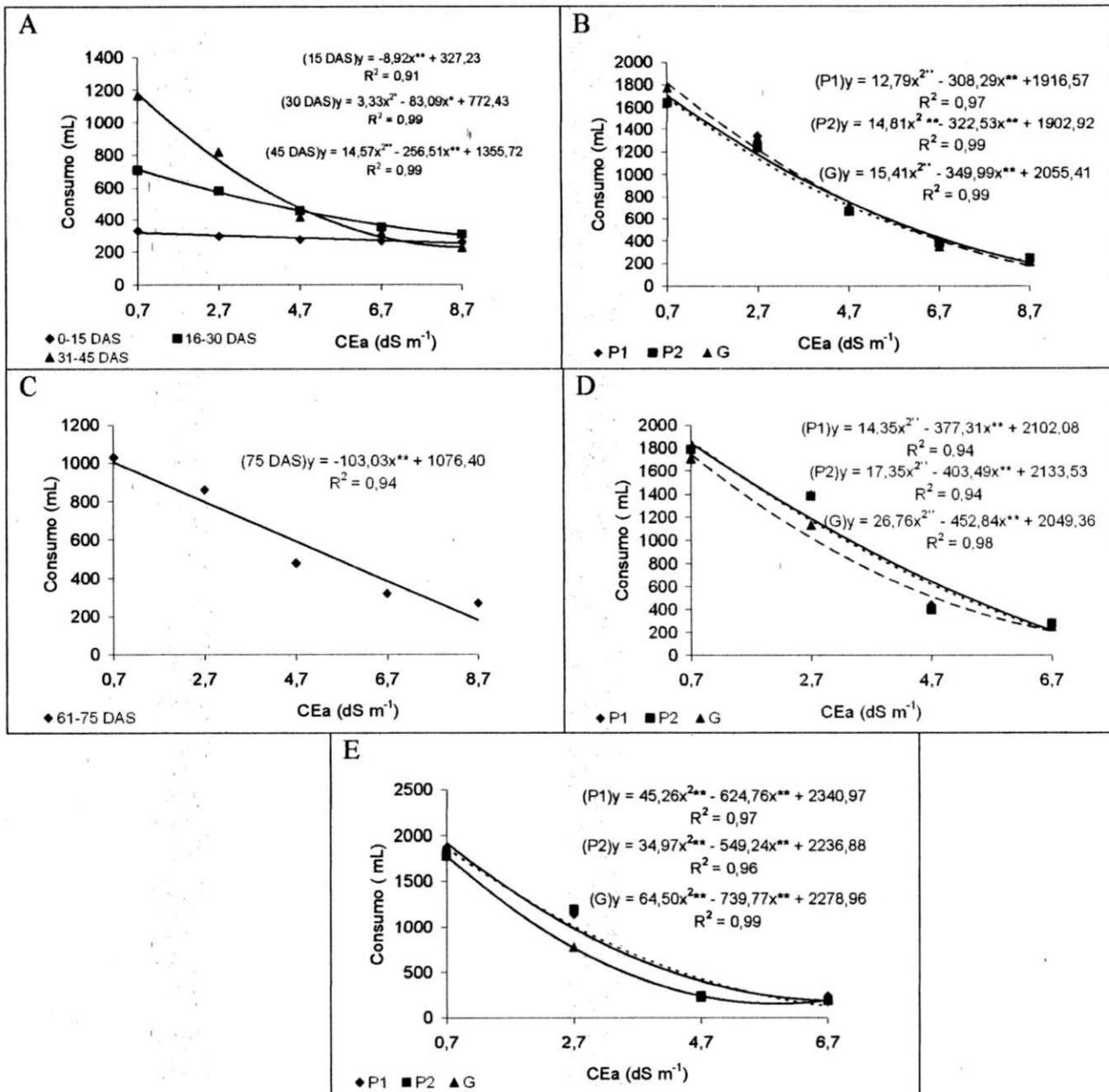


Figura 11: Consumo diário de água em plantas de mamona nos intervalos de 0-15 (A), 16-30 (A), 31-45 (A), 46-60 (B), 61-75 (C), 76-90 (D) e 91-105 (E) dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande – PB, 2004.

#### 4.5 Dias de sobrevivência

O resumo da análise de variância para os dias de sobrevivência da mamona (Tabela 24) denota que o fator NS e a interação NS x C foram significativos ( $p < 0,01$ ), no entanto o fator C não foi significativo. Conforme os estudos de regressão originados a partir do desdobramento da interação (NS x C), para os dias de sobrevivência (Tabela 25), se observou que o modelo matemático que melhor refletiu os efeitos do aumento da salinidade sobre esta variável foi o quadrático para P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> e o linear para G. Os decréscimos obtidos para os dias de sobrevivência (relativos a NS<sub>1</sub>) foram de 49,68% na P<sub>1</sub>, 43,14% na P<sub>2</sub> e 40,88% na G no NS<sub>5</sub>, sendo que na cultivar G o decréscimo relativo para os dias de sobrevivência por incremento unitário de salinidade (CEa), foi de 5,11%, relativo a NS<sub>1</sub>.

Tabela 24: Resumo da análise de variância referente aos dias de sobrevivência (DS) da mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios
		DS
Nível Salino (NS)	4	7591,50**
Cultivar (C)	2	183,20 <sup>ns</sup>
Interação NS x C	8	480,37**
Tratamento	14	2469,67
Resíduo	30	148,55
CV (%)		9,55

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

O excesso de sais na zona radicular das plantas, em geral, exerce efeitos nocivos no crescimento. A hipótese que melhor explica este fato é que a salinidade excessiva reduz o crescimento e causa a até a morte das plantas por causa do aumento da energia que é gasta pelas plantas na absorção de água do solo e no ajuste osmótico para sobreviverem e produzirem em condições de estresse Rhoades et al. (2000).

Tal fato pode ser observado, durante o ciclo do experimento, pois nos níveis aplicados com água de salinidade mais elevada, observou-se um atraso na germinação que foi refletido durante o prolongamento dos dias, apresentando as três cultivares como mais sensíveis a longos períodos de irrigação, culminando com as mortes das plantas em média aos 80 DAS na CEa de 8,7 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 25). Para o nível salino de 6,7 dS m<sup>-1</sup>, estas foram conduzidas em média até 122 DAS. Nos dois níveis salinos citados, as plantas não completaram o ciclo, então podemos dizer que elas não toleram a salinidade, nessas CEas.

Tabela 25: Resumo da análise de variância dos desdobramento da interação (NS x C) e médias dos dias de sobrevivência em plantas de mamona irrigadas com águas apresentando diferentes níveis de salinidade, aos 150 DAS. Campina Grande - PB, 2004.

Causas de Variação	Quadrados Médios
	150 DAS
<b>NS em Paraguaçu 1 (P<sub>1</sub>)</b>	
Nível Salino (NS)	3673,67**
Reg. Linear	14126,70**
Reg. Quadrática	282,88**
Desvio Repr.	142,54**
Resíduo	15,27
	Figura 12
<b>NS em Paraguaçu 2 (P<sub>2</sub>)</b>	
Nível Salino (NS)	2710,33**
Reg. Linear	10528,13**
Reg. Quadrática	16,09**
Desvio Repr.	148,55 <sup>ns</sup>
Resíduo	38,60
	Figura 12
<b>NS em CSRN-367 (G)</b>	
Nível Salino (NS)	2333,17**
Reg. Linear	8738,13**
Reg. Quadrática	354,38 <sup>ns</sup>
Desvio Repr.	120,08 <sup>ns</sup>
Resíduo	40,27
	Figura 12
<b>C dentro de NS<sub>1</sub> (0,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	150,00a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	150,00a
G (CSRN-367)	150,00a
<b>C dentro de NS<sub>2</sub> (2,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	150,00a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	150,00a
G (CSRN-367)	150,00a
<b>C dentro de NS<sub>3</sub> (4,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	150,00a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	150,00a
G (CSRN-367)	107,67b
<b>C dentro de NS<sub>4</sub> (6,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	119,33a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	116,67a
G (CSRN-367)	131,67a
<b>C dentro de NS<sub>5</sub> (8,7 dS m<sup>-1</sup>)</b>	
P <sub>1</sub> (Paraguaçu 1)	73,67a
P <sub>2</sub> (Paraguaçu 2)	86,33a
G (CSRN-367)	79,67a

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

Quanto ao fator cultivar todas se comportaram de maneira semelhante, exceto a G no NS<sub>3</sub> o que é explicado por um ataque de fungos; contudo, à medida que a salinidade aumentou houve uma diminuição nos dias de sobrevivência de todas as cultivares.

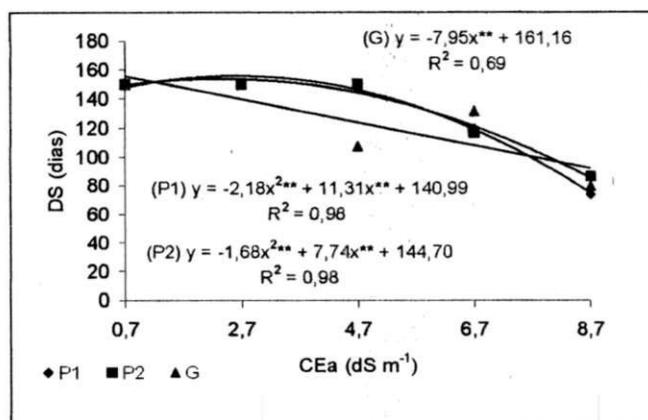


Figura 12: Dias de sobrevivência (DS) das plantas de mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande-PB, 2004.

## **5 CONCLUSÕES**

1. A percentagem de germinação e o índice de velocidade de emergência diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação, aumentando os dias para germinar.
2. A altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar foram afetadas negativamente em relação ao nível salino  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  aos 60 DAS em todas as cultivares.
3. Na cultivar CSRN-367 observou menor fitomassa da parte aérea, raiz e total na condutividade elétrica de  $6,7 \text{ dS m}^{-1}$  aos 150 DAS.
4. Ocorreu um aumento de dias na emissão da primeira inflorescência em todas as cultivares com o aumento da salinidade da água de irrigação, enquanto que na altura do racemo as cultivares Paraguaçu-P1 e Paraguaçu-P2 comportaram-se de forma semelhante.
5. Nas variáveis peso de frutos e peso das sementes as cultivares não apresentaram efeitos significativos.
6. A cultivar CSRN-367 foi mais precoce e proporcionou maior número de frutos que as outras duas cultivares, embora com o peso das sementes sensivelmente inferior.
7. Em todas as cultivares o consumo diário de água decresceu drasticamente com o aumento da salinidade da água de irrigação.
8. Com o aumento da salinidade da água de irrigação as cultivares diminuíram os dias de sobrevivência.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

AMORIM, J. R. A. de. **Comportamento do alho sob duas formas de aplicação de diferentes níveis de salinidade de água de irrigação.** Campina Grande-PB. UFPB. 1994. 97p. (Dissertação de Mestrado).

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N.E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed. Téc.) **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 3, p. 63-76.

ANDRADE, L. N. V.; LOPES, H.L. **Aplicação de modelos hidrológicos superficiais e subsuperficiais em bacias hidrográficas: FASE I – compilação de banco de dados.** Juazeiro: UNEB – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais. Disponível em: [geodesia.ufsc.br/Geodesia on line/ ARQUIVO/Cobrac\\_2000/130/130.htm](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia%20on%20line/ARQUIVO/Cobrac_2000/130/130.htm). Acesso em 20 de Agos. 2003

ARAÚJO, A. E de; AMORIM NETO, M. da; BELTRÃO, N. E.de M. Municípios aptos e épocas para o cultivo da mamoneira no estado da Paraíba. **Revista de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v.4, n.2, p.103-110, 2000.

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

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino.** Recife: CNPq.1995.128p.

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 revisado 1).

AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M.; BATISTA, F.A.S.; LIMA, E. F. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 21p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 34).

AZEVEDO, D.M. P. de; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E.de M.; SOARES, J.J.; VIEIRA, R. de M.; MOREIRA, J,de A.N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 25).

- BERNSTEIN, L. Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant analysis and fertilizer problems**. v.4, p.25-45. 1964.
- BOHN, H. L.; Mc NEAL, B.L.; O'CONNOR, G. A.; **Soil Chemistry**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1985, 647p.
- BRADY, N.; BUCKMAN, H. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro; Livraria Freitas Bastos S. A. 1983. 647p.
- CAMPOS, C. A. B. **Germinação, desenvolvimento e produção do tomateiro industrial, sob estresse salino**. Campina Grande-PB; UFPB, 2001, 144p. (Dissertação de Mestrado).
- CARNEIRO, P. T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade**. Campina Grande-PB: UFPB 2001, 85p. (Dissertação de Mestrado).
- CARVALHO, J. M. F.; PIO, K. B.; SANTOS,; ALMEIDA, F de A. C. Germinação e contaminação de sementes de mamoneira *in vitro* mediante quebra de dormência e desinfecção. **Revista Brasileira Oleaginosa e Fibrosas**, v. 6, n. 1, p. 483 a 490, jan-abr. 2002.
- CAVALCANTI, M. L. F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. Campina Grande -PB: UFCG, 2003, 46p. (Dissertação de Mestrado).
- CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.
- DAKER, A. **A água na agricultura**. Irrigação e drenagem. Parte 3 (ed. 7). Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. v.3 543p.
- DUARTE, S. R.; **Alterações na nutrição mineral do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação**. Campina Grande-PB, UFCG, 2002, 86p (Dissertação de Mestrado)
- EMBRAPA. **Manual e métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. Embrapa. 1997.212p. .
- EMBRAPA- **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L)**, Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1997. 52p. (Circular Técnica, 25).
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18).
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R.; Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 319 – 362.
- FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA- SPU; Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1997. 292p.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 421p.

- FERREIRA NETO, M. **Desenvolvimento e produção do coqueiro sob diferentes salinidades na água de irrigação.** Campina Grande; UFPB, 2001. 88p. (Dissertação de Mestrado).
- FORNANZIERI JÚNIOR, A. **MAMONA: Uma rica fonte de óleo e de divisas.** São Paulo. Coleção Brasil Agrícola. Ícone Editora Ltda. 1986. 75p.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos.** Mossoró: ESAM. 1991, 70p.
- GREENWAY, H.; MUNNS, W. B. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190. 1980.
- GURGEL, M. T. **Produção de mudas de aceroleira sob diferentes condições de salinidade da água de irrigação.** Campina Grande-PB: UFPB, 2001, 117p (Dissertação de Mestrado)
- 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 na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.137-169.
- KRAMER, P. I. **Plant and soil water relationships: a modern synthesis.** New York: McGraw Hill, 1969. 482p.
- LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do nordeste semi-árido brasileiro.** Recife: SUDENE/DPG/PRN/Grupo de Trabalho de Hidrometeorologia, 1989. 95p. (SUDENE. Hidrologia, 26).
- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v.38, n.10, p. 18-21, 1984.
- 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.
- LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste.** Recife: SUDENE-DRN, 1983. p.91-141. Relatório Final do Convênio Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro.
- LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE/CPAGRO, 1996.
- LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.113 – 136.
- LIMA, L. A.; GRISMER, M. E.; NIELSEN, D. R. Salinity effects on Yolo loam hydraulic properties. **Soil Science**, v.150, n.1. 1990.
- MAAS, E. V. Crop tolerance. **California Agriculture**, v.38, n.10, p.20-21, 1984.

MAAS, E. V., HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, n.2, p.115-134, 1977.

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-PB: UFPB 1992, 173p (Dissertação de Mestrado).

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação**. Mossoró: ENA/ESAM, 1994. 60p. (ESAM, Boletim Técnico Científico, 22).

MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MOREIRA, J. de A.; LIMA, E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVEDO, D.M.P. de; **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1996. 29p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 34).

NOBRE, R. G. **Formação de mudas enxertadas de gravioleira em condições de salinidade**. Campina Grande: UFCG, 2002. 84p. (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, J. R. Solos salinos sódicos. **Anais...** Reunião de fertilidade dos solos, 15. Campinas-SP: Campinas, 1983. p.127-143.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelo salinos**. 2 ed. Madrid: Editorial Española S. A. 1985. 542p.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. (ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p. 11-27.

POSTAL, S. Saving water in agriculture. In; BROWN, L. R.; DURNING, A.; FLAVIN, C.; FRENCH, H.; JACOBSON, J.; LOWE, M. Ed. **State of the world**. New York: W.W.Norton, 1990. p. 39-58.

REEVE, R. C.; FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINSTER, T. W. (eds). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967 cap.51 p.356-357.

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, 48 revisado).

RHOADES, J. D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWARD, B. A, NIELSEN, D. R. (eds). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1990. Cap. 9, p.31-67. (Agronomy, 30).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, United States Department of Agriculture, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.

RODRIGUES, L. N. **Estresse salino na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado**. Campina Grande-PB: UFPB, 2000. 145p. (Dissertação de Mestrado).

ROMERO, R. E.; OLIVEIRA, T. S. Imobilização de nutrientes e produção de matéria seca em condições de salinidade e sodicidade crescentes no solo. **Revista Ceres**. vol.17. n.272, p.363-373, 2000.

ROSA, E. A. dos S. A salinização em ambientes protegidos. In: Forum Internacional de Cultivo Protegido. Botacatu-SP.1997. **Anais...**, Botacatu: UNESP, p.226-262. 1997.

RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil-water-suction relationships as affected by soil solution composition and concentration. In: BANIN, A.; KAFKAFI (eds). **Agrochemicals in soils**. Pergamon Press. 1980. p.287-296.

SANTOS, R. V. dos; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.319 – 362.

SAVY FILHO, A. **Melhoramento de espécies cultivadas: melhoramento da mamona**. Viçosa – MG. 1996. UFV, p.385-407.

SAVY, S. A.; BANZATTO, N. Z.; BARBOZA, M. Z. Mamona In: **Oleaginosa no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**, 1999, p.29-39.

SHANNON, M. C. Quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Horticulture Science**, v.14, p.587-589. 1979.

SILVA, A. Q. da. **Efeito do cloreto de sódio no crescimento, concentração de nutrientes e de sódio nas características tecnológicas de seis cultivares de sorgo sacarina**. Piracicaba, São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz. 1983. 175p. (Tese de Doutorado).

SILVA, D. da.; PRUSKI, F. F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/ SBH/ ABEAS.1997. 252p.

SIQUEIRA, E. C. Crescimento e produção do algodoeiro colorido marrom escuro CNPA 2002/26 sob estresse salino. Campina Grande-PB: UFCG 2003. 57p. (Dissertação de Mestrado).

SMEDEMA, L. K., RYCROFT, D. W. **Land drainage: Planning and design of agricultural drainage systems**. London: editora Batsfort. 1988. 376p.

SOARES, F. A. L. **Comportamento do maracujazeiro amarelo sob condições de estresse salino**. Campina Grande-PB; UFPB, 2001. 140p. (Dissertação de Mestrado).

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

VAN ALPHEN, D. W. VERHOEVEN, B. **Salt-affected soils and their reclamation**. In: International Course on Land Drainage, 22, [S.l.], 1983. 34p.

VIANA, S. B. **A Estresse salino na germinação, fase muda e produção de alface (*Lactuca Sativa L*)** Campina Grande-PB: UFPB, 2000. 127p. (Dissertação de Mestrado).

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP-FCAVJ, 1994. 164p.

VIEIRA, R. de M.; LIMA, E. F. Importância sócio econômica e melhoramento genético da mamoneira do Brasil. Disponível em: < [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br) > Acesso em: 15/03/2004.

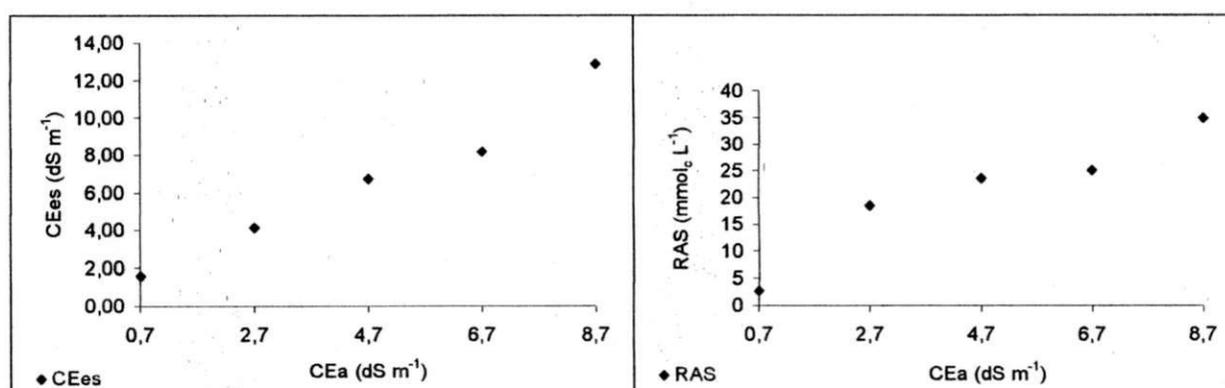
WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Logman, 1983. 660p.

WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium birsutum L.*), castors (*Ricinus communis L.*), and sorghum (*Sorghum vulgare L.*). **Agronomy Journal**, v. 59. p. 484-486. 1967.

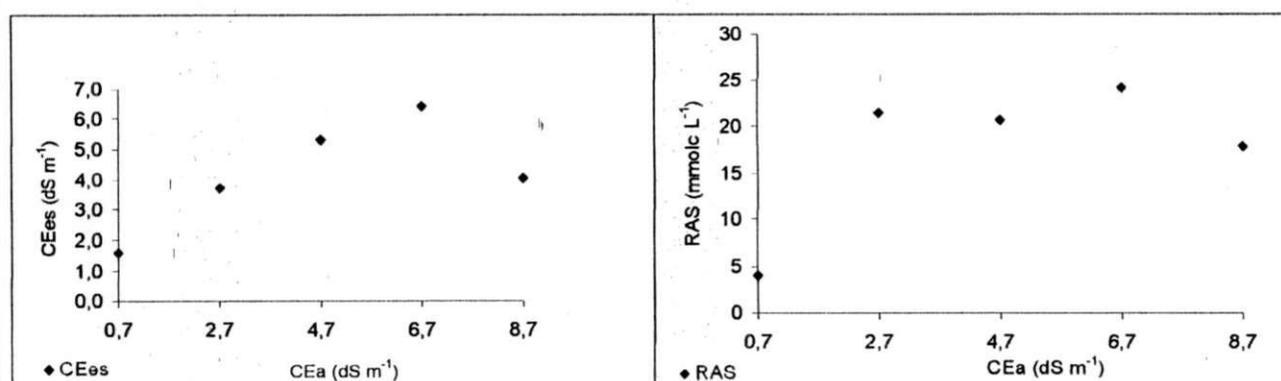
WILCOX, L.V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINISTER, T. W. (eds). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967.

## 7 APÊNDICE

**APÊNDICE 01. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e relação de adsorção de sódio (RAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação na profundidade 0-30 cm, Campina Grande, 2004.**



**APÊNDICE 02. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e relação de adsorção de sódio (RAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação na profundidade 30-60 cm, Campina Grande, 2004.**



**APÊNDICE 03. Características químicas obtidas nas amostras de solo, coletadas no final do experimento na profundidade de 0-30 e 30-60 cm do vaso. Campina Grande-PB, 2004.**

0-30 cm										
Níveis Salinos	pH Pasta	CEa	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NA <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>2</sub>	RAS
dS m <sup>-1</sup>		dS m <sup>-1</sup>				mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>				(mmol.L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>
0,7	7,89	1,59	7,64	8,60	7,66	0,29	10,96	A	4,41	2,69
2,7	7,55	4,12	5,54	5,99	44,41	0,57	44,97	A	5,57	18,57
4,7	7,42	6,73	7,59	10,97	72,30	1,10	73,16	A	4,83	23,61
6,7	7,60	8,17	10,20	12,62	86,52	-0,89	94,32	A	4,48	25,09
8,7	7,58	12,88	16,04	16,77	146,19	2,01	159,75	A	5,50	34,91

30-60 cm										
Níveis Salinos	pH Pasta	CEa	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NA <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>2</sub>	RAS
dS m <sup>-1</sup>		dS m <sup>-1</sup>				mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>				(mmol.L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>
0,7	6,60	1,60	3,75	8,30	10,05	0,77	12,49	A	3,33	4,03
2,7	6,07	3,72	2,84	8,60	55,77	0,71	58,28	A	4,86	21,42
4,7	5,53	5,32	4,31	10,09	54,97	1,43	59,21	A	1,98	20,68
6,7	5,83	6,41	5,92	9,65	67,27	2,01	74,98	A	3,28	24,22
8,7	5,44	4,06	3,96	6,38	42,37	1,29	48,52	A	2,98	17,91

**APÊNDICE 04. Fotos ilustrativas do estudo.**

	
<p>Foto 01. Vista do experimento</p>	<p>Foto 02. Vista das plantas aos 20 DAS</p>
	
<p>Foto 03. Aplicação das soluções nos respectivos tratamentos.</p>	<p>Foto 04. Planta no NS<sub>5</sub> aos 52 DAS</p>
	
<p>Foto 05. Inflorescência aos 52 DAS</p>	<p>Foto 06. Frutos formados aos 69 DAS</p>
	
<p>Foto 07. Vista do experimento aos 69 DAS</p>	<p>Foto 08. Vista do experimento aos 134 DAS</p>