



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



**DISSERTAÇÃO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SOB ESTRESSE SALINO  
E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**Francisco de Sales Leite de Carvalho**

---

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**JULHO-2012**



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



**FRANCISCO DE SALES LEITE DE CARVALHO**

Engenheiro Florestal

**CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SOB ESTRESSE SALINO  
E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola (M.Sc.).

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO  
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**Orientador: Dr. HANS RAJ GHEYI**

Campina Grande – Paraíba

JULHO- 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C331c Carvalho, Francisco de Sales Leite de.  
Crescimento do pinhão manso (*jatropha curcas L.*) sob estresse salino e adubação nitrogenada/Francisco de Sales Leite de Carvalho. – Campina Grande, 2012.  
86f.: il.col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.  
Orientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi.  
Referências.

1. Oleaginosa. 2. Salinidade. 3. Morfológica. I. Título.

CDU 633.85(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

FRANCISCO DE SALES LEITE DE CARVALHO

CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SOB ESTRESSE  
SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Hans Raj Gheyi  
Orientador (AEA/CTR/UFCC)

Dr. Claudio Augusto Uyeda  
Examinador (IFPB)

Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares  
Examinador (IFGOIANO)

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo  
Examinador (UAEA/CTR/UFCC)

JULHO- 2012

*Aos meus amados pais, Joaquim Virgolino de Carvalho  
e Maria Leite Guimarães, pelo amor e dedicação que  
sempre tiveram a mim.*

---

**OFEREÇO**

*A minha querida esposa Eliene e aos meus filhos  
Camila, Rafaelly e Luis Gustavo.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, razão maior de minha existência e Sua presença em todos os momentos da minha vida.

A meus pais, Joaquim Virgolino de Carvalho e Maria Leite Guimarães, pelos ensinamentos e por tudo que me propiciaram na vida.

A minha esposa, Eliene, que sempre esteve ao meu lado nos momentos de dificuldade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade em prol da realização deste curso.

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

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo financiamento desta pesquisa.

Ao meu orientador **Dr. Hans Raj Gheyi** pela orientação, dedicação, estímulo, apoio e amizade, debatendo sempre a respeito do trabalho.

Aos examinadores, Dr. Claudio Augusto Uyeda, Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares e Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, pelas valiosas contribuições em busca da melhoria deste trabalho.

Em especial ao Dr. Claudio Augusto Uyeda por ter participado do desenvolvimento desta pesquisa, em todas as suas etapas.

A professora Dra. Josivanda Palmeira Gomes pela força, apoio e colaboração dada para minha conclusão desse curso e a realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos da Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, em especial a Allan, Alberto, João Batista, Valfisio e Kaline, pela amizade e contribuições que dispuseram para o meu crescimento intelectual e de convivência, no decorrer deste Mestrado.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG.

Enfim agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

## SUMÁRIO

Listas de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	x
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1 Introdução.....	1
2 Objetivos.....	3
3 Revisão de Literatura.....	4
3.1 Considerações gerais da cultura do pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.).....	4
3.2 Utilização e importância econômica.....	9
3.3 Qualidade de água para irrigação.....	10
3.4 Efeito da salinidade no solo.....	14
3.5 Efeito da salinidade nas plantas.....	16
3.6 Tolerância das culturas à salinidade.....	18
3.7 Adubação Nitrogenada.....	21
3.8 Relação salinidade e adubação nitrogenada.....	23
3.9 Análise das variáveis de crescimento.....	24
4 Material e Métodos.....	26
4.1 Localização do experimento.....	26
4.2 Delineamento experimental.....	27
4.3 Recipientes.....	28
4.4 Solo.....	28
4.5 Instalação.....	29
4.6 Irrigação.....	30
4.7 Tratos culturais.....	31
4.8 Variáveis analisadas.....	32
4.8.1 Variáveis de crescimento.....	32
4.9 Fitomassa seca da parte aérea (FSPA).....	34
4.10 Análise estatística.....	34
5 Resultados e discussão.....	35
5.1 Variáveis de crescimento.....	35
5.1.1 Altura.....	35
5.1.2 Diâmetro do caule (DC).....	40
5.1.3 Número de folhas.....	44
5.1.4 Área foliar (AF).....	48
5.2 Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de Plantas (TCA AP).....	54

5.3	Taxa de Crescimento Relativo da Altura de Plantas (TCR AP) .....	56
5.4	Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro Caulinar (TCA DC) .....	59
5.5	Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro Caulinar (TCRDC) .....	62
5.6	Fitomassa seca da parte aérea (FSPA).....	65
6	Considerações finais .....	67
7	Conclusões .....	70
8	Referências .....	71
9	Apêndice .....	86

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 01: Distribuição dos vasos com dois coletores de drenagem na casa de vegetação .....	26
Figura 02: Detalhes da folha e do broto apical do pinhão-manso atacados pelo ácaro branco ..	31
Figura 03: Evolução da altura do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS).Campina Grande,PB, 2012.....	36
Figura 04: Altura do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande,PB, 2012.....	40
Figura 05: Evolução do diâmetro do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS).Campina Grande,PB, 2012 .....	41
Figura 06: Diâmetro do Caule do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande,PB, 2012.....	44
Figura 07: Evolução do número de folhas do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2012 .....	45
Figura 08: Número de Folhas do pinhão-manso em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande,PB, 2012.....	48
Figura 09: Evolução da área foliar do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2012 .....	49
Figura 10: Área foliar do pinhão-manso em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande,PB, 2012 .....	53
Figura 11: Sintomas característicos da salinidade nas folhas do pinhão-manso.....	53
Figura 12: Taxa de Crescimento Absoluto da Altura do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande,PB, 2012 .....	56
Figura 13: Taxa de Crescimento Relativo da Altura do pinhão manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande,PB, 2012 .....	59

Figura 14: Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012 .....	62
Figura 15: Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012 .....	65
Figura 16: Fitomassa Seca da Parte aérea do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2012 .....	66
Figura 17: Pouca ou quase nenhuma ramificação lateral das plantas do pinhão-manso (sintomas de dominância apical).....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da água de irrigação quanto ao risco de salinidade .....	13
Tabela 2: Risco de problemas de permeabilidade no solo, causados pela sodicidade da água..	14
Tabela 3: Classificação das culturas quanto a tolerância relativa à salinidade .....	19
Tabela 4: Dados metereológicos de Campina Grande durante a condução do experimento. ....	27
Tabela 5: Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento .....	29
Tabela 6: Volume de água utilizado na irrigação, precipitação mensal e volume precipitado por vaso, durante o experimento com pinhão-manso. ....	31
Tabela 7: Resumo da análise de variância da Altura de Plantas (AP) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura - DAS . Campina Grande,PB, 2012. ....	39
Tabela 8: Resumo da análise de variância do diâmetro do caule (DC) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande,PB, 2012. ....	43
Tabela 9: Resumo da análise de variância do Número de Folhas (NF) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande,PB, 2012 .....	47
Tabela 10: Resumo da análise de variância da Área Foliar (AF) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande,PB, 2012... ..	52
Tabela 11: Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de Plantas (TCA AP) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande,PB, 2012 .....	55
Tabela 12: Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Relativo da Altura de Plantas (TCR AP) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio, nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande,PB, 2012 .....	58

Tabela 13: Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro do Caule (TCA DC) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio, nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012. ....	61
Tabela 14: Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro do Caule (TCR DC) do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio, nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012. ....	64
Tabela 15: Resumo da análise de variância da Fitomassa Seca da Parte Aérea do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio. Campina Grande, PB, 2012 .....	66

## RESUMO

### CRESCIMENTO DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L) SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) surge como alternativa para produção de biodiesel e, devido à sua rusticidade pode ser cultivado em várias regiões do país, inclusive no Nordeste do Brasil. Com o objetivo de estudar o crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas e adubação nitrogenada e seus efeitos sobre as variáveis morfológicas, conduziu-se um experimento em casa de vegetação localizada na área experimental do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG-PB. A cultura foi semeada em vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem com capacidade para 240 kg de solo; foi utilizado, como substrato, um solo do tipo Neossolo regolítico eutrófico de textura franco-arenosa caracterizado como não salino e não sódico. O fator salinidade foi baseado na condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m<sup>-1</sup>) preparado com adição NaCl na água de abastecimento de Campina Grande, PB, e as doses de nitrogênio foram utilizadas com base à recomendação de Novais (1991) para experimentos em vasos (50, 75, 100, 125 e 150%). O delineamento estatístico experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 5x5 em três blocos. Sendo analisadas as variáveis de crescimento: altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar, taxa de crescimento absoluto da altura, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto do diâmetro e taxa de crescimento relativo do diâmetro, aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura. Não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para sua interação com a salinidade, em nenhuma das variáveis estudadas. A salinidade afetou linearmente a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas, a área foliar, a taxa de crescimento absoluto da altura, a taxa de crescimento relativo da altura, a taxa de crescimento absoluto do diâmetro e a taxa de crescimento relativo do diâmetro do pinhão-manso sendo área foliar a variável mais sensível.

**Palavras-chaves:** oleaginosa, salinidade, morfológica

## ABSTRACT

### GROWTH OF JATROPHA UNDER SALT STRESS AND NITROGEN FERTILIZATION

*Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) is an alternative for biodiesel production due to its hardiness and can be grown in various regions of the country, including the northeast Brazil. In order to study the growth of *Jatropha* irrigated with saline water and application of nitrogen and their interactive effects on the morphological variables. An experiment was conducted in a greenhouse located in the experimental area of the Academic Unit of Agricultural Engineering, Natural Resources and Technology Center of the Federal University of Campina Grande in the state of Paraiba. The crop was sown in plastic pots adapted as drainage lysimeters with a 240 kg of Typic Regolithic eutrophic sandy loam soil characterized as non-saline non-sodic as substrate. The salinity factor was based on electrical conductivity of irrigation water - EC<sub>w</sub> (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m<sup>-1</sup>) prepared by adding NaCl in the municipal supply water of Campina Grande -PB, and doses of nitrogen used were on the basis of recommendation of Novais (1991) for experiments in pots (50, 75, 100, 125 and 150%). The statistical experimental design was in randomized blocks in 5x5 factorial scheme with three replications. The growth variables analysed were the plants height, stem diameter, leaf number, leaf area, absolute growth rate of height, relative growth rate, absolute growth rate of the diameter and relative growth rate of the diameter at 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 and 235 days after sowing. There was no significant effect of the nitrogen or its interaction with salinity in the variables studied. The salinity affected linearly plant height, stem diameter, leaf number, leaf area, the absolute growth rate of height, the relative growth rate, the absolute growth rate of the diameter and relative growth rate of the diameter and the leaf area being the most sensitive variable.

Keywords: rapeseed, salinity, morphological

## 1 INTRODUÇÃO

Aliada às questões ambientais sobre uso dos combustíveis fósseis como vetores da emissão de gases do efeito estufa a crise de petróleo no mundo fez com que o homem buscasse fontes de energia limpa e renováveis, sobressaindo-se, como uma das alternativas, o uso dos biocombustíveis produzidos através de espécies vegetais, dentre as quais se têm destacado as oleaginosas (soja, girassol, pinhão-manso, mamona, dendê etc) capazes de produzir óleos para a produção do biodiesel com o objetivo de ser adicionado ao diesel ou de substituí-lo.

No Brasil a soja é, hoje, a principal matéria-prima para o biodiesel com participação em torno de 84%, dificultando a inserção da agricultura familiar e a consolidação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel com mecanismo de geração de emprego e renda. Este produto pouco favorece a pequena produção agrícola, seu padrão de produção está, em parte, atrelado a grandes extensões de terras mecanizadas e à produção em menor escala, para agricultores com capacidade técnica e econômica para participar do mercado de biodiesel, limitando a inclusão para aqueles que delas não dispõem (DINIZ, 2010).

Por outro lado, o potencial da soja em relação à escala de produção oferece a garantia de oferta, importante para um mercado em formação, como o de biodiesel, no Brasil (CAMPOS & CARMELIO, 2009). Essas colocações mostram os elementos que estruturam as discussões sobre o predomínio da soja na produção de biodiesel; de um lado, uma matéria-prima capaz de subsidiar o aumento progressivo da mistura do biodiesel, mas sujeita às variações do mercado ao qual está originalmente vinculada e, do outro, suas características de produção com restrições para colaborar no cumprimento das premissas de inclusão social do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.

A solução, segundo Dias (2007) está na busca por matérias-primas ideais às condições regionais e deslocadas de cadeias de produção alimentares; com base nesta opinião se sustentam as discussões em torno do pinhão-manso que tem, nas suas potencialidades agrônômicas, o grande atrativo para inseri-lo como opção na produção de biodiesel, no Brasil.

O interesse no pinhão-manso está nas suas potencialidades expressas na visão de rusticidade observada pela resistência à seca, pouca exigência nutricional e alta produtividade,

sendo assim ideal para regiões pouco favoráveis ao plantio de oleaginosas tradicionais e de clima adverso como o semiárido, uma das regiões brasileiras mais carentes de opções. Além disso, o pinhão-mansão tem a vantagem de não estar inserido em outras cadeias de produção, em especial nas alimentares. Mas, além das suas potencialidades, o pinhão-mansão é discutido sob outros olhares, dos quais, os que apontam os limitados conhecimentos científicos e tecnológicos sobre a cultura (MARTINS, 2010).

O alto teor de óleo de suas sementes, entre 35 e 38 %, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez do óleo do pinhão-mansão um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical (CÁCERES, 2007); ainda apresenta outras vantagens, como a utilização direta do seu óleo como combustível, não precisando de refino e suas características se aproximam em aproximadamente 80% em relação ao diesel do petróleo (CORTESÃO, 1956).

De acordo com Silva Júnior et al. (1999) as águas do cristalino do Nordeste brasileiro possuem altos níveis de salinidade; logo, a utilização dessas águas na irrigação fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e às práticas de manejo da irrigação e adubação, que devem evitar impactos ambientais e consequentes prejuízos às culturas.

O conhecimento do teor médio de sais na zona radicular, tolerável pelas plantas sem afetar significativamente seu crescimento e/ou os rendimentos, pode favorecer a utilização de águas com certo grau de salinidade, tão comuns no Nordeste brasileiro. Neste sentido devem ser realizados estudos visando à obtenção de índices de tolerância das culturas à salinidade da água, propiciando o estabelecimento do grau de restrição das águas para irrigação (STEPPUHN, 2001).

Kafkafi (1984) relata que entre os diversos efeitos da salinidade sobre as plantas, existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma absorção maior de cloreto, pela planta. Por outro lado, nitrogênio amoniacal reduz os teores de Ca e Mg na planta, diminuindo a permeabilidade seletiva da membrana radicular, proporcionando aumento na absorção de cloreto, quando o mesmo se encontra em concentração elevada no meio; assim, tem visto que plantas mais tolerantes à salinidade exibem valores mais elevados para as relações N/Cl, K/Na e Ca/Na. Desta forma, o aumento da dose de determinados fertilizantes aplicados em uma cultura sensível à salinidade, poderá elevar essas relações nas folhas e, consequentemente, promover aumento na tolerância da cultura à salinidade.

## **2 OBJETIVOS**

Avaliar o crescimento do pinhão-mansão, ao longo do ciclo vegetativo, quando irrigado com água de diferentes níveis de salinidade e adubado com doses de nitrogênio em casa de vegetação sob tela termorrefletora.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS DA CULTURA DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)

A origem do pinhão-manso ainda é incerta; alguns pesquisadores o consideram nativa do Brasil, enquanto Tominaga et al. (2007) afirmam que a hipótese mais provável é a de que sua origem seja o México e os índios que migraram para a América do Sul o tenham trazido para o Brasil e os portugueses contribuíram para sua disseminação nos continentes africano e asiático.

O pinhão-manso é conhecido também como pinhão do Paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão-bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas e sassi (ARRUDA et al., 2004).

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca. É um arbusto grande, de crescimento rápido cuja altura normal é de dois a três metros mas pode alcançar até seis metros em condições especiais. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida porém pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento. O tronco ou fuste é dividido, desde a base, em ramos compridos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas (CORTESÃO, 1956; BRASIL, 1985).

Segundo Cortesão (1956) e Brasil (1985) as folhas do pinhão-manso são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando, na mesma planta, flores masculinas em maior número, nas extremidades das

ramificações e femininas nas ramificações, as quais são amarelo-esverdeadas e se diferenciam pela ausência de pedúnculo articulado.

A florada é longa, sendo a polinização feita por abelhas e outros insetos. Cada inflorescência, em forma de cacho, dá origem a 10 ou mais frutos. Os frutos são cápsulas ovoides, indeiscentes, achatados nas extremidades, com 2,5 a 3,0 cm de comprimento por 1,8 a 2,2 cm de largura. As sementes secas têm entre 1,5 a 2,0 cm de comprimento por 1,0 a 1,3 cm de largura. O tegumento é rijo e quebradiço e uma película branca cobre a amêndoa, rica em óleo (CÁCERES, 2007).

Segundo Franken & Nielsen (2010), a floração do pinhão-manso é um assunto complexo; sabe-se que a floração é induzida por fatores estressantes, como temperatura e estações de seca, não se sabe ainda exatamente como isso ocorre. Para a indução floral as plantas de pinhão-manso precisam estar expostas a alta radiação solar. As plantas que crescem sob a sombra das árvores ou em condições adversas não produzirão flores ou as produzirão em quantidades muito inferiores às das plantas a pleno sol. Em um clima com estações distintas, o pinhão-manso começa a floração após os períodos de estresse ter terminado o que pode ser várias vezes por ano. Em climas com precipitação não uniformemente distribuída e de grande variação sazonal em temperatura, o pinhão-manso produz mais flor continuamente quando não existem outras formas de estresse induzido. Em condições ideais as flores do pinhão-manso normalmente aparecem com cerca de 3 a 6 meses após as sementes terem sido semeadas; o tempo de indução floral à maturação dos frutos é em torno de 90 dias.

As sementes de pinhão-manso germinam facilmente quando plantadas em solo úmido com cerca de dois cm de profundidade e com a ponta branca da semente (carúncula) virada ligeiramente para baixo e o lado arredondado da semente virado para cima (FRANKEN & NIELSEN; 2010).

Cáceres (2007) aponta o pinhão-manso como planta semidecídua, Morais (2010) observou, em experimentos e cultivos na região semiárida no estado da Paraíba, que o pinhão-manso apresenta comportamento caducifólio tendo suas folhas um período funcional de aproximadamente cinco meses, começando a perdê-las no início do período seco.

Segundo Tominaga et al. (2007) o pinhão-manso apresenta repouso vegetativo com queda das suas folhas e paralisação do crescimento, é induzido na época da seca, ou baixas temperaturas e baixa luminosidade e no começo da primavera, ou na época das chuvas; a planta rebrota e termina o período de repouso, comportamento que tem ocorrido nos plantios no

estado de Minas Gerais. De acordo com Laviola (2009) o pinhão-mansinho tende a apresentar um período de repouso vegetativo entre os meses de junho a outubro.

Quando plantado no início da estação chuvosa, o pinhão-mansinho começa a produzir frutos já no primeiro ano de cultivo, embora atinja seu clímax produtivo a partir do quarto ano, com capacidade produtiva potencial, por mais de 40 anos. De acordo com informações mais atuais, a planta produz, em média, 100, 500, 2.000 e 4.000 g planta<sup>-1</sup> de sementes no primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de cultivo, respectivamente (TOMINAGA et al., 2007). Quanto à produção, as informações não são ainda confiáveis e até distorcidas, como a informação de produtividades elevadas, superiores a 12 t ha<sup>-1</sup>, muito elevado teor de óleo superior a 60 % com relação ao peso seco das sementes; existem referências de até 8,0 t ha<sup>-1</sup> de óleo porém na aridez se têm citações de produtividades entre 200 a 800 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, na Índia (BELTRÃO & VALE, 2007).

O pinhão-mansinho se adapta às diversas condições climáticas em virtude da sua rusticidade. Pode ser cultivado tanto nas regiões tropicais secas quanto nas equatoriais úmidas; suporta longa estiagem e terras de baixa fertilidade apresentando, nessas condições, produção satisfatória, porém para uma boa produção o ideal são valores acima de 600 mm de chuva por ano (TOMINAGA et al., 2007).

A produtividade do pinhão-mansinho é bastante afetada pela irregularidade na distribuição das chuvas e pelos ventos fortes e prolongados na época da floração (BRASIL, 1985).

Drummond (2011) tem observado, em experimento de quatro anos no semiárido nordestino numa região com precipitação média de 500 mm, uma produtividade de 4.000 kg de sementes ha<sup>-1</sup>, após terem sido fornecidos 20 L de água planta<sup>-1</sup> semana<sup>-1</sup>; nas mesmas condições mas sem irrigação, a produtividade não chega a 300 kg ha<sup>-1</sup>.

Em análises comparativas realizadas pela Embrapa é previsto um rendimento médio da soja de 375 a 600 kg ha<sup>-1</sup> de óleo; da mamona, de 350 a 1.188 kg ha<sup>-1</sup>; do girassol, de 630 a 725 kg ha<sup>-1</sup> com previsão futura de que o pinhão mansinho possa produzir entre 1.340 a 3.200 kg ha<sup>-1</sup> (SANTOS, 2008).

A quantidade de ramos que saem da base é uma característica que define a produtividade da planta e as plantas que apresentam maior número médio de frutos por cacho; esses dois fatores são responsáveis pela maior produtividade do pinhão-mansinho, uma vez que, as inflorescências surgem no ápice de cada ramo. Portanto, quanto maior o número de ramos em uma planta maior também será sua produção (TOMINAGA et al., 2007); com base nesta informação muitos pesquisadores têm recomendado a poda como trato cultural nos primeiros

30 a 45 dias após o semeio, na altura de 45 cm do solo, para favorecer a incidência de ramos laterais.

Para o seu plantio são indicados diversos espaçamentos, desde 3 x 2 m até 4 x 4 m, devendo-se preferir os espaçamentos maiores, para evitar o sombreamento das plantas, visto que a espécie é bastante exigente em sol (CÁCERES, 2007).

Sesma et al. (2009) observaram, estudando a influência da luminosidade no crescimento do pinhão-mansão, utilizando quatro níveis de sombreamento (40, 50, 70 e 87%) em casa de vegetação, que nos maiores níveis de sombreamento (70 e 87%) as plantas apresentaram maior desenvolvimento na altura e na área foliar indicando ocorrência de estiolamento, razão pela qual os autores passaram a recomendar que o cultivo do pinhão-mansão seja conduzido em locais abertos ou pouco sombreados.

As perspectivas favoráveis ao aumento de área plantada com essa cultura decorrem não somente dos baixos custos de sua produção agrícola, principalmente na agricultura familiar, com mão-de-obra própria mas sobretudo porque poderá ocupar solos pouco férteis e arenosos; em geral, tais solos são inaptos à agricultura de subsistência, proporcionando, assim, uma nova opção econômica para regiões carentes, principalmente na agricultura familiar (ACHTEN et al., 2008; TORAL et al., 2008).

O pinhão-mansão possui alto teor de nutrientes em seus tecidos, apresentando a seguinte ordem de acúmulo no limbo foliar:  $N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu$ ; já em frutos maduros, observou-se a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes:  $N > K > Ca > P \geq Mg > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu$ , (LAVIOLA & DIAS, 2008). O N foi o nutriente requerido em maior quantidade para a formação das folhas e para suprir as demandas metabólicas dos frutos. O pinhão-mansão é uma planta que apresenta alta taxa de crescimento, sendo o N essencial para a assimilação do C e formação de novos órgãos nas plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O pinhão-mansão extrai elevada quantidade de nutrientes pela colheita de frutos e, se não for adequadamente adubado, poderá levar ao empobrecimento do solo, ao longo dos anos de cultivo (LAVIOLA & DIAS, 2008). Considerando um espaçamento de 4 x 2 com 1.250 plantas  $ha^{-1}$ , a extração de nutrientes pelos frutos no quarto ano de cultivo corresponderia a uma retirada de 146,2; 28,5 e 103,6  $kg\ ha^{-1}$  de N, P, K, respectivamente. Somente a estimativa da extração de nitrogênio pela colheita de frutos corresponde a 3,65 vezes a recomendação de nitrogênio para as culturas da mamona, mandioca e girassol (RIBEIRO et al., 2009).

Albuquerque (2009) observou, usando diferentes lâminas de água e três doses de nitrogênio (60, 120 e 180  $kg\ ha^{-1}$ ) tendo como fonte  $(NH_4)_2SO_4$ , que em todos os casos

ocorreram interação significativa entre os dois fatores e as maiores estimativas para as variáveis de crescimento (altura da planta e área foliar) foram obtidas na maior dose de nitrogênio e no maior nível de água no solo estudado.

Segundo Laviola (2009) a quantidade de N e K que deve ser usada no primeiro ano de cultivo do pinhão manso é de 25 a 30 g de N e 10 a 20g de K Planta<sup>-1</sup>.

Hoje existe pouco conhecimento sobre o pinhão-manso no mundo cujo gênero tem mais de 170 espécies, e só nos últimos trinta anos é que se iniciaram os estudos agronômicos sobre a espécie, ainda não domesticada, e até alguns aspectos agronômicos devem ser melhor investigados pois ela tem elevada variabilidade natural, possuindo grande diversidade genética com polinização, preferencialmente a entomófila (polinização por inseto), podendo ter, possivelmente, elevada alogamia (fecundação cruzada). Não se sabe nem mesmo qual o melhor método de melhoramento genético para a espécie (BELTRÃO & VALE, 2007).

Em geral, a maioria dos pesquisadores divulga que o pinhão-manso é uma planta rústica e resistente a pragas e doenças mas, segundo Beltrão (2006), tem-se observado em lavouras de pinhão-manso no Brasil e em outros países, que a planta é atacada por várias doenças (virose, oídio nas folhas, caules e flores, fusariose e podridão do sistema radicular) e pragas, como cigarrinha-verde, ácaro branco e vermelho, trips, broca do tronco e percevejo; além dessas, Tominaga et al (2007) destacam o ataque de cupins e formigas saúvas e rapa-rapa.

Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão a uma globulina, a curcina, e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior à ricinina; a ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia, a ingestão em excesso pode ser perigosa e até fatal (PEIXOTO, 1973). Além dessas substâncias possui, ainda, ésteres de forbol (ésteres diterpenos) que são as substâncias mais tóxicas do pinhão-manso por serem indutores da formação de tumores e de resposta inflamatória e cujos processos de remoção da torta estão em estudo no Brasil e em outros países; mais recentemente foi identificada uma proteína com potencial alergênico semelhante à albumina 2S da mamona (PIRES, 2011)

### 3.2 UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A denominação científica em grego, “*jatropha*,” significa medicamento, tendo em vista que suas sementes já foram utilizadas como vermífugo ou purgante, em humanos e em animais, e sua seiva ou látex, que sai do caule, tem poder cicatrizante. Embora, nas últimas décadas o óleo de pinhão-mansinho tenha sido usado pelas suas propriedades medicinais, há informações de que no passado, já foi usado para iluminação pública de cidades, em lamparinas, candeeiros, inclusive do Rio de Janeiro; há relatos no Norte de Minas Gerais de que o óleo do pinhão-mansinho era utilizado para fazer sabão e na iluminação; hoje, a planta é muito utilizada como cerca viva (TOMINAGA et al., 2007).

Ainda tratando das aplicações medicinais que apresentam certas partes da planta, tais como as folhas que têm ação antissifilítica; a seiva que possui propriedades hemostáticas, as quais curam e cicatrizam feridas e, as raízes, que apresentam atividade antileucêmica, conforme mostram estudos realizados no Japão (HEIFFIG-DEL AGUILA, 2009).

O óleo do pinhão-mansinho segundo Heiffig-del Aguila (2009) durante a segunda guerra mundial, foi empregado em países como Madagascar e na África Ocidental francesa, como sucedâneo do óleo lubrificante ou como carburante, diretamente nos motores de ciclo a diesel, além da utilização na indústria têxtil, adicionado ao óleo de tungue (*Aleurites fordii*) em proporções de até 5%; constitui matéria-prima para a fabricação de tintas de impressão ou de vernizes, utilizados em revestimento de lonas e de caixas condicionadoras.

Hoje, o interesse pela pesquisa e do plantio do pinhão-mansinho está na utilização do óleo extraído de suas sementes para produção de biodiesel, o qual apresenta 83,9% do poder calorífico em relação ao diesel do petróleo (MAKKAR et al., 1997) e alto teor de óleo em suas sementes variando de 33% na extração mecânica e 38% na química (TOMINAGA, 2007). As avaliações realizadas pela Petrobrás no biodiesel produzido a partir da transesterificação etílica, sob 60 °C, utilizando 1% de catalisador e 80% de etanol, consagraram o biodiesel de pinhão-mansinho como de excelente qualidade, com todos os parâmetros atendendo às normas da Agência Nacional do Petróleo (ANP), notadamente baixa viscosidade (4,8 cst), densidade, cor, cetano, insaturação e alto grau de pureza (HEIFFIG-DEL – AGUILA, 2009).

Das sementes pode-se dizer que se aproveita tudo, pois os resíduos que sobram da produção do óleo podem ser utilizados como fertilizante natural, muitas vezes nos próprios plantios do pinhão-mansinho onde, além de enriquecer o terreno de matéria orgânica irão incorporar, ao solo, quantidades acentuadas de nitrogênio, fósforo e potássio, presentes em

índices elevados na torta residual, além da incidência, também significativa, de cálcio e magnésio, contribuindo para manter um nível de produtividade mais regular da cultura e diminuindo o consumo dos fertilizantes químicos; a torta obtida a partir do albúmen contém em torno de 57% de proteína bruta, acrescida de carboidratos, lipídeos, sais minerais e vitaminas, desintoxicada, a torta pode também ser transformada em ração animal. A casca é excelente fornecedora de energia e pode ser queimada em fornalhas de caldeiras (CÁCERES, 2007).

A utilização do pinhão-mansão como matéria-prima para a produção de biodiesel, vem sendo amplamente discutida e avaliada por atender a algumas das premissas básicas do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB), por favorecer o balanço energético sustentável, aproveitamento eficiente do solo, geração de empregos, inclusão social e a qualidade de vida (HEIFFIG-DEL AGUILA, 2009).

### 3.3 QUALIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

O uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da produtividade agrícola, além da incorporação ao sistema produtivo de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado em razão de seus regimes pluviais, como no caso do semiárido brasileiro, onde há déficit hídrico anual para as plantas, devido a taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação (HOLANDA & AMORIM 1997). Por outro lado, a irrigação tem causado alguns problemas ao meio ambiente. Dentre eles se destaca a perda da capacidade produtiva do solo devido à salinização em virtude do manejo inadequado da água que provoca alterações nas propriedades físico-químicas do solo (RHOADES et al., 2000)

Em geral, a agricultura irrigada depende da quantidade e da qualidade da água. Até o início do século XX, devido à disponibilidade de água de boa qualidade e de fácil utilização, não havia a preocupação com a preservação e uso racional da água. A partir deste período ocorreu com o aumento de consumo de águas de boa qualidade, redução da sua disponibilidade provocando, conseqüentemente, a necessidade de se usar águas de qualidade inferior (AYERS & WESTCOT, 1999).

Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (BERNARDO & MANTOVANI, 2005).

Toda água superficial ou subterrânea contém sais dissolvidos, provenientes do intemperismo das rochas. Os tipos e as concentrações dependem do meio, do movimento e da

fonte. Em geral os sais são encontrados em maiores proporções em águas subterrâneas que em águas superficiais, devido à maior exposição dos estratos geológicos aos materiais solúveis. Os sais solúveis encontrados nas águas subterrâneas se originam, primordialmente, da dissolução dos minerais presentes nas rochas. Nas áreas que reabastecem grandes volumes de águas subterrâneas, tais como as correntes de aluviais ou áreas de recarga artificial, a qualidade da água superficial de infiltração tem efeito marcante nas águas subterrâneas. Mesmo a água das chuvas contém concentrações mínimas de sais retiradas da atmosfera (ANDRADE & LOPES, 2000).

Quando se fala de qualidade de água para irrigação, tem-se certeza de que se trata de qualidade em relação à salinidade, no sentido amplo do termo. Neste caso, a qualidade da água se define em função de três critérios: salinidade no sentido restrito, sodicidade e toxicidade, variáveis fundamentais na determinação da sua qualidade agronômica (ALMEIDA, 2010). O efeito da salinidade correspondente à alta concentração de sais, é de natureza osmótica, podendo afetar, de forma direta, o rendimento das culturas. A sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio na água de irrigação tendendo a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), com danos nas suas propriedades físico-químicas provocando problemas de infiltração. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos íons sobre as plantas, afetando o rendimento, independente do efeito osmótico. Em algumas situações o efeito iônico pode manifestar-se na forma de desequilíbrio nutricional (GHEYI et al., 2010).

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, que frequentemente predominam nas águas mais salinas (WILCOX & DURUM, 1967).

Em estudos realizados por Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995) durante o período de 1988 a 1992 sobre qualidade de água usada na irrigação em 95 pequenas propriedades localizadas nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, verificou-se uma semelhança de aproximadamente 78% na composição química das águas analisadas predominância para o sódio e o cloreto, com condutividade elétrica (CE) variando entre 0,25 a 1,50 dS m<sup>-1</sup>.

Almeida (2010), entretanto, afirma que na região Nordeste do Brasil, com algumas exceções, águas com valores da CE abaixo de  $0,75 \text{ dS m}^{-1}$  e para o percentual de sódio valores abaixo de 60%, são consideradas de boa qualidade e não deveriam ocasionar problemas maiores para a irrigação sob condições adequadas de manejo. Todavia, em decorrência do balanço inadequado de sais comumente verificado, observa-se uma salinização gradativa do solo irrigado e o aumento progressivo das áreas com problemas.

Almeida (2010) cita que vários cientistas que estudam a qualidade de água para uso da irrigação, a exemplo de Shennan (1987), Rhoades (1989) e Grattan (1994), chegaram à conclusão de que o uso de águas salinas para irrigação é factível, especialmente quando as águas se misturam com um aporte de boa qualidade, sobretudo aliada à estratégia ligada à fenologia da cultura irrigada.

O uso de águas salinas na irrigação para a produção vegetal é um desafio que vem sendo superado com sucesso em diversas partes do mundo, graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo de cultura, solo e da água de irrigação (RHOADES et. al., 2000).

Ayers & Westcot (1999) demonstram uma preocupação geral acerca do uso de água de irrigação com níveis de salinidade de CEa maiores que  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Entretanto, Theiveyanathana et al. (2004) relatam que águas com condutividade elétrica de até  $11 \text{ dS m}^{-1}$  estão sendo substancialmente usadas para irrigação, nos Estados Unidos (CE de 3 –  $11 \text{ dS m}^{-1}$ ); Israel (CE de 2 –  $8 \text{ dS m}^{-1}$ ); Tunísia (CE de 3 –  $9 \text{ dS m}^{-1}$ ); Índia (CE de 2 –  $8 \text{ dS m}^{-1}$ ) e Egito (CE de 2 -  $5 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Existem diversos modelos para a classificação de qualidade da água como o de Richards (1954), o da UCCC (University of Califórnia Committee of Consultants) e o proposto por Ayers & Westcot (1999) descritos na Tabela 1, que avaliam a qualidade da água em função da CE (salinidade).

Quanto ao perigo de salinização as águas podem ser divididas em quatro classes, segundo sua condutividade elétrica (CE), ou seja, em função de sua concentração total de sais solúveis conforme a classificação de Richards (1954) sendo hoje a mais utilizada: C1, água com salinidade baixa, pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária mas isto ocorre nas práticas normais de irrigação, com exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa; C2, água com salinidade média, pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação e, para plantas com moderada tolerância aos sais, na maioria dos

casos sem práticas especiais de controle de salinidade; C3, água com salinidade alta, não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem; mesmo nos solos com drenagem adequada, pode-se necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade, pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais; C4, água de salinidade muito alta, não é apropriada para irrigação sob condições normais porém pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias especiais. Os solos devem ser permeáveis com drenagem adequada, devendo ser explorados com culturas altamente tolerantes aos sais.

**Tabela 1: Classificação da água de irrigação, quanto ao risco de salinidade**

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC	Risco de Salinidade	Ayers & Westcot (1987)	Problema de Salinidade
	Faixas de CE (dS m <sup>-1</sup> )			Faixa de CE (dS m <sup>-1</sup> )	
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		

Fonte: Frenkel (1984)

Quanto ao perigo de alcalinização ou sodificação, as águas podem ser divididas em quatro classes, segundo sua Razão de Adsorção de Sódio (RAS), ou seja, em função do efeito do sódio trocável, nas condições físicas do solo, conforme Richards (1954): S1, água com baixo risco de sodificação, pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável; S2, água com risco médio de sodificação, só pode ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos com boa permeabilidade; apresenta perigo de sodificação considerável em solos de textura fina, com alta capacidade de troca catiônica, especialmente sob baixa condição de lixiviação, a menos que haja gesso no solo; S3, água com alto risco de sodificação, pode produzir níveis maléficos de sódio trocável, na maioria dos solos e requer práticas especiais de manejo do solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica. Nos solos que têm muito gesso ela pode não desenvolver níveis maléficos de sódio trocável mas pode requerer o uso de corretivos químicos para substituir o sódio trocável, exceto no caso de apresentar salinidade muito alta, quando o uso de corretivos não seria viável; S4, água com muito alto risco de sodificação, geralmente imprópria para irrigação, exceto quando sua salinidade for baixa ou em alguns casos, média, e a concentração de cálcio do solo ou o uso de gesso ou outros corretivos tornar o uso desta água viável.

Richards (1954) apresentou um diagrama baseado nas equações citadas abaixo, para o perigo de sodicidade com limites da RAS, em função da CE:

S<sub>1</sub> (RAS < 18,87 – 4,44 log(CEa): Baixa sodicidade ou baixa concentração de Na.

S<sub>2</sub> (18,87 – 4,44log(CEa)<RAS<31,31-6,66log(CEa): Sodicidade média ou baixa concentração de Na.

S<sub>3</sub> (31,31-6,66log(CEa)<RAS<43,75-8,87log(CEa): Alta sodicidade ou de alta concentração de Na

S<sub>4</sub> (RAS>43,75-8,87log(CEa): Muito alta sodicidade ou muito alta concentração de Na.

Por outro lado, Ayers & Westcot (1999) sugeriram uma avaliação de risco de sódio trocável na diminuição da permeabilidade do solo mediante CE e RAS, restringindo em três classes de sodicidade, conforme Tabela 2.

**Tabela 2: Risco de problemas de permeabilidade no solo causados pela sodicidade da água**

RAS° (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	Classes de sodicidade		
	Problemas		
	S <sub>1</sub> Sem risco	S <sub>2</sub> Crescentes CEa (dSm <sup>-1</sup> )	S <sub>3</sub> Severos
0 - 3	> 0,70	0,70 – 0,20	< 0,20
3 - 6	> 1,20	1,20 – 0,30	< 0,30
6 - 12	> 1,90	1,90 – 0,50	< 0,50
12 - 20	> 2,90	2,90 – 1,30	< 1,30
20 - 40	> 5,00	5,00 – 2,90	< 2,90

### 3.4 EFEITO DA SALINIDADE NO SOLO

Os efeitos dos sais sobre o solo ocorrem, basicamente, pela interação eletroquímica existente entre os sais e a argila. A intensidade deste fenômeno depende da natureza da argila e do cátion presente. A característica principal deste efeito é a expansão da argila quando umedecida e a contração quando a água é evaporada ou retirada pelas plantas; se a expansão for exagerada pode ocorrer fragmentação das partículas provocando dispersão da argila, de modo generalizado, altera o volume ocupado pela argila reduzindo o tamanho dos poros e modificando a estrutura do solo, afetando significativamente as propriedades físicas (LIMA, 1997).

Por restringir o crescimento vegetal, a dispersão é um fenômeno típico de solos com excesso de sódio trocável, onde predominam os movimentos Brownianos. Ao se aumentar a concentração de eletrólitos as forças repulsivas são reduzidas, prevalecendo as forças de atração de van der Waals, ocorrendo a floculação, que permite a separação das fases sólidas e líquidas. A dispersão e a floculação das argilas dependem da espessura da dupla camada difusa ao redor das partículas e, portanto, da concentração de cátions ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , etc) que estão próximos à superfície (LIMA, 1997).

As propriedades físicas do solo, tais como estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração, são bastante influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo (SHAINBERG & OSTER, 1978). Daker (1988) afirma que pequenas diferenças de textura podem provocar um movimento desigual na distribuição de água nas camadas do solo, acarretando desuniformidade na acumulação de sais ao longo do perfil.

Para Pizarro (1985) o principal efeito da salinidade sobre os solos consiste em sua ação sobre a estrutura. Esta 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 argiloso for o solo. Elevadas concentrações do íon bicarbonato tendem a precipitar o cálcio e o magnésio, aumentando a concentração relativa de sódio em relação a estes afetando, assim, a permeabilidade, por ser o sódio um agente muito ativo de dispersão do solo (RHOADES, 1972).

Há, também, o efeito indireto, que acontece quando altas concentrações de sódios ou outros cátions na solução interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos; quando no extrato de saturação há teores apreciáveis de carbonato de sódio, o pH do solo poderá alcançar valores elevados e ocorrer diminuição nas disponibilidades de zinco, cobre, manganês, ferro e boro, além de deficiência nas plantas cultivadas; portanto, o crescimento da planta é influenciado não diretamente pelo excesso de carbonato de sódio mas pelo seu efeito sobre o pH do solo (GHEYI et al., 2010).

A presença de um íon em excesso poderá provocar deficiência ou inibir a absorção de outro, devido à precipitação; por exemplo, o excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato, poderá precipitar o cálcio. A presença de sais de sódio também tende a restringir a taxa de mineralização do nitrogênio orgânico no solo, afetando o crescimento da planta, pela redução do nitrogênio disponível (GHEYI et al., 2010).

Lima & Grismer (1994) observaram que solos sódicos se contraem mais acentuadamente com a redução da umidade do que os solos normais, apresentando densidade aparente maior, provavelmente como consequência da desestruturação do solo que elimina os poros.

Os solos cuja estrutura foi modificada pela sodicidade e/ou ausência de íons em solução, tendem a armazenar mais água quando expostos aos mesmos níveis de potencial matricial (RUSSO & BRESLER, 1980).

### 3.5 EFEITO DA SALINIDADE NAS PLANTAS

As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo; quando há presença de sais na solução do solo há também um aumento das forças de retenção pelo efeito osmótico; este aumento pode atingir um nível em que as plantas não irão absorver a água, mesmo que o solo esteja úmido, fenômeno chamado seca fisiológica. Dependendo do grau de salinidade a planta, ao invés de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior para a solução do solo (mais concentrada); este fenômeno é denominado plasmólise (DIAS et. al., 2003)

Os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (DIAS et al., 2003; MUNNS, 2005)

Durante o efeito da salinidade determinados processos são afetados, tais como: síntese de proteínas, metabolismo de lipídeos e fotossíntese (WANG & NIL, 2000).

A taxa fotossintética é menor em plantas tratadas com excesso de sal, apesar de o estresse ser mais evidente no conteúdo da clorofila e na área foliar; a redução na taxa fotossintética é devido a vários fatores tais como: desidratação das membranas celulares (redução da permeabilidade do CO<sub>2</sub>), toxicidade dos sais, redução no suprimento do CO<sub>2</sub> (fechamento dos estômatos), senescência induzida pela salinidade e mudança na atividade das enzimas (IYENGAR & REDDY, 1996).

A redução no potencial hídrico dos tecidos causada pelo excesso de sais, provoca restrição no crescimento uma vez que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular (ASHRAF & HARRIS, 2004). Portanto, a resposta imediata das plantas ao estresse salino é uma forte diminuição na expansão

foliar, redução da biomassa fresca e seca das folhas e raízes, e redução na altura (HERNANDEZ et al., 1995; MOHAMMAD et al., 1998; PARIDA & DIAS, 2005). Desta forma, o balanço osmótico é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste balanço resultará em injúrias semelhantes às da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento, resultando em plantas atrofiadas, desidratação e, finalmente, a morte das células (ASHRAF & HARRIS, 2004).

As espécies cultivadas podem ser classificadas em tolerantes ou sensíveis e o nível de tolerância, assim como os níveis de sais que são letais, varia extensamente entre as diferentes espécies vegetais e dentro de uma mesma espécie (PARIDA & DIAS, 2005).

A acumulação de íons pode causar problemas de toxicidade iônica, deficiências nutricionais ou ambos. A injúria provocada pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , se manifesta como clorose marginal e causa o surgimento de zonas necróticas, o que contribui para a aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar (MUNNS, 2002).

A toxicidade é, normalmente, de maior incidência, provocada pelos íons de sódio, cloreto e boro; entretanto, muitos oligoelementos são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações. Esses efeitos se manifestam quando as plantas absorvem quantidades expressivas de sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxidez (SILVA, 2004).

Os sintomas de toxicidade do cloreto nas plantas se apresentam pela queimadura do ápice das folhas que, em estágios avançados, atinge as bordas e promove sua queda prematura; nas culturas sensíveis os sintomas surgem quando se alcançam concentrações de 0,3 a 1,0% de cloreto, em base de peso seco das folhas enquanto os sintomas de toxicidade do sódio aparecem em forma de queimadura ou necrose, ao longo das bordas das folhas. As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas e os sintomas aparecem, de início, nas folhas mais velhas e suas bordas na medida em que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internervural, até o centro das folhas. Para as culturas arbóreas o nível tóxico nas folhas se encontra em concentrações acima de 0,25 a 0,50% de sódio, em base de peso seco (DIAS et al., 2003).

As consequências lesivas da salinidade elevada são notadas na planta inteira, resultando na queda da produtividade ou na morte da planta. Assim, como resposta aos danos causados pelo excesso de sal, muitas plantas ampliaram os mecanismos de tolerância através da exclusão e/ou compartimentalização dos sais (ESTEVEZ & SUZUKI, 2008).

Várias práticas de manejo têm sido utilizadas para produzir economicamente em condições de solo ou de água, com alto risco de salinização, dentre as quais se destaca o uso de culturas tolerantes à salinidade e sodicidade, sendo importantes os estudos que visem avaliar a sensibilidade das espécies ao estresse salino (DIAS et al, 2003).

Por outro lado, o cloro é tido como um micronutriente essencial e sua essencialidade foi demonstrada em tomateiro cultivado em solução nutritiva purificada (BROYER et al., 1954). O requerimento ótimo para o crescimento das plantas está entre 340 a 1.200 ppm, níveis compatíveis com os microelementos.

Marshner (1986) relata que, em 1944, Warburg descobriu que a reação de Hill necessitava de cloreto para a quebra fotoquímica da água e a consequente evolução do O<sub>2</sub> no fotossistema II.

### **3.6 TOLERÂNCIA DAS CULTURAS À SALINIDADE**

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade visto que algumas produzem rendimentos economicamente aceitáveis a altos níveis de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Tal fato se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas plantas têm, o que lhes permite absorver maior quantidade de água, mesmo em meio salino (DIAS et al., 2003).

Quanto à salinidade, as plantas se classificam em glicófitas (a maioria das plantas cultivadas, sendo as menos tolerantes à ação dos sais) e halófitas as que adquirem condições fisiológicas e se ajustam osmoticamente e sobrevivem sob estresse salino (RICHARDS, 1954).

De acordo com Maas & Hoffman (1977) o nível de salinidade média que pode ser tolerado pelas plantas sem afetar seu rendimento, é denominado salinidade limiar (SL); neste nível de salinidade o rendimento potencial da cultura deve ser de 100%.

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).

A utilização de cultivares tolerantes à salinidade, além de viabilizar a produção agrícola em áreas salinizadas, pode ser uma opção para complementar a recuperação de solos afetados por sais, com possibilidade de reduzir o problema da salinidade, através da seleção e melhoramento genético das plantas (DUTTA et al, 1978).

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 e rendimento da cultura relativo em solos salinos comparados aos obtidos em solos não salinos sob condições de manejo semelhante.

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).

Segundo Maas (1984) quanto a sua tolerância relativa à salinidade, as culturas podem ser classificadas conforme a Tabela 3.

**Tabela 3:** Classificação das culturas quanto à tolerância relativa à salinidade

Grupos de tolerância relativa	Salinidade Limiar (SL) dSm <sup>-1</sup>
Sensíveis	< 1,3
Moderadamente sensíveis	1,3 – 3,0
Moderadamente tolerantes	3,0 – 6,0
Tolerantes	6,0 – 10,0
Não se adequada a maioria das culturas	> 10,0

Fonte: Ayers & Westcot (1999)

Algumas pesquisas no Brasil já têm disponibilizado informações associadas ao crescimento do pinhão-mansão nas condições de estresses ambientais que, frequentemente, ocorrem na região semiárida, a exemplo da salinidade, déficit hídrico e alta luminosidade. Nesse contexto, Silva (2009) encontrou que algumas variáveis de crescimento (altura, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar) avaliadas em plantas de pinhão-mansão, foram fortemente afetadas pelo estresse hídrico e que a eficiência quântica somente foi afetada após 140 dias do transplante definitivo das plantas.

Para Silva et al. (2009) as plantas de pinhão-mansão se mostram sensíveis à salinidade por apresentarem redução de 50% na massa seca total em resposta a uma concentração de 47 mM de NaCl. Segundo esses autores e apesar de terem o crescimento reduzido pela salinidade, as plantas de pinhão-mansão foram capazes de se ajustar osmoticamente e os solutos orgânicos foram cruciais para o ajuste mostrando, principalmente, grande acúmulo de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas folhas

associado a uma grande redução na concentração de  $K^+$  pelo excesso de  $Na^+$ . Por outro lado, quando a salinidade é combinada com altas temperaturas o aumento da oferta de potássio atenua os efeitos do estresse por reduzir a absorção de sódio (RODRIGUES et al., 2009). A partir desses resultados fica explícita a concorrência do sódio pelo sítio de absorção de potássio, o que pode comprometer o trabalho de algumas enzimas. Os efeitos da salinidade sobre a acumulação de nutrientes em plantas de pinhão-mansão, foram avaliados por Souza et al. (2009); os autores encontraram que, variando a condutividade da água de irrigação de 0,6 até 3,0  $dS\ m^{-1}$ , os teores de todos os elementos estudados, a exceção de cobre, aumentaram; além do mais, a ordem decrescente de acumulação foliar dos nutrientes foi a seguinte:  $K > N > Ca > Mg > P > Na > S > Fe > Mn > Zn > Cl > Cu$ .

Segundo Souza et al. (2010) a germinação de sementes do pinhão-mansão em vasos foi reduzida com  $CEa = 6\ dS\ m^{-1}$ ; já nos demais tratamentos (2 e 4  $dS\ m^{-1}$ ) as variáveis analisadas não apresentaram diferença significativa para germinação das sementes nem para o crescimento e desenvolvimento das plântulas até a condutividade elétrica de 4  $dS\ m^{-1}$ . As plântulas de pinhão-mansão sofreram redução do crescimento e desenvolvimento apenas na condutividade elétrica de 6  $dS\ m^{-1}$ .

Nery (2008) utilizando água de irrigação com vários níveis de salinidade variando de 0,6 a 3,0  $dSm^{-1}$ , com sais de  $NaCl$ ,  $CaCl_2$  e  $MgCl_2$ , observaram que até os 163 dias após a semeadura a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar do pinhão-mansão, foram afetados linearmente por aumento da  $CEa$ . Neste mesmo estudo ainda conclui que a salinidade limiar é de 1,80  $dS\ m^{-1}$  para os componentes de produção: número de cachos e número de frutos.

Oliveira et al. (2010) concluíram que as plantas de pinhão-mansão sofreram atraso na fase inicial de crescimento com redução na altura, no diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e matéria seca, quando submetidas às condições de estresse salino, em estudo feito com a salinidade da água de irrigação variando de 0,5 a 5,5  $dS\ m^{-1}$ .

Silva et al. (2009) utilizando águas com  $CEa$  variando de 0,6 a 3,0 em pinhão-mansão no período de 144 a 312 DAT, constataram que a salinidade afetou o desenvolvimento do diâmetro e não afetou a altura.

Veras et al. (2011) afirmam, entretanto, que o pinhão-mansão pode ser classificado como tolerante à salinidade, visto que no período de 210 aos 360 dias após transplante a altura de planta e o diâmetro caulinar do pinhão-mansão não foram afetados pela salinidade da água de

irrigação, com a CEa variando de 0,6 a 5,4 dS m<sup>-1</sup> observando uma produção maior de sementes com água salina de 2,28 dSm<sup>-1</sup>.

Sousa (2011) utilizando águas salinas à base de NaCl, CaCl<sub>2</sub> e MgCl<sub>2</sub> com CEa variando de 0,6 a 3,0 dSm<sup>-1</sup> e doses de fósforos (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em pinhão-manso no terceiro ano de cultivo após a poda, observaram que o diâmetro do caule e o número de folhas foram afetados linearmente pela salinidade, enquanto a área foliar foi influenciada pelas doses de fósforos, não havendo interação entre salinidade e doses de fósforo.

Vale et al. (2006) constataram que na fase inicial de crescimento do pinhão-manso (30 dias após a emergência) foram afetados linearmente a altura, o diâmetro caulinar e o número de folhas, pela salinidade da água de condutividade elétrica variando de 0,06 a 4,2 dSm<sup>-1</sup>. Em outra oleaginosa, a mamoneira, Cavalcanti et al. (2005) aos 80 dias após a germinação, observaram redução na área foliar de 6,55% por aumento unitário da CEa, com a CEa variando de 0,7 a 4,7 dSm<sup>-1</sup> utilizando sais de NaCl e CaCl<sub>2</sub>.

Segundo Harkamal et al. (2006) e Hu et al. (2008) as plantas irrigadas com águas salinas, em geral, reduzem o crescimento, Silva (2004) em estudo com mamoneira, observou redução do número de frutos por cacho, com o incremento da CEa; inclusive, a cultivar BRS Paraguaçu não chegou a frutificar quando irrigada com água de 4,70 dS m<sup>-1</sup>. Redução de produção pela salinidade também foi constatada por Souza Júnior (2003) em experimento com algodão colorido (BRS-verde), com níveis salinos variando de 2,0 a 9,5 dSm<sup>-1</sup> com sais de NaCl e CaCl<sub>2</sub>, ao observar diminuição de 6,6 % no número de capulho por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

### 3.7 ADUBAÇÃO NITROGENADA

A adubação mineral é reconhecida como fator de grande importância na produção agrícola e o nitrogênio é um dos nutrientes que recebem maior atenção. Dada à importância no crescimento e no desenvolvimento dos vegetais, é o elemento que mais limita a produção das culturas (MALAVOLTA, 1981). Um dos fatores que influenciam a eficiência de utilização do nitrogênio pela planta é a disponibilidade hídrica do solo, após sua aplicação (FLECK & SILVA, 1989). Também a temperatura, o pH, o complexo de troca de cátions e o teor de matéria orgânica influenciam no comportamento do nitrogênio no solo e podem elevar as perdas deste elemento para a atmosfera (MALAVOLTA, 1981).

As exigências de nitrogênio pelas plantas variam dependendo do estágio de desenvolvimento e em algumas culturas seu excesso pode causar desenvolvimento vegetativo exuberante, em detrimento da produção de tubérculos, frutos e sementes. Em outras espécies pode proporcionar folhas mais suculentas e susceptíveis a doenças ou reduzir a produção. O fornecimento de doses adequadas favorece o crescimento vegetativo, expande a área foliar e eleva o potencial produtivo da cultura. O nitrogênio atua na síntese de aminoácidos e proteínas e participa também da constituição da clorofila, ácidos nucleicos e enzimas, compostos vitais para a planta (RAIJ, 1991; FILGUEIRA, 2000). O N tem, como principal fonte, o nitrato, sendo este mais abundante do que o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em torno das raízes. Entretanto, a solução do solo frequentemente apresenta baixas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  o que limita o crescimento da planta (FLORES et al., 2002).

O parcelamento das aplicações dos fertilizantes químicos lixiviáveis, especialmente dos nitrogenados, é largamente recomendado para diversas culturas como recurso para reduzir as perdas dos nutrientes, assegurando maior disponibilidade à planta durante o ciclo de desenvolvimento quando atingem estádios máximos de absorção e transformação metabólica (CERVELLINI et al., 1986).

Quando absorvido, o nitrogênio pode ser assimilado na própria raiz ou, também, ser transportado para as folhas nas quais ocorre sua assimilação. A multigeração do metabolismo do nitrogênio torna complexa a identificação de pontos metabólicos específicos que sejam mais limitantes para o incremento da produtividade (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

A fonte de nitrogênio e o local de assimilação podem ser importantes especialmente em condições de crescimento, nas quais a disponibilidade de energia é limitada (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). Sua deficiência na maioria das plantas reduz o crescimento, torna a planta amarelada pela perda da clorofila, provoca amadurecimento precoce dos frutos, perda de produtividade e na qualidade dos frutos colhidos é o nutriente que tem maior efeito no crescimento da planta e, por esta razão, pode limitar bastante a produção de fitomassa (PRADO et al., 2006).

### 3.8 RELAÇÃO SALINIDADE E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Em geral, a salinização dos solos ocorre com a acumulação de determinadas espécies iônicas, sendo o  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  os mais frequentes e considerados os principais íons a prejudicar o metabolismo das plantas. A predominância desses íons no meio de crescimento radicular pode causar toxidez quando eles se acumulam nos tecidos vegetais, acarretar mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento. Assim, deficiências de  $\text{Ca}^{2+}$  podem ser induzidas por excesso de  $\text{Na}^+$ , deficiências de  $\text{K}^+$  por excesso de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Ca}^{2+}$ , altas concentrações de  $\text{Mg}^{2+}$  podem inibir a absorção de  $\text{K}^+$  ou de  $\text{Ca}^{2+}$  (MARSCHNER, 2002) além da concentração salina alta no meio afetar a absorção de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e a assimilação de nitrogênio necessário à síntese proteica (DEBOUBA et al., 2006).

Sabe-se que um dos mecanismos de adaptação das plantas à salinidade, é a redução do número e do tamanho das folhas e, conseqüentemente, a área foliar e como Fernández et al. (1994) relatam que o nitrogênio influencia tanto a taxa de expansão quanto a divisão celular, determinando assim o tamanho final das folhas; além disto, doses adequadas de nitrogênio em condições salinas podem tornar um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa visto que um acréscimo no suprimento de N estimula o crescimento, atrasa a senescência e muda a morfologia das plantas e, além disso, o aumento nos níveis de adubação nitrogenada causa aumento significativo no conteúdo de clorofila das folhas.

Flores et al. (2001) destacam que a fertilização nitrogenada, além de promover o crescimento das plantas pode também ser capaz de reduzir o efeito da salinidade nos vegetais efeito que pode ser atribuído às funções do nitrogênio nas plantas, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas e prolina, entre outros. Estudos têm demonstrado que o acúmulo desses solutos orgânicos eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumenta a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (LACERDA et al., 2003; SILVA et al., 2008)

Os efeitos dos sais às plantas e as funções do nitrogênio têm sido antagônicos; com isto, espera-se que a adubação nitrogenada possa diminuir os efeitos deletérios da salinidade; na busca desse objetivo vários trabalhos têm sido desenvolvidos envolvendo a interação entre salinidade e adubação nitrogenada.

Campos (2010) em estudo relativo ao comportamento do girassol sob estresse salino utilizando água com CEa variando 0,5 a 4,5  $\text{dS m}^{-1}$  e adubação com três fontes de nitrogênio

(ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio), constatou que com uso da uréia as plantas apresentaram uma maior tolerância a um nível de salinidade de  $CE = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$  sem redução significativa da matéria seca, enquanto que para as demais fontes foi encontrado redução a partir do nível da  $CEa = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$ .

Nobre et al (2010) também estudando o crescimento do girassol sobre estresse salino e adubação nitrogenada, verificaram que não houve influência significativa entre as doses de nitrogênio e os níveis de salinidade para as variáveis estudadas: altura da planta, diâmetro e fitomassa seca da parte aérea. Oliveira et al. (2006) analisando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e teores de esterco bovino no crescimento inicial da mamoneira, observaram também não haver interação entre os fatores.

Lima et al. (2011) utilizando águas com níveis salinos variando de 0,4 a 4,4  $\text{dSm}^{-1}$  e doses de nitrogênio em mamona BRS-energia, constataram aos 35 DAS, que a salinidade afetou linear e negativamente, as TCAAP e TCRAP, diâmetro do caule, área foliar e na fitomassa seca da parte aérea, tendo a adubação nitrogenada proporcionado um aumento na TCAAP e na TCRAP, havendo apenas interação entre adubação nitrogenada e salinidade para a TCRAP.

Blanco & Folegatti (2007) utilizando nitrato de amônia nas doses (7,5; 15,0; e 22,5  $\text{g planta}^{-1}$ ) e a água com  $CEa = 9,5 \text{ dS m}^{-1}$  no tomateiro, concluíram que as doses de nitrogênio utilizadas não contribuíram para o aumento de tolerância do tomateiro à salinidade.

Silva (2009) utilizando água residuária com  $CE = 1,32 \text{ dSm}^{-1}$ , contendo 20  $\text{mg L}^{-1}$  de amônia e 1,22  $\text{mg L}^{-1}$  de nitrato, em pinhão-manso, verificou um índice maior de crescimento e uma maior produção de frutos em média de 48% a mais em relação ao uso de água de abastecimento de  $CE = 0,6 \text{ dSm}^{-1}$ .

### 3.9 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve suas condições morfofisiológicas em diferentes intervalos de tempo, entre duas análises sucessivas, dentro do seu ciclo. Com isto é possível avaliar seu crescimento como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes (BENINCASA, 1988).

Métodos para obtenção de dados para fins de análise quantitativa de crescimento de plantas, sob condições normais de cultivo são, em geral, simples, consistindo principalmente em medições

periódicas de matéria seca e área foliar (RADFORD, 1967). Com os elementos básicos pode-se estimar índices fisiológicos, tais como taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e índice de área foliar, entre outros (KVET et al., 1971)

A análise de crescimento não destrutiva visa estudar o aumento dos fitossistemas eucarióticos, sem destruir as plantas e, assim, os mesmos indivíduos podem ser mensurados durante o ciclo biológico, tendo como valores primários a altura de plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar. Este método tem sido bastante utilizado para investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento na adaptabilidade de espécies em ecossistemas diversos, efeito de competição de cultivares e influência de práticas agrônomicas sobre o crescimento (MAGALHÃES, 1979 e SILVA et. al., 2000 ).

A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas, bem como do seu tempo de permanência na planta (MONTEIRO et al., 2005). A determinação da área foliar da planta é um diagnóstico importante que permite, ao pesquisador, obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz, além de interferir na cobertura do solo, na competição com outras plantas e em várias características (SEVERINO et al., 2004). Assim, a superfície foliar de uma planta é a base do rendimento potencial da cultura (FAVARIN et al., 2002).

A determinação da área foliar (AF) das plantas é de interesse em diferentes setores da pesquisa agrônômica porém é de fundamental importância que as técnicas de estimativa de área foliar sejam simples, rápidas e, principalmente, não destrutivas. A importância de se utilizar um método não destrutivo é que ele permite acompanhar o crescimento e a expansão foliar da mesma planta até o final do ciclo ou do ensaio, além de ser rápido e preciso. Assim, a AF pode ser estimada utilizando-se parâmetros dimensionais de folhas os quais apresentam boas correlações com a superfície foliar (MOREIRA FILHO et al., 2007).

Segundo Benincasa (2003) o crescimento relativo se relaciona com a eficiência da planta em formar tecidos novos a partir dos pré-existentes, sendo este um bom indicativo para avaliar o comportamento vegetal sob diferentes condições de estresse.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação telada tipo termorreletora com 50% de insolação (Figura 1) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no período de outubro de 2010 a junho de 2011.



**Figura 1:** Distribuição dos vasos com dois coletores de drenagem na casa de vegetação.

O município de Campina Grande está localizado sobre o planalto da Borborema com altitude media de 550 m apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude 07° 13`S e longitude 35° 54`W; o clima da região segundo a classificação de Koppen é do tipo Csa adaptada ao Brasil (COELLHO & SONCIN, 1982), que representa um clima mesotérmico sub-úmido com período de estiagem quente e seco de 4 a 5 meses e período chuvoso de outono e inverno com precipitação média anual em torno de 800mm; os meses de junho e julho são mais frios; as temperaturas médias anuais são inferiores a 20°C (IBGE, 1991). Na Tabela 4 consta o resumo dos dados meteorológicos referentes ao período do experimento nos anos de 2010 e 2011, fornecidos pela Embrapa/CNPA em Campina Grande-PB.

**Tabela 4:** Dados meteorológicos de Campina Grande durante a condução do experimento

Ano	2010					2011				
Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	
Temperatura média (°C)	24,2	24,4	24,6	24,4	24,8	24,8	24,0	22,8	22,1	
Máxima	32,8	33,1	33,4	32,8	32,2	32,1	32,1	29,0	27,9	
Mínima	18,6	19,6	20,4	19,5	20,8	20,5	20,3	18,8	17,1	
Umidade (%)	75	71	74	78	79	79	85	91	89	
Máxima	86	81	94	91	92	92	94	98	98	
Mínima	64	62	66	66	72	72	71	80	80	
Precipitação (mm)	16,2	4,2	37,2	53,5	139,2	137,3	185,4	361,0	124,5	
Evaporação (mm)	231,4	224,6	214,2	190,4	246,37	111,72	235,9	134,7	125,3	
Insolação (hora)	258,0	274,9	223,1	201,2	222,7	260,1	183,8	123,5	158,3	

Fonte: Embrapa/CNPA

## 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento estatístico experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 5x5 em três blocos, cujos fatores em estudo foram cinco níveis de salinidade da água de irrigação ( $CEa = 0,6; 1,6; 2,6; 3,6$  e  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) e cinco doses de nitrogênio (50, 75, 100, 125 e  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo) tomando-se como base a recomendação de Novais et al. (1991) para a adubação básica de experimentos com vasos, que é de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo, perfazendo o total de 25 tratamentos distribuídos em três blocos, totalizando 75 unidades experimentais.

Os níveis de salinidade foram denominados  $S_1 = 0,6 \text{ dS m}^{-1}$  (água do sistema de abastecimento local) e os demais  $S_2 = 1,6$ ,  $S_3 = 2,6$ ,  $S_4 = 3,6$  e  $S_5 = 4,6 \text{ dS m}^{-1}$ , preparados mediante adição de NaCl (sem iodo) na água de abastecimento sendo a quantidade calculada através da equação  $Q (\text{mg L}^{-1}) = 640 \times CEa (\text{dS m}^{-1})$  proposta por Richards (1954) em que a CEa representa o

valor desejado da condutividade elétrica da água levando-se em consideração a CEa da água de abastecimento. As respectivas águas foram condicionadas em toneis de plástico com capacidade para 190 L; o fator doses de nitrogênio foi identificado como  $N_1=50$ ,  $N_2=75$ ,  $N_3=100$ ,  $N_4=125$  e  $N_5=150$  mg  $kg^{-1}$  de solo e os tratamentos definidos pela fatoraçoão SxN.

### 4.3 RECIPIENTES

Foram utilizados 75 vasos plástico na condição de lisímetro de drenagem com capacidade para 240 kg de solo; na parte inferior dos vasos foi adaptado um sistema de drenagem com dois dispositivos plástico, isto é, em cada lado com uma pequena tela de nylon e sobre esta tela, 5 kg de brita distribuídos nos locais em que se encontram os drenos e, logo abaixo dos vasos, uma garrafa PET em cada dreno para coleta da água drenada. Esses vasos foram colocados sobre tijolos ficando a uma altura de 40,0 cm aproximadamente do piso da casa de vegetação como se observa na Figura 1.

### 4.4 SOLO

O substrato utilizado foi um solo (Neossolo regolítico eutrófico) não salino, não sódico, cujas características físico-químicas estão apresentadas na Tabela 5, procedente do distrito de São José da Mata, pertencente ao município de Campina Grande, coletado a uma profundidade de 0-30 cm, destorroado, peneirado e após a homogeneização foi colocado nos vasos 240 kg de solo, de forma que não compactasse; na terça parte superior foram misturados ao solo 4,8 kg de húmus (2% em relação ao peso de solo) antes de ser colocado no vaso.

**Tabela 5:** Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

<b>Características Físicas</b>	
Areia (%)	73,4
Silte (%)	16,8
Argila (%)	9,8
Classificação Textural	<b>Franco arenoso</b>
Densidade global ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1,42
Porosidade (%)	49,47
<b>Complexo Sortivo</b>	
Cálcio ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	1,88
Magnésio ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	3,13
Sódio ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	1,64
Potássio ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	0,06
pH <sub>1:2,5</sub>	5,05
CE <sub>1:2,5</sub> ( $\text{dS m}^{-1}$ )	0,13
<b>Extrato de Saturação</b>	
pH <sub>es</sub>	4,72
CE <sub>es</sub> ( $\text{dS m}^{-1}$ )	0,66
Cálcio ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	1,62
Magnésio ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	3,13
Sódio ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	1,82
Potássio ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	0,74
Cloreto ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	2,0
Carbonato ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	0,0
Bicarbonato ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ )	1,40
Percentagem de saturação (%)	19,67

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG)

#### 4.5 INSTALAÇÃO

Os vasos foram distribuídos na casa de vegetação, de forma que ficassem no espaçamento 2,0x1,5 m entre plantas. O solo foi irrigado com a água dos respectivos tratamentos até a obtenção da capacidade de campo. Um dia antes do plantio foi feita a adubação de fundação retirando-se aproximadamente 30 kg de solo e adicionando-se super fosfato simples granulado, distribuído horizontalmente; os adubos nitrogenados foram o fosfato monoamônico (MAP) e a ureia diluídos em água do sistema de abastecimento e aplicado um litro da solução em cada vaso; as quantidades de nutrientes, conforme segue: 300 mg de  $\text{P}_2\text{O}_5 \text{kg}^{-1}$  de solo, um terço de K (50 mg  $\text{kg}^{-1}$  de solo) tendo como fonte  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e um terço de N seguindo os tratamentos da adubação nitrogenada; os dois terços restantes foram parcelados em cinco vezes, começando a partir do mês de janeiro a até o mês de maio, durante o andamento do experimento. Nas adubações subsequentes utilizou-se como fonte do nitrogênio, a ureia.

As sementes utilizadas foram oriundas da cidade de Patos, PB que ficaram embebidas em água durante seis horas antes do plantio, utilizando-se, no total, de dez sementes para o semeio direto em cada vaso, distribuídas na área central, em um círculo de 20 cm de diâmetro e equidistantes a uma profundidade de 1,0 cm com a carúncula da semente voltada para baixo, conforme recomendação de Franken & Nielsen (2010). Após a germinação da semente e quando no estado plântulas estabelecidas foi feito o desbaste deixando uma única planta em cada vaso de melhor desenvolvimento para continuação do experimento.

#### 4.6 IRRIGAÇÃO

Antes do plantio o solo foi colocado na capacidade de campo com a água dos respectivos tratamentos e após o plantio foi seguido um turno de rega a cada dois dias, evitando-se a lixiviação, e a cada quinze dias era aplicada uma lâmina de lixiviação com uma fração de lixiviação 0,15, sendo que o volume de água aplicado nas irrigações posteriores era calculado conforme a quantidade de água drenada e o volume de água aplicado na irrigação anterior; após conhecimento das quantidades utilizava-se a Equação 01 para obter a quantidade a ser aplicada posteriormente. Devido às precipitações pluviométricas ocorridas durante a condução do experimento, passou-se a fazer as irrigações em intervalos maiores, evitando-se a drenagem. O volume de água utilizada e as precipitações pluviométricas mensais estão contidos na Tabela 6.

$$VI = \frac{VA - VD}{1 - FL} \quad \text{Eq. 1}$$

em que:

VI = Volume de água a ser aplicado na irrigação posterior (L);

VA = Volume de água aplicado na irrigação (L);

VD = Volume de água drenado após a irrigação (L);

FL = Fração de lixiviação.

**Tabela 6:** Volume de água utilizado na irrigação, precipitação mensal e volume precipitado e drenado por vaso durante o experimento com pinhão manso

Ano	2010			2011					
Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Junho
Irrigação (L planta <sup>-1</sup> )	2,6	19,5	21	22	22	26	19	18	26
Precipitação (mm)	16,2	4,2	37,2	53,5	139,2	137,3	185,4	235,7	124,5
L planta <sup>-1</sup>	4,43	1,15	10,16	14,62	38,04	37,52	50,67	64,41*	*
Drenagem (L planta <sup>-1</sup> )	1,21	0,29	1,81	0,74	4,52	1,84	2,78	5,87	*

\* A partir do dia 15 de maio até junho, não houve precipitação na área do vaso, tendo em vista que os vasos foram cobertos com isopor

#### 4.7 TRATOS CULTURAIS

No desenvolvimento do experimento, observou-se a incidência de algumas pragas, como: cigarrinha-verde (*Empoasca sp*) nos primeiros quatro meses; ácaro branco (*Polyphagotarsonemus sp*) e ácaro vermelho (*Tetranychus sp*). No combate cigarrinha utilizou-se, inicialmente, o óleo de Nim (100ml/20L de água) mas devido à pouca eficiência e a uma infestação maior, usou-se o Actara (3g/20L de água) e, para os ácaros, utilizou-se o Vertimec (0,2 %). Foram feitas duas capinas no piso da casa de vegetação por ser este permeável, além de limpeza manual diária dentro dos vasos, com eliminação das ervas daninhas.

O ácaro branco afetou diretamente o crescimento do pinhão-manso atacando as folhas velhas e jovens, causando o encarquilhamento das folhas (dobra nas bordas), deixando-as com as bordas viradas para baixo, com o limbo foliar áspero e enrugado, atacando também o broto apical, provocando queda do broto, prejudicando o desenvolvimento da altura, reduzindo o número de folhas e a área foliar (Figura 2).



Figura 2: Detalhe da folha e do broto apical do pinhão manso atacados pelo ácaro branco

## 4.8 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram analisadas as variáveis de crescimento: altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), as quais foram analisadas aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura (DAS); no final do estudo efetuou-se uma avaliação quantitativa da matéria seca das partes vegetativas.

### 4.8.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

#### a) Altura de plantas (AP) e Diâmetro caulinar (DC)

A altura das plantas foi medida a partir dos 50 dias após a semeadura utilizando-se uma régua milimetrada e após as plantas atingirem uma altura maior que 30cm, foi utilizada fita métrica, adotando-se, como altura, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal.

A determinação do diâmetro caulinar foi usado um paquímetro digital medindo-se o diâmetro no colo da planta, a uma altura de 3 cm do solo.

#### b) Número de folhas (NF) e Área foliar (AF)

O número de folhas por plantas foi determinado concomitantemente com a altura de planta e o diâmetro caulinar sendo consideradas, para contagem, as folhas com o comprimento da nervura central a partir de 4,0 cm.

Determinou-se a área foliar por planta a partir da medição da nervura central de cada folha, com uma régua milimetrada, conforme metodologia proposta por Severino et al. (2007) de acordo com a equação 2, somando-se a área foliar de cada folha para obtenção da área foliar total da planta.

$$AF = \sum 0,89P^2 \quad (\text{Eq.2})$$

em que:

AF = área foliar (m<sup>2</sup>)

P = comprimento da nervura principal (m)

Esta metodologia tem mostrado resultados bastante satisfatórios na determinação da área foliar, através de suas dimensões lineares, por se tratar de um método simples e rápido, de baixo custo operacional, além de poder ser facilmente utilizado em condições de campo, principalmente por não requerer destruição do material, tornando-se de grande importância quando se pretende realizar uma análise quantitativa não destrutiva do crescimento das plantas.

### **C) Taxas de crescimento absoluto em altura de plantas e diâmetro do caule**

A partir dos resultados obtidos das variáveis de crescimento em altura de plantas e diâmetro caulinar, foram determinadas as taxas de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA AP) e em diâmetro caulinar (TCA DC), de acordo com as Equações 3 e 4, seguindo-se a metodologia proposta por Silva et al. (2000).

$$TCA\ AP = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad (Eq.3)$$

$$TCA\ DC = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1} \quad (Eq.4)$$

em que:

TCA AP = Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia<sup>-1</sup>);

AP<sub>1</sub> = Altura de planta no tempo t<sub>1</sub> (cm);

AP<sub>2</sub> = Altura de planta no tempo t<sub>2</sub> (cm);

TCA DC = Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (mm dia<sup>-1</sup>);

DC<sub>1</sub> = Diâmetro caulinar no tempo t<sub>1</sub> (mm);

DC<sub>2</sub> = Diâmetro caulinar no tempo t<sub>2</sub> (mm).

### **d) Taxas de crescimento relativo em altura de plantas e diâmetro do caule**

Seguindo o mesmo procedimento utilizado na determinação da taxa de crescimento absoluto, obtém-se a taxa de crescimento relativo dessas variáveis (TCR AP e TCR DC), conforme Silva et AL. (2000), aplicando-se as Equações 5 e 6.

$$\text{TCR AP} = \frac{\ln \text{AP}_2 - \ln \text{AP}_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq.5})$$

$$\text{TCR DC} = \frac{\ln \text{DC}_2 - \ln \text{DC}_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq.6})$$

em que:

TCR AP = Taxa de crescimento relativo em altura de plantas ( $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

TRC DC = Taxa de crescimento em diâmetro caulinar ( $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

ln = logaritmo neperiano.

#### 4.9 FITOMASSA SECA DA PARTE AÉREA (FSPA)

A fitomassa seca da parte aérea foi a partir da coleta das folhas que caíram durante todo o experimento, incluindo-se caule e folhas no final do experimento, oriundos de uma poda das plantas a uma altura de 80 cm do colo. As partes vegetativas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados e postos a secar em estufa ventilada a 65 °C, até peso constante para o cálculo da fitomassa seca.

#### 4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis de crescimento e fitomassa seca foram submetidas à análise de variância (teste F a 1 e 5% de probabilidade) e o estudos de regressões polinomiais de primeira e segunda ordem para os níveis de salinidade e adubação nitrogenada, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2000) e, para evolução das variáveis em função do tempo, foram plotadas as curvas de crescimento para altura de plantas e diâmetro do caule ajustando-os através do modelo logístico, enquanto para as curvas do número de folhas e área foliar foram ajustadas ao modelo polinomial de quarta ordem utilizando-se o software Table Curve 2D versão 2.0.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

#### 5.1.1 ALTURA

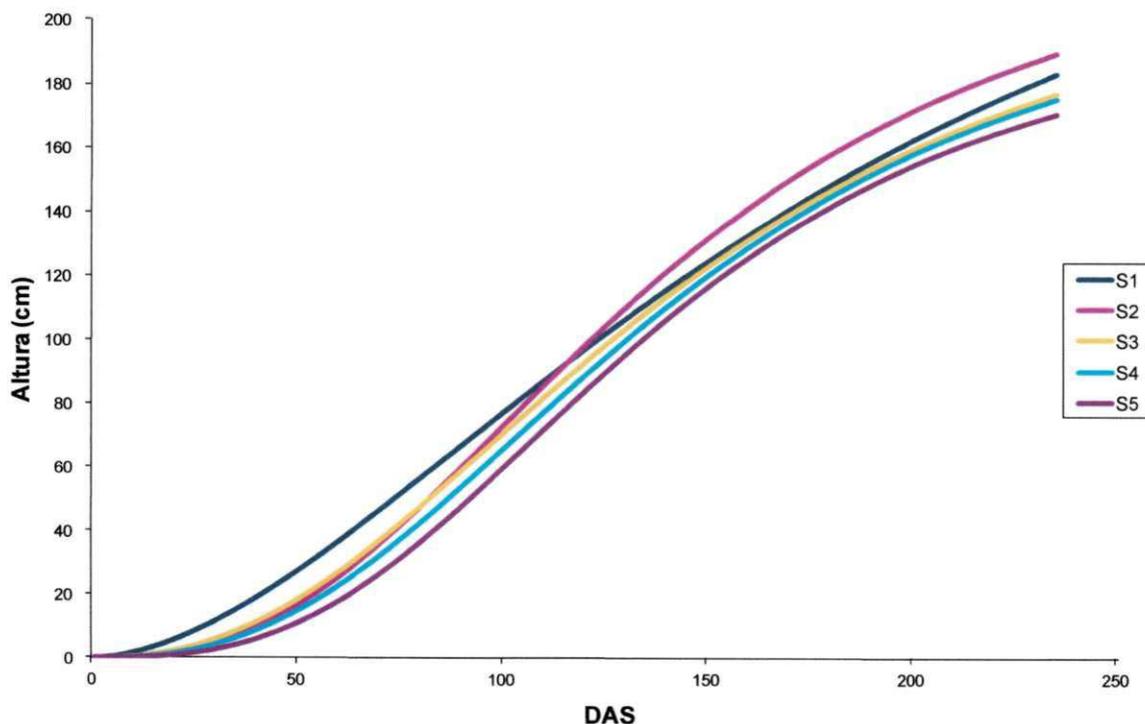
Observa-se, na Figura 3, que a evolução da altura de plantas do pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade se ajustou ao modelo logístico; as plantas irrigadas com o nível S1(0,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram um desenvolvimento melhor na altura, em relação as dos outros níveis dos 50 aos 115 DAS; a partir deste intervalo até o final do experimento, se mantiveram com desenvolvimento superior apenas aos níveis S3, S4 e S5; as plantas do nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram melhor desenvolvimento na altura em relação a S1, S3, S4 e S5 dos 115 aos 235 DAS, tendo um acréscimo de 3,32% na altura em relação as do nível S1 aos 235 DAS; as do nível S3 apresentaram um desenvolvimento superior na altura em relação as do S4 desde o início do experimento até os 235 DAS; as plantas do nível S5 (4,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram o menor desenvolvimento na altura, desde o início até o final do experimento, em relação as dos demais níveis de salinidade.

Utilizando as equações contidas na Figura 3 e comparando os níveis S1 e S5, verifica-se que houve decréscimo na altura de 7,07% aos 235 DAS.

Nery (2008) estudando o pinhão manso sob diferentes níveis salinos com CEa variando de 0,6 a 3,0 dS m<sup>-1</sup> num intervalo de 37 aos 163 DAS, encontrou reduções sequencias na altura do menor para o maior nível salino, diferente do encontrado neste estudo, em que o nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentou acréscimo de 3,32% na altura em relação ao nível S1 (0,6 dS m<sup>-1</sup>) aos 235 DAS.

Ao se comparar as Figuras 3 e 4, observa-se que em ambas o pinhão-manso apresentou redução na altura com o aumento da salinidade, com exceção das plantas irrigadas com o nível

S<sub>2</sub>, que apresentaram desenvolvimento superior na altura em relação as dos demais níveis estudados a partir dos 115 DAS.



$$S1 = \frac{303,95247}{(1+(x/184,11993)^{-1,7615806})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S2 = \frac{240,91632}{(1+(x/138,9506)^{-2,5279595})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S3 = \frac{234,39649}{(1+(x/143,56722)^{-2,322214})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S4 = \frac{225,79003}{(1+(x/142,44928)^{-2,5157578})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S5 = \frac{209,25668}{(1+(x/138,22679)^{-2,8285701})} \quad R^2 = 0,98$$

**Figura 3:** Evolução da altura do pinhão-mansinho em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em função dos dias após a semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2012

Com base na análise de variância apresentada na Tabela 7, observa-se que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para a interação salinidade x adubação nitrogenada e que a salinidade afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) a altura do pinhão-mansinho, desde os 50 DAS até os 130 DAS e aos 205 DAS ( $p < 0,05$ ); quanto ao estudo das regressões, houve efeito linear para a salinidade nos referidos períodos, sendo que no período de 205 DAS apresentou um coeficiente de correlação muito baixo  $R^2 = 0,30$ .

Verifica-se, na Figura 4 que a altura diminui com o aumento da salinidade do período de 50 a 130 DAS; os níveis crescentes de salinidade causaram efeito negativo na altura de planta do pinhão-manso, segundo as equações lineares em comparação com os níveis  $S_1(0,6 \text{ dS m}^{-1})$  e  $S_5(4,6 \text{ dS m}^{-1})$  houve decréscimos de 38,41, 37,25, 28,60, 22,75, 19,08 e 12,59, aos 50, 70, 85, 100, 115 e 130 DAS respectivamente; os decréscimos vão diminuindo com o tempo, até os 130 DAS. A salinidade afetou mais o pinhão-manso na fase inicial de crescimento (50 DAS) que nas fases posteriores (adulta); aos 130 DAS estima-se, pela equação linear, um decréscimo de 3,09% por um aumento unitário da CEa, valor muito próximo ao encontrado por Nery (2008) em Campina Grande, PB, com experimento de pinhão-manso em ambiente protegido, usando água de níveis salinos variando de 0,6 a 3,0  $\text{dS m}^{-1}$  que aos 100 DAS apresentou um decréscimo na altura 4,38% por aumento unitário da CEa; vale salientar que no experimento realizado por Nery (2008) os tratamentos só foram introduzidos aos 37 DAS e que, na presente pesquisa, os tratamentos foram introduzidos desde o semeio sob casa de vegetação telada e sob influência das precipitações pluviométricas mensais.

Vale et al. (2006), ao submeterem o pinhão-manso a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação, em casa de vegetação, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência), verificaram que a altura foi afetada pela condutividade elétrica da água com CEa de 0,6 e 4,2  $\text{dS m}^{-1}$ , constatando redução de 7,85% por incremento unitário da CEa. Este trabalho apresenta como ênfase a fase inicial de crescimento do pinhão-manso; entretanto, Sousa et al. (2011) com estudo de salinidade com níveis variando de 0,6 a 3,0  $\text{dSm}^{-1}$  e doses de fósforo, no período de 90 dias após poda em pinhão-manso com 3 anos de idade, tempo maior que os de trabalhos anteriores, observaram um decréscimo de 10,14 % na altura em comparação com o menor e o maior nível de salinidade, enquanto Veras et al. (2011) com estudos no período de 210 aos 360 dias após transplante, observaram que a altura de plantas do pinhão-manso não foi afetada pela salinidade da água de irrigação com a CEa variando de 0,6 a 5,4  $\text{dS m}^{-1}$ , e o classificaram como tolerante à salinidade. Este último trabalho corrobora com os resultados encontrados no presente estudo, que mostram redução no decréscimo em função do tempo ou da idade do pinhão-manso.

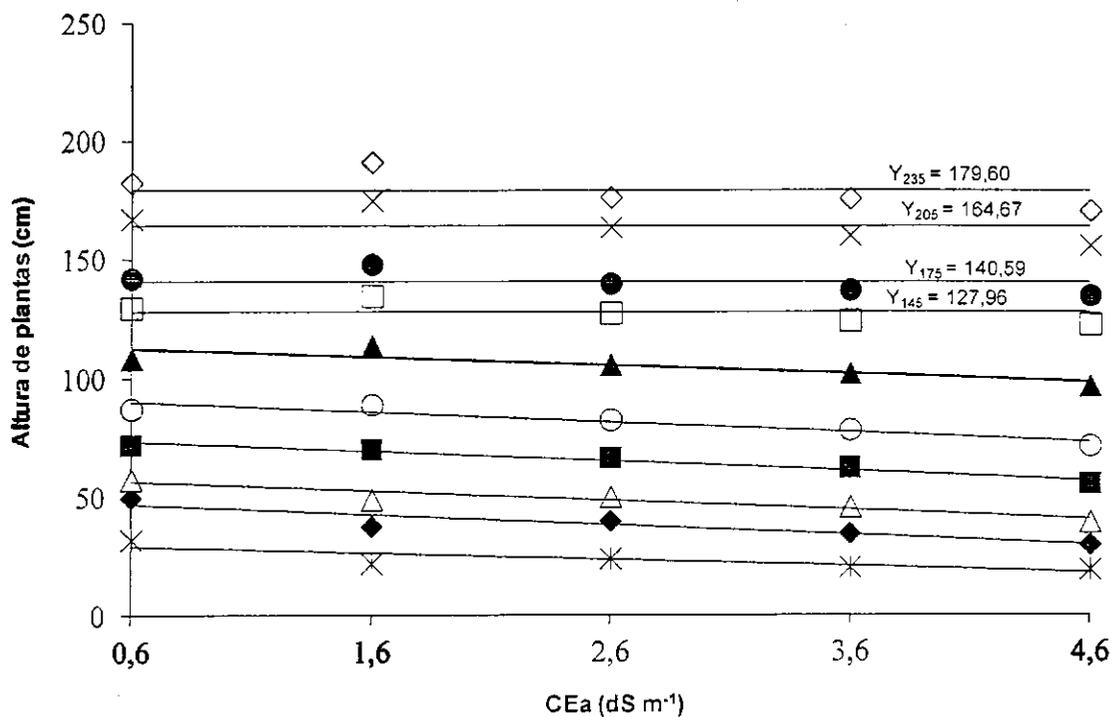
Marçal (2011) estudando níveis salinos (0,2; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) com esterco bovino em pinhão-manso aos 120 DAT, observou efeito significativo na interação entre os fatores em que houve um acréscimo na altura de 54,68% comparando os tratamentos sem e com esterco bovino.

Comparando com outras oleaginosas, Cavalcanti (2003) em estudo com mamona cultivar BRS-149 Nordeste irrigada com águas com CEa variando de 0,7 a 4,7 dS m<sup>-1</sup>, observou uma redução na altura das plantas 5,85% para um incremento unitário da CEa; e Silva (2004) estudando a variedade BRS Paraguaçu com CEa variando de 0,7 a 8,7 dS m<sup>-1</sup>, observou um decréscimo 9,76% na altura para um incremento unitário da CEa aos 60 DAS. Sousa Junior (2003) em estudo com algodão variedade BRS verde irrigado com águas de CEa variando de 2,0 a 9,5 dS m<sup>-1</sup> em 120 DAS, constatou um efeito negativo na altura das plantas com decréscimo de 5,68% por incremento unitário da CEa. Observa-se que os resultados na presente pesquisa se assemelham aos resultados anteriores, no que tange ao efeito negativo da salinidade em relação à altura do pinhão-manso porém aos 205 DAS observa-se que a altura do pinhão-manso foi menos afetada pela salinidade que a da mamoneira e a do algodão.

**Tabela 7:** Resumo da análise de variância da Altura de Plantas (AP) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	AP									
		50DAS	70DAS	85DAS	100DAS	115DAS	130DAS	145DAS	175DAS	205DAS	235DAS
		Quadrados Médios									
Salinidade (S)	4	404,97**	855,94**	678,90**	685,02**	785,26**	634,32**	336,63 <sup>ns</sup>	380,89 <sup>ns</sup>	776,39*	899,76 <sup>ns</sup>
Linear	1	1174,88**	2896,96**	2448,24**	2629,23**	2798,50**	1884,70**	-	-	2055,72**	-
Quadrática	1	175,91 <sup>ns</sup>	61,24 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	108,58 <sup>ns</sup>	245,59 <sup>ns</sup>	300,24 <sup>ns</sup>	-	-	285,13 <sup>ns</sup>	-
Desvio	2	134,55 <sup>ns</sup>	105,71 <sup>ns</sup>	133,47 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	142,68 <sup>ns</sup>	176,16 <sup>ns</sup>	-	-	382,35 <sup>ns</sup>	-
Doses de Nitrogênio (N)	4	31,31 <sup>ns</sup>	45,95 <sup>ns</sup>	115,18 <sup>ns</sup>	206,32 <sup>ns</sup>	276,77 <sup>ns</sup>	319,76 <sup>ns</sup>	346,26 <sup>ns</sup>	440,02 <sup>ns</sup>	646,18 <sup>ns</sup>	735,98 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	69,10 <sup>ns</sup>	127,96 <sup>ns</sup>	176,14 <sup>ns</sup>	180,97 <sup>ns</sup>	154,73 <sup>ns</sup>	120,84 <sup>ns</sup>	115,36 <sup>ns</sup>	156,22 <sup>ns</sup>	255,38 <sup>ns</sup>	370,16 <sup>ns</sup>
Blocos	2	5,74 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	57,91 <sup>ns</sup>	38,70 <sup>ns</sup>	69,10 <sup>ns</sup>	39,82 <sup>ns</sup>	26,49 <sup>ns</sup>	55,05 <sup>ns</sup>	45,91 <sup>ns</sup>	171,67 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	47,42	105,71	142,23	141,33	142,68	165,84	154,51	207,22	266,92	381,53
CV(%)		29,24	26,77	24,66	18,22	14,58	12,20	9,71	10,24	9,92	10,88

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



× 50DAS • 70DAS Δ 85DAS ■ 100DAS ○ 115DAS ▲ 130DAS □ 145DAS ● 175 DAS × 205DAS ◊ 235DAS

$$Y_{50} = 30,829 - 2,799x \quad R^2 = 0,73 \quad Y_{70} = 49,837 - 4,395x \quad R^2 = 0,85$$

$$Y_{85} = 58,848 - 4,034x \quad R^2 = 0,90 \quad Y_{100} = 76,116 - 4,186x \quad R^2 = 0,96$$

$$Y_{115} = 93,166 - 4,32x \quad R^2 = 0,89 \quad Y_{130} = 114,76 - 3,544x \quad R^2 = 0,74$$

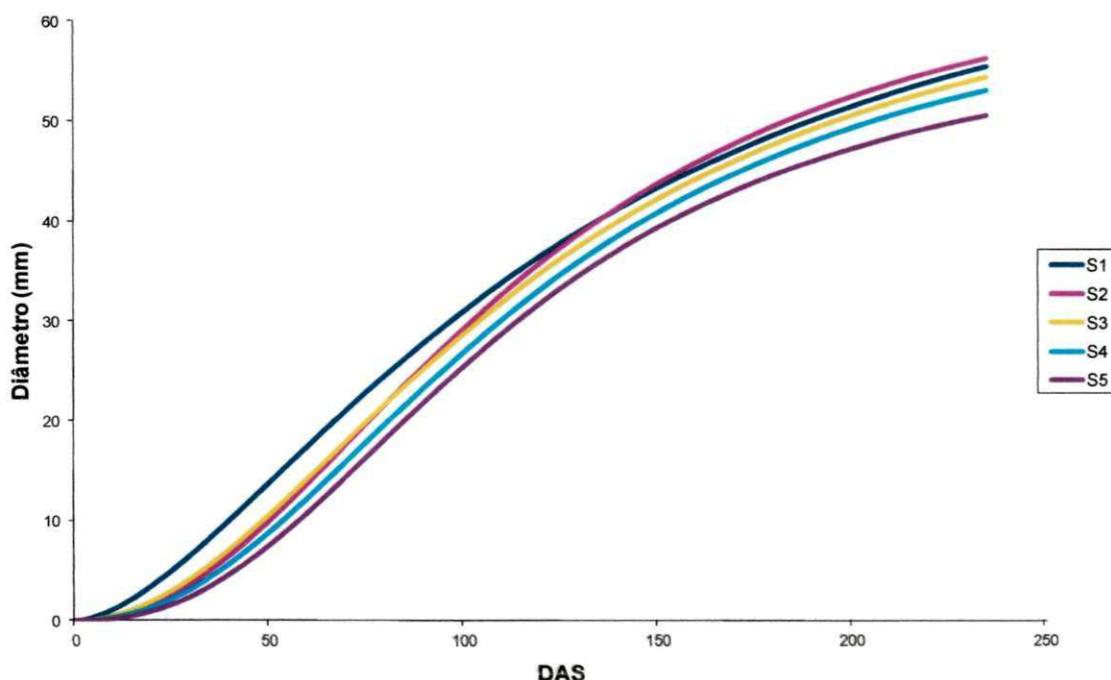
**Figura 4:** Altura do pinhão manso em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

### 5.1.2 DIÂMETRO DO CAULE (DC)

Observa-se, na Figura 5, a evolução do diâmetro do caule do pinhão sob diferentes níveis de salinidade, em função do tempo ajustado ao modelo logístico. As plantas irrigadas com o nível S1 (0,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram desenvolvimento superior no diâmetro, em relação aos níveis S2, S3, S4 e S5 desde o início do experimento até os 136 DAS, a partir deste intervalo passaram a ter desenvolvimento inferior no diâmetro em relação as do nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) até os 235 DAS; as plantas do nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram desenvolvimento melhor no diâmetro, em relação a S1, S3, S4 e S5, dos 136 aos 235 DAS; as plantas do nível S3 apresentaram desenvolvimento superior no diâmetro em relação as do nível S4 do início do experimento até os 235 DAS; as plantas do nível S5 (4,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram o menor desenvolvimento no diâmetro, desde o início até o final do experimento, em relação as dos demais níveis de salinidade utilizados.

Utilizando as equações contidas na Figura 5 e comparando os níveis S1 e S5, verifica-se que houve decréscimo no diâmetro de 8,71% enquanto na comparação entre os níveis S1 e S2 houve um acréscimo de 1,59% no diâmetro do pinhão-manso aos 235 DAS. Observa-se que a diferença no diâmetro entre o menor e o maior nível de salinidade foi maior que na altura; portanto, o diâmetro foi mais sensível à salinidade em relação a altura.

Verifica-se, neste estudo, que as reduções no diâmetro do caule do pinhão-manso em relação ao uso dos níveis de salinidade da água de irrigação no intervalo de tempo dos 136 aos 235 DAS seguiram a ordem sequencial dos níveis S2 > S1 > S3 > S4 > S5 enquanto Nery (2008) estudando o pinhão-manso sob estresse salino com CEa variando de 0,6 a 3,0 dS m<sup>-1</sup> no período de 163 DAS, as plantas apresentaram decréscimos sequenciais no diâmetro, do menor para o maior nível de salinidade da água de irrigação.



$$S1 = \frac{74,982709}{(1+(x/123,77153)^{-1,6406648})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S2 = \frac{69,021477}{(1+(x/115,58105)^{-2,1193307})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S3 = \frac{68,2874495}{(1+(x/117,68558)^{-1,9824658})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S4 = \frac{65,274075}{(1+(x/117,98698)^{-2,15534422})} \quad R^2 = 0,99$$

$$S5 = \frac{59,870127}{(1+(x/113,6175)^{-2,3585272})} \quad R^2 = 0,99$$

**Figura 5:** Evolução do diâmetro do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS), Campina Grande, PB, 2012

Observa-se, na Tabela 8, que nas avaliações feitas dos 50 DAS até os 235 DAS não houve significância para as doses de nitrogênio nem para a interação salinidade x adubação nitrogenada, havendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para salinidade, que afetou linearmente o diâmetro caule do pinhão-manso em todos os períodos estudados, cujo comportamento foi semelhante ao da altura, até os 130 DAS.

Com base na Figura 6, o diâmetro diminuiu significativamente com o aumento da salinidade em todos os períodos analisados; utilizando as equações lineares e comparando os níveis  $S_1$  ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $S_5$  ( $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) houve decréscimos de 32,96, 30,87, 24,99, 19,09, 14,56, 11,80, 7,64, 7,22, 9,29 e 10,07 % aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e aos 235 DAS, respectivamente; deduz-se que o diâmetro foi mais sensível à salinidade que a altura porém os decréscimos são menores até os 130 DAS, resultado inverso ao encontrado por Nery (2008) em estudo semelhante com níveis salinos variando de  $0,6$  a  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  no intervalo de 37 a 163 DAS; ao registrar menores decréscimos na altura do pinhão-manso, este autor ainda encontrou um decréscimo no diâmetro de 7,35% por incremento unitário da CEa aos 163 DAS, valor próximo do encontrado por Vale et al. (2006) na fase inicial de crescimento (30 dias após emergência) de um decréscimo de 7,68 % por incremento unitário da CEa, enquanto no presente estudo, aos 235 DAS, foi encontrado um valor inferior, isto é, um decréscimo no diâmetro de 2,48% por incremento unitário da CEa.

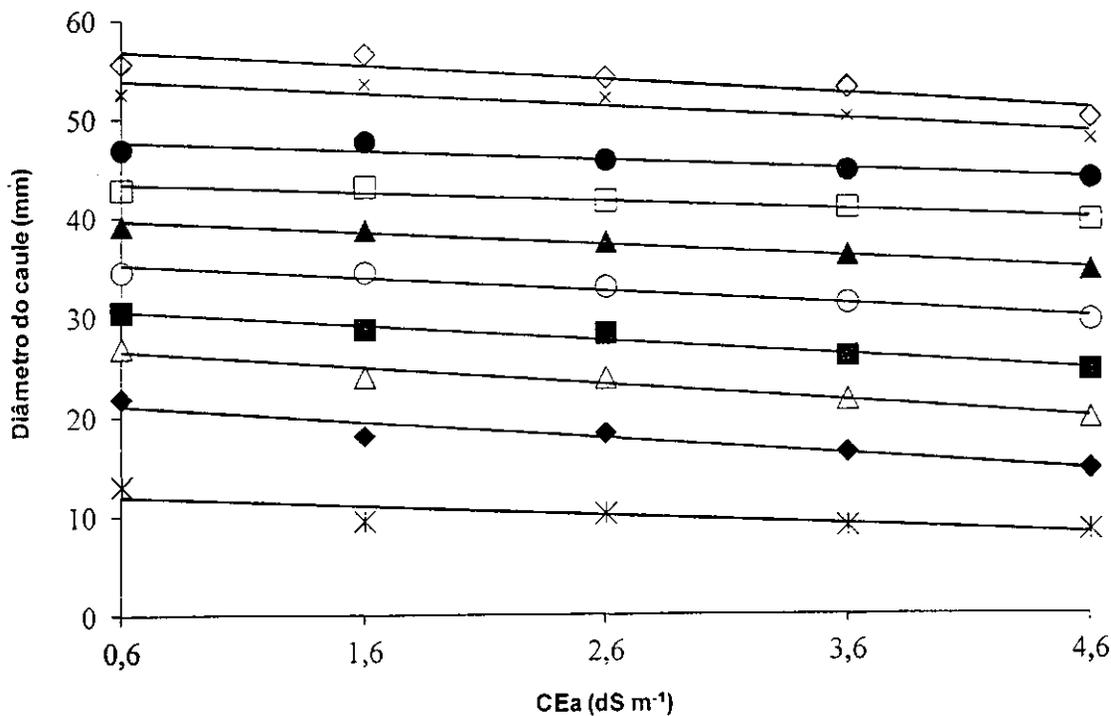
Marçal (2011) em estudo com pinhão-manso com níveis salinos variando de  $0,2$  a  $8,0 \text{ dS m}^{-1}$  e esterco bovino, observou aos 120 DAT que não houve efeito significativo na interação entre os dois fatores porém a salinidade afetou linearmente o diâmetro do caule com decréscimo de 4,05 % por incremento unitário da CEa; entretanto, o esterco bovino influenciou, de maneira positiva, proporcionando um acréscimo de 22,87 % no diâmetro do caule em comparação com as que não receberam o insumo.

Sousa Junior (2003) em estudo com algodão e salinidade da água variando de  $2,0$  a  $9,5 \text{ dS m}^{-1}$ , encontrou um decréscimo no diâmetro de 3,23% por aumento unitário da CEa, aos 120 DAS, e Silva (2004) de 9,46 % aos 100 DAS com mamoneira; entretanto, Cavalcanti et al. (2005) observaram, aos 80 DAS, menor decréscimo no diâmetro da mamoneira, de 1,45 %, por aumento unitário de CEa.

**Tabela 8:** Resumo da análise de variância do diâmetro do caule (DC) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	DC	DC	DC	DC						
		50DAS	70DAS	85DAS	100DAS	115DAS	130DAS	145DAS	175DAS	205DAS	235DAS
Salinidade (S)	4	50,45 <sup>**</sup>	109,73 <sup>**</sup>	108,45 <sup>**</sup>	82,33 <sup>**</sup>	65,35 <sup>**</sup>	52,93 <sup>**</sup>	28,61 <sup>**</sup>	33,32 <sup>**</sup>	72,81 <sup>**</sup>	92,68 <sup>**</sup>
Linear	1	147,01 <sup>**</sup>	397,88 <sup>**</sup>	413,34 <sup>**</sup>	319,45 <sup>**</sup>	245,76 <sup>**</sup>	206,27 <sup>**</sup>	103,50 <sup>**</sup>	11,28 <sup>**</sup>	233,63 <sup>**</sup>	319,45 <sup>**</sup>
Quadrática	1	19,08 <sup>ns</sup>	3,92 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	12,88 <sup>ns</sup>	4,85 <sup>ns</sup>	5,97 <sup>ns</sup>	5,25 <sup>ns</sup>	50,52 <sup>*</sup>	1,39 <sup>ns</sup>
Desvio	2	17,85 <sup>ns</sup>	18,58 <sup>ns</sup>	10,22 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	8,37 <sup>ns</sup>	3,54 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	3,12 <sup>ns</sup>	6,43 <sup>ns</sup>	6,91 <sup>ns</sup>	8,39 <sup>ns</sup>	7,71 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>ns</sup>	5,63 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	3,85 <sup>ns</sup>	4,45 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	12,67 <sup>ns</sup>	16,55 <sup>ns</sup>	15,50 <sup>ns</sup>	11,96 <sup>ns</sup>	9,01 <sup>ns</sup>	7,07 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	3,89 <sup>ns</sup>	4,58 <sup>ns</sup>	9,75 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3,88 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	8,25 <sup>ns</sup>	24,84 <sup>ns</sup>	18,65 <sup>ns</sup>	13,07 <sup>ns</sup>	12,21 <sup>ns</sup>	7,90 <sup>ns</sup>	5,36 <sup>ns</sup>	28,84 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	9,10	16,06	15,17	15,57	11,54	7,51	4,59	5,74	8,82	11,28
CV(%)		30,08	22,43	16,75	14,28	10,42	7,35	5,13	5,22	5,79	6,23

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



X 50DAS ♦ 70DAS △ 85DAS ■ 100DAS ○ 115DAS ▲ 130DAS □ 145DAS ● 175DAS × 205DAS ◇ 235DAS

$Y_{50} = 12,61 - 0,99x$	$R^2 = 0,73$	$Y_{70} = 22,10 - 1,63x$	$R^2 = 0,91$
$Y_{85} = 27,57 - 1,66x$	$R^2 = 0,95$	$Y_{100} = 31,43 - 1,46x$	$R^2 = 0,97$
$Y_{115} = 35,94 - 1,28x$	$R^2 = 0,94$	$Y_{130} = 40,35 - 1,17x$	$R^2 = 0,97$
$Y_{145} = 43,92 - 0,83x$	$R^2 = 0,90$	$Y_{175} = 48,15 - 0,86x$	$R^2 = 0,84$
$Y_{205} = 54,57 - 1,25x$	$R^2 = 0,80$	$Y_{235} = 57,67 - 1,43x$	$R^2 = 0,83$

**Figura 6:** Diâmetro do caule do pinhão-mansão em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

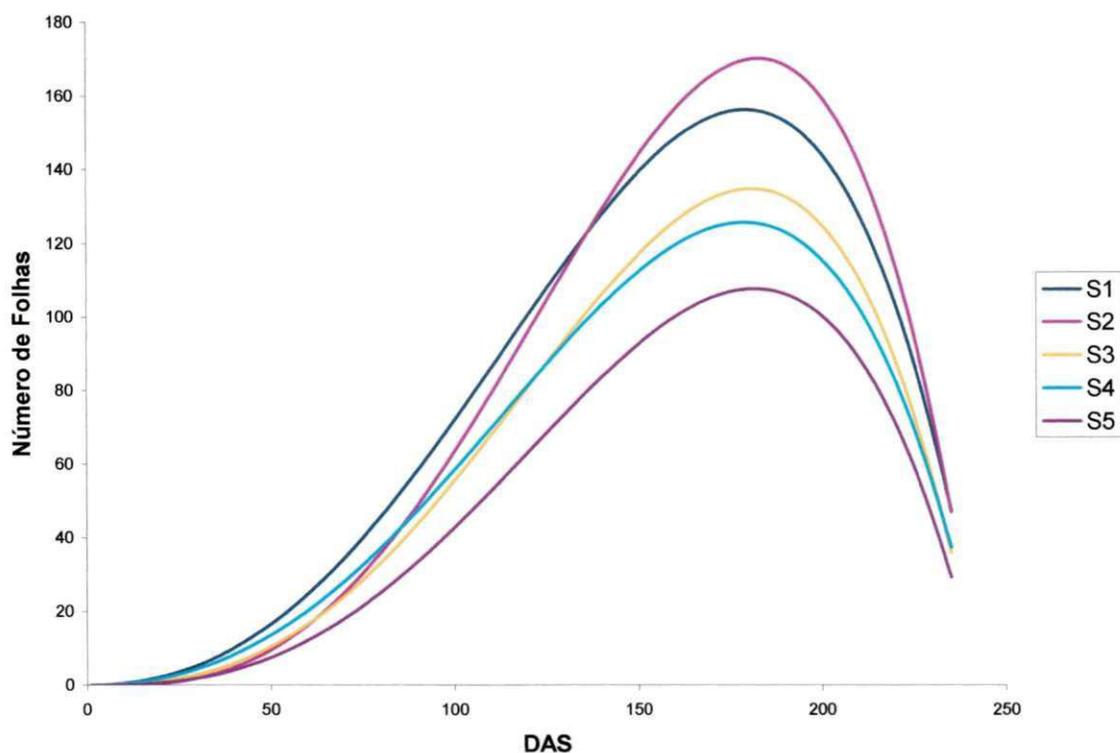
### 5.1.3 NÚMERO DE FOLHAS

Observa-se na, Figura 7, que os dados referentes à evolução do número de folhas se ajustaram ao modelo polinomial; no nível S1(0,6 dS m<sup>-1</sup>) as plantas apresentaram maior número de folhas, do início do experimento até os 137 DAS em relação as dos outros níveis; a partir deste intervalo até o final do experimento as plantas mantiveram um desenvolvimento melhor só em relação aos níveis S3, S4 e S5; as plantas do nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram um número maior de folhas em relação às do níveis S3, S4 e S5, dos 86 aos 137 DAS; a partir deste período até os 235 DAS, passaram a ter um número de folhas superior em relação às dos níveis S1, S3, S4 e S5; as plantas do nível S3 passaram a ter um número maior de folhas que às do nível S4 a partir dos 124 aos 232

DAS; as plantas do nível S5 (4,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram os menores números de folhas do início até o final do experimento, em relação às dos demais níveis utilizados.

Utilizando as equações polinomiais aos 181 DAS quando as plantas apresentaram um pico no número de folhas e comparando as diferenças entre os níveis S1 e S5, houve um decréscimo de 31,74% no número de folhas enquanto, comparando os níveis S1 e S2, tem-se um acréscimo de 8,11% no número de folhas.

Observa-se que, independente do nível de salinidade ao qual foi submetido, o pinhão-manso seguiu sua fisiologia, comportamento caducifólio, tendo as plantas comportamento semelhante em relação ao seu crescimento vegetativo, as quais tiveram seu maior número de folhas entre os 179 a 183 DAS, comparando os cinco níveis de salinidade estudados do S1 ao S5, e a partir deste período passaram a reduzir seu número de folhas, sendo que as plantas do nível S1 sofreram perda de 69,67% das folhas e as do nível S5, uma perda de 72,79% de suas folhas, do período de 181 para os 235 DAS.



$$S1 = 1,46 \times 10^{-6} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = 9,42 \times 10^{-5}, c = 4,43 \times 10^{-3} \text{ d} = 5,95 \times 10^{-5} \text{ e } e = -3,18 \times 10^{-7} \quad R^2 = 0,98$$

$$S2 = -3,96 \times 10^{-7} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = -2,56 \times 10^{-5}, c = -1,20 \times 10^{-4} \text{ d} = 1,25 \times 10^{-4} \text{ e } e = -4,94 \times 10^{-7} \quad R^2 = 0,97$$

$$S3 = 3,35 \times 10^{-7} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = 2,16 \times 10^{-5}, c = 1,99 \times 10^{-5} \text{ d} = 7,99 \times 10^{-5} \text{ e } e = -3,47 \times 10^{-7} \quad R^2 = 0,98$$

$$S4 = 1,23 \times 10^{-6} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = 7,96 \times 10^{-5}, c = 3,74 \times 10^{-3} \text{ d} = 4,62 \times 10^{-5} \text{ e } e = -2,52 \times 10^{-7} \quad R^2 = 0,97$$

$$S5 = 7,96 \times 10^{-8} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = 5,15 \times 10^{-6}, c = 2,42 \times 10^{-4} \text{ d} = 6,93 \times 10^{-5} \text{ e } e = -2,89 \times 10^{-7} \quad R^2 = 0,96$$

**Figura 7:** Evolução do número de folhas do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2012

Observa-se, na Tabela 9, que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para a interação entre salinidade x adubação nitrogenada, ocorrendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a salinidade, que afetou linearmente o número de folhas (NF) nas avaliações feitas dos 50 DAS até os 235 DAS.

Verifica-se, na Figura 8, que o número de folhas diminui linearmente com o aumento da CEa em todos os períodos analisados, comprovando o efeito negativo da salinidade no número de folhas do pinhão-manso com decréscimos estimados a partir das equações lineares e se comparando os níveis  $S_1(0,6 \text{ dS m}^{-1})$  e  $S_5 (4,6\text{dS m}^{-1})$  foram de 50,85, 50,99, 46,78, 38,11, 35,24, 29,59, 26,55, 35,16, 39,39 e 29,43% aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 DAS, respectivamente; constata-se que os decréscimos são maiores que os encontrados na altura e no diâmetro: portanto, o número de folhas foi mais afetado pela salinidade que essas duas variáveis.

Os decréscimos são maiores nos quatro períodos iniciais e seguem decrescendo até os 145 DAS e, nas três últimas avaliações subsequentes, há uma variação chegando a um decréscimo de 29,43% no número de folhas aos 235 DAS entre os níveis  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$  e  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ , e de 7,05% por um incremento unitário da CEa, valor inferior ao encontrado por Nery (2008) de 9,75%, aos 163 DAS, e por Vale et al. (2006) de 9,66% na fase inicial de crescimento (30 dias após emergência).

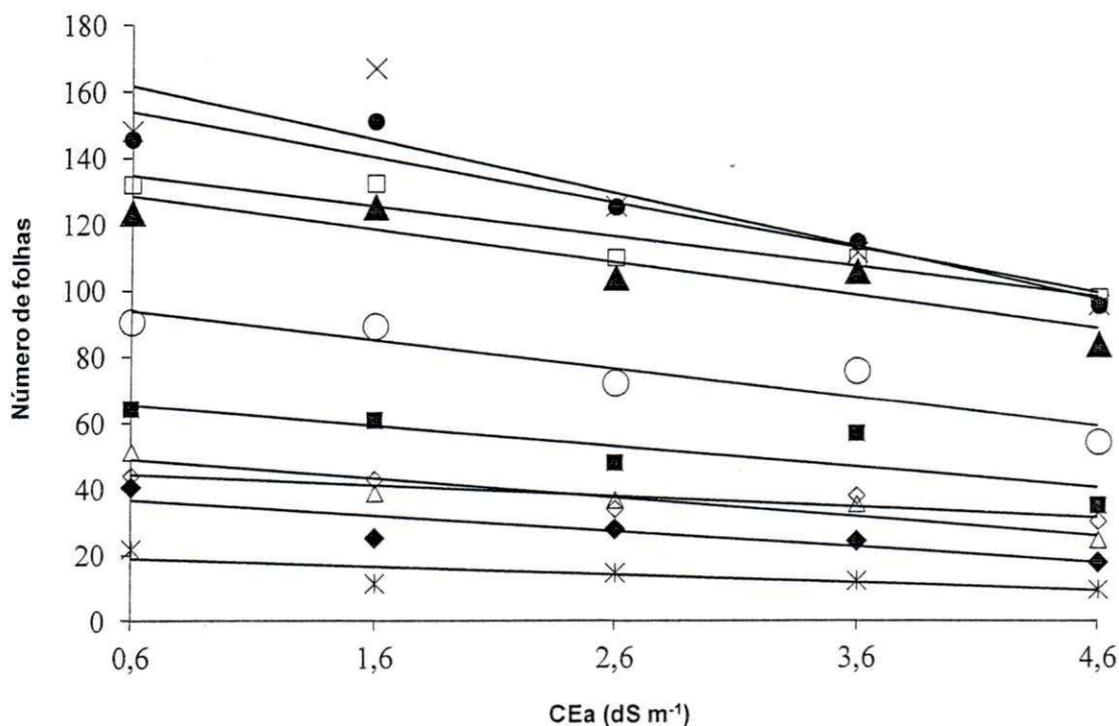
Em comparação com outras oleaginosas, Silva (2004) em estudos com mamoneira aos 60 DAS, verificou uma redução linear no número de folhas com decréscimo de 8,0 % por incremento unitário da CEa, enquanto Sousa Junior (2003) com algodão BRS-verde aos 120 DAS, encontrou um decréscimo de 5,85 % no número de folhas por incremento unitário da CEa.

São comuns os decréscimos observados no número de folhas quando as culturas são irrigadas com águas salinas, haja vista que a planta reduz o número de folhas como forma de adaptação ao meio; seguindo o comentário de Sousa Junior (2003) o estresse salino resulta em condição desfavorável à planta, em virtude da diminuição do potencial osmótico do solo; como consequência, a menor disponibilidade de água aumenta o intervalo de emissão de folhas e desativa parte de sua área foliar com o objetivo de diminuir a taxa de transpiração.

**Tabela 9:** Resumo da análise de variância do Número de Folhas (NF) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
		50DAS	70DAS	85DAS	100DAS	115DAS	130DAS	145DAS	175DAS	205DAS	235DAS
		Quadrados Médios									
Salinidade (S)	4	344,71 <sup>**</sup>	1061,78 <sup>**</sup>	1385,87 <sup>**</sup>	2074,63 <sup>**</sup>	3264,51 <sup>**</sup>	4235,45 <sup>**</sup>	3389,45 <sup>**</sup>	7646,42 <sup>**</sup>	12057,75 <sup>**</sup>	518,81 <sup>**</sup>
Linear	1	859,21 <sup>**</sup>	3276,01 <sup>**</sup>	4907,76 <sup>**</sup>	5865,62 <sup>**</sup>	11008,2 <sup>**</sup>	14406,00 <sup>**</sup>	12006,43 <sup>**</sup>	27499,74 <sup>**</sup>	38176,33 <sup>**</sup>	1607,21 <sup>**</sup>
Quadrática	1	102,90 <sup>ns</sup>	149,19 <sup>ns</sup>	19,50 <sup>ns</sup>	230,48 <sup>ns</sup>	442,98 <sup>ns</sup>	630,93 <sup>ns</sup>	5,50 <sup>ns</sup>	1272,80 <sup>ns</sup>	1920,12 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Desvio	2	208,37 <sup>*</sup>	410,96 <sup>ns</sup>	308,10 <sup>ns</sup>	1101,22 <sup>*</sup>	803,46 <sup>ns</sup>	952,43 <sup>ns</sup>	772,94 <sup>ns</sup>	906,57 <sup>ns</sup>	4067,28 <sup>*</sup>	234,00 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	36,11 <sup>ns</sup>	45,68 <sup>ns</sup>	45,27 <sup>ns</sup>	85,57 <sup>ns</sup>	212,31 <sup>ns</sup>	203,18 <sup>ns</sup>	707,59 <sup>ns</sup>	751,62 <sup>ns</sup>	1182,25 <sup>ns</sup>	206,65 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	93,02 <sup>ns</sup>	258,58 <sup>ns</sup>	377,47 <sup>ns</sup>	455,07 <sup>ns</sup>	777,07 <sup>ns</sup>	996,50 <sup>ns</sup>	695,02 <sup>ns</sup>	638,75 <sup>ns</sup>	888,94 <sup>ns</sup>	206,99 <sup>ns</sup>
Blocos	2	49,65 <sup>ns</sup>	16,68 <sup>ns</sup>	107,05 <sup>ns</sup>	592,85 <sup>ns</sup>	833,88 <sup>ns</sup>	2210,77 <sup>*</sup>	2081,77 <sup>*</sup>	2062,92 <sup>ns</sup>	684,17 <sup>ns</sup>	186,65 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	62,63	182,01	240,18	319,39	443,27	679,29	546,94	815,60	1252,10	131,26
CV( %)		56,47	49,45	41,36	33,64	27,44	23,92	20,01	22,49	27,20	33,64

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



Ж 50DAS ♦ 70DAS Δ 85DAS ■ 100DAS ○ 115DAS ▲ 130DAS □ 145DAS ● 175 DAS × 205DAS ◇ 235DAS

$Y_{50} = 20,23 - 2,39x$	$R^2 = 0,62$	$Y_{70} = 39,43 - 4,67x$	$R^2 = 0,77$
$Y_{85} = 52,34 - 5,72x$	$R^2 = 0,89$	$Y_{100} = 69,46 - 6,29x$	$R^2 = 0,71$
$Y_{115} = 102,42 - 8,57x$	$R^2 = 0,84$	$Y_{130} = 138,35 - 9,8x$	$R^2 = 0,85$
$Y_{145} = 140,15 - 8,946x$	$R^2 = 0,89$	$Y_{175} = 162,17 - 13,541x$	$R^2 = 0,90$
$Y_{205} = 171,57 - 15,954x$	$R^2 = 0,79$	$Y_{235} = 46,46 - 3,274x$	$R^2 = 0,77$

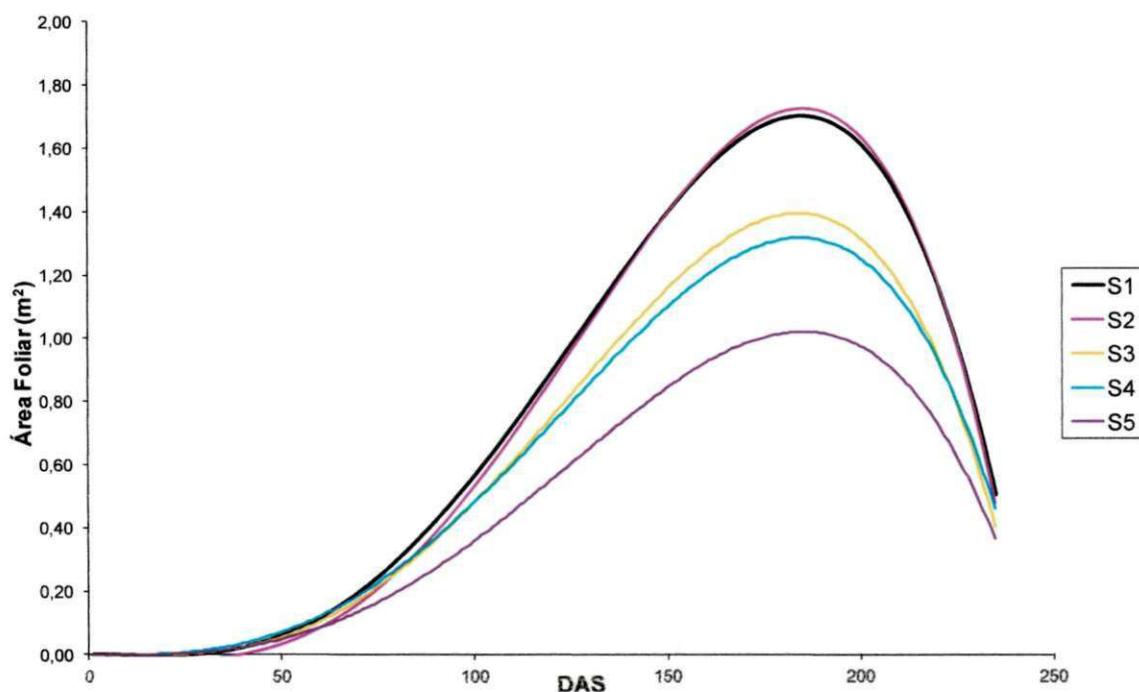
**Figura 8-** Número de Folhas do pinhão-mansão em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

#### 5.1.4 ÁREA FOLIAR (AF)

Analisando a evolução da área foliar ajustada ao modelo polinomial apresentado na Figura 9, observa-se que as plantas submetidas ao nível S1 (0,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram melhor desenvolvimento na área foliar, em relação as dos outros níveis dos 68 aos 150 DAS, depois deste intervalo passaram a ter uma área foliar menor em relação às do nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) até os 229 DAS; as plantas do nível S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram maior área foliar em relação aos níveis S3; S4 e S5 dos 87 DAS aos 161 e passaram a apresentar um desenvolvimento maior na área foliar em relação aos S1, S3, S4 e S5 dos 161 aos 225 DAS; as plantas do nível S3 passaram a apresentar maior área foliar em relação às do nível S4 dos 110 aos 221 DAS; as plantas do nível S5 (4,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram a menor área foliar dos 65 aos 235 DAS, em relação aos demais níveis utilizados.

Utilizando as equações polinomiais aos 181 DAS quando as plantas apresentaram um pico na área foliar coincidindo com o mesmo período em que houve maior número de folhas e comparando as diferenças entre os níveis S1 e S5, houve um decréscimo de 40% na área foliar enquanto, comparando-se os níveis S1 e S2, tem-se um acréscimo de 1,73% na área foliar. Observa-se, na comparação entre S1 e S5 que a diferença foi maior que a do número de folhas.

Verifica-se que as maiores diferenças entre os níveis de salinidade ocorreram no intervalo de tempo em que as plantas apresentam o maior desenvolvimento na área foliar, na sequência dos níveis S2 > S1 > S3 > S4 > S5 no período de 181 DAS, enquanto Nery (2008) estudando o pinhão-manso no período de 37 a 163 DAS irrigado com águas de CE variando de 0,6 a 3,0 dS m<sup>-1</sup>, encontrou maiores diferenças entre esses níveis, aos 142 DAS na sequência do menor para o maior nível de salinidade, período em que as plantas apresentaram o valor máximo na área foliar.



$$S1 = -1,18 \times 10^{-9} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = -7,62 \times 10^{-8}, c = -3,58 \times 10^{-6} d = 1,47 \times 10^{-6} \text{ e } e = -5,43 \times 10^{-9} \quad R^2 = 0,95$$

$$S2 = -1,82 \times 10^{-9} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = -1,17 \times 10^{-7}, c = -5,51 \times 10^{-6} d = 1,68 \times 10^{-6} \text{ e } e = -6,0 \times 10^{-9} \quad R^2 = 0,95$$

$$S3 = -7,8 \times 10^{-9} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = -5,03 \times 10^{-8}, c = -2,37 \times 10^{-6} d = 1,15 \times 10^{-6} \text{ e } e = -4,34 \times 10^{-9} \quad R^2 = 0,97$$

$$S4 = -2,94 \times 10^{-9} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = -1,90 \times 10^{-8}, c = -8,92 \times 10^{-7} d = 9,36 \times 10^{-7} \text{ e } e = -3,67 \times 10^{-9} \quad R^2 = 0,93$$

$$S5 = -3,71 \times 10^{-9} + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ onde } b = -2,39 \times 10^{-8}, c = -1,12 \times 10^{-6} d = 7,64 \times 10^{-7} \text{ e } e = -2,93 \times 10^{-9} \quad R^2 = 0,88$$

**Figura 9:** Evolução da área foliar do pinhão-manso em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, em função dos dias após a semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2012

Com base na análise de variância apresentada na Tabela 10, observa-se que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para interação entre salinidade x adubação nitrogenada, apresentando efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a salinidade dos 50 aos 205 DAS, não apresentando efeito significativo no período 235 DAS, quanto ao estudo de regressão à salinidade afetou linearmente a área foliar nos referidos períodos.

Analisando a Figura 10, observa-se que a área foliar diminui com o aumento da salinidade sendo mais intensa nos últimos períodos de avaliação, utilizando-se as equações lineares para a comparação de desenvolvimento da área foliar entre os níveis  $S_1(0,6 \text{ dSm}^{-1})$  e  $S_5(4,6 \text{ dSm}^{-1})$  os decréscimos foram de 42,55, 57,97, 55,73, 39,28, 35,85, 24,04, 26,05, 45,27 e 44,38, aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175 e 205 DAS, respectivamente; os decréscimos são maiores que os da altura, do diâmetro e do número de folhas, haja vista a folha ter maior atividade fotossintética, maior perda de água e a planta, para se adaptar à salinidade, reduz o número de folhas e a área foliar. De acordo com Fageria (1989) nas plantas sob condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico, é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas como medida de manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; dentre as mudanças morfológicas se destaca a redução da área foliar e do número de folhas, o que explica maior redução no sentido da maior salinidade; no período das duas últimas avaliações as plantas apresentaram os sintomas da salinidade em suas folhas, como se observa na Figura 11.

O pinhão-manso tem comportamento caducifólio, hipótese que explica a redução brusca no número de folhas e da área foliar no último período de avaliação, com maior senescência das folhas, quando possivelmente, a planta estaria entrando em repouso vegetativo.

Aos 205 DAS ocorreu um decréscimo na área foliar de 10,40%, por um incremento unitário da CEa, enquanto Nery (2008) utilizando níveis salinos variando de 0,6 a 3,0  $\text{dSm}^{-1}$  em 163 DAS constatou um decréscimo na área foliar de 17,74% para um incremento unitário de CEa; este autor ainda assevera a respeito de que Área Foliar é mais sensível à salinidade em comparação com as variáveis altura e diâmetro.

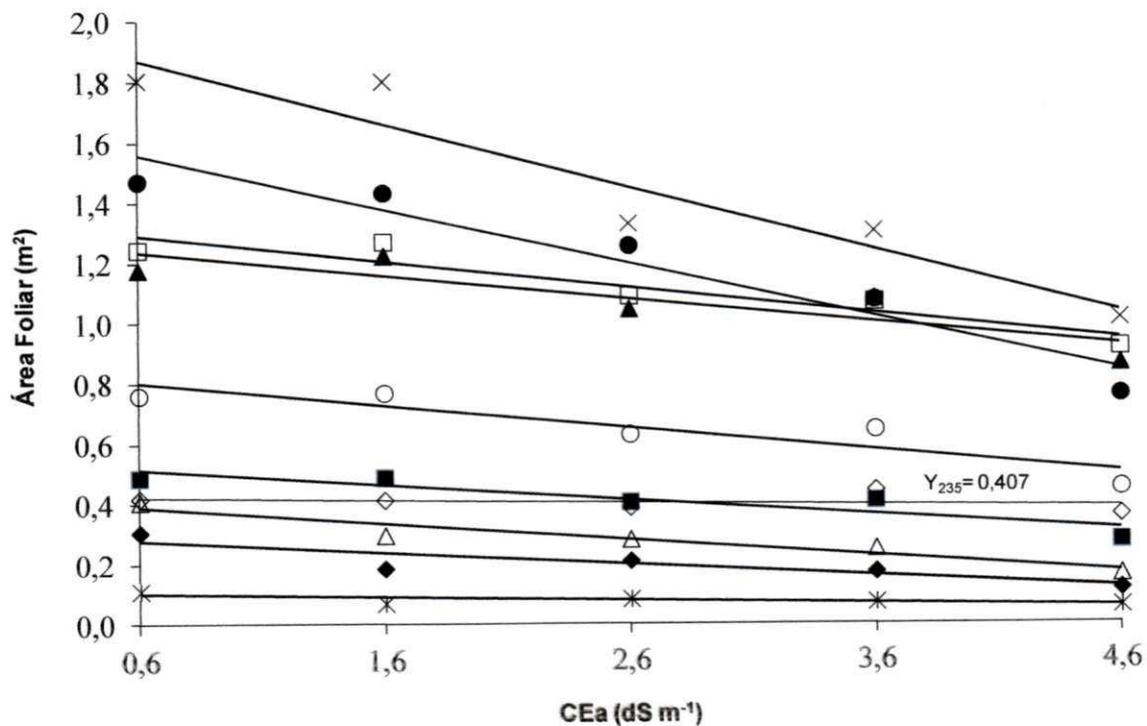
Marçal (2011) também constatou um decréscimo acentuado de 57,60% na Área Foliar do pinhão-manso com o aumento da salinidade quando estudou níveis salinos variando de 0,2 a 8,0  $\text{dS m}^{-1}$  e esterco bovino, apesar de ter havido interação entre os dois fatores.

Comparando com outras oleaginosas, Sousa Junior (2003) em estudo com algodão com níveis salinos variando de 2,0 a 9,5 dS m<sup>-1</sup>, obteve um decréscimo de 7,43 % na área foliar por incremento unitário da CEa; Cavalcanti (2003) em estudos com mamoneira com níveis salinos variando de 0,7 a 4,7 dSm<sup>-1</sup>, encontrou aos 80 DAS um decréscimo de 6,55% na área foliar por incremento unitário de CEa enquanto Silva (2004) com mamoneira aos 60 DAS e CEa variando de 0,7 a 8,7 dSm<sup>-1</sup>, encontrou um decréscimo de 11,55% na área foliar por incremento unitário de CEa.

**Tabela 10:** Resumo da análise de variância da Área Foliar (AF) do pinhão-mansô submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio aos 50, 70, 85, 100, 115, 130, 145, 175, 205 e 235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF
		50DAS	70DAS	85DAS	100DAS	115DAS	130DAS	145DAS	175DAS	205DAS	235DAS
		Quadrados Médios									
Salinidade (S)	4	0,007 <sup>**</sup>	0,07 <sup>**</sup>	0,12 <sup>**</sup>	0,11 <sup>**</sup>	0,25 <sup>**</sup>	0,29 <sup>**</sup>	0,30 <sup>**</sup>	1,27 <sup>**</sup>	1,77 <sup>**</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,02 <sup>**</sup>	0,24 <sup>**</sup>	0,44 <sup>**</sup>	0,38 <sup>**</sup>	0,82 <sup>**</sup>	0,87 <sup>**</sup>	1,07 <sup>**</sup>	0,35 <sup>**</sup>	6,43 <sup>**</sup>	-
Quadrática	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>*</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-
Desvio	2	0,004 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	-
Doses de Nitrogênio (N)	4	0,0007 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	0,002 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,001	0,009	0,02	0,02	0,026	0,04	0,05	0,07	0,25	0,02
CV( %)		48,78	47,96	54,39	30,18	24,83	19,08	19,74	22,71	34,10	38,68

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



⌘ 50DAS ◆ 70DAS △ 85DAS ■ 100DAS ○ 115DAS ▲ 130DAS □ 145DAS ● 175 DAS × 205DAS ◇ 235DAS

$$Y_{50} = 0,11 - 0,011x \quad R^2 = 0,68$$

$$Y_{70} = 0,30 - 0,040x \quad R^2 = 0,80$$

$$Y_{85} = 0,42 - 0,054x \quad R^2 = 0,92$$

$$Y_{100} = 0,55 - 0,051x \quad R^2 = 0,84$$

$$Y_{115} = 0,87 - 0,074x \quad R^2 = 0,83$$

$$Y_{130} = 1,31 - 0,076x \quad R^2 = 0,75$$

$$Y_{145} = 1,34 - 0,084x \quad R^2 = 0,88$$

$$Y_{175} = 1,67 - 0,177x \quad R^2 = 0,93$$

$$Y_{205} = 1,99 - 0,207x \quad R^2 = 0,91$$

**Figura 10:** Área foliar do pinhão-mansão em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012



**Figura 11:** Os sintomas característico da salinidade nas folhas do pinhão manso

## 5.2 TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO DA ALTURA DE PLANTAS (TCAAP)

Com base nos resultados apresentados na Tabela 11, observa-se que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para interação entre salinidade x adubação nitrogenada, havendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para salinidade na Taxa de Crescimento Absoluto da Altura do pinhão-manso nos períodos 50-70 e 85-100 DAS; quanto ao estudo de regressão, o efeito foi linear para salinidade no período 50 – 70 DAS; entretanto, o período 85 – 100 não se ajustou adequadamente a nenhum modelo testado neste estudo.

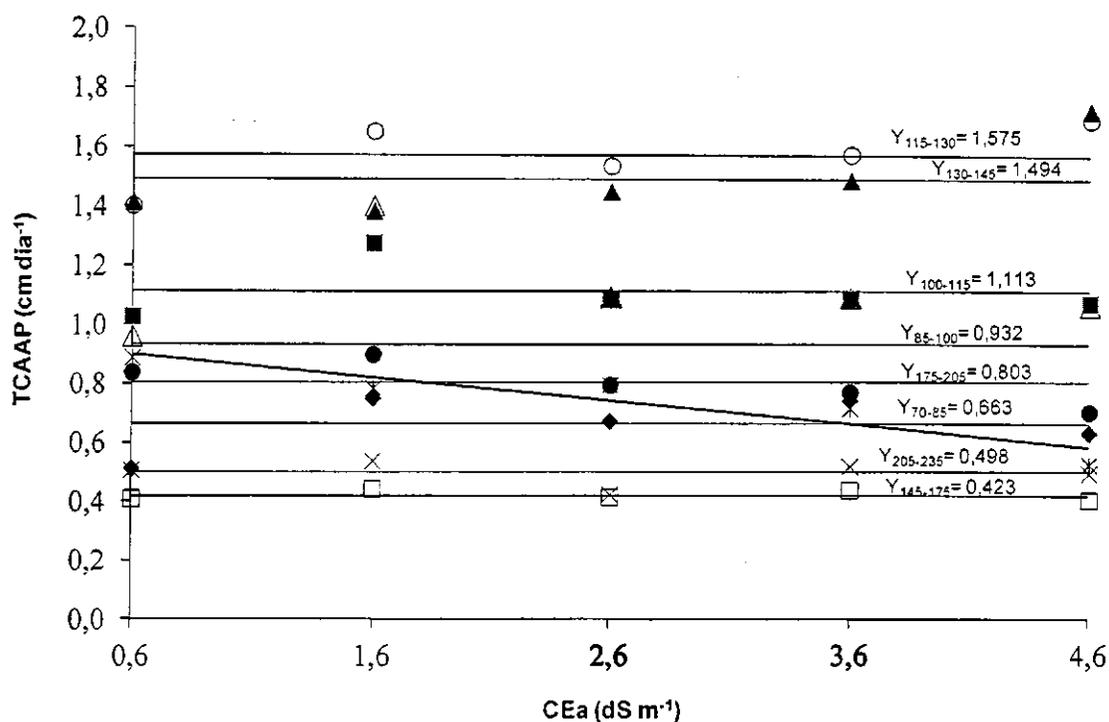
Observa-se na Figura 12 que a TCAAP diminui com o aumento da salinidade para o período 50-70 DAS, com base na equação linear comparando os níveis  $S_1$  ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $S_5$  ( $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) houve um decréscimo de 35,48% na TCAAP.

Os resultados apresentados neste estudo demonstram que a salinidade afetou pouco a TCAAP em comparação com o diâmetro, número de folhas e área foliar, haja vista, que a salinidade afetou significativamente a TCAAP em um único período, dentre os nove analisados, apresentando efeito linear com um decréscimo de 8,42% na TCAAP por incremento unitário da CEa no período inicial de 50 – 70 DAS, valor inferior ao encontrado por Nery (2008) de 9,22% por um incremento unitário da CEa no período de 58 – 79 DAS em estudo com níveis salinos variando de 0,6 a  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ , enquanto, Sousa Junior (2003) em estudo com algodão BRS-verde e CEa variando de 2,0 a  $9,5 \text{ dSm}^{-1}$ , observou um decréscimo 4,78% na TCAAP por incremento unitário da CEa num período de 46 – 60 DAS. Lima (2011) em estudo com mamona com salinidade de níveis salinos variando de 0,4 e  $4,4 \text{ dSm}^{-1}$  e adubação nitrogenada aos 35 DAS observou uma redução de 3,11 % na TCAAP por incremento unitário da CEa.

**Tabela 11.** Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de Plantas (TCA AP) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	TCAAP1	TCAAP2	TCAAP3	TCAAP4	TCAAP5	TCAAP6	TCAAP7	TCAAP8	TCAAP9
		50 - 70	70 - 85	85 - 100	100 - 115	115 - 130	130 - 145	145 - 175	175 - 205	205 - 235
		Quadrados Médios								
Salinidade (S)	4	0,28 <sup>**</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>**</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,96 <sup>**</sup>	-	0,01 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-	-
Quadrática	1	0,07 <sup>ns</sup>	-	0,42 <sup>*</sup>	-	-	-	-	-	-
Desvio	2	0,04 <sup>ns</sup>	-	0,60 <sup>**</sup>	-	-	-	-	-	-
Doses de Nitrogênio (N)	4	0,04 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	0,05 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,07	0,09	0,10	0,06	0,10	0,15	0,11	0,22	0,20
CV( %)		33,87	45,76	27,33	22,23	20,24	25,14	36,47	28,42	45,11

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



Ж 50-70 DAS ♦ 70-85 DAS Δ 85-100 DAS ■ 100-115 DAS ○ 115-130 DAS ▲ 130-145 DAS □ 145-175 DAS ● 175-205 DAS × 205-235 DAS

$$Y_{50-70} = 0,95 - 0,080x \quad R^2 = 0,86$$

**Figura 12:** Taxa de Crescimento Absoluto da Altura do pinhão-mansão em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

### 5.3 TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO DA ALTURA DE PLANTAS (TCRAP)

Observa-se, na Tabela 12, que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para interação salinidade x adubação nitrogenada, havendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a salinidade na TCRAP nos períodos de 70 – 85, 85 – 100, 115-130 e 130-145 DAS; quanto ao estudo de regressão ocorreu efeito linear nesses quatro períodos.

Utilizando as equações lineares e comparando as diferenças entre os níveis  $S_1(0,6dSm^{-1})$  e  $S_5(4,6dSm^{-1})$  nos períodos 70-85, 85-100 e 115-130 DAS, os decréscimos foram de 13,98, 7,09 e 6,34% respectivamente, havendo acréscimo de 26,85% no intervalo de 130 – 145 DAS.

Verifica-se, na Figura 13, que a TCRAP apresenta maiores valores no período inicial de crescimento até o período 115-130 DAS reduzindo bruscamente, sobretudo nos três períodos finais de avaliação, inclusive no último período (235 DAS) quando coincidiu com a redução do número de folhas e da área foliar, o que leva a concluir que a planta estaria entrando em repouso vegetativo. Segundo Tominaga et al. (2007) o pinhão-mansão quando no seu repouso vegetativo, apresenta queda das folhas e paralisação do crescimento.

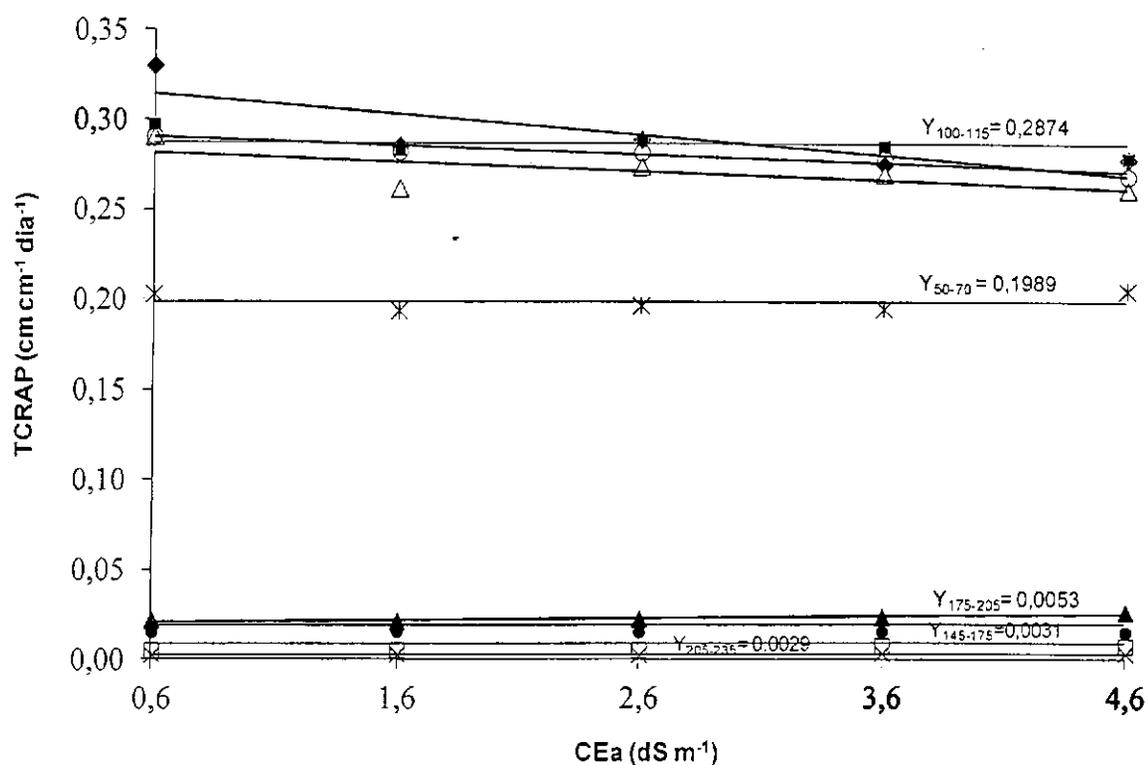
No desenvolvimento da TCRAP do pinhão-mansão, houve decréscimo seguido de acréscimo, comportamento encontrado com outras espécies e por outros pesquisadores, como no período 115-130 DAS, em que ocorreu um decréscimo de 1,57% por incremento unitário da CEa e no intervalo de 130 – 145 DAS houve um acréscimo de 8,85% por incremento unitário da CEa. Nery (2008), no entanto, não encontrou efeito significativo para a salinidade na TCRAP do pinhão-mansão em estudos com níveis salinos variando de 0,6 a 3,0 dS m<sup>-1</sup>, o qual conclui que a TCRAP foi pouco afetada pela salinidade e esta diminui com a idade da planta. Levando em consideração a afirmação de Benincasa (1988) o pinhão-mansão apresenta boa eficiência em formar novos tecidos mesmo sob estresse salino.

Lima (2011) estudando a relação salinidade e doses de nitrogênio em mamona, também observou, no período de 14 – 35 DAS, um acréscimo na TCRAP de 2,60% por incremento unitário da CEa, com águas salinas variando de 0,4 a 4,4dSm<sup>-1</sup>, enquanto, Sousa Junior (2003) em estudo com algodão BRS verde com níveis salinos variando de 2,0 a 9,5 dS m<sup>-1</sup>, encontrou efeito significativo na fase inicial de crescimento 30-45 DAS com decréscimo de 2,44 % na TCRAP por incremento unitário de CEa e acréscimo de 60,61% por incremento unitário de CEa, no período de 60-75 DAS.

**Tabela 12.** Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Relativo da Altura de Plantas (TCR AP) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	TCRAP1	TCRAP2	TCRAP3	TCRAP4	TCRAP5	TCRAP6	TCRAP7	TCRAP8	TCRAP9
		50-70	70-85	85-100	100-115	115-130	130-145	145-175	175-205	205-235
		Quadrados Médios								
Salinidade (S)	4	0,0004 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>**</sup>	0,002 <sup>**</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>**</sup>	0,00005 <sup>**</sup>	2,1E-0007 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	7,2E-0007 <sup>ns</sup>
Linear	1	-	0,02 <sup>**</sup>	0,004 <sup>*</sup>	-	0,003 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>	-	-	-
Quadrática	1	-	0,007 <sup>*</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	-	0,00004 <sup>ns</sup>	0,00005 <sup>ns</sup>	-	-	-
Desvio	2	-	0,002 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>*</sup>	-	0,0002 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	-	-	-
Doses de Nitrogênio (N)	4	0,0002 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,00009 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>	6,7E-0007 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	0,0001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	8,7E-007 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,00004 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,00003 <sup>ns</sup>	0,00005 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	9,22 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000005 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,0002	0,0009	0,0005	0,0003	0,0002	0,00001	0,000006	0,000009	0,000006
CV( %)		7,46	10,46	8,47	6,17	4,76	28,92	36,42	28,98	42,91

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



Ж 50-70 DAS ♦ 70-85 DAS Δ 85-100 DAS ■ 100-115 DAS ○ 115-130 DAS ▲ 130-145 DAS □ 145-175 DAS ● 175-205 DAS × 205-235 DAS

$$Y_{70-85} = 0,3213 - 0,011x \quad R^2 = 0,65$$

$$Y_{85-100} = 0,2849 - 0,005x \quad R^2 = 0,43$$

$$Y_{115-130} = 0,293 - 0,0046x \quad R^2 = 0,89$$

$$Y_{130-145} = 0,0103 + 0,001x \quad R^2 = 0,76$$

**Figura 13:** Taxa de Crescimento Relativo da Altura do pinhão manso em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

#### 5.4 TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO DO DIÂMETRO CAULINAR (TCA DC)

Observa-se, na Tabela 13, que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para interação salinidade x adubação nitrogenada para a TCADC, ocorrendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a salinidade nos períodos 50-70 e 130-145 DAS e nos períodos 100 – 115 e 175 – 205 DAS ( $p < 0,05$ ); quanto ao estudo de regressão, observa-se que houve efeito linear para os períodos 50 – 70, 130 – 145, 175 – 205 DAS, enquanto para o período 100 – 115 DAS não se adequou a nenhum dos modelos testados neste estudo.

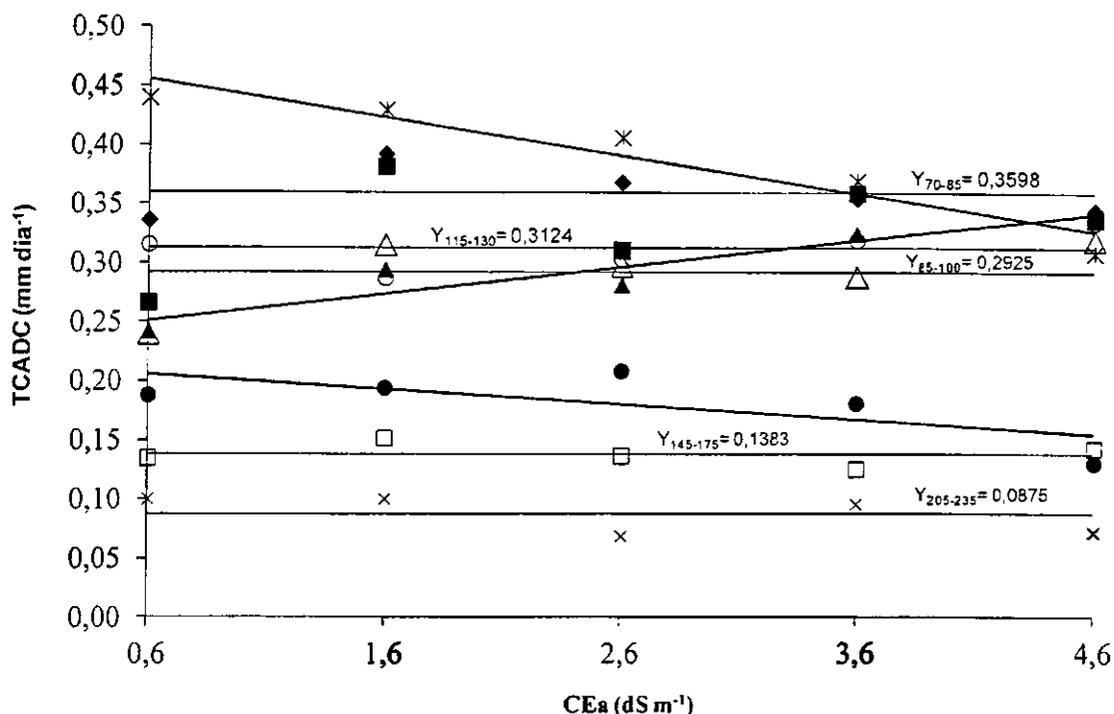
Na Figura 14, observa-se que em alguns períodos a TCADC diminui com o aumento da salinidade e em outros a TCADC aumenta com o aumento da salinidade. Com base nas equações lineares nos períodos 50 – 70 DAS e 175 – 205 DAS houve decréscimos de 28,27 e 25,01% na TCADC, respectivamente na comparação entre  $S_1(0,6\text{dSm}^{-1})$  e  $S_5(4,6\text{dSm}^{-1})$ ; entretanto, no período 130 – 14 DAS houve acréscimo de 26,60% entre os níveis  $S_1(0,6\text{dSm}^{-1})$  e  $S_5(4,6\text{dSm}^{-1})$ .

No período 175 – 205 DAS a salinidade afetou linearmente a TCADC do pinhão manso com um decréscimo de 6,03% por incremento unitário de CEa; entretanto, Nery (2008) usando águas salinas com CEa variando de 0,6 a  $3,0\text{dSm}^{-1}$  no período de estudo dos 37 aos 163 DAS, encontrou um acréscimo de 15,64% na TCADC do pinhão-manso entre os níveis 0,6 e  $1,20\text{dSm}^{-1}$  no período de 100 – 121 DAS, enquanto Lima et al. (2011) com estudo de níveis salinos variando entre 0,4 e  $4,4\text{dS m}^{-1}$  e doses de nitrogênio em mamona, observaram um decréscimo de 3,11% por incremento unitário da CEa para a TCADC, no intervalo de 14 – 35 DAS.

**Tabela 13.** Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro do Caule (TCA DC) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	TCADC1	TCADC2	TCADC3	TCADC4	TCADC5	TCADC6	TCADC7	TCADC8	TCADC9
		50-70	70-85	85-100	100-115	115-130	130-145	145-175	175-205	205-235
		Quadrados Médios								
Salinidade (S)	4	0,04**	0,007 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03*	0,005 <sup>ns</sup>	0,02**	0,001 <sup>ns</sup>	0,01*	0,004 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,15**	-	-	0,02 <sup>ns</sup>	-	0,08**	-	0,02*	-
Quadrática	1	0,01 <sup>ns</sup>	-	-	0,03 <sup>ns</sup>	-	0,0002 <sup>ns</sup>	-	0,003*	-
Desvio	2	0,0001 <sup>ns</sup>	-	-	0,04*	-	0,01 <sup>ns</sup>	-	0,001 <sup>ns</sup>	-
Doses de Nitrogênio (N)	4	0,006 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	0,008 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,001 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,008	0,01	0,008	0,02	0,01
CV( %)		25,94	28,34	32,24	32,02	29,41	27,07	31,20	37,75	71,35

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



Ж 50-70 DAS ♦ 70-85 DAS Δ 85-100 DAS ■ 100-115 DAS ○ 115-130 DAS ▲ 130-145 DAS □ 145-175 DAS ● 175-205 DAS × 205-235 DAS

$$Y_{50-70} = 0,475 - 0,0322x \quad R^2 = 0,91$$

$$Y_{130-145} = 0,238 + 0,0228x \quad R^2 = 0,87$$

$$Y_{175-205} = 0,2141 - 0,0129x \quad R^2 = 0,47$$

**Figura 14:** Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro do pinhão-mansão em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

## 5.5 TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO DO DIÂMETRO CAULINAR (TCRDC)

Observa-se, na Tabela 14, que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para interação salinidade x adubação nitrogenada na TCRDC, havendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a salinidade no período 130 – 145 DAS e nos períodos 70 – 85 e 100 – 115 DAS ( $p < 0,05$ ), quanto ao estudo de regressão observa-se que houve efeito linear para os três períodos referidos.

Na Figura 15 observa-se que TCRDC diminui com o aumento da CEa nos períodos 70-85 e 100-115 DAS, utilizando-se as equações lineares houve decréscimos de 6,78 e 6,14% respectivamente, comparando os níveis  $S_1(0,6dSm^{-1})$   $S_5(4,6dSm^{-1})$ , enquanto para o período 130-145 DAS há um acréscimo de 34,48% na TCRDC.

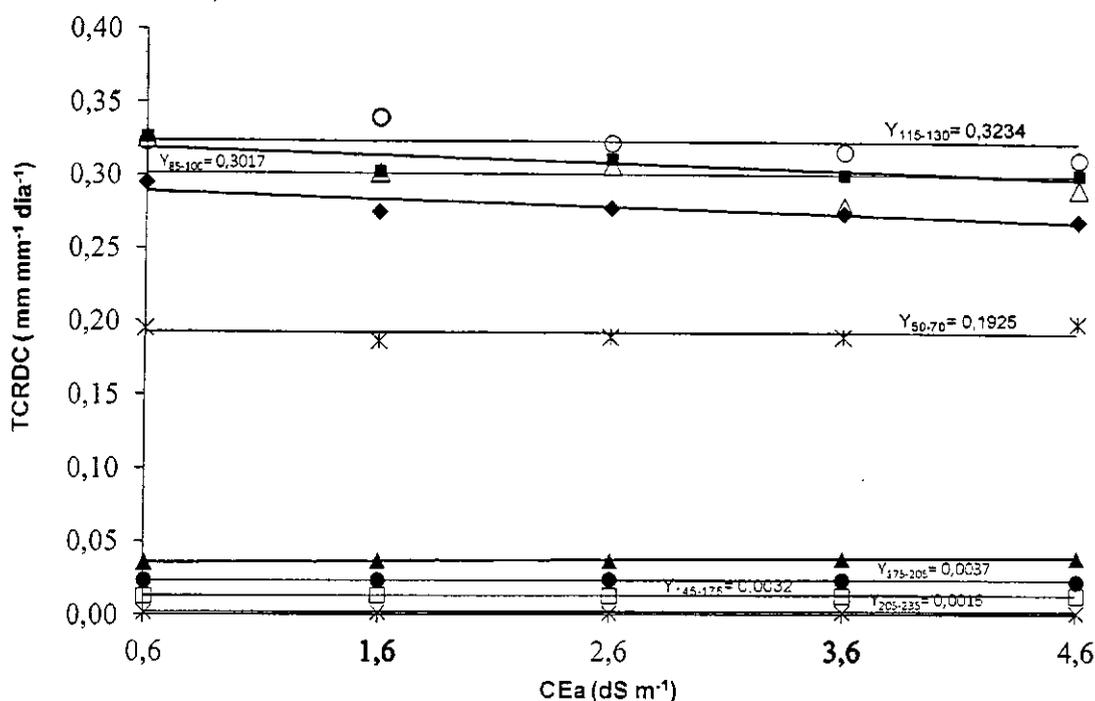
Alguns autores têm observado que as taxas de crescimento podem apresentar decréscimos e acréscimos em diferentes períodos de observação na comparação com níveis salinos, a exemplo de Sousa Junior (2003) com algodão e Nery (2008) com pinhão-manso, e que foi observado no presente estudo, na TCRAP, na TCADC e na TCRDC.

Então, no período 100 – 115 DAS houve um decréscimo de 1,52% por incremento unitário de CEa e para o período 130 – 145 DAS um acréscimo de 12,50% por incremento unitário da CEa, enquanto Nery (2008) em estudo com pinhão-manso dos 37 aos 163 DAS e níveis salinos variando entre 0,6 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>, encontrou efeito significativo para salinidade no período inicial 37 – 58 DAS, com decréscimo de 6,38% na TCRDC por incremento unitário da CEa.

**Tabela 14.** Resumo da análise de variância da Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro do Caule (TCR DC) do pinhão-mansão submetido à irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio nos intervalos de 50-70, 70-85, 85-100, 100-115, 115-130, 130-145, 145-175, 175-205, 205-235 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2012

Causa de variação	GL	TCRDC1	TCRDC2	TCRDC3	TCRDC4	TCRDC5	TCRDC6	TCRDC7	TCRDC8	TCRDC9
		50-70	70-85	85-100	100-115	115-130	130-145	145-175	175-205	205-235
		Quadrados Médios								
Salinidade (S)	4	0,0004 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>*</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>*</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,00003 <sup>**</sup>	6,19E-0007 <sup>ns</sup>	0,00004 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>
Linear	1	-	0,004 <sup>**</sup>	-	0,004 <sup>*</sup>	-	0,00009 <sup>**</sup>	-	-	-
Quadrática	1	-	0,0006 <sup>ns</sup>	-	0,0009 <sup>ns</sup>	-	0,0000 <sup>ns</sup>	-	-	-
Desvio	2	-	0,0005 <sup>ns</sup>	-	0,001 <sup>ns</sup>	-	0,000003 <sup>ns</sup>	-	-	-
Doses de Nitrogênio (N)	4	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>*</sup>	3,34E-0007 <sup>ns</sup>	6,99-E-0007 <sup>ns</sup>
Interação S x N	16	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,0002	0,0005	0,002	0,0006	0,001	0,000006	0,000004	0,000008	0,000005
CV( %)		8,14	7,70	13,88	8,00	10,98	31,67	32,16	37,96	69,54

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade



× 50-70 DAS ♦ 70-85 DAS △ 85-100 DAS ■ 100-115 DAS ○ 115-130 DAS ▲ 130-145 DAS □ 145-175 DAS ● 175-205 DAS × 205-235 DAS

$$Y_{70-85} = 0,292 - 0,0049x \quad R^2 = 0,68$$

$$Y_{100-115} = 0,322 - 0,0049x \quad R^2 = 0,53$$

$$Y_{130-145} = 0,0056 + 0,0008x \quad R^2 = 0,95$$

**Figura 15:** Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro do pinhão manso em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) dos 50 aos 235 DAS. Campina Grande, PB, 2012

## 5.6 FITOMASSA SECA DA PARTE AÉREA (FSPA)

Observa-se, na Tabela 15, que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio nem para interação salinidade x adubação nitrogenada para a fitomassa seca da parte aérea, havendo efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a salinidade, quanto ao estudo de regressão houve efeito linear da salinidade afetando negativamente a FSPA.

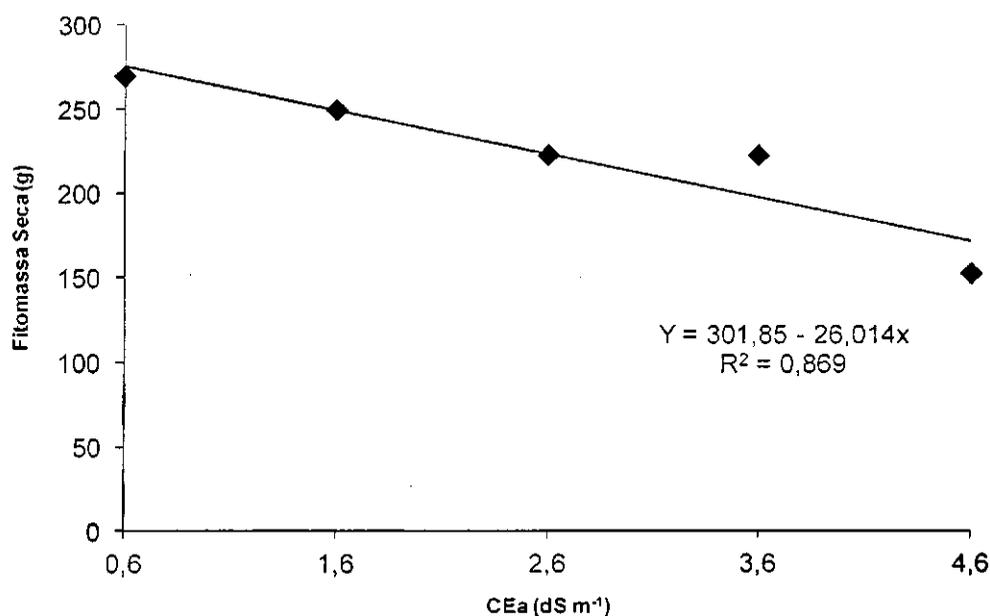
Na Figura 16 observa-se que a fitomassa seca da parte aérea diminui com o aumento da salinidade e, utilizando a equação linear na comparação entre os níveis  $S_1(0,6 \text{ dS m}^{-1})$  e  $S_5(4,6 \text{ dS m}^{-1})$ , houve um decréscimo de 36,35% na FSPA e de 8,62% por incremento unitário da CEa aos 235 DAS, resultado próximo ao encontrado por Lima et al.(2011) que, estudando mamona com metodologia semelhante envolvendo níveis salinos variando de 0,4 a 4,4dSm<sup>-1</sup> e adubação nitrogenada, observaram um decréscimo na FSPA de 9,93% por aumento unitário da CEa. Cavalcanti (2003) em

estudo com mamona, verificou um decréscimo linear na FSPA de 8,38% por aumento unitário da CEa, enquanto, Silva (2004) também com mamona CEa variando de 0,7 a 8,7dSm<sup>-1</sup>, encontrou um decréscimo de 13,53% FTSPA por incremento unitário de CEa. Sousa Junior (2003) em estudo com algodão BRS-verde, observou que a salinidade afetou linearmente o conteúdo da Fitomassa da parte aérea com decréscimo de 7,76% por incremento unitário da CEa em 120 DAS.

**Tabela 15:** Resumo da análise de variância da Fitomassa Seca da Parte Aérea do pinhão-manso submetido a irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio. Campina Grande, PB, 2012

	Fitomassa Seca da Parte Aérea	
	GL	Quadrados Médios
Salinidade (s)	4	29201,517 <sup>**</sup>
Linear	1	101509,229 <sup>**</sup>
Quadrática	1	5765,048 <sup>ns</sup>
Desvio	2	5360,22 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	3282,667 <sup>ns</sup>
Interação (S x N)	16	3921,964 <sup>ns</sup>
Blocos	2	24455,775 <sup>*</sup>
Resíduo	48	5360,22
CV (%)		32,71

(\*\*) Efeito significativo a 0,01 e (\*) a 0,05 de probabilidade (ns) não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade.



**Figura 16:** Fitomassa Seca da Parte Aérea do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 20112

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões anteriores foram relacionadas quanto ao fator salinidade, haja vista que não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio utilizadas nem para a interação entre a salinidade e adubação nitrogenada, para nenhuma das variáveis estudadas.

Os resultados são semelhantes aos encontrados por Nobre et al (2010) estudando o crescimento do girassol sob estresse salino com CEa variando de 0,5 a 4,9 dS m<sup>-1</sup> e adubação nitrogenada, verificaram que não houve influencia significativa entre as doses de nitrogênio e os níveis de salinidade; Oliveira et al. (2006) analisando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e teores de esterco bovino no crescimento inicial da mamoneira, também observaram que não houve interação entre os fatores; Blanco & Folegatti (2008) utilizando nitrato de amônia nas doses variando entre 7,5 e 22,5 g planta<sup>-1</sup> e a água com CE = 9,5 dS m<sup>-1</sup> no tomateiro, concluíram que as doses de nitrogênio utilizadas não contribuíram para o aumento de tolerância do tomateiro a salinidade.

Campos et al. (2010) entretanto, em estudo do comportamento do girassol sob estresse salino utilizando águas com CEa variando de 0,5 a 4,5 dS m<sup>-1</sup> e adubação com três fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio), constataram que sob a ureia as plantas apresentaram maior tolerância a um nível de salinidade de CEa = 3,5 dS m<sup>-1</sup> sem redução significativa da matéria seca enquanto sob as demais fontes foi encontrada redução a partir do nível CEa = 1,5 dS m<sup>-1</sup>.

Lima et al. (2011) usando água com níveis salinos variando entre 0,4 e 4,4 dSm<sup>-1</sup> e doses de nitrogênio, constataram não haver efeito significativo na interação entre os fatores (salinidade x adubação nitrogenada) para as variáveis TCAAP, TCADC,

TCRDC, área foliar e fitomassa seca da parte aérea; no entanto, houve efeito significativo para TCRAP em mamona, no período de 14 a 35 DAS.

Marçal (2011) estudando pinhão manso com águas salinas variando de 0,2 a 8,0 dS m<sup>-1</sup>, observou efeito significativo no uso do esterco e na interação salinidade x esterco bovino para as variáveis altura da planta, área foliar, número de folhas e na fitomassa seca da parte aérea, além de um desenvolvimento melhor das plantas com esterco que as sem o insumo em todas variáveis estudadas.

O pinhão-manso aos 235 DAS, período de duração do experimento, não atingiu estado de floração, diferente do constatado na literatura, que relata que o pinhão manso, em geral, tem florado entre 90 e 120 DAS. Nery (2008) cita que as plantas de pinhão-manso emitiram inflorescência aos 96 DAS e Silva (2009) informa que em seu estudo o pinhão-manso emitiu as primeiras inflorescências a partir dos 74 dias após o transplântio.

Franken & Nielsen (2010) citam que, em geral, as flores do pinhão-manso aparecem com cerca de 3 a 6 meses após a semeadura; outro fator visto na literatura é de que o pinhão-manso é exigente em insolação e a produção é afetada pelo sombreamento e pelo espaçamento. Sesma (2010) estudando o pinhão e sombreamento com telas variando de 50, 75 e 87% de sombreamento, concluiu que o pinhão-manso deve ser cultivado em pleno sol. Resultado que concorda com a observação de Franken & Nielsen (2010) ao observarem que para a indução floral as plantas de pinhão-manso precisam estar expostas a alta radiação solar visto que as plantas que crescem sob a sombra das árvores ou em condições adversas, não produzirão flores ou as produzirão muito inferiores às das plantas a pleno sol.

De acordo com as informações citadas acima, pode-se concluir que a tela termorrefletora da casa de vegetação do presente estudo possa ter influenciado no período reprodutivo do pinhão-manso inclusive, as plantas de pinhão-manso apresentaram pouca ramificação lateral com a aparência de dominância apical, conforme se observa na Figura 17.

No estudo da evolução das variáveis altura, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, verificou-se maior desenvolvimento das plantas irrigadas com água do nível de salinidade S2 (1,6 dSm<sup>-1</sup>), em relação aos demais níveis a hipótese que possivelmente pode explicar o ocorrido é a de que o cloro e o sódio, apesar de serem tóxico para as plantas em alta concentração, têm funções benéficas como

micronutrientes essenciais: o cloro participa do complexo da evolução do oxigênio do fotossistema II da fase fotoquímica da fotossíntese e o sódio é requerido para regeneração do fosfoenolpiruvato e estimula o crescimento, induzindo a expansão celular; a outra hipótese é de que o nitrogênio possa ter contribuído na redução dos efeitos do excesso do sal, mas de forma mínima neste nível de salinidade que estatisticamente, não tenha sido significativo. Função do nitrogênio foi destacada por Flores et al. (2001), Lacerda et al. (2003) e Silva et al. (2008) os quais afirmam que o nitrogênio possa amenizar os efeitos deletérios da salinidade diante das importantes funções que o mesmo desenvolve dentro da planta.

Por outro lado fica o questionamento de até que ponto a precipitação pluviométrica influenciou na lixiviação dos sais e da adubação nitrogenada, tendo em vista que durante o desenvolvimento do experimento ocorreu uma precipitação total de 934 mm.



**Figura 17:** Observa-se pouca ou quase nenhuma ramificação lateral das plantas do pinhão-mansão (sintomas de dominância apical)

## 7 CONCLUSÕES

A salinidade afetou negativamente as variáveis de crescimento do pinhão-manso altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e as taxas de crescimento, sendo a área foliar a variável mais sensível;

As plantas irrigadas com o nível de salinidade S2 (1,6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram o melhor desenvolvimento na altura, no diâmetro, no número de folhas e na área foliar a partir dos 115 DAS até o final do experimento;

As doses de nitrogênio utilizadas neste estudo não exerceram influência sobre as variáveis de crescimento do pinhão-manso submetido à irrigação com águas de diferentes salinidades;

Não houve significância na interação salinidade x doses de nitrogênio para nenhuma das variáveis estudadas indicando que as plantas de pinhão-manso sob diferentes doses de nitrogênio se comportaram de maneira semelhante, nos níveis de salinidade da água de irrigação.

## 8 REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R.; MAGALHAES, R. O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais. Texto para Discussão N. 6, Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, junho. 2007, 34p.

ACHTEN, W. M. J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Bioma and Bioenergy**, v.32, p.1063-1084, 2008.

ALBUQUERQUE, W.G.; FREIRE, M.A. de O.; BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, C. A. V. Avaliação do crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada, **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v 9 , n. 2, p. 68-73. 2009.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. EMBRAPA/cnpmf, 1ª versão online, [http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro\\_qualidade\\_agua.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro_qualidade_agua.pdf), 2010. 227p.

ANDRADE, L.N.V. de; LOPES, H.L. Aplicação de modelos hidrológicos superficiais e subsuperficiais em bacias hidrográficas: Fase I - compilação do banco de dados. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais... Florianópolis: UFSC, 2000. p.1-25.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. DE M.; ANDRADE A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha Curca* L.) como alternativa para o semiárido nordestino, *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas.*, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v. 166, n. 01, p. 3-16, 2004.

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, M. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153P.

BELTRÃO, N. E. de M. Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. Campina Grande: EMBRAPA. 2006. 4p.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S. Plantas oleaginosas e sua características. *Revista Biodiesel, Letra Boreal*, n. 22, p. 34-35. 2007.

BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas*. Jaboticabal: FUNEP, 1988. p.41.

BERNARDO, S; SOARES A. A., MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. Viçosa: UFV, 20005. 596 p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.34-40, 2008,

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

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciencia Rural**, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

BROYER, T.C.; CARLTON, A.B.; JOHNSON, C.M. & STOUT, P.R. Chlorine: a micronutrient element for higher plants. **Plant Physiology**, v.29, 6 ed., p. 526-532, 1954.

CÁCERES, D. R.; PORTAS, A. A.; ABRAMIDES, J. E. **Pinhão-manso**. 2007. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_3/pinhaomanso/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso/index.htm). Acesso em: 19/11/2010

CAMPOS, A. A.; CARMELIO, E. C. Construir a diversidade da matriz energética: o biodiesel no Brasil. In: ABRAMOVAY, R (org.). **Bicombustíveis: a energia da controvérsia**, 2009. p 59 – 97.

CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol; **Revista Verde de Agroecologia e Sustentabilidade**, v.5, n.3, p.165 – 171,2010.

CAVALCANTI, M. L. F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. Campina Grande: UFCG, 2003, 74p. (Dissertação de Mestrado).

CAVALCANTI, M. L. F., FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R., BARROS JÚNIOR, G., SOARES, F. A. L., SIQUEIRA, E. C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.57-61, 2005.

CERVELLINI, G. de S.; TOLEDO, S. V. de; REIS, A. J.; ROCHA, T. R. Nitrogênio na adubação química do cafeeiro: doses e parcelamento do nitrogênio. **Bragantia**, v. 45, p 45-55, 1986.

- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. Ed. Moderna, 1982, 368p.
- CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas**. Lisboa: Clássica, p. 231, 1956.
- DAKER, A. **Irrigação e drenagem: a água na agricultura**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. V. 3, 1988. 543p.
- DEBOUBA, M.; GOUIA, H.;SUZUKI, A.; GHORBEL, M. H. NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato "*Lycopersicon esculentum*" seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, n.12, p. 1247-1258, 2006.
- DIAS, G. L. S. Um desafio novo: O biodiesel. **Estudos Avançados**, v. 21 n.59, São Paulo, 2007. p 179-183.
- DIAS, N. S; GHEYI, H. R; DUARTE, S. N., **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**, Piracicaba-SP: ESALQ, 2003. 84p
- DINIZ, J. F. **Socioeconomia do mercado de biodiesel no Brasil: Os desafios da inclusão**. Santo Andre: Universidade Federal do ABC, 2010, 165p. Dissertação de Mestrado.
- DRUMMOND, M. A. **Pinhão-manso: cultura para uso como fonte de energia**, Bagarai Rural, disponível em: <http://www.bagarai.com.br/rural>. Acesso em 16/04/2011.
- DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; FERRER, J. L. R.; MACHADO, R. A. F. Adaptação de milho às condições de seca: 2. Florescimento e maturidade fisiológica de sementes de linhagens contrastes para o parâmetro fenótipo IFMF. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 23. 2000, Uberlandia-MG **Anais...**, ABMS, CD-ROM.
- DUTTA, S. K.; BANERJI, B.; SOM, J. Varietal behavior of rice under different types of low lying water logged situations in wesr Bengal. In: NATIONAL SYMPOSIUM OF INCREASING RICE YIELD IN KHARIF. **Proceedings...** Held at CRRI, 1978.

ESTEVEES, B. DOS S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas, **Oecologia brasiliensis**, v. 12, 4, P 662-679. 2008.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/CNPA, doc. 18, 1989, 425p.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R.; Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, p.319-362. 1997

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G. Y.; NOVA, N. A. V.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.6, p. 769 – 773. 2002.

FERNANDEZ, S.; VIDAL, D.; SIMON, E.; SUGRANES, L. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing**, v.15, n. 9 , p.1867-1884, 1994.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2 ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDESPES, 2000. 437P.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000, 402p.

FLECK, N. G.; SILVA, P. R. F. Efeito da época de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura de girassol, com e sem controle de erva daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.6, p.669-676, 1989.

FLORES, P. BOTELLA, M. A., MARTINEZ, V., CERDÁ A. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: Nitrate uptake and reduction. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 01:177-187. 2002.

FLORES, P.; CARVAJAL, M.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.10, p.1561-1573, 2001.

FRANKEN, Y. J.; NIELSEN, F. **Jatropha Handbook, plantação, criação e gestão**, Holanda: FACT Foundation, 2010. 23p.

FRENKEL, L. H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, J. **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. P.143 – 172. 2ed

FRIZZONE, J. A. **Controle de irrigação**. Piracicaba: ESALQ. Departamento de Engenharia Rural. 1990. 25p.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S., LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**, Fortaleza: INCT Sal, 2010, 472p.

GOELLNER, G. Visão do mercado de óleos de pinhao-manso nos segmentos de transporte urbano e aviação comercial. Palestra proferida no I Congresso brasileiro de pesquisa em pinhao-manso, BRASILIA, **Anais...**, 2009.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 6.ed . Piracicaba: São Paulo, Nobel, 1985. 436p.

GRATTAN, S. R. Irrigation with saline water. In: TANJI, K. K.; YARON, Y. B. (ed). **Management of water use in agriculture**. New York. ASCE, 1994.

HARKAMAL, W.; CLYDE, W.; ABDUL, W.; PASCAL, C.; XINPING, C.; TIMOTHY Jr., C. Expression analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) during salinity stress. **Functional e Integrative Genomics**, v.6, p.143-156, 2006.

HEIFFIG-DEL AGUILA, L. S. Potencial da cultura do pinhao-manso na produção de bicompostíveis. In: CAMARA, G. M. S.(Org.) **Soja & Cia**, Piracicaba, ESALQ, 2009. 334 p.

HERNANDEZ; J. A.; OLMOS, E.; CORPAS, F. J.; SEVILLA, F.; DEL RIO, L. A. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. **Plant Science**, v.105, p.151-167. 1995.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de. Qualidade da água para irrigação, In: GHEY, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. UFPB, 1997, P. 137-169.

HU, Y.; BURUCS, Z.; SCHMIDHALTER, U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. **Soil Science & Plant Nutrition**, v.54, p.133-141, 2008

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.48p.

IYENGAR, E. R. R.; REDDY, M. P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. In: PESSERKALI, M. (ed.). **Handbook of Photosynthesis**. Marcel Dekker, Baton Rouge. 1996. p.897-909.

KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: Shainberg, I; Shalhevet, J. (ed.). **Soil salinity under irrigation: processes and management**. Berlin, Springer-Verlag, v.51,1984, 319-338p. Ecological Studies.

KVET, J.; ONDOCK, J. P.; NECAS, J. Methods of growth analysis. In; SESTAK, Z.; CASTSKY, J.; JARVIS, P. G. (ed.). **Plant photosynthetic production**. The Hague: Dr. W. Junk, 1971. p. 343- 348.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distributions during shoot and development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental of Botany**, v.49, n.1, p.107-120. 2003.

LAVIOLA, B. G. Nutrição mineral e adubação do pinhão-mansão, In: I Circuito Nacional de Dias de Campo de Pinhão-mansão, 05/2009, Janaúba, MG, ABPPM **Anais...**, CD-ROM.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1969-1975. 2008.

LIMA, G. S.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R., SILVA, S. S. Influência do estresse salino e da adubação nitrogenada no crescimento da mamoneira cv. BRS-energia, **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.3, p.213, 2011

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZS, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande; UFPB/SBEA, 1997. p.113-136.

LIMA, L. A.; GRISMER, M. E. Application of fracture mechanics to cracking of saline soils. **Soil Science**, v.158, n. 2, P.86-96,1994.

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

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. v.1, cap. 8, p.331-350.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F. WINK, M. Studies on Nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*: **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.45, n.8, p. 3152-3157, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Adubos e adubações**. 3 ed. São Paulo: Ceres, 3. ed., 1981. 596p.

MARÇAL, J. A. **Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica**, Areia: UFPB/CCA, 2011. 69p. Dissertação de Mestrado.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2002. 889 p.

MARTINS; R. **Biodiesel de pinhão-manso? Os instrumentos brasileiros de apoio a inovação tecnológica para os biocombustíveis**, Santo André: Universidade Federal do ABC, Programa de pós-Graduação em energia. 2010. 197p. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MOHAMMAD, M.; SHIBLI, R.; AJOUNI, M.; NIMRI, L. Tomato root and shoot responses to salt stress under different leaves of phosphorus nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, p. 1667-1680. 1998.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v.64, n.1, p.15-24, 2005.

MORAIS, D. L. **Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas*)**, Patos: UFCG, 2010. 29p. Dissertação de Mestrado

MOREIRA FILHO, E. C.; SILVA, D. S.; PEREIRA, W. E.; CABRAL, C. R.; ANDRADE, M. U. M.; SILVA, G. E.; VIANA, B. L.. Estimação da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*). *Archivos de Zootecnia*, v. 56, n. 214, p.245-248. 2007.

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

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, v.167, n.03, p.645-663, 2005.

NERY, A. R. **Crescimento e desenvolvimento do pinhão manso irrigado com águas salinas sob ambiente protegido**. Campina Grande: UFCG, 2008. 90p. Dissertação de Mestrado.

NOBRE, R.G; GHEYI, H.R; CORREIA, K.G; SOARES, F. A.L; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada; *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.3, p.358-365, 2010.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS. N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em química e fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA, 1991, 189-273p. Documento3

OLIVEIRA, I. R. S.; OLIVEIRA, F. N.; MEDEIROS, M. A.; TORRES, S. B.; TEIXEIRA, F. J. V. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) em função da salinidade da água de irrigação. *Revista Caatinga*, v.23, n.4, p40-45, 2010.

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

PARIDA, A. K.; DIAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 60, n. 03, p. 324-349, 2000

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**, São Paulo: Nobel, 1973, 248p

PIRES, J. M. F.; FRAUCHES, C.; SOUZA, R. S. C.; MACHADO, A. F. F.; MENDONÇA, S. ANTONIASSI, R. Estér de forbol em sementes e tortas de pinhão-manso. Reunião anual da sociedade brasileira de química 34, de 23 a 26 de maio de 2011, **Anais...**, Florianópolis – SC

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

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.4, p.527-533, 2006.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse . **Crop Science**, v. 7, p. 171-175, 1967.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p

RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, v.113, n.4, p.277 – 284, 1972.

RHOADES, J.D.; BIGHAN, F.F.; LETEY, J.; HOFFMAN, G.J.; DEDRICK, A. R.; PINTER,P.J.; REPLOGLE, J.A. Use of saline drainage water for irrigation imperial valley study. **Agricultural Water Management**, v.16; p. 25-36, 1989.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MARSHALI, A. M. **Uso de água salina para a produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 117p. 2000.

RIBEIRO, M. S.; SANTOS, H. R. B.; MEDEIROS, D. B.; MOURA, A. R.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Caracterização biométrica de sementes de pinhão manso. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, 1, Brasília, **Anais...** Brasília, EMBRAPA Agroenergia, 2009. CD-Rom.

RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory. 1954. 160p. USDA. Agriculture Handbook, 60.

RODRIGUES, C. R. F.; SOUZA, R. H. V.; LIMA, C. S.; SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A. Particionamento de K<sup>+</sup> em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob estresses combinados de salinidade e temperatura elevada. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso. **Anais...**, Brasília, 2009.

ROSA, G. R. Pinhão-manso, a oleaginosa que promete muito, **Revista A Granja**, v. 64, n. 715. p. 46-48, 2008.

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

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, v.21, n.59, p.21-38, 2007.

SANTOS, C. M. dos; **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas.** Rio Largo: UFAL, 2008, 79p. Dissertação de Mestrado em Agronomia.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhao-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v.26, p.44-78, 2005.

SCHOLES, L. D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous measurements. in: HENDRY, G.A.F.; GRIME, J.P. (ed.). **Methods in comparative plant ecology.** London: Chapman & hall, 1993. p.130-135.

SESMA R. B.; DEMUNER W. G.; HEBLING S. A. Efeito de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. em casa de vegetação. *Natureza*, v.7, n.1:p.31-36p.2009.

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

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. DE M. A simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf área. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v. 11, n. 01,p. 9-14, 2007.

SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water. Bet Dagn:** International Irrigation Center, 1978, 65p.

SHENNAN, C.;GRATTAN, S.; MAY, D.; BURAU, R.; HANSON, B. **Potential for the long-term cyclic use of saline drainage water for the production of vegetable crop.** Davis: Technical Progress Report. UC. Salinity/drainage Task Force, Division of Agriculture and Natural. Resource., University California Davis, 1987. P.142-146.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAUJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D.; Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, n.1-3, 2008.p.147-157.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M.; Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansó sob diferente níveis de salinidade; *Revista Ciência Agrônômica*, v.40, n.2, p.240-246, 2009.

SILVA JÚNIOR, L. G. de A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.1, p.11-17. 1999.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNAPA, 2000. 47p.(EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 34).

SILVA, M. B. R. **Produção de pinhão manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração**. Campina Grande: UFCG, 2009.131p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, S. M. S.; **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneira irrigados com águas salinas**, Campina Grande: UFCG, 2004. 74p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. DE M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, Suplemento, p.347-352, 2005.

SOUSA, E. C.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES F. A. L.; NOBRE, R. G. Crescimento e consumo hídrico de pinhão manso sob estresse salino e doses de fósforo, **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.310-318, 2011

SOUSA JÚNIOR, S P.; **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro BRS-verde irrigado com águas salinas**, Campina Grande: UFCG, 2003. 82p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, Y. A.; OLIVEIRA, D. A. B; LIRA, M. A. P.; EVANGELISTA, M. R. V.; DRUMOND, M. A; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade no crescimento inicial de mudas de pinhão manso, **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p.83-92, 2010

STEPPUHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil with *in situ* water to establish dry land forages. **Transactions of the ASAE**, v. 44, n. 06, p. 1543-1551, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

THEIVEYANATHANA, S.; BENYONB, R. G.; MARCARA, N. E.; MYERSA, B. J.; POLGLASEA, P. J.; FALKINERA, R. A. An irrigation-scheduling model for application of saline water to tree plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1-2, p. 97-112, 2004.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**, CPT, 220p. 2007.

TORAL, O. C.; IGLESIAS, J. M.; MONTES, S. O.; SOTOLONGO, J. A.; GARCÍA, S.; TORSTI, M. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea com potencial energético en Cuba. **Pastos y Forrajes**, v.31, p.1-1, 2008.

VALE, L. S.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão-manso. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel 1. **Anais...**, Brasília.2006. p.87-90.

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

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in amaranthus tricolor leaves during salt stress. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.75, 2000, p.623-627.

WILCOX, L. V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation. In: (ed). HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINISTER, T. W **Irrigation of agricultural lands..** Madison: American Society of Agronomy, 1967, p. 104-122.

9 APÊNDICE

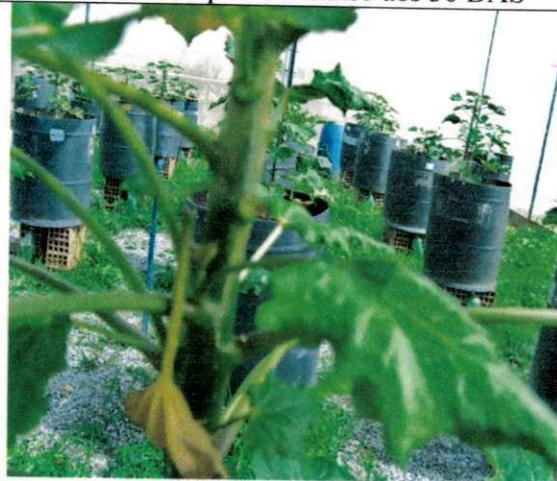
Algumas imagens do experimento



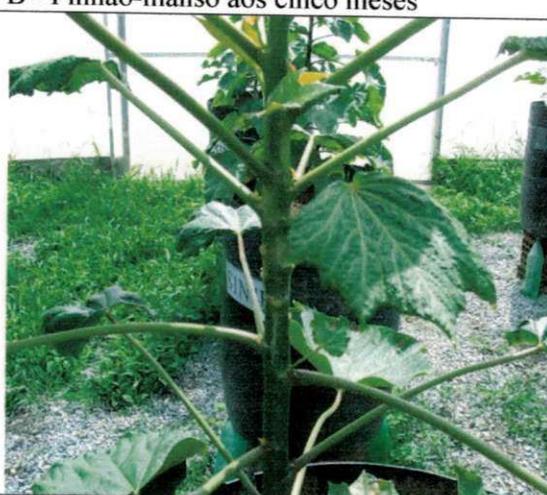
A - Plântulas do pinhão-mansão aos 30 DAS



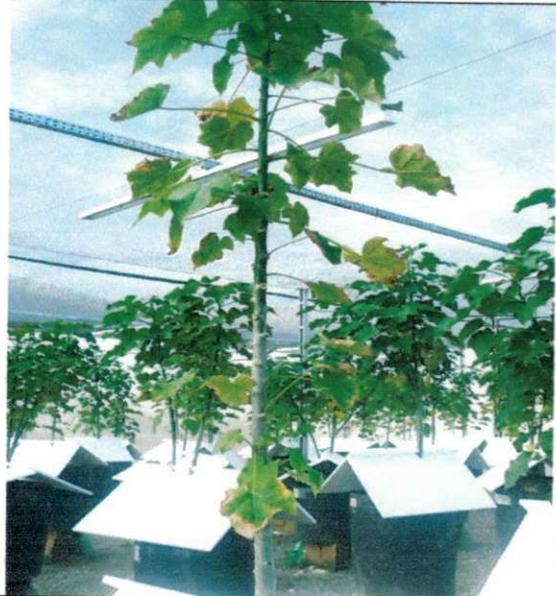
B - Pinhão-mansão aos cinco meses



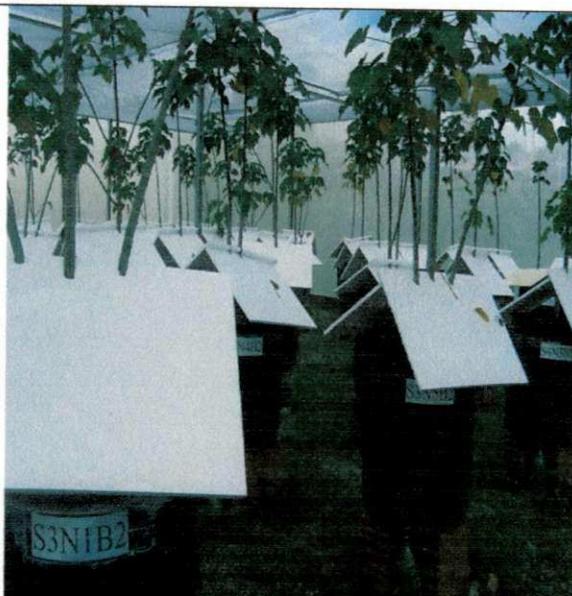
C - Em destaque queda das folhas provocadas pelo ácaro branco



D - Folhas enrugadas pelo ataque de ácaro branco



E - Observa a dominância apical das plantas



F - Observa a redução do número de folhas no último mês do experimento