



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO E TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CULTIVO DA MAMONEIRA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS  
SALINAS E DOSES DE NITROGÊNIO**

**GEOVANI SOARES DE LIMA**

**Campina Grande-PB**

**Fevereiro – 2013**

GEOVANI SOARES DE LIMA

Engenheiro Agrônomo

## **CULTIVO DA MAMONEIRA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E DOSES DE NITROGÊNIO**



Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

**Orientador:** Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre

Campina Grande-PB

Fevereiro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L732c

Lima, Geovani Soares de.

Cultivo da mamoneira sob irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio / Geovani Soares de Lima. – Campina Grande, 2013.  
128 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre".

Referências.

1. Mamoneira (*Ricinus communis L.*). 2. Estresse Salino. 3. Adubação Nitrogenada. I. Gheyi, Hans Raj. II. Nobre, Reginaldo Gomes. III. Título.

CDU 633.85(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

GEOVANI SOARES DE LIMA

CULTIVO DA MAMONEIRA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E  
DOSES DE NITROGÊNIO

BANCA EXAMINADORA

**Dr. Hans Raj Gheyi**  
Orientador (UAEA/CTRN/UFPG)

PARECER

**Dr. Reginaldo Gomes Nobre**  
Orientador (UFPG/POMBAL)

**Dr. Claudivan Feitosa Lacerda**  
Examinador (UFC/FORTALEZA)

**Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo**  
Examinador (UAEA/CTRN/UFPG)

FEVEREIRO DE 2013

*A meu tio José Hilton da Silveira (In memorian)*

## **MINHA HOMENAGEM**

*A meus pais, José Sarmiento e Maria do Socorro,  
A meus irmãos, Givanildo e José Soares, como  
reconhecimento do amor e dedicação.*

## **OFEREÇO**

*A minha esposa, Lauriane Soares, por todo  
amor e carinho.*

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por Sua presença constante em todos os momentos da minha vida;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

Ao meu orientador, Prof. Dr Hans Raj Gheyi, pela orientação, estímulo, paciência e confiança, durante a realização deste curso;

Ao meu Co-orientador, Prof. Dr Reginaldo Gomes Nobre, pela amizade, compreensão, por todos os ensinamentos transmitidos e por se fazer presente na minha formação intelectual desde a graduação;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

À Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de mamona e pela realização das análises de determinação do teor de óleo;

Aos amigos Saulo, Givanildo e Alexsandro, por todo empenho e dedicação durante a execução desta pesquisa;

Aos técnicos de laboratório do CCTA/UFCG, Joyce Emanuelli, Francisco Alves e Roberta Chaiene, por toda a ajuda durante a execução deste experimento;

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação Maria Aparecida e Gilson, pela atenção e ajuda sempre que precisei;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo durante a minha formação,

Aos examinadores Prof. Dr. Claudivan Feitosa Lacerda e Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho,

Aos colegas da pós-graduação: Rennan, Carlos, Salatiel, Klebson, Elaine, Antônio, Marcelo, Júlia, Júnior, Rodrigo e Ramara pelo companheirismo ao longo do curso.

Em especial a minha esposa, Lauriane Almeida dos Anjos Soares, pela paciência e compreensão em todos os momentos;

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Muito Obrigado.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	Pág. viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv

### CAPÍTULO I – Contextualização da Pesquisa

---

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1. A cultura da mamoneira.....	19
3.1.1. Cultivar BRS Energia.....	21
3.2. Qualidade de água para irrigação.....	22
3.2.1. Utilização de água salina na agricultura.....	24
3.3. Salinidade e seus efeitos sobre as plantas.....	26
3.3.1. Osmótico.....	26
3.3.2. Tóxico.....	28
3.3.3. Indireto (Efeito de natureza nutricional).....	30
3.4. Tolerância das plantas à salinidade.....	30
3.4.1. Tolerância da mamoneira à salinidade.....	32
3.4.2. Mecanismos de tolerância.....	33
3.5. Salinidade e nutrição mineral.....	35
3.6. Adubação nitrogenada.....	36
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

### CAPÍTULO II - Respostas morfofisiológicas da mamoneira cultivada sob estresse salino e adubação nitrogenada

---

RESUMO.....	55
ABSTRACT.....	55
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1. Caracterização de área experimental.....	58
2.2. Tratamentos e delineamento estatístico.....	58
2.3. Cultivar.....	58
2.4. Instalação e condução do experimento.....	59
2.5. Preparo das águas salinas e irrigação.....	60
2.6. Descrição das variáveis avaliadas.....	61
2.7. Análise dos dados.....	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4. CONCLUSÕES.....	75
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

### CAPÍTULO III - Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio

---

<b>RESUMO.....</b>	<b>81</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>81</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>84</b>
2.1. Caracterização de área experimental.....	84
2.2. Tratamentos e delineamento estatístico.....	84
2.3. Cultivar.....	84
2.4. Instalação e condução do experimento.....	85
2.5. Preparo das águas salinas e irrigação.....	86
2.6. Descrição das variáveis avaliadas.....	87
2.7. Análise dos dados.....	88
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>88</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>

---

**CAPÍTULO IV - Teores de macronutrientes, cloro e sódio na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada**

---

<b>RESUMO.....</b>	<b>102</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>102</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>103</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>104</b>
2.1. Caracterização de área experimental.....	104
2.2. Tratamentos e delineamento estatístico.....	105
2.3. Cultivar.....	105
2.4. Instalação e condução do experimento.....	105
2.5. Preparo das águas salinas e irrigação.....	107
2.6. Descrição das variáveis avaliadas.....	107
2.7. Análise dos dados.....	108
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>108</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>122</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>122</b>



## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II		Pág.
<b>Tabela 1.</b>	Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	59
<b>Tabela 2.</b>	Resumo do teste F referente ao índice de velocidade de emergência (IVE) e da percentagem de emergência (PE) em plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio.....	63
<b>Tabela 3.</b>	Resumo do teste F referente ao número de folhas (NF), altura de plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) em plantas de mamoneira, irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio, em diferentes idades.....	65
<b>Tabela 4.</b>	Resumo do teste F referente à taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) da altura em plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio, em diferentes idades.....	72
CAPÍTULO III		
<b>Tabela 1.</b>	Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	85
<b>Tabela 2.</b>	Resumo do teste F referente ao número de dias para emissão dos racemos primário (NDRP) e secundário (NDRS), comprimento efetivo dos racemos primário (CERP) e secundário (CERS), número de frutos nos racemos primário (NFrutRP) e secundário (NFrutRS) em plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio.....	89
<b>Tabela 3.</b>	Resumo do teste F referente ao número de sementes dos racemos primário (NSRP) e secundário (NSRS), massa de sementes dos racemos primário (MSRP) e secundário (MSRS), teor de óleo nas sementes dos racemos primário (TOrp) e da produção subsequente (TOps) em plantas de mamoneira, irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio.....	94
CAPÍTULO IV		
<b>Tabela 1.</b>	Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	106
<b>Tabela 2.</b>	Resumo do teste F referente aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas diferentes partes da mamoneira aos 120 dias após o semeio (DAS) irrigadas com água de salinidade crescente e com doses de nitrogênio.....	108
<b>Tabela 3.</b>	Resumo do teste F referente aos teores de sódio (Na <sup>+</sup> ), cloro (Cl <sup>-</sup> ) e	

relação sódio e potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) nas diferentes partes da mamoneira aos 120 dias após o semeio (DAS) irrigadas com água de salinidade crescente e com doses de nitrogênio.....	114
---	-----

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

		Pág.
<b>Figura 1.</b>	Disposição dos lisímetros na área experimental (A) e a semeadura (B).....	60
<b>Figura 2.</b>	Visão geral do experimento aos 30 (A) e 100 dias após a semeadura (B).....	62
<b>Figura 3.</b>	Índice de velocidade de emergência (A) e percentagem de emergência da mamoneira (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação.....	64
<b>Figura 4.</b>	Número de folhas (A) e altura de planta (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação aos 30, 60 e 120 dias após a semeadura (DAS).....	67
<b>Figura 5.</b>	Diâmetro de caule da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e doses de nitrogênio (B) aos 30, 60 e 120 dias após a semeadura (DAS).....	68
<b>Figura 6.</b>	Área foliar da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e doses de nitrogênio (B) aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS).....	70
<b>Figura 7.</b>	Área foliar da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação e doses de nitrogênio aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	72
<b>Figura 8.</b>	Taxa de crescimento absoluto - TCAap (A) e relativo - TCRap (B) para altura de plantas da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação, no período de 22 a 30 e 30 a 40 dias após a semeadura (DAS).....	74

### CAPÍTULO III

<b>Figura 1.</b>	Vasos utilizados no acondicionamento das águas salinas (A) e recipiente coletor de drenagem (B).....	86
<b>Figura 2.</b>	Visão geral do experimento durante a fase de floração aos 50 dias após a semeadura (A) e avaliação do comprimento efetivo do racemo aos 60 DAS (B).....	88
<b>Figura 3.</b>	Número de dias para emissão dos racemos (NDR) primário (NDRP) e secundário (NDRS) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada (B).....	90
<b>Figura 4.</b>	Comprimento efetivo dos racemos primário - CERP (A) e secundário - CERS (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação e das doses de adubação nitrogenada.....	91
<b>Figura 5.</b>	Número de frutos (NFrut) nos racemos primário (NFrutRP) e secundário (NFrutRS) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de	

	irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada (B).....	93
<b>Figura 6.</b>	Número de sementes nos racemos (NSR) primário (NSRP) e secundário (NSRS) por planta (A) e massa de sementes nos racemos (MSR) primário (MSRP) e secundário (MSRS) (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação.....	95
<b>Figura 7.</b>	Teor de óleo nas sementes do racemo primário (TO <sub>rp</sub> ) em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CE <sub>a</sub> (A) e teor de óleo nas sementes da produção subsequente (TO <sub>ps</sub> ) da mamoneira em função da CE <sub>a</sub> e doses de adubação nitrogenada (B).....	97
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>Figura 1.</b>	Teor foliar e caulinar de nitrogênio (N) em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CE <sub>a</sub> (A) e teor de nitrogênio nas raízes (N <sub>raiz</sub> ) em função da interação entre a CE <sub>a</sub> e doses de adubação nitrogenada (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	110
<b>Figura 2.</b>	Teor foliar e radicular de fósforo (P) em função de doses de adubação nitrogenada (A) e teor de fósforo caulinar (P <sub>caule</sub> ) em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	111
<b>Figura 3.</b>	Teor foliar de potássio em função da condutividade elétrica da água - CE <sub>a</sub> de irrigação (A) e doses de adubação nitrogenada - DN (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	112
<b>Figura 4.</b>	Teor caulinar de potássio- K <sub>caule</sub> (A) e radicular- K <sub>raiz</sub> (B) em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CE <sub>a</sub> e doses de adubação nitrogenada - DN aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	113
<b>Figura 5.</b>	Teor foliar - Na <sub>folha</sub> (A) e caulinar- Na <sub>caule</sub> (B) de sódio em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	116
<b>Figura 6.</b>	Teor radicular de sódio - Na <sub>caule</sub> em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CE <sub>a</sub> e doses de adubação nitrogenada - DN (A) e teor foliar- Cl <sub>folha</sub> e caulinar- Cl <sub>caule</sub> de cloro em função da CE <sub>a</sub> (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	118
<b>Figura 7.</b>	Teor foliar de cloro - Cl <sub>folha</sub> em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e teor radicular de cloro- Cl <sub>raiz</sub> em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CE <sub>a</sub> e doses de adubação nitrogenada - DN (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	119
<b>Figura 8.</b>	Relação Na/K nas folhas- Na/K <sub>folha</sub> (A) e no caule- Na/K <sub>caule</sub> (B) em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	121
<b>Figura 9.</b>	Relação Na/K nas raízes em função da condutividade elétrica da água de irrigação aos 120 dias após a semeadura (DAS).....	122

LIMA, G. S. de. **Cultivo da mamoneira sob irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio**. 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

## RESUMO

Considerando que a disponibilidade de água na natureza e principalmente nas regiões áridas e semiáridas vem diminuindo em termos quantitativos quanto qualitativos e devido à crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas irrigadas, a utilização de águas salinas se torna uma alternativa para equacionar tais problemas. Deste modo, realizou-se esta pesquisa visando avaliar o cultivo da mamoneira cv. BRS Energia quando submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação associados a doses de nitrogênio utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x4, cujos tratamentos consistiram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio (70; 100; 130 e 160% da indicada para ensaio) e três repetições. O uso de água salina com CEa a partir de 0,3 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente o índice de velocidade de emergência e a percentagem de emergência, além dos componentes de crescimento e produção, avaliados através do número de folhas, altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, número de frutos e de sementes e a massa de sementes dos racemos primário e secundário. A salinidade da água de irrigação atrasou a emissão dos racemos primário e secundário e, quando submetida à irrigação com CEa de 1,9 e 2,1 dS m<sup>-1</sup> foi obtida a maior taxa de crescimento absoluto e relativo para altura de plantas, respectivamente, no período de entre 30 a 40 e 22 a 30 dias após a semeadura. Níveis de CEa até 3,3 dS m<sup>-1</sup> proporcionaram teor de óleo nas sementes do racemo primário superior a 48%. A irrigação com água salina elevou os teores de sódio e cloro em todas as partes da planta. Os maiores teores de potássio nas raízes e folhas foram alcançados, respectivamente, com CEa de 0,3 e 2,2 dS m<sup>-1</sup>. A adubação nitrogenada proporcionou incremento na área foliar e no diâmetro caulinar, sendo os melhores resultados obtidos com doses de 160% de N aos 60 e 120 DAS respectivamente, além do número de frutos no racemo

primário, no tempo para emissão do racemo secundário e no teor foliar de cloro porém promove diminuição nos teores de fósforo e potássio. A salinidade da água de irrigação provocou quando combinada com adubação nitrogenada, alteração significativa na área foliar aos 120 DAS, no comprimento efetivo do racemo primário e secundário, no teor de óleo das sementes da produção subsequente, na relação  $Na^+/K^+$  em caule e folhas.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Estresse salino. Adubação nitrogenada

LIMA, G. S. de. **Cultivation of castor bean under irrigation with saline water and nitrogen**. 2013. 128 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center of Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

## ABSTRACT

Considering that the availability of water in nature is decreasing both in terms of quantity and quality and the increasing need for expansion of agricultural areas, makes the use of saline waters as an alternative to consider these issues. Thus, this research was conducted to evaluate the cultivation of castor bean cv. BRS Energia, when subjected to irrigation water of different salinity levels associated with nitrogen doses. A completely randomized block design in a 5x4 factorial scheme, whose treatments were combinations of five levels of electrical conductivity of irrigation water - EC<sub>w</sub> (0.3, 1.2, 2.1, 3.0 and 3, 9 dS m<sup>-1</sup>) and four doses of nitrogen (70, 100, 130 and 160% of the indicated dose) and three replications. The use of saline water with EC<sub>w</sub> starting at 0.3 dS m<sup>-1</sup> negatively affected the emergence rate index and the percentage of emergence, and growth of components and production as measured by the number of leaves, plant height, stem diameter, leaf area, number of fruits and seeds and seed mass of cluster primary and secondary. The salinity of irrigation water delayed the emission of primary and secondary cluster. The highest rate of absolute and relative growth for plant height were observed in treatment with EC<sub>w</sub> of 1.9 and 2.1 dS m<sup>-1</sup>, respectively, between 30 to 40 and 22 to 30 days after sowing (DAS). EC<sub>w</sub> levels up to 3.3 dS m<sup>-1</sup> provides oil content in the seeds of primary cluster more than 48%. Irrigation with saline water increased the levels of sodium and chlorine in all parts of the plant, the highest levels of potassium in roots and leaves were achieved respectively, with EC<sub>w</sub> 0.3, 2.2 dS m<sup>-1</sup>. The N fertilization provided an increase in leaf area and stem diameter, and the best results were obtained with doses of 160% N at 60 and 120 DAS respectively, besides the number of fruits in primary cluster, emission time for the secondary cluster and foliar chlorine content. however, decreased the levels of phosphorus and potassium. The salinity of irrigation water when combined with nitrogen fertilization caused significant changes in leaf area at 120 DAS, the effective length of primary and secondary cluster, the oil

content of the seeds of the subsequent production and the  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  in stems and leaves.

**Keywords:** *Ricinus communis* L. Saline stress. Nitrogen fertilization



---

## CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

### 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta características climáticas bem definidas, como precipitações escassas e irregulares, além de elevada evapotranspiração. Esta escassez hídrica afeta gravemente a população ocasionando grandes perdas sociais e econômicas, refletidas na diminuição da capacidade produtiva das áreas agrícolas acentuando o desemprego, reduzindo a concentração de renda e aumentando o empobrecimento de um contingente significativo da população (ALVES et al., 2011).

Dentro deste contexto a irrigação surge como uma das tecnologias que mais têm contribuído para o aumento na produção de alimentos nessas áreas. Contudo, a qualidade da água nesta região apresenta restrições às diversas culturas tanto nos aspectos quantitativos como nos qualitativos, o que pode resultar em obstáculo ao seu desenvolvimento (SILVA et al., 2005). Desta forma, é importante a viabilização do uso de águas de qualidade inferior na agricultura, o que contribui para maior disponibilidade de água de boa qualidade com vistas ao uso doméstico, além de maximizar a eficiência do uso deste recurso (HOLANDA FILHO et al., 2011).

As elevadas concentrações de sais presentes na água de irrigação podem ser fator determinante na produtividade das culturas. Sua ação pode ir além de uma simples diminuição no potencial hídrico do solo até injúria celular causada por um estresse oxidativo na planta (GARCIA et al., 2008). Além de reduzir o potencial hídrico, as altas concentrações de sais no solo podem provocar efeitos tóxicos nas plantas (SILVA et al., 2003).

A redução no potencial hídrico, causada pelo excesso de sais, provoca restrição no crescimento uma vez que as taxas de alongamento e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular; desta forma, o ajustamento osmótico é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste ajustamento resultará em injúrias semelhantes às da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento resultando em plantas atrofiadas, desidratadas e, conseqüentemente, levando à morte das células (ASHRAF e HARRIS, 2004).

O suprimento nutricional através do manejo da adubação se destaca entre as principais tecnologias aplicadas para aumentar a produtividade dos cultivos e a rentabilidade, sendo o nitrogênio um dos principais macronutrientes responsáveis por este aumento (CHAVES et al., 2011). Esta alta dependência das culturas em nitrogênio pode estar relacionada às funções deste elemento nas plantas uma vez que desempenha função estrutural fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal (FLORES et al., 2002). Neste contexto, vários estudos têm constatado que o acúmulo de solutos orgânicos de nitrogênio eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade (LACERDA et al., 2003; SILVA et al., 2008).

Para o semiárido brasileiro uma oleaginosa que vem despertando atenção especial é a mamoneira, em decorrência das novas demandas energéticas, visando à substituição dos combustíveis fósseis, em especial derivados do petróleo que são atualmente, os principais responsáveis pelo aquecimento global; outrossim, o óleo extraído de suas sementes é um dos melhores para a produção de biodiesel, pelas suas características como maior densidade, solubilidade em álcool, cerca de 5% de oxigênio a mais na molécula em comparação com outras culturas oleaginosas e usos na química fina em mais de 700 produtos (BELTRÃO et al., 2003). Além disso, esta cultura surge como alternativa em apoio à agricultura familiar criando melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando potencialidades regionais (RAMOS et al., 2003).

Apesar da mamoneira ser uma cultura adaptada às condições de semiaridez, exigente em calor e luminosidade, a garantia de produção deverá ser maior com irrigação e para se obter um bom desenvolvimento e alta produtividade, a planta exige solos férteis (LAVIOLA e DIAS, 2008; NERY et al., 2009). Sua utilização como matéria-prima para a produção de bioenergia está embasada nas características, como alto potencial de produção de óleo, espécie de uso não alimentar e a perenidade da cultura (MARTINS et al., 2010).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a emergência, o crescimento e a produção da mamoneira irrigada com águas de diferentes níveis salinos e doses de nitrogênio.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Quantificar o teor de macronutrientes, sódio e cloro durante seu ciclo, em razão da adoção de doses de nitrogênio sob condições de salinidade;
- Identificar a dose de adubação nitrogenada e a interação da mesma com a salinidade da água de irrigação que melhor contribua com o cultivo da mamoneira.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. A cultura da mamoneira

A mamoneira é uma planta oleaginosa arbustiva, heliófila, originária de clima tropical, possivelmente da antiga Abissínia, atual Etiópia, no continente africano. Corresponde à espécie de ampla distribuição geográfica ocorrendo, preferencialmente, nas zonas tropicais e subtropicais do mundo, conhecida no Brasil como carrapateira, palma-cristo e enxerida (FERREIRA et al, 2009). Segundo a classificação de Engler *Ricinus communis* L. tem a seguinte posição sistemática: Divisão: *Angiospermae* Brongniart, Classe: *Dicotyledoneae* DC, Ordem: *Geraniales* Lindley, Família: *Euphorbiaceae* Jussieu, Gênero: *Ricinus* Linnaeus, Espécie: *Ricinus communis* L. (RODRIGUES et al., 2002).

Admite-se que atualmente, o gênero *Ricinus* seja monotípico, com cinco subespécies e 25 variedades botânicas; deste modo tem-se grande diversidade entre elas em termos de tamanho, coloração das folhas e do caule, porte, hábito de crescimento, conteúdo de óleo nas sementes, peso das sementes etc (SAVY FILHO, 1999; BELTRÃO, 2003). Trata-se de uma planta monoica com inflorescência racemosa, formando cachos terminais. Normalmente, as flores femininas ocupam a porção superior e as masculinas a parte basal da inflorescência proporcionando dois tipos de reprodução: autofecundação e fecundação cruzada, sendo sua polinização geralmente anemófila (FREIRE et al., 2001).

A planta apresenta diversidade na expressão do sexo, a depender dos efeitos do ambiente e do manejo que é utilizado. Em condições de manejo adequado e em regiões de distribuição regular de chuvas, ocorre formação de plantas monoicas. Entretanto, observam-se modificações desse padrão a depender da idade da planta e dos racemos, do fotoperíodo, de temperaturas elevadas e de poda (PASSOS, 2009). Desenvolve-se melhor quando cultivada em ambientes com temperatura média variando entre 20 e 30°C, precipitação pluviométrica entre 450 e 1.000 mm ano<sup>-1</sup>, solos bem drenados e porosos. Apesar de existirem cultivos em altitudes que variam do nível do mar até 2.300 m, ela é recomendada em áreas com altitudes na faixa de 300 a 1.500 m acima do nível do mar (WEISS, 1983).

É um vegetal que apresenta grande importância econômica, social e ambiental para o Brasil, particularmente para a região Nordeste onde se concentram 90% da produção nacional. Do ponto de vista agroindustrial, o fruto da mamona apresenta aproveitamento integral obtendo-se, como produto principal, o óleo, que corresponde a cerca de 48% da massa do fruto e, como subproduto, a torta, que pode ser utilizada como adubo orgânico e, se for retirada a ricina, pode ser utilizada na alimentação animal (MELHORANÇA e STAUT, 2005).

A mamoneira apresenta hábito de crescimento indeterminado, com floração e frutificação contínua e sequencial ao longo do ciclo fenológico. O caule principal se encerra com o surgimento da primeira inflorescência racemosa, precursora do racemo primário ou principal. Da axila da última folha logo abaixo do racemo primário surgem novos ramos que também são encerrados por racemos e assim sucessivamente vão surgindo novos ramos e ordens de racemos (BELTRÃO et al., 2003).

O óleo desta cultura é tido como um dos mais versáteis da natureza, de utilidade só comparável à do petróleo, com a vantagem, de ser um produto renovável (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986) podendo tornar-se o principal substituto do óleo diesel mineral e uma das formas mais eficientes de diversificar a matriz energética, contribuindo para a conservação do ambiente em razão da redução de emissão de gases que causam o efeito estufa (COSTA e HOESCHIL, 2006). Por meio da ricinoquímica, mais especificamente na química do óleo da mamona, podem ser obtidos produtos bem mais elaborados nas indústrias farmacêutica, de cosméticos e na aeronáutica (DRUMMOND et al., 2006).

A cultura da mamoneira está incluída no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) elaborado pelo Governo Federal, que autorizou a adição de 2% de combustíveis derivados de óleos vegetais ao diesel (B2) obtido a partir do petróleo, já em 2008, e elevará este percentual para 5% (B5) até 2013 (RAMOS et al., 2006).

Com o fortalecimento deste programa estima-se que mais de 50% de nossa energia deverão ser provenientes de fontes renováveis, em um futuro próximo (PEREIRA, 2007). Neste sentido criou-se uma perspectiva real para a expansão do seu cultivo em escala comercial no semiárido brasileiro, especialmente na agricultura familiar (BELTRÃO et al., 2005) assumindo papel relevante para a economia desta

região, seja como cultura alternativa de conhecida resistência à seca ou como fator fixador de mão-de-obra, gerador de emprego e matéria-prima, valorizando potencialidades regionais e ao mesmo tempo em que oferece soluções a problemas econômicos e socioambientais (RAMOS et al., 2003).

### **3.1.1. Cultivar BRS Energia**

Com o intuito de expandir os cultivos desta oleaginosa com adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, a Embrapa Algodão lançou, em 2007, a cultivar BRS Energia, que apresenta porte anão e frutos indeiscentes quando comparada com as cultivares tradicionais, como a BRS Nordestina e a BRS Paraguaçu (VALE, 2009).

Considerada uma cultivar de ciclo precoce, a BRS Energia apresenta ciclo médio de 120 dias compreendendo o período que engloba desde a germinação à maturação dos últimos racemos, com lançamento do primeiro cacho em aproximadamente 30 dias após a germinação, o teor de óleo de suas sementes é em média de 48%, com produtividade média de 1800 kg ha<sup>-1</sup> em condições de sequeiro (MILLANI, 2010). Além disto, apresenta porte baixo, que é adequado para a colheita manual quando cultivada por pequenos agricultores familiares e para colheita mecânica quando cultivada por produtores de maior poder aquisitivo (SILVA et al., 2009).

Várias pesquisas têm demonstrado respostas positivas da mamoneira quando em condições de irrigação. Rodrigues et al. (2002) constataram, trabalhando com a cultivar BRS Paraguaçu, aumento significativo do comprimento do racemo, número de frutos e massa de 100 sementes com o incremento do nível de irrigação enquanto Souza et al. (2007) encontraram na cultivar Mirante 10, aumento de 148% no número médio de racemos por planta, quando da irrigação de suplementação comparada com a de sequeiro.

Koutroubas et al. (1999) verificaram que a irrigação é eficiente no aumento da produtividade pelo efeito benéfico nos números de racemos por planta, números de cápsulas por racemo e no peso de mil sementes. Para Vijaya Kumar et al. (1997) somente em condições ideais de umidade do solo através da irrigação é possível proporcionar um aumento da produtividade na mamoneira.

A utilização da cultivar BRS Energia por ser adaptada aos diferentes ecossistemas e, por ser capaz de apresentar maior estabilidade às variações do ambiente e menor variabilidade nas suas características, torna-se necessário uma avaliação mais criteriosa desta cultivar, principalmente no que se refere as suas características agrônômicas e tecnológicas, a fim de ser reconhecida para a região semiárida do nordeste brasileiro, em função das potencialidades apresentadas (BELTRÃO, 2003).

### **3.2. Qualidade de água para irrigação**

A água é o principal insumo da irrigação, seja em termos quantitativos como qualitativos (AYERS e WESTCOT, 1999). Atualmente, a grande preocupação em relação à prática agrícola nas regiões áridas e semiáridas é a qualidade da água utilizada na irrigação visto que a negligência quanto a esse aspecto produz efeitos indesejáveis na condução de culturas (MARÇAL, 2011).

A qualidade da água refere-se à sua adequabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas se prestam às necessidades do usuário (LIMA, 1997). Do ponto de vista da agricultura, entre as características mais importantes que qualificam uma água para uso em irrigação, se destacam a concentração total de sais solúveis, a concentração relativa de sódio em relação ao cálcio e o magnésio e a presença de elementos traços (HOLANDA e AMORIM, 1997).

É imprescindível a avaliação da qualidade da água como medida preventiva dos processos de salinização gradativos, pelo acúmulo de sais oriundos de irrigações sucessivas. Além das características físico-químicas da água outros fatores devem ser considerados e analisados em conjunto quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação (AYERS e WESTCOT, 1999). Para se determinar a viabilidade do uso da água na irrigação deve-se levar em consideração: sua concentração de sais e a composição química, tolerância das culturas aos sais, propriedades físicas e químicas do solo, práticas de manejo do solo, água e cultura; condições climáticas; método de irrigação e condições de drenagem (CONTRERAS e ELIZONDO, 1980).

Dentre os parâmetros em que se infere a qualidade da água de irrigação, a condutividade elétrica da água é o mais utilizado, por corresponder à medida da capacidade dos íons presentes na água em conduzir eletricidade e cresce proporcionalmente ao aumento da concentração dos sais (RIBEIRO et al., 2005). Entretanto, quatro aspectos importantes devem ser considerados: salinidade, sodicidade, toxicidade de íons e teores de bicarbonato. Essas variáveis são fundamentais na determinação da qualidade agronômica da água (BARROSO et al., 2011).

Segundo Peña (1972), a classificação e o uso de água para fins de irrigação são julgados com base nos seguintes aspectos:

- Características químicas - a qualidade da água depende dos constituintes químicos e de seu perigo potencial nos efeitos diretos e indiretos sobre os cultivos.
- Condições agronômicas - uma vez determinadas em laboratório, as características químicas da água para irrigação, sua aplicabilidade deve estar sujeita à susceptibilidade de danos que possam ocasionar aos cultivos a serem irrigados. Esses danos devem ser medidos relacionando-se os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação com os danos passíveis de ocasionar redução dos rendimentos das colheitas.
- Condições edafológicas - o teor de sais da água de irrigação pode alcançar níveis prejudiciais aos cultivos quando os sais se concentram na camada do solo onde se desenvolve o sistema radicular das plantas. Esta condição pode ser controlada aplicando-se, além da lâmina de água requerida pela irrigação, uma outra quantidade de água adicional ou lâmina de irrigação em quantidade suficiente para lixiviar, desta camada de solo, os sais em excesso.

O conhecimento da composição química da água utilizada na irrigação é importante para estabelecer o balanço nutricional na planta uma vez que águas com valores de Ca/Mg inferiores a 1 e Ca/Σcátions inferiores a 0,15 frequentemente provocam deficiência de cálcio; além disto, o efeito do sódio será maior se a relação Ca/Mg for inferior a 1; outrossim, teores de bicarbonato superiores a 2 meq L<sup>-1</sup>, podem provocar deficiência de zinco. A presença de micronutrientes como Fe, Zn, Mn e Mo na água de irrigação, poderá causar efeito tóxico às plantas dependendo de suas concentrações (AYERS e WESTCOT, 1999; KAFKAFI, 2005).



Independentemente da fonte utilizada, a princípio toda a água de irrigação contém sais dissolvidos embora o tipo e sua quantidade dependam de sua origem e também do curso da água antes de sua utilização (KOVDA et al., 1973). Outrossim, qualquer adição de água ao solo, quer pela ascensão capilar do lençol freático, se presente a pouca profundidade, quer pela irrigação, implica necessariamente em adição de sais ao perfil (KAMPHORST e BOLT, 1976). Os sais mais comumente encontrados na água e na solução do solo são compostos por cátions de sódio, cálcio, potássio, magnésio e ânions de cloro, sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e carbonato na forma de bicarbonato (EL-SWAIFY, 2000).

Para que a interpretação da qualidade da água para irrigação seja feita de maneira correta, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, nas culturas e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO et al., 2006).

### **3.2.1. Utilização de água salina na agricultura**

Em todo o mundo vem aumentando a necessidade de se utilizar águas de qualidade inferior na agricultura priorizando o uso intensivo de boa qualidade para o consumo humano e para outros fins mais restritivos; em geral, esta preocupação estará presente na expansão das áreas irrigadas (AYERS e WESTCOT, 1999).

A utilização de águas salinas na irrigação tem sido um problema para os sistemas de produção agrícola uma vez que acarreta em acúmulo de sais na zona radicular das culturas promovendo uma redução no crescimento e na produtividade. É importante destacar que o menor crescimento das plantas irrigadas com água salina pode diminuir não somente a eficiência do uso da água mas também resultar em menor extração de nutrientes pelas culturas, reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes aplicados (LACERDA, 2005).

A irrigação com águas de qualidade inferior (níveis elevados de sais), aliada à falta de um manejo apropriado de lixiviação de sais e um sistema de drenagem ineficiente, pode resultar em alta concentração de íons específicos na solução do solo, como o sódio, proporcionando sua adsorção no complexo sortivo e promovendo, desta forma, dispersão das argilas, pela ação na expansão da dupla

camada difusa, ocasionando redução na permeabilidade do solo com consequentes decréscimos nas taxas de infiltração de água no solo, além de prejudicar o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (LIMA, 1997).

Neste sentido, a qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento das culturas e afetam a produção, visto que a água é constituinte dos tecidos vegetais chegando até mesmo a constituir mais de 90% de algumas plantas; desta forma e para a utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional através de alternativas economicamente viáveis de modo que a cultura alcance a produtividade esperada (MEDEIROS et al., 2007).

A adequação de águas de qualidade inferior para serem utilizadas na irrigação, não depende unicamente da concentração total mas também dos tipos de sais. À medida em que o conteúdo total de sais aumenta, os problemas de salinidade no solo e nas culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, para manter rendimentos aceitáveis. Determinam-se, também, pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso a longo prazo. Inúmeros são os problemas associados à qualidade da água de irrigação, quais sejam: salinidade, infiltração de água, toxicidade de íons específicos, além de outros (AYERS e WESTCOT, 1999).

A utilização indiscriminada de águas com concentrações elevadas de sais pode salinizar os solos comprometendo a produção das culturas. Porém, existem amplas evidências em todo o mundo, de que águas de alta salinidade, classificadas como inadequadas para irrigação, podem ser usadas na irrigação de várias culturas selecionadas sob certas condições (RHOADES et al., 2000).

Além disto, o uso de águas de qualidade inferior na irrigação pode ocasionar a acumulação de sais na rizosfera comprometendo, desta forma, a qualidade edáfica, provocando aumento da densidade do solo, redução da porosidade, da aeração e da disponibilidade de água e nutrientes às plantas. Esta inconveniência, além de aumentar o impedimento mecânico do solo, inibe o crescimento radicular, a formação de novas raízes e prejudica o estabelecimento das culturas, em geral (CUNHA et al., 2002; CARVALHO et al., 2006).

Assim, a utilização de águas salinas na irrigação pode representar um risco para a produção agrícola das culturas. Em certos casos essas águas promovem

alterações nas condições físico-químicas que não existiam inicialmente no solo em proporções que desfavorecem o crescimento e o desenvolvimento da maioria das culturas (ALENCAR et al., 2003).

Apesar dos riscos do emprego de água salina na agricultura, a utilização de água com níveis de salinidade diferentes sobre o cultivo da mamoneira tem sido objeto de estudo de vários autores, tais como: Cavalcanti et al. (2005), Oliveira et al. (2006); Silva et al. (2008); Lima et al. (2008); Campos et al. (2009); Soares et al. (2012); Alves et al. (2012) e Nobre et al. (2013).

Mesmo diante de várias pesquisas já desenvolvidas com esta cultura utilizando águas salinas na irrigação, ainda são escassos os relatos sobre a interação entre salinidade da água e adubação nitrogenada na cultura da mamoneira, sobretudo para a cultivar BRS Energia. Neste sentido é importante desenvolver estratégias a fim de serem usadas como medida visando atenuar os impactos negativos do aproveitamento dessas águas na irrigação para o cultivo da mamoneira, como forma de se aproveitar os recursos hídricos disponíveis e garantir uma produção agrícola sustentável.

### **3.3. Salinidade e seus efeitos sobre as plantas**

#### **3.3.1. Osmótico**

A salinidade exerce efeitos complexos sobre as plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009) como efeitos osmóticos ou influência sobre as relações hídricas (PASTERNAK, 1987) dificultando, assim, o movimento de água e nutrientes através das membranas das raízes para o interior da célula (RIOS, 2004).

A concentração excessiva de sais na solução do solo diminui a energia livre da água reduzindo sua absorção pelas plantas. O principal efeito dos sais é osmótico já que o alto nível de sais no solo dificulta a absorção de água pelas plantas. As plantas apresentam uma membrana semipermeável que permite a passagem de água mas evita a passagem de sais. Quanto mais salina a água mais osmoticamente difícil é sua extração da solução do solo (BARROS, 2002).

Ayers e Westcot (1999) cometam que, quando as forças de sucção das raízes são maiores que as forças de retenção de água no solo, a planta consegue

extrair água do solo. No entanto, à medida em que a água é extraída, as forças de retenção do solo se tornam maiores que as de sucção caracterizando, a partir deste ponto, o estado de escassez de água à planta. De modo geral, pode-se dizer que, devido à relação dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força de sucção para extrair do solo uma unidade de água com sais do que sem sais requerendo, desta forma, energia adicional para absorver água de uma solução em solo salino.

A presença de sais na solução do solo faz com que as forças de retenção por seu efeito osmótico aumentem, ocasionando o problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica provocado pela salinidade poderá atingir um nível em que as plantas não mais terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente, a planta não conseguirá absorver água mesmo de um solo aparentemente úmido. Dependendo do grau de salinidade a planta, ao invés de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior (MEDEIROS, 1992; PARIDA e DAS, 2005).

Em geral, o excesso de sais na solução do solo da zona radicular exerce efeito deletério no crescimento das plantas, visto que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular; 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, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse. Esta energia é desviada dos processos que conduzem ao crescimento e à produção, sendo este efeito relacionado, acima de tudo, à concentração eletrolítica e independe da composição específica do soluto (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Tayer (1987) cita três efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais: A seca fisiológica (A), proveniente da diminuição do potencial osmótico; efeito tóxico de íons (B), principalmente cloro e sódio e o equilíbrio nutricional (C) provocado pela elevada concentração iônica, especialmente de íons de sódio inibindo a absorção de outros nutrientes.

Em solos salinos as plantas têm crescimento desuniforme e folhas de coloração verde-azuladas, relativamente grossas, cerosas e, dependendo da concentração de sais existente no solo, apresentam regiões necrosadas (QUEIROZ et al., 1997). A redução no crescimento em resposta ao aumento da salinidade no meio de cultivo pode ser atribuída a um efeito direto dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  sobre processos fisiológicos importantes da planta (CRUZ, 2003). Solos que possuem problemas por acúmulo de sais e por excesso de sódio trocável, apresentam condições inadequadas para a prática da agricultura devido aos efeitos vistos nas propriedades do solo como, por exemplo, a estabilidade de agregados e a infiltração da água (QADIR et al., 2005).

### **3.3.2. Tóxico**

Dentre os íons que podem apresentar toxidez os mais evidentes nos solos salinos são o sódio e o cloreto, sendo a toxicidade mais frequente a provocada pelo cloreto, seguida do sódio e do boro (LIMA, 1997; AYERS e WESTCOT, 1999). Esses sais podem quando absorvidos pelas plantas, provocar desbalanceamento nutricional ou efeito tóxico devido à presença em excesso de um ou mais íons causando exemplo bastante comum à toxidez causada por íons sódio, cloreto e boro (FAGERIA, 2002). Todavia, esses efeitos dependem de muitos outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, características dos sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Os efeitos causados pela toxidade ocorrem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Este excesso promove, então, desbalanceamento e danos na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta transpira havendo, nessas regiões, acúmulo do sal translocado do solo para a planta (DIAS et al., 2005). Outrossim, ao atingir os sítios celulares, os sais provavelmente inibem eventos bioquímicos importantes como a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nitrogênio e o metabolismo das proteínas e afetam a maioria das enzimas envolvidas nesses processos (MUNNS, 2002).

Após a absorção dos sais pelas plantas as concentrações de íons prejudiciais, particularmente  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$ , se acumulam nas células ocasionando a toxicidade iônica. A alta relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  e a alta concentração de sais totais inativam as enzimas e inibem a síntese proteica (TAIZ e ZEIGER, 2009). Os processos mais diretamente associados com a toxicidade iônica são a senescência e a morte celular programada, ambas induzidas por salinidade. Esses dois processos são complexos e interligados e são respostas comuns das plantas a estresses bióticos (SILVEIRA et al., 2010).

Os danos ocasionados pela toxicidade podem reduzir significativamente o rendimento das culturas estando sua magnitude dependente do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Frequentemente, os problemas de toxicidade acompanham ou potencializam os de salinidade ou de permeabilidade podendo surgir mesmo quando os níveis de salinidade forem baixos. Os sintomas de toxicidade podem apresentar-se em qualquer cultura, desde que as concentrações de sais no interior da planta sejam suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância (AYERS e WESTCOT, 1999).

Conforme Munns (2002), as injúrias provocadas pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , se manifestam como clorose marginal e causam o surgimento de zonas necróticas, o que contribui para a aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar. De acordo com ZHU (2003), nas plantas que crescem em solos salinos as células podem apresentar distúrbios na homeostase iônica não somente devido ao aumento da concentração de  $\text{Na}^+$  mas também pela diminuição da concentração de  $\text{K}^+$  no citosol, causando a conseqüente redução da relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ .

Para Fernandes et al. (2002) os sintomas de fitotoxidez são devidos aos desequilíbrios nutricionais no citoplasma, ocorrendo redução da translocação de citocinina para as folhas com conseqüente aumento do conteúdo de ácido abscísico.

Por outro lado, o acúmulo de sais solúveis, especificamente de sódio, no solo, além de reduzir o potencial osmótico da solução do solo produz alteração no pH, desbalanceamento nutricional e desestruturação de seus agregados. O efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre basicamente pela interação eletroquímica existente entre os cátions de argila. A característica principal deste efeito é a expansão da argila quando úmida e a contração quando seca, devido ao excesso de

sódio trocável. Se a expansão for exagerada poderá ocorrer fragmentação das partículas causando dispersão da argila e modificando a estrutura do solo (MEDEIROS et al., 2009).

### **3.3.3. Indireto (Efeito de natureza nutricional)**

Os efeitos indiretos da salinidade ocorrem, usualmente, devido à concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução, que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, indiretamente (MEDEIROS e GHEYI, 1997). Em muitos casos a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas; no entanto, a concentração de diversos íons pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à absorção de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (CRUCIANI, 1987).

As elevadas concentrações de íons específicos, sobretudo  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas sendo frequente a deficiência de íons como potássio, cálcio, magnésio, fosfato e nitrato (LAUCHLI e EPSTEIN, 1990). Os efeitos sobre a nutrição mineral decorrem principalmente da toxicidade dos íons em razão da absorção excessiva do  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e do desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e distribuição dos nutrientes (YAHYA, 1998).

No item 3.5 serão indicados maiores detalhes com relação ao efeito da salinidade sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

### **3.4. Tolerância das plantas à salinidade**

A tolerância de plantas à salinidade é a capacidade de se desenvolverem e completar seu ciclo de vida sobre um substrato que contém elevada concentração de sais solúveis (GREENWAY e MUNNS, 1980). Além disto, as plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o potencial osmótico das células, o que envolve tanto a absorção e a compartimentalização de íons como a síntese de solutos orgânicos (FLOWERS, 2004).

Maas (1986) considera que a tolerância deve ser avaliada apartir dos seguintes aspectos: pela aptidão de sobrevivência em solos salinos (A); pelo crescimento ou produção absoluta em solos salinos (B) e através do crescimento ou produção num solo salino relativo a um solo não salino (C). De acordo com este autor as tolerâncias relativas das culturas são classificadas da seguinte forma: sensíveis (Salinidade Limiar  $<1,3 \text{ dS m}^{-1}$ ); moderadamente sensíveis ( $1,3 < \text{Salinidade Limiar} < 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ); moderadamente tolerantes ( $3,0 < \text{Salinidade Limiar} < 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ); tolerantes ( $6,0 < \text{Salinidade Limiar} < 10,0 \text{ dS m}^{-1}$ ); não adequados para a maioria das culturas ( $\text{Salinidade Limiar} > 10 \text{ dS m}^{-1}$ ).

As plantas que podem tolerar elevadas concentrações salinas na rizosfera sem afetar seu crescimento são denominadas halófitas (FLOWERS et al., 1977). Algumas halófitas apresentam mecanismos de exclusão de  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  que envolvem glândulas secretoras e pelos vesiculares enquanto plantas que não conseguem se desenvolver sobre o substrato com elevado conteúdo de sais solúveis, são as glicófitas (CHEESEMAN, 1988). As glicófitas apresentam redução no crescimento quanto à salinidade supera 10 mM enquanto as halófitas crescem em ambientes nos quais a concentração salina varia de 50 a 500 mM (ORCUTT e NILSEN, 2000).

A tolerância das culturas é convenientemente expressa em termos da salinidade média da zona radicular, que não afeta negativamente o desenvolvimento das plantas, denominada salinidade limiar (SL), expressa em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; conseqüentemente, neste nível de salinidade o rendimento das culturas é 100% (AYERS e WESTCOT, 1999).

As plantas respondem diferenciadamente à salinidade sendo que variam entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie visto que algumas produzem rendimentos aceitáveis, em níveis relativamente altos de salinidade enquanto outras são mais sensíveis. Esta diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas espécies, sendo capazes de absorver e acumular íons e utilizá-los na síntese de compostos orgânicos, além de terem maior capacidade de absorção de água, mesmo em potenciais osmóticos muito baixos (AYERS e WESTCOT, 1999). É muito útil essa variabilidade genética entre as plantas por permitir a seleção de espécies e cultivares mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, em condições de salinidade (MEDEIROS et al., 2008).



O conhecimento do nível de tolerância à salinidade de diferentes espécies e cultivares, é imprescindível. Esta variável pode auxiliar no cultivo daquelas que propiciarão as maiores produções com menor consumo de água para lixiviação; assim, pode ser possível viabilizar a utilização de água de salinidade moderada para irrigação, sobretudo, em condições de semiárido em que grande parte da água disponível contém teores de sais solúveis relativamente altos (VIANA, 2000).

#### **3.4.1. Tolerância da mamoneira à salinidade**

Informações relativas à tolerância da mamoneira à salinidade, apesar do grande interesse socioambiental envolvido, ainda são escassas. Em estudo desenvolvido por Cavalcanti et al. (2005) visando avaliar a tolerância da mamoneira cv. BRS Nordestina, observou-se a partir do nível de CEa de  $1,78 \text{ dS m}^{-1}$  que ocorreu redução nas variáveis de crescimento avaliadas. Avaliando o comportamento de duas cultivares de mamona (BRS-188 Paraguaçu e CSRN-367) em condições de casa de vegetação, quando submetidas a diferentes níveis de salinidade (CEa: 0,7; 2,7; 4,7; 6,7 e  $8,7 \text{ dS m}^{-1}$ ) Silva et al. (2005) concluíram que a salinidade da água de irrigação reduziu o percentual de germinação, tornou mais lenta a emergência e diminuiu todas as características relacionadas ao crescimento da planta.

Em outra pesquisa, Silva et al. (2008) verificaram analisando em condição de ambiente protegido a influência da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento e na produção em relação a essas duas cultivares de mamona (BRS Paraguaçu e BRS Energia) que, a cultivar BRS Energia foi mais tolerante à salinidade que a Paraguaçu; contudo, constataram que acima de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$  as plantas não frutificaram e o incremento salino reduziu em 96,8% a massa de sementes do racemo primário das plantas sob CEa de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$  em comparação com as sob CEa de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ .

Nobre et al. (2012) concluíram, avaliando o teor de óleo e a produção de sementes da mamoneira cv. BRS Energia, submetida a irrigação com água com diferentes índices de salinidade (CEa: 0,4 à  $4,4 \text{ dSm}^{-1}$ ) que os efeitos do estresse salino sobre o teor de óleo dos racemos foram de pequena magnitude, até  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$  e mais pronunciados em racemos primários que em secundários. Esses autores observaram, ainda, que o incremento da salinidade da água aumenta o tempo para

emissão do racemo primário e reduz a massa de cem sementes nos racemos primários e secundários.

### **3.4.2. Mecanismos de tolerância**

Para suportar o estresse salino as plantas têm, desenvolvido, mecanismos complexos que contribuem para a adaptação aos estresses osmótico e iônico, provocados pela salinização dos solos (COSTA et al., 2003). Outrossim, frente aos efeitos iônicos, as plantas desenvolveram diferentes mecanismos de tolerância os quais variam enormemente de acordo com os vários fatores internos e externos podendo ser apresentados em três níveis de organização: planta inteira, organela e molecular (MUNNS et al., 2002).

No nível de planta inteira se incluem a habilidade das plantas em evitar a absorção de íons tóxicos no citosol, tais como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e a compartimentalização desses íons para o interior do vacúolo (TESTER e DAVENPORT, 2003). O mecanismo de compartimentalização de  $\text{Na}^+$  no vacúolo ou a exclusão para o meio externo celular ocorre através do antiporte  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  sendo aplicada uma força eletromotriz gerada pelas bombas de hidrogênio ( $\text{H}^+$ -ATPase ou  $\text{H}^+$ -PPiase) o que se qualifica essencial para a homeostase dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  (SILVEIRA et al., 2010).

Todavia, esta capacidade de exclusão e/ou compartimentalização de sais das plantas é limitada pois acima do nível limiar de sal no meio externo esta capacidade se torna saturada e o mecanismo de exclusão definha resultando em altas taxas de transporte de  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{Cl}^-$ , ou ambos, para as brotações. Além disto, a alta tolerância aos sais nem sempre corresponde a altas taxas de exclusão de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$  (LAUCHLI e EPSTEIN, 1990).

O controle realizado em nível de organela é atrelado à manutenção dos íons fora das células e à compartimentalização dos íons para os vacúolos. Neste caso deve ocorrer, paralelamente, o acúmulo de íons  $\text{K}^+$  e de solutos compatíveis, tais como prolina e glicina betaína no citoplasma para contrabalancear a pressão osmótica dos íons no vacúolo (MUNNS et al., 2002).

Em relação aos mecanismos de tolerância em termos moleculares e uma vez o sinal de estresse ter sido produzido pela célula, uma fita de transdução deve ser ativada visto que, ao mesmo tempo, envia esta mensagem aos fatores de

transcrição ativando desta forma uma rota de transdução que envia esta mensagem aos fatores de transcrição, que regulam a expressão dos genes encarregados da resposta ao estresse. A perda do volume e da turgescência celular ou a concentração de solutos altera a conformação de proteínas da parede celular e da membrana plasmática da célula vegetal, ativando rotas de transdução de sinais que dão lugar à expressão de determinados genes transformando, assim, o fenômeno físico do déficit hídrico em uma resposta bioquímica (ZHU e ZHENG, 2007).

Outro mecanismo utilizado pelas plantas em condições de elevada salinidade, é o ajustamento osmótico. O ajustamento osmótico pode ser definido como sendo o acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta às condições de estresse hídrico ou salino, o que contribui para a continuidade dos processos fisiológicos, ainda que em níveis de atividades menores (MORGAN, 1984; VERSLUES e BRAY, 2004).

O princípio de tolerância das plantas à salinidade pode, ainda, ser fundamentado em mecanismos de adaptação de natureza morfológica e fisiológica (MAAS e NIEMAN, 1978). Dentre as adaptações morfológicas e anatômicas que ocorrem nas plantas, destaca-se a redução do número de folhas e da área foliar diminuindo, assim, sua superfície transpirante, como alternativa para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração (SIQUEIRA et al., 2005).

Em geral, as alterações morfológicas das plantas aos estresses variam enormemente com o genótipo e seu estágio de desenvolvimento, além da intensidade e duração do estresse ao qual a planta é submetida (WILLADINO e CÂMARA, 2004).

Ao mesmo tempo, as plantas sob salinidade fecham os estômatos para minimizar as perdas de água por transpiração resultando em uma taxa fotossintética menor, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino. Além disto, o cloreto de sódio (NaCl) afeta a síntese e a translocação para a parte aérea da planta de hormônios sintetizados nas raízes, indispensáveis para o metabolismo foliar (HALPERIN e LYNCH, 2003).

Algumas espécies de plantas desenvolveram mecanismos de exclusão de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em estruturas morfológicas como glândulas secretoras e pelos vesiculares, como forma de minorar os efeitos dos sais sobre as mesmas. Os pelos vesiculares, que são células epidérmicas modificadas, geralmente acumulam sais no protoplasto

e morrem e, em seguida, são substituídos por novos pelos. Outra alternativa é a abscisão de folhas velhas que acumulam quantidades consideráveis de sal (WILLADINO e CÂMARA, 2005).

Nos mecanismos fisiológicos das plantas que favorecem a sobrevivência em ambientes salinos incluem a regulação da concentração e compartimentalização dos íons, produção de osmoprotetores, ativação de enzimas antioxidativas, adaptação estomática e outras formas de controle genético (BRILHANTE, 2006).

Os mecanismos fisiológicos primários das plantas que promovem redução no crescimento quando submetidas ao estresse salino se manifestam, inicialmente, em escala de horas ou dias, resultantes dos efeitos osmóticos dos sais presentes no solo que ocasionam estresse hídrico. Posteriormente, após semanas ou meses de exposição ao estresse salino, os declínios na atividade meristemática e no alongamento celular decorrem quando os sais absorvidos se acumulam nos diferentes tecidos vegetais, provocando desequilíbrio nutricional, toxicidade iônica e consequentes distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo das plantas (MUNNS e TESTER, 2008; SILVA et al., 2010).

### **3.5. Salinidade e nutrição mineral**

A salinidade interfere na nutrição mineral das plantas podendo levar a deficiências de alguns nutrientes e também à toxidez por outros (SILVA JÚNIOR, 2007). Esta concentração salina no meio dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas devido ao baixo potencial total da solução do solo e da competição química entre nutrientes e sais (YEO e FLOWERS, 1989).

O excesso de um íon pode provocar deficiência de outro em virtude da precipitação ou inibição, afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso de outro íon (GHEYI et al., 1991) alterando, desta forma, os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral torna-se mais complexa em razão das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, bem como das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como no tocante à

eficiência na aquisição de nutrientes do solo (GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ e CUARTERO, 1993; LACERDA, 2005).

As interações iônicas que afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes, são altamente complexas, mesmo na ausência de salinidade e de outros estresses. Esta complexidade é explicada pelas diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos aos quais as plantas são submetidas, pelo número de nutrientes essenciais envolvidos e pelas diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação referência à eficiência na aquisição de minerais do solo (FAHY et al., 2004).

O grau com que cada um dos componentes do estresse salino influencia a nutrição mineral das plantas, é dependente de muitos fatores, dentre eles a cultivar, a intensidade e duração do estresse salino, o teor de água no solo e o estágio de desenvolvimento da planta (CRAMER et al., 1994). O desequilíbrio nutricional provocado pela salinidade é decorrente da absorção excessiva de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , tal como dos distúrbios na absorção ou distribuição de vários elementos essenciais. (AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000; LACERDA, 2005).

Entre os diversos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral das 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  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na planta, diminuindo a permeabilidade seletiva da membrana radicular, provocando aumento na absorção de cloreto quando o mesmo se encontra em concentração elevada no meio (KAFKAFI, 1984). Neste sentido, o mecanismo de seletividade de absorção iônica confere, à planta, a capacidade de discriminar elementos similares, como o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{K}^+$ , uma característica primordial no processo de adaptação à salinidade (SHANNON, 1997).

### **3.6. Adubação nitrogenada**

A adubação é uma das principais tecnologias utilizadas para incrementar a produtividade e a rentabilidade das culturas; o nitrogênio é um dos principais macronutrientes responsáveis por este aumento (CHAVES et al., 2011). Esta alta dependência ocorre devido às funções do nitrogênio no metabolismo das plantas

uma vez que participa como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (FLORES et al., 2002). Na sua ausência há o bloqueio da síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho e da produção econômica das sementes (MENGEL e KIRKBY, 1982).

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas, fato comprovado pelo alto consumo mundial deste elemento, superando em muito o fósforo ( $P_2O_5$ ) e o potássio ( $K_2O$ ) sendo que este consumo tende a crescer sempre que a agricultura se intensifica e as produtividades aumentam. A resposta significativa à adubação nitrogenada é difícil de se prever, já que as respostas a este nutriente variam de ano a ano devido a fatores relacionados ao clima e ao uso anterior da área (RAIJ, 1991).

Preferencialmente, a forma de absorção do nitrogênio ocorre como o ânion nitrato ( $NO_3^-$ ) podendo também ser o cátion amônio ( $NH_4^+$ ), sendo a forma nítrica rapidamente absorvida pela planta. Porém, a forma nítrica é facilmente lixiviada enquanto a forma amoniacal é fixada pelas partículas do solo. Em concentrações elevadas no solo após a fertilização, a absorção desses íons pelas raízes pode exceder a capacidade de uma planta em assimilar os mesmos, levando ao seu acúmulo nos tecidos vegetais (RAIJ, 1991; FAQUIN e ANDRADE, 2004).

Inicialmente, o nitrogênio na planta é reduzido à forma amoniacal e posteriormente combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico; este, por sua vez, é incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos; desses, cerca de vinte são usados na formação de proteínas. Estas participam como enzimas nos processos metabólicos das plantas exercendo assim, uma função mais funcional do que estrutural (RAIJ, 1991).

Ressalta-se que o excesso de nitrogênio também pode ser prejudicial às plantas quando fornecido em excesso (desequilíbrio em relação aos outros nutrientes), pois causa maior crescimento da parte aérea em relação ao sistema radicular deixando a planta mais suscetível à deficiência hídrica e de nutrientes, principalmente fósforo (P) e potássio ( $K^+$ ). Pode, ainda, reduzir a fotossíntese por aumento no autossombreamento e aumentar a suscetibilidade a doenças (ENGELS e MARSCHNER, 1995).

Nas situações em que ocorre deficiência deste nutriente, as plantas apresentam sintomas típicos, como clorose generalizada das folhas mais velhas e

redução no crescimento. Apesar da sua grande importância na nutrição dos vegetais, o nitrogênio não é encontrado na forma disponível nem em quantidades suficientes para o suprimento adequado da maioria das plantas cultivadas no solo (GUIMARÃES, 2008).

Outrossim, o balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera adequado é dado entre ganhos e perdas no sistema; os ganhos são provenientes das adubações nitrogenadas, mineralização da matéria orgânica, fixação biológica e chuvas; as perdas são ocasionadas por extração pelas culturas, volatilização, desnitrificação, lixiviação, erosão e imobilização biológica (MALAVOLTA et al., 1997).

Efeitos positivos da aplicação da adubação nitrogenada sobre os componentes de crescimento e produção da mamoneira foram observados por Sofiattiet al. (2008), estudando os efeitos da adubação nitrogenada da cultivar BRS Energia. Aumento na produtividade em função da adubação também foi constatado por Severino et al. (2006) ao avaliar a adubação com macro e micronutrientes na cultura da mamona; Chaves et al. (2011) constataram, ao analisar o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca da mamoneira, aumento desta variável em consequência do incremento da dose de N aplicada.

Resultados neste sentido também foram encontrados por Nobre et al. (2012) que, avaliando o teor de óleo e a produção de sementes da mamoneira BRS Energia, submetida a doses de adubação nitrogenada, verificaram aumento no número de racemos por planta. Lima et al. (2011) constataram, avaliando a influência da adubação nitrogenada na mamoneira cultivar BRS Energia, aos 21 dias após a semeadura, aumento na área foliar e na taxa de crescimento relativo para a altura de plantas e diâmetro caulinar.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S.; PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.7, n.2, p. 221-226, 2003.

ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G.; CARDOSO, J. A. F. Uso de águas salinas e adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira BRS-Energia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n.2, p. 151-163, 2012.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.491-498, 2011.

ASHRAF M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, n.1, p.3-16, 2004.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H. R. GHEYI, J. F. de MEDEIROS e F. A. V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.165-171, 2000.

BARROS, A. D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, na cultura do melão**. 124p. (Tese Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002.

BARROSO, A. A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; LIMA, C. A. de. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.588-593, 2011.

BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**, Embrapa Comunicado Técnico, Campina Grande: 2003. 4p.



BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E.; AMARAL, J. A. B.; CARDOSO, G. D.; PEREIRA, J. R. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o Nordeste brasileiro com aptidão sem restrições**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. (Comunicado Técnico, 193).

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.;SEVERINO, L. S. **Sistema de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar do semiárido nordestino**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. (Folder).

BELTRÃO, N. E. de M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. P.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. R. F. **O cultivo sustentável da mamona no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p.23, 2005. (EMBRAPA-CNPA. Circular técnica, 84).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BRILHANTE, J. C. A. **Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no potencial osmótico de folhas de *Atriplex Nummularia* submetidas ao NaCl, seca e PEG**. 194 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará, 2006.

CAMPOS, V. B. CAVALCANTE, L. F.; RODOLFO JÚNIOR. F.; SOUSA, G. G.; MOTA, J. K.. Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Magistra**, v. 21, n.1, p.41-47, 2009.

CARVALHO, G. J. CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p. 765-771, 2006.

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.

CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. **Engenharia Ambiental**, v.8, n.1, p.126-133, 2011.

CHEESEMAN, J. M. Mechanism of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, v. 87, n.3, p.547-550, 1988.

CONTRERAS, A. M.; ELIZONDO, M. S. **Relaciones agua-suelo-planta-atmosfera**. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación 2. ed. 1980, 22p.

COSTA, F. C.;HOESCHL, H. C. **Gestão do conhecimento na cadeia produtiva de biodiesel**. In: Congresso da rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília: MCT/ABIPTI, p.30-34, 2006.

COSTA, P. H. A. SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.3, p.289-297, 2003.

CRAMER, G. R.; ALBERICIO, G. J.; SCHIMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.5, p.675-692, 1994.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4.ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1987. 337p.

CRUZ, J. L. Produção e participação de matéria seca e abertura estomática do limoeiro cravo submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p. 528-53, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v. 10, n.1-4, p.1-7, 2002.

DIAS, N. da S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.146-151, 2005.

DRUMMOND, A. R. F. GAZINEU, M. H. P.; ALMEIDA, L.; SOUTO MAIOR, A. **Estudo dos parâmetros: tempo de extração e solvente na obtenção de óleo de mamona para a produção de biodiesel**. In: Congresso Brasileiro de Biodiesel, 1., 2006, Brasília,DF. 1 CD-ROM.

EL-SWAIFY, S. A. Soil and water salinity. In: SILVA, J. A.; UCHIDA, R. (ed.). **Plant nutrient management in hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture**. Manoa: University of Hawaii, 2000. p.1-6.

ENGELS, C.; MARSCHENER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.41-71.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus, v.2 n.6 p.236-239, 2002.

FAHY G.M.; MACFARLANE DR, ANGELL C.A. MERYMAN HT Vitrification as an approach to cryopreservation. **Cryobiology**, v.21 n.67, p.407-426, 2004.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.11, p.1613-1619, 2002.

FERREIRA, U. C de Q.; QUEIROZ, W. N.; BELTRÃO, N. E de M. Fitotoxicidade e seletividade do herbicida trifloxysulfuron na mamona cultivar BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, Suplemento, p.916-921, 2009.

FLORES, P.; BOTELLA, M. A.; MARTINEZ, V. CERDA, A. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: Nitrate uptake and reduction. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n.1, p.177-187, 2002.

FLOWERS, T. J.; TROKE, P. F.; YEO, A .R. 1977.The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**,.v.28, s.n. p.89-121, 1977.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

FORNAZIERI JÚNIOR, A. **Mamona uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo: Ícone, 1986. 69p.

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

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p.7-18, 2008.

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

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J. J.; CUARTERO, J. Evolución de la producción de cuatro entradas de tomate cultivadas con sal. **Actas de Horticultura**, v.10, s.n., p.1067-1072, 1993.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in monhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

GUIMARÃES, A. de S. **Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.1753) em função de fontes e quantidades de fertilizantes**. 92 p. (Tese de Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, 2008.

HALPERIN, S. J.; LYNCH, J. P. Effects of salinity on cytosolic Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> in root hairs of *Arabidopsis thaliana*: in vivo measurements using the fluorescent dyes SBFI and PBFI. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.390, p.2035-2043, 2003.

HOLANDA FILHO, R. S. F. de.; SANTOS, D. B. dos.; AZEVEDO, C. A. V. de.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. de. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandiocueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p.60-66, 2011.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (Ed.). **Manejo e controle de salinidade em agricultura irrigada**. Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997. p.137-169.

KAFKAFI, U. Global aspects of fertigation usage. In: **Fertigation Proceedings**, Beijing, China: International Symposium on Fertigation, 2005. p.8-22.

KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I; SHALHEVET, J. (ed.). **Soil salinity under irrigation: Processes and management**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.319-338.

KAMPHORST, A., BOLT, G.H. Saline and sodic soils. In: BOLT, G.H.; BRUGGENT, M.G.M. (eds.) **Soil chemistry**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, p-171-191. (Development in Soil Science, 5A) 1976.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European Journal of Agronomy**, v.11, n.3-4, p.227-237, 1999.

KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V. A.; BERG, C. V.; HAGAN, R. M. (eds.) **International source book on irrigation, drainage and salinity**. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, chapter.7, 1973. p. 177-205.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (eds.) **Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE: Imprensa Universitária, p.95-105, 2005.

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.

LAUCHILI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v.38, n.10, p.18- 21, 1990.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p. 1969-1975, 2008.

LIMA C. B.; SANTOS FILHO, S. V. dos; SANTOS, M. A. dos; OLIVEIRA, M. de. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob níveis de salinidade da

água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, v. 21, n.5, p.50-56, 2008.

LIMA, G. S. de.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S. da. 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.213-221, 2011.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997. p.113-136.

MAAS, E. V.; POSS, J.A.; HOFFMAN, G. J. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. **Irrigation Science**, v.7, n.1, p.1-11, 1986.

MAAS, E.V.; NIEMAN, R.H. Physiology of tolerant plants to salinity. In: Jung, G.A. (ed.). **Crop tolerance to sub-optimal land conditions**. Madison: American Society Agronomy cap. 1. p.277-299. Special Publication, 1978.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, p. 319, 1997.

MARÇAL, J. A. **Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica**. 80 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 2011.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; LAVIOLA, B. G.; BORCARTE, M. Desenvolvimento inicial de mamona e pinhão manso em solo submetido a diferentes corretivos e doses de fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n.1, p. 143-150, 2010.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE.** 173p. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 1992.

MEDEIROS, J. F. de.; GHEYI, H. R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (Ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, SBEA, cap.8, p.239-284, 1997.

MEDEIROS, J. F.de; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; CARMO, G. A. do. **Riscos e medidas mitigadoras para a salinidade em áreas Irrigadas.** In: **Reunião Sulamericana para manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas.** Cruz das Almas: UFRB, 2009.

MEDEIROS, J. F. de; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.248–255, 2007.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. da S.; BARROS, A. D. de; Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.3, p.242-247, 2008.

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A. **Indicações técnicas para a cultura da mamona no Mato Grosso do Sul.** Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste. 2005, 65p.

MENGEL, K.; KIRBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 3.ed., Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.

MILANI, M. **BRS Energia.** 3.ed. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2010. (Folder).



MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants for his assistance. **Annual Review Plant Physiology**, v.35, n.1, p.299-319, 1984.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, n.2, p.239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, s.n., p.631-681, 2008.

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

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

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, E. P. de; SOARES, L. A. dos A.; ALVES, A. N. Teor de óleo e produtividade da mamoneira de acordo com a adubação nitrogenada e irrigação com água salina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.991-999, 2012.

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 Agricultura Sustentável**, v.1: p.68-74, 2006.

ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. **The physiology of plants under stress-soil and biotic factors**. New York : John Wiley and Sons, 2000.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, n.3, p. 324-349, 2005.

PASSOS, A. R. **Estudo genético e agrônômico da mamoneira em baixas altitudes do Recôncavo Baiano**. 101 p. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009.

PASTERNAK, D. Salt tolerant and crop production - A comprehensive approach. **Annual Review of Phytopathology**, v.25, s.n., p.271-291, 1987.

PEÑA, I. de Calidad de las águas de riego. Obregon: Secretaria de Recursos Hidraulicos, Distrito de Riego del Rio Yaqui, 1972. 33p. (Boletim Técnico, 5)

PEREIRA, F. S. G. **Biomassa de oleaginosa como fonte alternativa de energia (*Ricinus communis* L.)**. 98 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2007.

QADIR, M.; NOBLE, A.D.; OSTER, J. D.; SCHUBERT, S.; GHAFOR, A. Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic and saline-sodic soils: A review. **Soil Use and Management**, v.21, n.2, p.173 -180, 2005.

QUEIROZ, J. E. GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. **Avaliação e melhoramento da salinidade do solo**. In: Congresso Brasileiro de engenharia agrícola manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada, 26. Campina Grande: Anais.Campina Grande: UFPB, p.69-111, 1997.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. P. 163-179.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHEIM, H. M. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v.31, p.28-37, 2003.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de

biodiesel. In: Câmara, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (coords.). **Agronegócio de plantas oleaginosas: Matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ, p.81-104, 2006.

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

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.15-22, 2005.

RIOS, L. V. C. **Salinidad: Homeostasis iônica y acuaporinas**. Centro de Investigaciones del Hombre in el Desierto-IDESIA. p.61-68, 2004.

RODRIGUES, R. F. DE O.; OLIVEIRA, F. DE; FONSECA, A. M. As folhas de palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. Revisão de conhecimentos. **Revista Lacta**, v.20, n.2, p.183-194, 2002.

SAVY FIILO, A.; PAULO, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GERIN, M. A. N. **Variedades de mamona do instituto agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. (Boletim técnico 193).

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D. ; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.5, p.879-882, 2006.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, v.60, n.1, p.75-120, 1997.

SILVA JÚNIOR, G. S. E. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa* spp) submetidos à salinidade.** 114 p. (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

SILVA, E. F.; ASSIS JÚNIOR, R. M.; SOUSA, J. I. G. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre atributos hídricos de um Neossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p.389-396, 2005.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, n.10, p.1130-1137, 2010.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F. de, COSTA, P. H. A. da.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl<sub>2</sub>. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, n.2, p. 99-105, 2003.

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

SILVA, S. M. S.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.338-348, 2009.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; AILVA, E. N.; VIEGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura.** Fortaleza, INCTSal, 2010. 472p.

SIQUEIRA, E. da C.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, F. A. L.; BARROS JÚNIOR, G.; CAVACALTI, M. L. F. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, Suplemento, p.363-367, 2005.

SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, A. O.; SOARES, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Irriga**, Edição Especial, p.40-54, 2012.

SOFIATTI, V.; SEVERINO, L. S.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, M. A. O.; SAMPAIO, L. R.; VALE, L. S.; LUCENA, A. M. A.; SILVA, D. M. A. Adubação da Cultivar BRS Energia. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 3, 2008, Salvador. Anais... Salvador: **Energia e Ricinoquímica**, p.68, 2008.

SOUZA, A. DOS S.; TÁVORA, F. J. A. F.; Pitombeira, J. B.; Bezerra, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – componentes de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.414-421, 2007.

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

TAYER, J. N. **Effect of irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soil**. 285 p. (Doctorate of thesis). Bari: International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, 1987.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, p. 503-527, 2003.

VALE, L. S. do. **Crescimento e produtividade da mamoneira BRS Energia submetida a diversos espaçamentos**. 42 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 2009.

VERSLUES P. E.; BRAY, E. A. LWR1 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in *Arabido psisthaliana*. **Plant Physiology**, v.136, n.1, p.2831–2842, 2004.

VIANA, S. B. A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 127 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 2000.

VIJAYA KUMAR, P.; RAMAKRISHNA, Y. S.; RAMANA RAO, B. V., VICTOR, U. S.; SRIVASTAVA, N. N.; SUBBA RAO, A. V. M. Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus communis* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, v.88, n.1-4, p.279-289, 1997.

WEISS, E. A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. 659p.

WILLADINO, L. G.; CÂMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Fisiologia, Genética e Melhoramento. In: **WORKSHOP: Uso e reuso de águas de qualidade inferior – Realidades e perspectivas**, 1., 2005, Campina Grande. Anais...Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, p.508-535, 2005.

WILLADINO, L.; CÂMARA, T. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. (ed). **La ecofisiologia vegetal, una ciência de síntesis**. Madri: Espanha. Editora Thomsom, 2004. p.303-329.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and uptake and distribution on sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.2, p.1439-1451, 1998.

YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Selection for physiological characters- examples from breeding for salt tolerance. In: JONES, H. G.; FLOWERS, T.J.; JONES, M. B. (ed). **Plants under stress**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. cap.12, p.217-234.

ZHU, C.; ZHENG, Y, J. I. A. Y. A theoretical study on activation of transcription factor modulated by intracellular  $\text{Ca}^{2+}$  oscillations. **Biophysical Chemistry**, v.129, n.1, p.49-55, 2007.

ZHU, J. K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v.6, n.5, p. 441-445, 2003.

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DA MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**RESUMO** – Desenvolveu-se este trabalho para avaliar as características morfofisiológicas da mamoneira cv. BRS Energia irrigada com águas de diferentes níveis salinos e submetida aos efeitos de doses de nitrogênio em experimento conduzido em lisímetros de drenagem no campo, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande. Os tratamentos foram instalados em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, relativo aos valores de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio (70; 100; 130 e 160% da dose recomendada para cultivo em vasos). A irrigação com água de nível salino superior a 0,3 dS m<sup>-1</sup> inibiu o índice de velocidade de emergência, a percentagem de emergência de plântulas normais da mamoneira e o crescimento avaliado pelo número de folhas, altura, diâmetro caulinar e área foliar das plantas. Apesar dos efeitos inibitórios da salinidade das águas ao crescimento, a maior taxa de crescimento absoluto e relativo correspondeu à irrigação das plantas com água de salinidade de até 1,9 e 2,1 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, nos períodos de 30 a 40 e 22 a 30 dias após a semeadura (DAS). Doses crescentes de nitrogênio promoveram aumentos no diâmetro e na área foliar da mamoneira, respectivamente; aos 60 e 120 DAS; a área foliar estimada aos 120 DAS foi a única variável de crescimento afetada pela interação entre os fatores estudados.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Escassez de água. Nutrição mineral

**MORPHOPHYSIOLOGICAL RESPONSE OF CASTOR BEAN IN FUNCTION OF SALINITY OF IRRIGATION WATER AND NITROGEN FERTILIZATION**

**ABSTRACT-** This work had the objective to evaluate the morphological and physiological characteristics of castor bean cv. BRS Energia irrigated with water of different salinity levels and doses of nitrogen. The experiment was conducted in



drainage lysimeters in the field, at the Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar of Universidade Federal de Campina Grande. The treatments were installed in blocks in a 5 x 4 factorial design with three replications consisting of electrical conductivity of irrigation water - EC<sub>w</sub> (0.3, 1.2, 2.1, 3.0 and 3, 9 dS m<sup>-1</sup>) and four levels of nitrogen (70, 100, 130 and 160% of the recommended dose). Irrigation with saline water with EC<sub>w</sub> above 0.3 dS m<sup>-1</sup> inhibited the emergence speed index, the percentage of emergence of normal seedling and growth of castor bean evaluated by the number of leaves, height, stem diameter and leaf area. Despite the inhibitory effects of water salinity on growth, the highest rate of absolute and relative growth corresponded with the irrigation water salinity of 1.9 and 2.1 dS m<sup>-1</sup>, respectively in the periods of 30-40 and 22-30 days after sowing (DAS). Increasing doses of nitrogen promoted increase in diameter and leaf area of the castor bean at 60 and 120 DAS respectively; leaf area estimated at 120 DAS was the only variable affected by the interaction between the factors studied.

**Key words:** *Ricinus communis* L. Water scarcity. Mineral nutrition

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda energética crescente em todo o mundo está reduzindo o potencial de disponibilidade das fontes convencionais de combustíveis e promovendo efeitos negativos ao meio ambiente e à sociedade mundial, como um todo. Ante esses aspectos, os óleos vegetais têm sido estudados como alternativas para substituição progressiva dos combustíveis minerais derivados do petróleo; neste sentido se insere a mamoneira (*Ricinus communis* L.) que se vem destacando pela qualidade do seu óleo e, conseqüentemente sua expansão de cultivo no Brasil (FERNANDES NETO et al., 2008).

A mamoneira é uma planta com características de xerofilismo e heliofilismo, sendo cultivada em diversos países do mundo, destacando-se a Índia, China e o Brasil como maiores produtores mundiais. Seu óleo é um dos melhores para a produção de biodiesel devido às características de maior densidade, solubilidade em álcool, cerca de 5% de oxigênio a mais na molécula, usos na química fina em mais de 700 produtos industrializados e ainda por configurar como alternativa para diversificação da matriz energética (BELTRÃO e VALE, 2007). Contudo, a

formação das sementes e a síntese do óleo são processos energeticamente onerosos para a planta pois requer elevada demanda nutricional, sobretudo em macronutrientes (SAVY FILHO et al., 2005).

Diante da oferta cada vez mais reduzida de recursos hídricos de boa qualidade em todo o mundo, o uso de água salina na agricultura deve ser considerado alternativa importante. Outrossim, nas regiões áridas e semiáridas a qualidade da água para irrigação apresenta grande variabilidade, tanto em termos geográficos como sazonal (BEZERRA et al., 2010). Nesta região a prática de irrigação consiste na melhor forma de garantir a produção agrícola com segurança; entretanto, o manejo inadequado da irrigação aliado à existência de elevada evapotranspiração e precipitações insuficientes para lixiviar os sais do solo, tem contribuído para o acúmulo de sais no solo, causando salinização das áreas irrigadas.

O uso de água e/ou solos com problemas de sais poderá limitar o crescimento e a produção dos vegetais devido à redução do potencial osmótico na solução do solo, por toxicidade e/ou desordem nutricional, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas em plantas superiores (FERREIRA et al., 2007); entretanto, a sensibilidade das plantas à salinidade, varia entre espécies e cultivares da mesma espécie, além de fatores como o tipo e a concentração de sais, o tempo de exposição, estágio fenológico, fatores edafoclimáticos, bem como da interação entre eles (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Entre as principais técnicas aplicadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade de cultivos, destaca-se o suprimento nutricional, sendo o nitrogênio o macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas (MILLER e CRAMER, 2004). A importância do nitrogênio para as plantas está em exercer funções fisiológicas importantes na formação de compostos orgânicos, destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, vitaminas e clorofila, entre outros. Como constituinte desses compostos, o nitrogênio está envolvido nos processos que ocorrem no protoplasma, em reações enzimáticas e na fotossíntese (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Del Amor et al. (2000) relatam evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir a absorção de cloreto pela planta. Neste contexto objetivou-

se, com este trabalho, avaliar as características morfofisiológicas da mamoneira sob interação entre níveis de salinidades da água e doses de nitrogênio.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização da área experimental**

O estudo foi realizado em lisímetros de drenagem em condições de campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) localizado no município de Pombal, PB. As coordenadas geográficas locais de referência são 6°48'16" de latitude Sul, 37°49'15" de longitude Oeste e altitude média de 144 m; O clima da região, conforme a classificação climática de Koppen adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é do tipo BSh, que representa clima semiárido quente e seco com precipitação média de 750 mm ano<sup>-1</sup> e evaporação média anual de 2000 mm.

### **2.2. Tratamentos e delineamento estatístico**

Os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores: salinidade da água de irrigação (CEa) em cinco níveis (S1- 0,3; S2- 1,2; S3- 2,1; S4- 3,0 e S5- 3,9 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de adubação nitrogenada [(N1 - 70; N2 - 100; N3 - 130; N4 - 160% da indicação de adubação nitrogenada (100 mg kg<sup>-1</sup>)] para ensaios em vaso, conforme Novais et al. (1991) correspondendo a 8,88 g de ureia e 33,34 g de fosfato monoamônio por vaso).

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 5 x 4, com três repetições, perfazendo o total de sessenta unidades experimentais, em fileira simples, espaçadas 0,9 m entre fileiras e 0,7 m entre plantas dentro da fileira.

### **2.3. Cultivar**

Utilizou-se a cultivar de mamoneira BRS Energia que, segundo Silva et al. (2009), trata-se de um material genético vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade (ciclo de 120 a 150 dias), porte baixo, frutos semi-

indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade média de 1.800 kg ha<sup>-1</sup>.

## 2.4. Instalação e condução do experimento

Utilizaram-se, para o semeio e condução das plantas, recipientes plásticos de 100 L de capacidade (Figura 1A), preenchidos com 2 kg de brita (nº zero) a qual cobria a base do vaso seguida de 107,5 kg de material de solo, classificado como franco-argila-arenoso, não salino e não sódico, coletado na profundidade de 0-30 cm, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físicas e químicas (Tabela 1) foram obtidas conforme metodologias recomendadas pela Claessem (1997). Os vasos possuíam dois furos na base, para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos havia uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta.

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

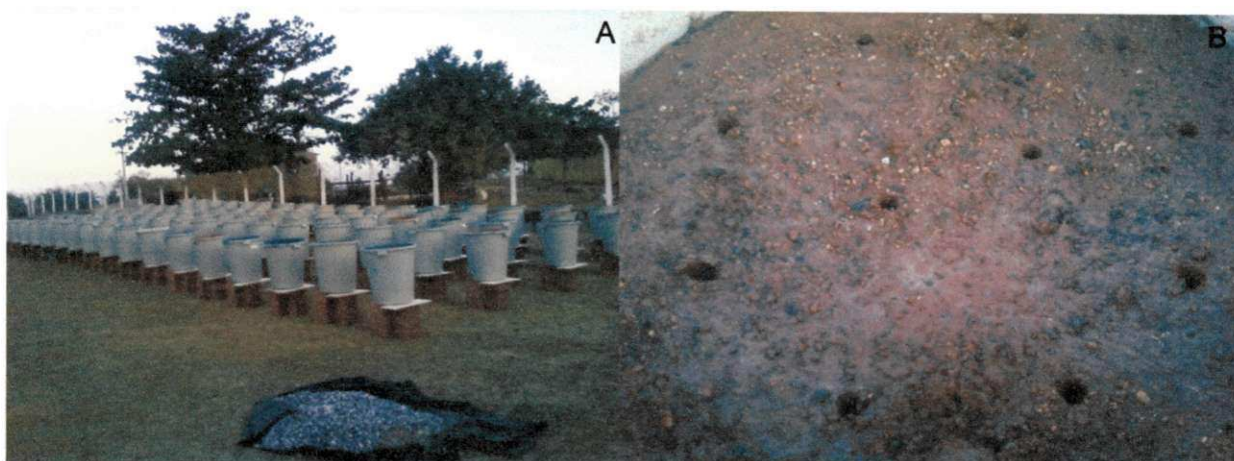
Densidade g cm <sup>-3</sup>	Porosidade Total %	Areia .....g kg <sup>-1</sup> .....	Silte	Argila	Complexo Sortivo				pH <sub>ps</sub>	CE <sub>es</sub> dS m <sup>-1</sup>
					Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		
1,34	48,26	490	170	340	3,95	3,70	0,37	0,43	5,01	0,09

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; pH<sub>ps</sub> - pH da pasta de saturação; CE<sub>es</sub> - condutividade do extrato de saturação

Para adubação de fundação foram aplicados, por lisímetro, 162,5 g de super fosfato simples, 12 g de sulfato de potássio e 2,5 kg de vermicomposto (6,3 g de N kg<sup>-1</sup>; 1,28 g de P kg<sup>-1</sup> e 0,53 g de K kg<sup>-1</sup>) visando melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de forma a aumentar a capacidade de retenção e a infiltração da água, estimular a disponibilidade de nutrientes às plantas e contribuir para a diversificação e aumento populacional da biota do solo. Após acondicionado nos lisímetros o material de solo foi colocado em capacidade de campo através do método de saturação por capilaridade, seguido por drenagem livre, usando-se as distintas águas utilizadas para irrigação.

O semeio foi realizado com dez sementes por lisímetro a 2 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante (Figura 1B). A emergência das plântulas teve início no sexto dia após o semeio (DAS) e continuou até o décimo

terceiro dia; aos 22 DAS realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, ou seja, as de melhor vigor; aos 30 e 40 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se em cada recipiente, uma planta.



**Figura 1.** Disposição dos lisímetros na área experimental (A) e a semeadura (B)

O tratamento de adubação nitrogenada foi parcelado sendo 1/3 aplicado em fundação e os 2/3 restantes, em quatro aplicações via fertigação, em intervalos de dez dias, a partir de 25 DAS, sendo aplicados por recipiente no tratamento N2 (100%) 33,34 g de fosfato monoamônio (MAP) mais 8,88 g de ureia. A quantidade de adubo aplicado nos demais tratamentos, era calculada conforme N2; Realizaram-se, ainda, duas adubações foliares, aos 29 e 37 DAS, usando-se Albatroz (N - 10%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 52%, K<sub>2</sub>O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) na proporção de 1 g do adubo para 1 L de água e se aplicando 5 L distribuídos nas plantas, com auxílio de um pulverizador costal.

Os tratos culturais realizados durante o ciclo da cultura consistiram em capinas manuais feitas semanalmente, esscarificação superficial do solo e tutoramento das plantas após atingirem o estágio de floração.

## **2.5. Preparo das águas salinas e irrigação**

As águas de irrigação foram obtidas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Rhoades et al. (2000) sendo  $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$  em que a CEa representa o valor pré -

estabelecido da condutividade elétrica da água; as respectivas águas eram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

Após a semeadura realizaram-se irrigações diárias, às 17 h, aplicando-se em cada lisímetro, água, conforme o tratamento. O volume aplicado em cada irrigação obedeceu à necessidade hídrica da planta sendo determinado, pelo balanço hídrico, o volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de fração de lixiviação de 0,10.

## 2.6. Descrição das variáveis avaliadas

Avaliou-se a emergência das plântulas registrando-se, diariamente, até o 13 DAS, o número de plântulas emergidas e se adotando como critério, o surgimento do epicótilo na superfície do solo; daí, mensurou-se a porcentagem de emergência-PE (número de plântulas germinadas em relação ao número de sementes semeadas). Determinou-se, aos 13 DAS, o índice de velocidade de emergência (IVE), segundo metodologia descrita por Vieira e Carvalho (1994), conforme Eq.1:

$$\text{IVE (plântulas dia}^{-1}\text{)} = \frac{\Sigma_1}{N_1} + \frac{\Sigma_2}{N_2} + \dots + \frac{\Sigma_n}{N_n} \quad (1)$$

em que:

$\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_n$  representam os números de plântulas emergidas, computadas nas primeira, segunda e última contagens,

$N_1, N_2, \dots, N_n$  são os números de dias da semeadura às primeira, segunda e última contagens, respectivamente.

O crescimento da mamoneira foi avaliado aos 30 (Figura 2A); 60 e 120 DAS (Figura 2B) através da determinação do número de folhas (NF), da altura de planta (AP), do diâmetro caulinar (DC) e da área foliar (AF) enquanto no período de 22 a 30 DAS e 30 a 40 DAS se determinou a taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) para altura de planta. As épocas de avaliação foram escolhidas em função dos estádios de desenvolvimento da cultura da mamoneira, conforme descrição de Moshkin (1986), sendo o período de 30; 60 e 120 DAS correspondente ao quarto (diferenciação do meristema primário e o da parte floral), ao nono (floração) e ao décimo segundo (maturação) estádio de desenvolvimento.

Na quantificação do NF foram considerados apenas as folhas com no mínimo 50% de sua área fotossinteticamente ativa e o comprimento mínimo de 3 cm;

a AP foi definida mensurando-se a distância entre o colo da planta e a inserção do meristema apical; o DC foi determinado a 5 cm do colo das plantas utilizando-se paquímetro digital e a AF foi obtida de acordo com a metodologia de Severino et al. (2005) conforme Eq 2:

$$S = \Sigma 0,26622xP^{2,4248} \quad (2)$$

em que:

S - área foliar total (cm<sup>2</sup>),

P - medida do comprimento da nervura principal da folha (cm).

A TCAap e a TCRap foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Benincasa (2003), conforme Eq. 3 e 4.

$$TCAap = \frac{(AP_2 - AP_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

$$TCRap = \frac{(\ln AP_2 - \ln AP_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (4)$$

em que:

TCAap = taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia<sup>-1</sup>),

AP<sub>1</sub> = altura de planta (cm) no tempo t<sub>1</sub>,

AP<sub>2</sub> = altura de planta (cm) no tempo t<sub>2</sub>,

TCRap = Taxa de crescimento relativo em altura de planta (cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>),

ln = logaritmo natural.



**Figura 2.** Visão geral do experimento aos 30 (A) e 120 dias após a sementeira (B)

## 2.7. Análise dos dados

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância realizou-se

análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras, MG) (FERREIRA, 2003).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme indicado na Tabela 2, a salinidade da água de irrigação exerceu efeito significativo sobre o índice de velocidade de emergência (IVE) e na percentagem de emergência de plântulas normais (PE). De modo contrário a adubação nitrogenada e a interação com a salinidade da água não interferiram sobre as variáveis analisadas. Esta situação evidencia que as plantas de mamoneira responderam de forma semelhante à ação dos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, independente da dose de N. Estes resultados diferem dos encontrados por Alves et al. (2012) que, avaliando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada no crescimento inicial da mamoneira verificaram haver interação entre os fatores sobre o IVE e a PE.

**Tabela 2.** Resumo do teste F referente ao índice de velocidade de emergência (IVE) e da percentagem de emergência (PE), em plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio

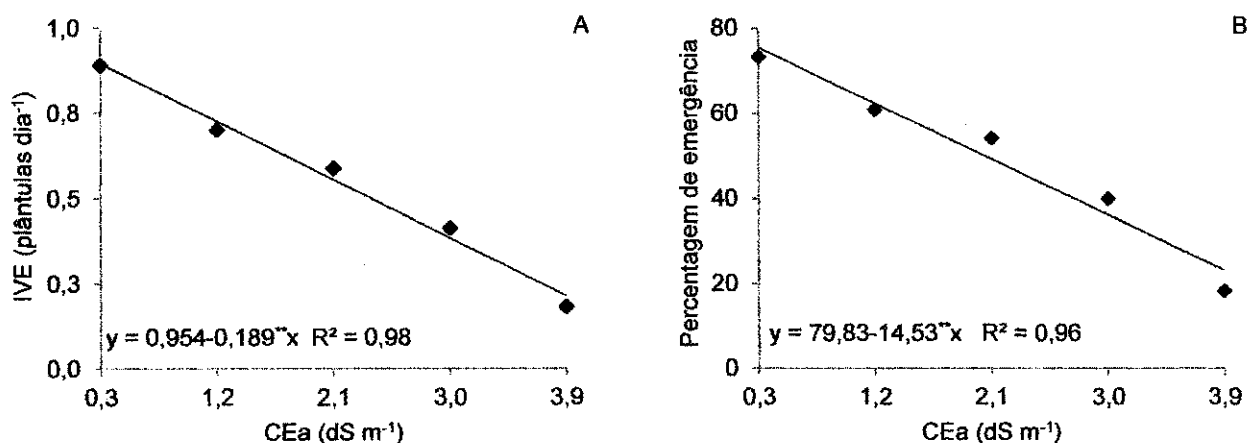
Fonte de Variação	Teste de F	
	IVE <sup>1</sup> (plânt. dia <sup>-1</sup> )	PE <sup>1</sup>
Níveis salinos (S)	**	**
Reg. Linear	**	**
Reg. Quadrática	ns	ns
Doses de N (N)	ns	ns
Reg. Linear	-	-
Reg. Quadrática	-	-
Interação (S x N)	ns	ns
Bloco	ns	ns
CV (%)	17,09	16,34

ns, \*\*, \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup>análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{X}$

O processo de germinação das sementes da mamoneira avaliado pelo índice de velocidade de emergência de plântulas normais (IVE) e pelo percentual de plântulas emergidas (PE) foi afetado significativamente ( $p < 0,01$ ) pela salinidade da



água de irrigação (Tabela 2). Quantitativamente e segundo as equações de regressão (Figura 3A e 3B), registraram-se decréscimos de 19,8 e 18,2% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 71,3% no IVE e de 65,5% na PE, em relação aos dados das plantas irrigadas com as águas de maior ( $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ ) e de menor nível salino ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). As reduções no IVE e na PE com o incremento salino podem ser atribuídas à menor absorção de água causada pela concentração de sais solúveis no solo assim como pela entrada dos íons em quantidade suficiente para provocar toxicidade sobre o embrião e/ou células da membrana do endosperma; além disto, as concentrações tóxicas desses íons ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) afetam outros processos incluindo a divisão e a diferenciação celular, a atividade de enzimas e a captação e distribuição de nutrientes, podendo ocasionar atraso na emergência das plântulas e da mobilização das reservas ou até mesmo diminuir a viabilidade das sementes (VOIGT et al., 2009).



**Figura 3.** Índice de velocidade de emergência-IVE (A) e percentagem de emergência da mamoneira-PE (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação

Nobre et al. (2013) observaram, estudando o efeito da irrigação com distintas condutividades elétrica - CEa ( $0,4$  a  $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ ) sobre a germinação da mamoneira cv. BRS Energia que a PE e o IVE foram afetadas pela salinidade, com decréscimos respectivos de 3,4 e 3,6% por aumento unitário da CEa, ou seja, resultado bem inferior ao observado no presente estudo; isto pode ter ocorrido em função deste experimento ter sido realizado utilizando-se um solo de classe textural franco-argila-arenoso em relação ao trabalho desenvolvido por Nobre et al. (2013) que utilizaram um Neossolo Regolítico eutrófico tipo franco arenoso ( $830 \text{ g kg}^{-1}$  areia;  $71 \text{ g kg}^{-1}$  silte e  $99 \text{ g kg}^{-1}$  argila). Desta forma, o maior teor de argila do solo em

relação ao estudo de Nobre et al. (2013) pode ter contribuído para a divergência de resposta uma vez que a argila tende a reter mais fortemente a água e as sementes não conseguiram absorvê-la do solo e, conseqüentemente, provocou a morte do embrião. Conforme Severino et al. (2004) o processo de germinação das sementes de mamoneira pode ser influenciado pelas características físicas do solo, dentre elas a textura e as condições climáticas, caso em que o aumento da salinidade das águas também contribuiu para intensificar o aumento das perdas, como indicado nos dados da Figura 3A e 3B.

Constata-se, com base nos resultados do teste F (Tabela 3) haver influência significativa dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre o número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) aos 30, 60 e 120 DAS. Em relação ao fator doses de adubação nitrogenada, verifica-se haver efeito significativo para DC aos 30 e 120 DAS e AF aos 30, 60 e 120 DAS; outrossim, a interação entre os fatores (S x N) promoveu efeito significativo somente sobre a AF aos 120 DAS (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo do teste F referente ao número de folhas (NF), altura de plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF), em plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio, em diferentes idades

Fonte de Variação	Teste F											
	NF			AP (cm)			DC (mm)			AF (m <sup>2</sup> )		
	30	60	120 <sup>1</sup>	30	60	120	30	60	120	30 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>	120
Níveis salino (S)	**	*	*	**	*	*	**	**	**	**	*	**
Reg. Linear	**	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	*
Doses de N (N)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*	*	**
Reg. Linear	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*	**
Reg. Quadrática	-	-	-	-	-	-	*	-	ns	ns	ns	ns
Interação (S x N)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19,9	19,1	12,8	16,4	13,8	13,7	12,6	9,0	7,7	15,3	17,4	18,3

ns, \*\*, \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{X}$

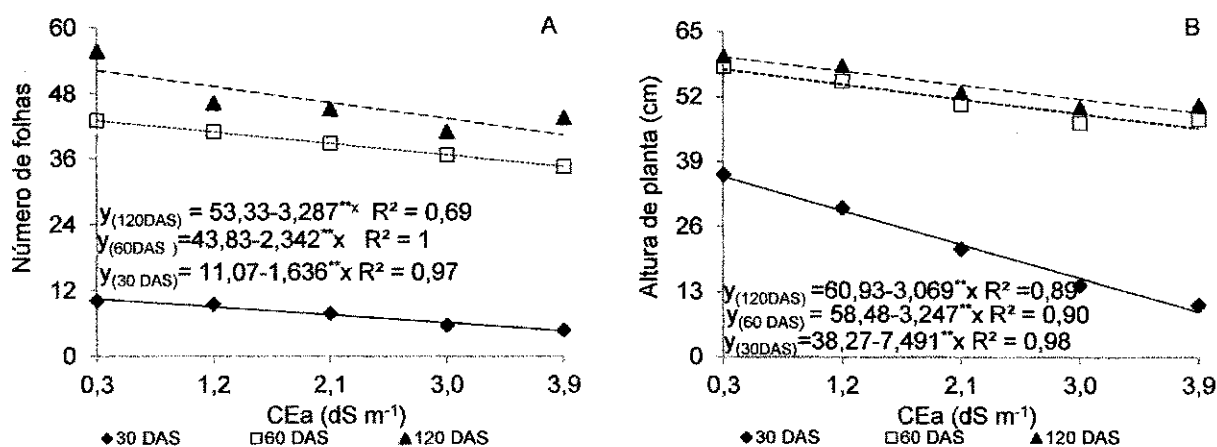
A salinidade crescente das águas de irrigação influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) a emissão do número de folhas (Tabela 3). Pelas equações de regressão (Figura 4A) constata-se decréscimo linear do NF na ordem de 14,8; 5,3 e 6,2% por aumento unitário da CEa, respectivamente, aos 30, 60 e 120 DAS. Verifica-se

também (Figura 4A) que as plantas irrigadas com água de CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  sofreram reduções no NF respectivamente de 53,2; 19,2 e 22,2% (5,88; 8,43 e 11,83 folhas) nas primeira, segunda e terceira épocas de avaliação ou de idade das plantas, em comparação com as tratadas com água de CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Alterações morfológicas e anatômicas em plantas sob estresse salino, e, em contrapartida, redução da transpiração, são mecanismos para manter a absorção satisfatória de água (OLIVEIRA et al., 2011). Conforme Tester e Davenport (2003) o aumento da concentração salina na solução do solo reduz o potencial osmótico dificultando a absorção de água pelas plantas, promovendo efeitos negativos de ordem nutricional, de toxicidade e/ou interferindo na disponibilidade de outros íons. Esses resultados estão em conformidade com os de Silva et al. (2008) que, estudando o efeito da CEa ( $0,7$  a  $6,7 \text{ dS m}^{-1}$ ) sobre o crescimento e a produção de cultivares de mamoneira cultivadas em ambiente protegido, verificaram, aos 80 DAS que a salinidade da água de irrigação promoveu redução no NF de 7,5 e 9,9% para as cvs. BRS Energia e Paraguaçu, respectivamente, por aumento unitário da CEa.

A altura de planta da mamoneira sofreu efeito significativo aos 30 DAS ( $p < 0,01$ ) e aos 60 e 120 DAS ( $p < 0,05$ ) da salinidade da água de irrigação (Tabela 3); de acordo com as equações de regressão (Figura 4B), o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o linear indicando que o incremento da CEa promoveu decréscimos na AP, aos 30, 60 e 120 DAS, respectivamente, de 19,6; 5,6 e 5,0% por aumento unitário da CEa, sendo estimado os menores valores de AP para as plantas irrigadas com água de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , com 9,1; 45,8 e 49,0 cm, isto é, redução em cerca de 70,5; 20,0 e 18,1% em referência às plantas irrigadas com água de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . A redução acentuada na altura de plantas verificada na fase inicial (30 DAS) expressa o caráter moderadamente sensível da mamoneira à salinidade da água ou do solo (SANTOS et al., 2013). Por outro lado, a diminuição do crescimento das plantas de mamoneira ao longo do ciclo é consequência dos acréscimos salinos impostos à cultura, em que atuaram, de forma negativa, sobre os processos fisiológicos, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular advindo, como consequência, a redução no crescimento das plantas (AYERS e WESTCOT, 1999).

Tendência semelhante da inibição da salinidade ao crescimento da mamoneira foi observada também por Silva et al. (2008) nas cultivares de mamona

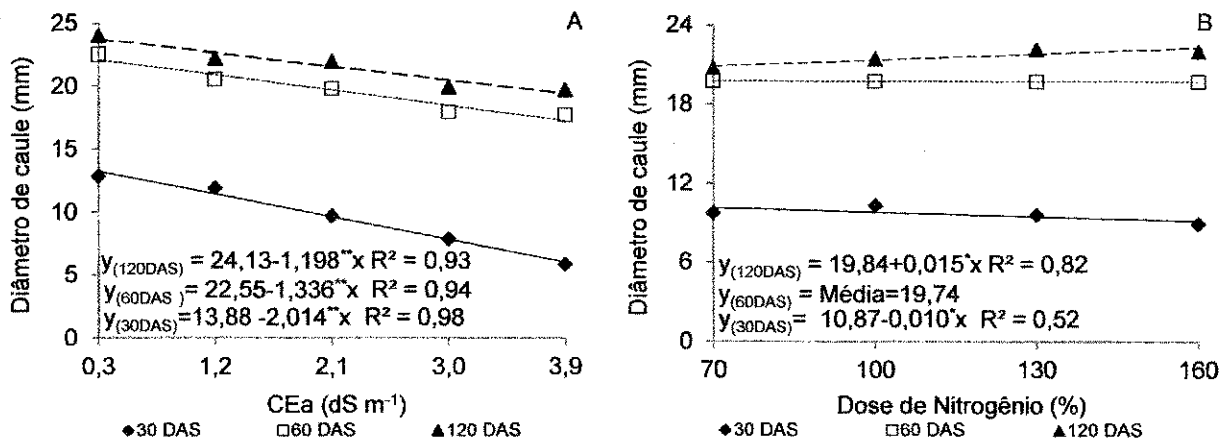
Paraguaçu e BRS Energia sob condições salinas da água (CEa variando entre 0,7 e 6,7 dS m<sup>-1</sup>), indicando que a CEa comprometeu a AP aos 80 DAS, com decréscimos relativos entre o intervalo de 62,5%. Alves et al. (2012) registraram, analisando o crescimento inicial da mamoneira sob diferentes CEa (0,6 a 4,6 dS m<sup>-1</sup>) aos 40 DAS, que o incremento salino contribuiu para a redução do crescimento das plantas em altura.



**Figura 4.** Número de folhas (A) e altura de planta (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação aos 30, 60 e 120 dias após a semeadura (DAS)

Os níveis de CEa afetaram significativamente ( $p < 0,01$ ) o diâmetro do caule da mamoneira (Tabela 3) e, conforme as equações de regressão (Figura 5A) provocaram decréscimos lineares por aumento unitário da CEa, de 14,5; 5,9 e 5,0% respectivamente, aos 30, 60 e 120 DAS. Esses decréscimos resultaram em perdas de 7,3; 4,8 e 4,3 mm no DC das plantas irrigadas com água de maior salinidade (3,9 dS m<sup>-1</sup>) em comparação com as irrigadas com água de menor nível salino (0,3 dS m<sup>-1</sup>). A CEa prejudicou o DC de forma mais pronunciada aos 30 DAS, o que indica sensibilidade no crescimento inicial desta cultivar ao excesso de sais na zona radicular. A inibição do crescimento em condições salinas pode ser atribuída à diminuição da disponibilidade de água às plantas devido ao efeito osmótico, o que requer maior consumo de energia das plantas para absorverem água e, por consequência, retardar ou inibir o crescimento das plantas (LEONARDO et al., 2007). Esses resultados corroboram com os obtidos por Cavalcanti et al. (2005) que estudando o comportamento da mamoneira cv. BRS Nordestina, irrigada com águas

de CE variando de 0,7 a 4,7 dS m<sup>-1</sup>, observaram, aos 80 DAS, redução no DC de 1,45% por aumento unitário da CEa. Estudando o pinhão-manso sob estresse salino e em condição de casa de vegetação, Nery et al. (2009) também verificaram redução no DC de 7,35%, por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.



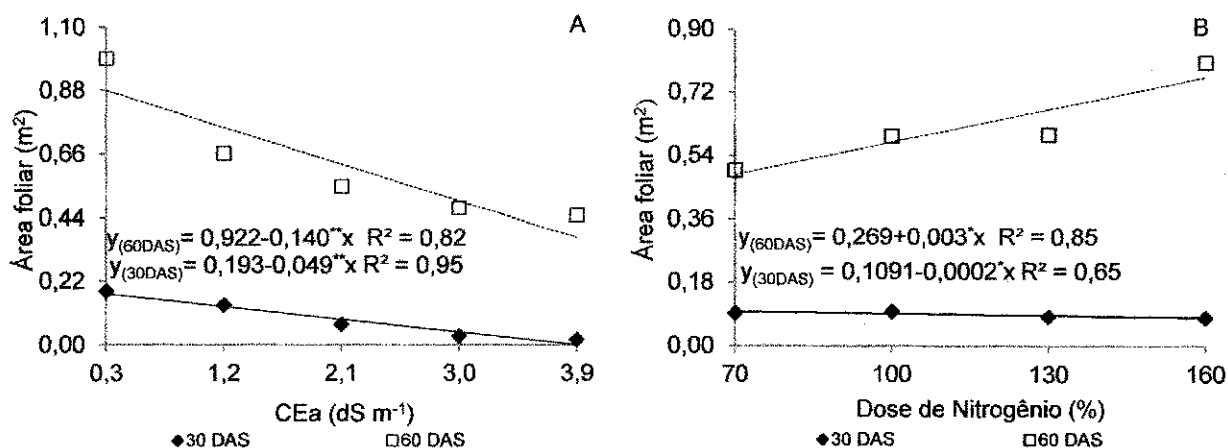
**Figura 5.** Diâmetro de caule da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e doses de nitrogênio (B) aos 30, 60 e 120 dias após a semeadura (DAS)

O aumento das doses de nitrogênio inibiu o diâmetro caulinar da mamoneira durante os primeiros 30 dias após a semeadura (Figura 5B). Apartir das equações de regressão (Figura 5B) verifica-se declínio sobre esta variável, de 0,9 mm (8,3%) entre as plantas do solo fertilizado com 160% de N em relação às com 70% de N, ou seja, decréscimo de 2,8% por aumento de 30% na dose de adubação nitrogenada. A redução do diâmetro caulinar aos 30 DAS em função das doses de N, pode ser atribuída à diminuição do pH do solo uma vez que esta cultura apresenta sensibilidade no crescimento sob condições da acidez de solos. É provável que esta acidez tenha ocorrido em função da liberação de íons de hidrogênio produzidos durante o processo de nitrificação da ureia aplicada (DECARLOS NETO et al., 2002). Diminuição no diâmetro de caule das plantas quando submetidas à adubação nitrogenada, foi observada também por Rodrigues et al. (2010) ao avaliar a influência do nitrogênio no desenvolvimento de mudas de cultivares de mamona e constataram redução no diâmetro caulinar da mamoneira com o incremento das doses de N aplicadas.

Verificou-se, aos 60 DAS (Figura 5B), que as plantas sob diferentes doses de N alcançaram um DC médio de 19,7 mm. Para a avaliação realizada aos 120 DAS constatou-se resposta linear crescente das doses de N sobre o DC, ocorrendo incremento de 2,3% por aumento de 30% da dose de N, ou seja, aumento de 1,4 mm (6,8%) no DC das plantas adubadas com 160% de N em comparação com as sob adubação com 70% de N. O fato das plantas de mamoneira terem apresentado diminuição no DC com o aumento das doses de N na primeira época de avaliação se deve, provavelmente, em razão de ter sido disponibilizado apenas 1/3 da necessidade de N (fundação) e a primeira aplicação das dosagens restantes de nitrogênio (cobertura) para cultura; no entanto, o decréscimo no DC foi muito pequeno; todavia, aos 120 DAS a mamoneira respondeu, de forma positiva, à adubação crescente com N para DC, possivelmente em virtude de haver sido atendidas as necessidades de nitrogênio para o seu crescimento e desenvolvimento. Diniz Neto et al. (2012) também constataram, em trabalho avaliando os componentes de crescimento e produção da mamoneira submetida à adubação nitrogenada, aumento linear no diâmetro caulinar, sendo de 0,1057 mm por incremento unitário do nitrogênio aplicado.

A salinidade da água de irrigação exerceu efeito significativo sobre a área foliar da mamoneira (Tabela 3) e, com base nos estudos de regressão (Figura 6A), verifica-se efeito linear decrescente sobre a AF tendo ocorrido decréscimos na ordem de 25,4 e 15,2%, respectivamente, por aumento unitário da CEa aos 30 e 60 DAS, ou seja, reduções equivalentes de 0,176 e 0,504 m<sup>2</sup> na AF das plantas irrigadas com água de 3,9 dS m<sup>-1</sup> em relação às submetidas a 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Conforme Tester e Davenport (2003) o decréscimo da área foliar das plantas em condições salinas pode ser um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino diminuindo a superfície transpirante. Desta forma, a redução da AF sob tais condições é importante para a manutenção de elevado potencial hídrico na planta, obtido através da diminuição na transpiração. Reduções na AF em virtude do aumento da salinidade também foram constatada por Alves et al. (2012) em estudo com a mamoneira sob distintas CEa (0,6 a 4,6 dS m<sup>-1</sup>) ao verificarem que a CEa promoveu decréscimos da AF por aumento unitário da CEa de 12,2% para a cultivar BRS Energia aos 40 DAS. Neste sentido, Silva et al. (2008) observaram, após avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação (0,7 a 6,7 dS m<sup>-1</sup>) na mamoneira

cv. BRS Energia em ambiente protegido, decréscimo significativo na AF de 14,6% por aumento unitário da CEa aos 80 DAS.



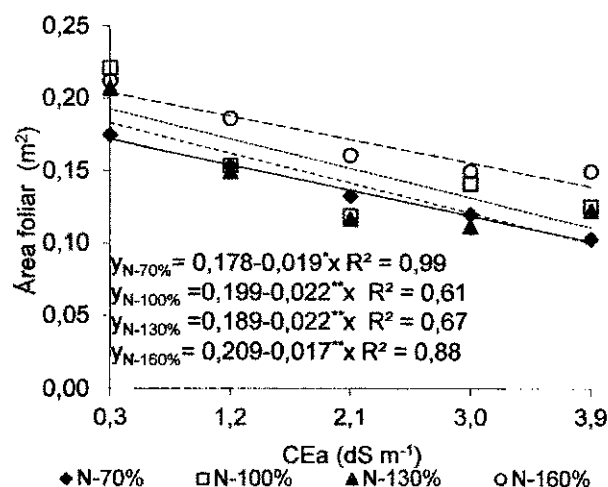
**Figura 6.** Área foliar da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e doses de nitrogênio (B) aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS)

Constata-se, na Tabela 3, a ocorrência de efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) das doses de adubação nitrogenada sobre a AF da mamoneira aos 30 e 60 DAS; analisando a equação de regressão (Figura 6B) referente à AF aos 30 DAS, o modelo linear indica decréscimos na ordem de 5,5% por aumento de 30% da dose de nitrogênio estudada, ou seja as plantas, quando foram submetidas a doses de N de 160%, tiveram uma redução de  $0,018 \text{ m}^2$  na AF em relação às que receberam 70% de N. Na avaliação realizada aos 60 DAS observa-se, mediante equação de regressão (Figura 6B) resposta linear crescente da AF, havendo incremento de 33,5% por intervalo de 30% da dose de nitrogênio, ou seja as plantas submetidas à maior dose de adubação nitrogenada apresentaram um aumento de  $0,27 \text{ m}^2$  na AF em comparação com as plantas que receberam dosagem de 70% de N. Esta divergência de resposta nas épocas de estudo provavelmente está associada ao fato de que até os 30 DAS havia sido aplicado apenas 1/3 da recomendação de N (fundação) e a primeira parcela das dosagens restantes de nitrogênio (cobertura). Por outro lado, aos 60 DAS em razão de ter sido aplicada toda recomendação de nitrogênio para a cultura, conforme indicação de Novais et al. (1997), é bem provável que as necessidades nutricionais da cultivar tenham sido atendidas, contribuindo, desta forma, para uma resposta positiva em termos de AF. A fertilização nitrogenada, além de promover o crescimento das plantas, também pode reduzir o

efeito da salinidade sobre as plantas (FLORES et al., 2002), devido a acumulação desses solutos elevar a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumentar a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (SILVA et al., 2008).

Conforme análise de variância (Tabela 3) a interação entre os fatores (S x N) exerceu ação significativa na AF aos 120 DAS e, de acordo com as equações de regressão (Figura 7), constata-se efeito linear decrescente nas plantas submetidas à adubação com 70, 100, 130 e 160% de N cujos decréscimos foram, respectivamente de 10,6; 11,1; 11,6 e 8,1% por aumento unitário da CEa, constatando-se diminuições de 0,068; 0,079; 0,079 e 0,061 m<sup>2</sup> por planta, correspondentes às reduções de 38,4; 39,8; 41,9 e 29,3% na AF das plantas sob irrigação com CEa de 3,9 dS m<sup>-1</sup> comparadas com as plantas irrigadas com água de CEa 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Outrossim verifica-se a partir dos resultados apresentados na Figura 5 que, independentemente da dose de N aplicada, o aumento dos níveis salinos das águas prejudicou a expansão foliar da mamoneira. Analisando os dados obtidos para área foliar nas diferentes épocas de avaliação, é possível observar comportamento diferenciado constatando-se aos 60 DAS, que as doses de nitrogênio estimularam a expansão foliar; contudo, aos 30 e 120 DAS esta variável apresentou comportamento inverso denotando-se maior sensibilidade ao aumento das doses de nitrogênio. Outrossim, a redução mais expressiva da AF aos 120 DAS é resposta, em maior parte, dos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais do estresse salino, que restringiram a expansão foliar e aceleraram a senescência de folhas, com reflexos negativos na área foliar destinada ao processo fotossintético e à produção de fotoassimilados (LACERDA et al., 2003). Tendência semelhante aos dados obtidos aos 30 DAS foi encontrada por Lima et al. (2011) em estudo avaliando a influência da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada sobre o crescimento inicial da mamoneira cv. BRS Energia, que também verificaram redução na AF em função do aumento das doses de N aos 21 DAS.





**Figura 7.** Área foliar da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação e doses de nitrogênio aos 120 dias após a semeadura (DAS)

Observa-se, na Tabela 4, efeito significativo do fator níveis de salinidade da água de irrigação sobre as variáveis taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo para altura de plantas (TCRap) da mamoneira, em avaliações realizadas no período de 22 a 30 e 30 a 40 DAS; as doses de adubação nitrogenada e a interação entre os fatores (S x N) não tiveram efeito significativo sobre nenhuma das variáveis estudadas.

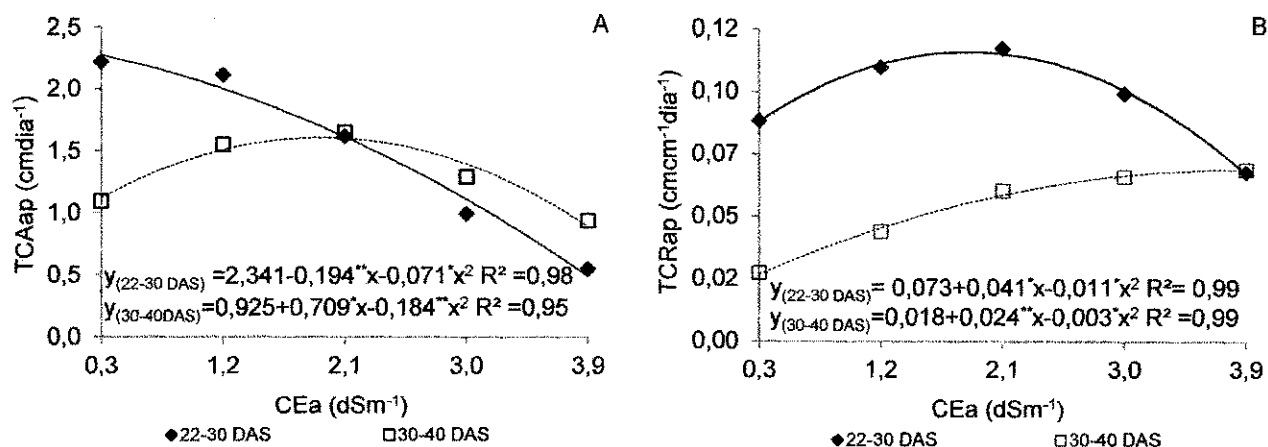
**Tabela 4.** Resumo do teste F referente à taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) da altura das plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio, em diferentes idades

Fonte de Variação	Teste F			
	TCAap <sup>1</sup>		TCRap <sup>1</sup>	
	22-30 DAS		30-40 DAS	
Níveis salino (S)	**	*	**	**
Reg. Linear	**	*	*	**
Reg. Quadrática	*	*	**	*
Doses de N (N)	ns	ns	ns	ns
Reg. Linear	-	-	-	-
Reg. Quadrática	-	-	-	-
Interação (S x N)	ns	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,77	19,08	15,05	14,15

ns, \*\*, \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{X}$

A TCAap da mamoneira foi influenciada significativamente ( $p < 0,01$ ) pelos níveis de salinidade da água no intervalo de 22-30 DAS (Tabela 4); segundo estudos de regressão (Figuras 8A) à medida em que se elevou a CEa, ocorreu diminuição na TCAap, tendo alcançado o valor máximo de  $2,47 \text{ cm dia}^{-1}$ , nas plantas irrigadas com água de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  e o mínimo de  $0,50 \text{ cm dia}^{-1}$  para as plantas sob irrigação com água de CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ . Observa-se, com base na equação de regressão referente à TCAap obtida no período de 30-40 DAS (Figura 8A), que o maior valor em termos de TCAap ( $1,61 \text{ cm dia}^{-1}$ ) foi constatado quando se submeteram as plantas à irrigação com água de CEa  $1,9 \text{ dS m}^{-1}$  sendo que a partir daí ocorreu redução da TCAap; todavia, a CEa, variando entre a faixa de  $1,8$  a  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , proporcionou TCAap a  $1,6 \text{ cm dia}^{-1}$ , ou seja, resultado semelhante ao da maior TCAap alcançada.

Conforme indicado na Figura 8A, houve redução acentuada na TCAap ao longo do tempo de cultivo em que as plantas submetidas ao menor nível de salinidade da água ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) apresentaram uma redução de  $1,27 \text{ cm dia}^{-1}$  na TCAap em relação à primeira época em estudo (22-30 DAS). Outrossim, para os níveis salinos mais elevados houve uma leve tendência de aumento na TCAap entre os intervalos de tempo de 22-30 DAS e 30-40 DAS, ou seja, as plantas, quando cultivadas em maior CEa, apresentaram maior eficiência em produzir novas células e tecidos, o que resultou em um crescimento maior em termos de TCAap. A inibição da TCAap pode ter ocorrido devido aos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , à baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura e à redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina. Esses conjuntos de adversidade possivelmente comprometeram a atividade fisiológica resultando em perdas da capacidade da cultura crescer e se desenvolver (ARRUDA et al., 2002). Os resultados corroboram com os apresentados por Soares et al. (2012) após submeterem plantas de mamoneira cv. BRS Energia aos efeitos da irrigação com águas de salinidade variando de  $0,4$  a  $4,4 \text{ dS m}^{-1}$  e doses de nitrogênio e registraram perda de  $14,4\%$  por incremento unitário da CEa.



**Figura 8.** Taxa de crescimento absoluto - TCAap (A) e relativo - TCRap (B) para altura de plantas da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação, no período de 22 a 30 e 30 a 40 dias após a semeadura (DAS)

O aumento dos níveis de CEa exerceu efeitos significativos ( $p < 0,01$ ) sobre a TCRap da mamoneira no período de 22-30 DAS (Tabela 4); através da equação de regressão (Figura 8B) verifica-se que o modelo ao qual os dados melhor se ajustaram foi o quadrático, notando-se que TCRap foi influenciada pela salinidade da água de irrigação, sendo crescente até o nível  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , e a partir deste nível se intensificaram os efeitos da salinidade com redução significativa da TCRap. Analisando o comportamento desta característica no período de 30-40 DAS, observa-se, conforme equação de regressão (Figura 8B) que as plantas irrigadas com água de CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  apresentaram valor máximo na TCRap de  $0,0659 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e mínimo de  $0,024 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para as plantas irrigadas com a água de CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ , ou seja, quando foram submetidas a CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , as plantas apresentaram acréscimo equivalente de  $0,0419 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  na TCRap em relação as plantas cultivadas sob salinidade de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Constata-se, na Figura 8B, que as plantas submetidas à irrigação com água de níveis mais elevados de salinidade (CEa até  $3,4 \text{ dS m}^{-1}$ ), apresentaram uma taxa de crescimento relativo superior em relação às plantas irrigadas com água de baixa salinidade ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) no primeiro período estudado (22-30 DAS). Verifica-se ainda (Figura 8B) que, apesar de haver ocorrido redução na TCRap das plantas em função do tempo de avaliação, as plantas que foram submetidas à irrigação com água de CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  em relação ao menor nível salino, apresentaram maior incremento na TCRap, ou seja,

foram mais eficientes em acumular matéria seca por unidade de material preexistente, ao longo do tempo.

A redução no crescimento em altura (Figura 4B) refletiu negativamente sobre a TCAap em todos os períodos avaliados e para a TCRap no período de 22-30 DAS; todavia, esta resposta é resultado, possivelmente, do aumento da salinidade do solo provocado pela irrigação com água de diferentes níveis de salinidade tendo em vista que o processo de crescimento é particularmente sensível ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento pode ser utilizada como parâmetro para avaliar o grau de estresse e a capacidade da planta de superá-lo (LARCHER, 2004). Santos et al. (2013) observaram, estudando o crescimento da mamoneira BRS Energia sob condições salinas, diminuição na taxa de crescimento absoluto e relativo para altura de plantas em função do aumento da salinidade da água durante todos os períodos avaliados (35-50 e 65 e 80 DAS).

#### **4. CONCLUSÕES**

1. O nível salino das águas de irrigação acima de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  compromete o processo de germinação das sementes expresso pelo índice de velocidade de emergência e a percentagem de emergência de plântulas normais, além do crescimento da mamoneira, avaliado pelo número de folhas, altura, diâmetro caulinar e área foliar das plantas.
2. A taxa de crescimento absoluto e relativo das plantas aumenta com o nível salino das águas de até de  $1,9$  e  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  no intervalo de 22 a 30 e de 30 a 40 dias após semeadura.
3. Apesar da ação negativa da salinidade ao crescimento, as plantas irrigadas com águas de qualquer nível salino apresentam valores crescentes do número de folhas, altura, diâmetro do caule e área foliar aos 30, 60 e 120 dias após a semeadura.
4. A aplicação das doses de nitrogênio promove aumento linear na área foliar e no diâmetro caulinar da mamoneira obtendo-se os melhores resultados com doses de 160% de N aos 60 e 120 DAS, respectivamente; a área foliar estimada aos 120 DAS foi a única variável de crescimento afetada pela interação entre os fatores estudados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G.; CARDOSO, J. A. F. Uso de águas salinas e adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira BRS-Energia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n. 2, p. 151-163, 2012.

DEL AMOR, F. M. RUIZ-SANCHEZ, M.C.; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Gás exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 9, p. 1315-1325, 2000.

ARRUDA, F. P. de; ANDRADE, A. P. de; SILVA, I. F. da; PEREIRA, I. E.; GUIMARÃES, M. A. M. Efeito do estresse hídrico na emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo cv. CNPA 7H. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p. 21-27, 2002.

ASHRAF, M., HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n.1, p. 3- 16, 2004.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, p.153, 1999, (FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

BELTRÃO, N. E. M ; VALE, L S. Planta oleaginosas e suas características. **Revista Biodiesel**, n.22, p.34 - 35, 2007.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 41, 2003.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F. de; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. da; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, 2010.

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.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, p.212, 1997. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368 p.

DECARLOS NETO, A. **Adubação e nutrição nitrogenada de porta enxertos de citros, semeados em tubetes**. 131 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. F. da.; TOSCANO DINIZ, B. L. M.; PEREIRA, A. A.; PEREIRA, A. R. Componentes de produção de mamona em função de níveis de adubação nitrogenada e desfolha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 546-553, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. Ed Trad. Londrina: Editora Planta, p.392, 2006.

FERNANDES NETO, S.; ABREU, B. S.; BARACUHY NETO, MOURA, G.; ARAÚJO, P. S. de.; BARACUHY, J. G. V. Impacto ambiental – agroindústria processadora de óleo de mamona/PB. **Revista Ciência e Natura**, v. 30, n.2, p.141-154, 2008.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4,6 - programa de análise estatística**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 1 CD-ROM.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e

cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n. 1, p.7-16, 2007.

FLORES, P.; BOTELLA, M.A.; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: Nitrate uptake and reduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n. 1, p. 177-187, 2002.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, n.2, p.107-20, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, p. 531, 2004.

LEONARDO, M. BROETTO, F. BÔAS, R. L. V. ALMEIDA, R. S. MARHCESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Revista Irriga**, v. 12, n. 1, p.73-82, 2007.

LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S. da. 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.213–221, 2011.

MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and Soil**, v. 274, n.1, p. 3-6, 2004.

MOSHKIN, V. A. **Growth and development of the plant**. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). Castor. New Delhi: Amerind, p.36-42, 1986.

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

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

NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. 1991. p.189-253.

OLIVEIRA, F. A.; CARRILO, M. J. S.; MEDEIROS, J. F.; MARACÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 8, p.771-777, 2011.

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

RODRIGUES, H. C. A.; CARVALHO, S. P.; SOUZA, H. A.; CARVALHO, A. A. Cultivares de mamoneira e adubação nitrogenada na formação de mudas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.471-476, 2010.

SANTOS, J. B. dos; SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, C. A. V. de; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p.145-1522, 2013.

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

SEVERINO, L. S.; GUIMARÃES, M. M. B.; COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A. de; BELTRÃO, N. E. M.; DARDOSO, G. D. Emergência da plântula e germinação de sementes de mamona plantadas em diferentes posições. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n 1, p.1-4, 2004.



SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos. **Método para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 20p., 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

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

SILVA, S. M. S.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.338-348, 2009.

SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, A. O.; SOARES, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Irriga**, Edição Especial, p. 40 - 54, 2012.

TESTER, M.; DANVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.3, p.503-527, 2003.

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

VOIGT, E. L.; ALMEIDA, T.D.; CHAGAS, R. M.; PONTE, L. F. A.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. **Journal of Plant Physiology**, v.166, p.80-89, 2009.

---

## PRODUÇÃO DA MAMONEIRA CULTIVADA COM ÁGUAS SALINAS E DOSES DE NITROGÊNIO

**RESUMO** - Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar a produção da mamoneira cv. BRS Energia, submetida à irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada, em experimento conduzido em lisímetros sob condições de campo no CCTA/UFCG. Usou-se a aleatorização em blocos, em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, testando-se a combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio (70; 100; 130 e 160% da dose recomendada para ensaio). O incremento salino das águas de irrigação promoveu redução no número de frutos e de sementes e na massa de sementes dos racemos primário e secundário, sendo a massa de sementes do racemo primário a variável mais afetada. A irrigação com água de até 3,9 dS m<sup>-1</sup> prolongou a emissão dos racemos primário e secundário da mamoneira, e quando submetida à irrigação com CEa de até 3,3 dS m<sup>-1</sup>, teve o teor de óleo nas sementes do racemo primário superior a 48%. A aplicação de doses crescentes de nitrogênio aumentou o número de frutos no racemo primário e o tempo para emissão do racemo secundário. A cultivar BRS Energia respondeu significativamente à interação entre os fatores em estudo, para o comprimento efetivo dos racemos primário e secundário e o para teor de óleo nas sementes da produção subsequente.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Salinidade. Adubação

## CASTOR BEAN OF PRODUCTION CULTIVATED WITH SALINE WATER AND NITROGEN DOSES

**ABSTRACT-** The objective of this study was to evaluate the production of castor bean cv. BRS Energia, submitted to irrigation with water of different salinity and nitrogen doses, in an experiment conducted in lysimeters under field conditions in CCTA/UFCG. A randomized block design, in 5 x 4 factorial with three replications, testing the combination of five levels of electrical conductivity of irrigation water -

ECw (0.3, 1.2, 2.1, 3.0 and 3.9 dS m<sup>-1</sup>) and four levels of nitrogen (70, 100, 130 and 160% of the recommended dose). Increase in salinity of irrigation water decreased the number of fruits and seeds and seed mass of the primary and secondary cluster, and the seed mass of cluster variable most affected. Irrigation with water up to 3.9 dS m<sup>-1</sup> prolonged the emission of primary and secondary cluster of castor bean, and when subjected to irrigation with ECw of 3.3 dS m<sup>-1</sup>, had the oil content in the seeds of primary cluster more than 48%. The application of increasing doses of nitrogen increased the number of fruits in primary cluster and time of emission of secondary cluster. The cultivar BRS Energia responded significantly to the interaction between the factors studied, for the effective length of the primary and secondary cluster and for oil content in the seeds of subsequent production.

**Key words:** *Ricinus communis* L. Salinity. Fertilization

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crise mundial em decorrência da demanda energética e a busca pela sustentabilidade ambiental e com base na substituição progressiva dos combustíveis minerais derivados do petróleo por fontes alternativas e limpas de energia, criou-se uma perspectiva real para a expansão do cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) em escala comercial, devido à possibilidade de uso do óleo contido em suas sementes, como biodiesel (LIRA e BARRETO, 2009).

As perspectivas favoráveis à implantação racional desta cultura para a produção de biodiesel, decorrem pelo fato do óleo contido em suas sementes possuir características importantes, como maior densidade, solubilidade em álcool, cerca de 5% de oxigênio a mais na molécula além de já estar sendo usado na química fina em mais de 700 produtos possibilitando utilização industrial diversificada (MARINHO et al., 2010).

A região semiárida do Brasil é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica, chuvas mal-distribuídas, ocorrendo déficit hídrico na maior parte dos meses do ano; desta forma, a prática da irrigação consiste na melhor alternativa de assegurar a produção agrícola. Entretanto, nesta região as águas usadas na irrigação apresentam teores relativamente elevados de sais (LIMA et al., 2008). O uso dessas águas está condicionado 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.

Os efeitos dos sais dissolvidos na água ou no solo refletem, na maioria dos casos, na inibição da germinação e desuniformidade do crescimento, declínio na capacidade produtiva e na qualidade dos produtos obtidos das plantas cultivadas (ARRUDA et al., 2002). Esses efeitos estão associados à redução do potencial hídrico e ao efeito iônico do acúmulo de íons, principalmente o  $\text{Cl}^-$  e o  $\text{Na}^+$ , nos tecidos vegetais, uma vez que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular (MUNNS e TESTER, 2008).

O balanço osmótico é essencial para o desenvolvimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste balanço provoca injúrias semelhantes às da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento e produção (ASHRAF e HARRIS, 2004). Segundo Fageria (1989) o mecanismo mais importante para regular o estresse osmótico talvez seja a absorção seletiva de íons visto que plantas tolerantes possuem a capacidade de retirar nutrientes essenciais da solução salina, cuja concentração de íons não essenciais (tóxicos) é maior.

A nutrição mineral é um fator ambiental relevante, sendo o nitrogênio o macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas (MILLER e CRAMER, 2004) devido às funções do N no metabolismo das plantas, participando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas, podendo promover o crescimento das plantas e reduzir o efeito da salinidade sobre as mesmas. O N tem, como principal fonte, o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo esta mais abundante 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).

Neste sentido objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de N, sobre a produção da mamoneira cv. BRS Energia.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização da área experimental**

A pesquisa foi realizada em lisímetros de drenagem em condições de campo, em área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, PB, cujas coordenadas geográficas locais são 6°48'16" de latitude S e 37°49'15" de longitude W e altitude média de 144 m. Conforme a classificação de Koppen adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), o clima predominante na região é do tipo BSh, caracterizado como semiárido quente e seco, com precipitação média de 750 mm e evaporação média anual de 2000 mm.

### **2.2. Tratamentos e delineamento estatístico**

Os tratamentos foram constituídos da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) associados a quatro doses de adubação nitrogenada (70; 100; 130 e 160% da dose recomendada para ensaios em vasos (100 mg kg<sup>-1</sup>), baseada em metodologia contida em Novais et al. (1991).

Adotou-se a aleatorização em blocos em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, sendo as unidades experimentais dispostas em fileira simples espaçadas de 0,9 m entre fileiras e 0,7 m entre plantas dentro da fileira.

### **2.3. Cultivar**

Como material vegetal utilizou-se a cultivar de mamoneira BRS Energia, por se tratar de um material genético vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade (ciclo de 130 dias), porte baixo (média de 106 cm), frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade média de 1.800 kg ha<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2009).

## 2.4. Instalação e condução do experimento

Foram utilizados, na pesquisa, lisímetros de drenagem com 100 L de capacidade, preenchidos com 2 kg de brita (nº zero) a qual cobria a base do vaso seguida de 107,5 kg de material de solo, classificado como franco-argila-arenoso, não salino e não sódico, coletado na profundidade de 0-30 cm, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físicas e químicas (Tabela 1) foram obtidas conforme metodologias descritas por Claessem (1997). Os vasos possuíam dois furos na base para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos havia garrafas plásticas para a coleta do volume de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta.

**Tabela 1-** Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Densidade	Porosidade Total	Areia	Silte	Argila	Complexo Sortivo				pH <sub>ps</sub>	CE <sub>es</sub>
					Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		
g cm <sup>-3</sup>	%	.....g kg <sup>-1</sup> .....			.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....				-	dS m <sup>-1</sup>
1,34	48,26	490	170	340	3,95	3,70	0,37	0,43	5,01	0,09

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; pH<sub>ps</sub> - pH da pasta de saturação; CE<sub>es</sub> - condutividade elétrica do extrato de saturação

Realizou-se a adubação de fundação aplicando-se, por lisímetro, 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de sulfato de potássio e 2,5 kg de vermicomposto (6,3 g de N kg<sup>-1</sup>; 1,28 g de P kg<sup>-1</sup> e 0,53 g de K kg<sup>-1</sup>), visando melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de forma a aumentar a capacidade de retenção e infiltração da água. Após acondicionado nos lisímetros, o material do solo foi colocado em capacidade de campo através do método de saturação por capilaridade seguido por drenagem livre, usando-se as distintas águas, conforme tratamentos.

Foram semeadas dez sementes por lisímetro a 2 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. A emergência das plântulas teve início no sexto dia após o semeio (DAS) e continuou até o décimo terceiro dia; aos 22 DAS, realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, isto é, as de melhor vigor; aos 30 e 40 DAS foram realizados novos desbastes, eliminando-se, em cada recipiente, uma planta.

O fator adubação nitrogenada foi parcelado sendo 1/3 aplicado em fundação e os 2/3 restantes em quatro aplicações via fertigação, em intervalos de dez dias a partir dos 25 DAS, sendo aplicados por recipiente, no tratamento N2 (100%) 33,34 g de fosfato monoamônio (MAP) mais 8,88 g de ureia. A quantidade de adubo aplicado nos demais tratamentos era calculada conforme N2. Realizaram-se ainda, após o início da emissão das flores, duas adubações foliares aos 29 e 37 DAS, usando-se Albatroz (N - 10%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 52%, K<sub>2</sub>O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) na proporção de 1 g do adubo para 1 L de água aplicando-se 5 L distribuídos nas plantas, com auxílio de um pulverizador costal.

Os tratos culturais consistiram em capinas manuais feitas semanalmente, escarificação superficial do solo antes de cada irrigação e tutoramento das plantas após atingirem o estágio de floração, com o objetivo de evitar o tombamento das plantas.

## 2.5. Preparo das águas salinas e irrigação

Os diferentes níveis de salinidade da água foram obtidos a partir da dissolução do cloreto de sódio em água proveniente do sistema de abastecimento local (CAGEPA) cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Rhoades et al. (2000), sendo  $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$  em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água; as respectivas águas eram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.



**Figura 1.** Vasos utilizados no acondicionamento das águas salinas (A) e recipiente coletor de drenagem (B)

Após o plantio, irrigou-se diariamente, às 17 horas, aplicando-se em cada lisímetro, a água, conforme tratamento e sendo a quantidade aplicada mensurada conforme a necessidade hídrica das plantas determinada pelo balanço hídrico - volume aplicado menos o drenado acrescido de fração de lixiviação média de 0,10.

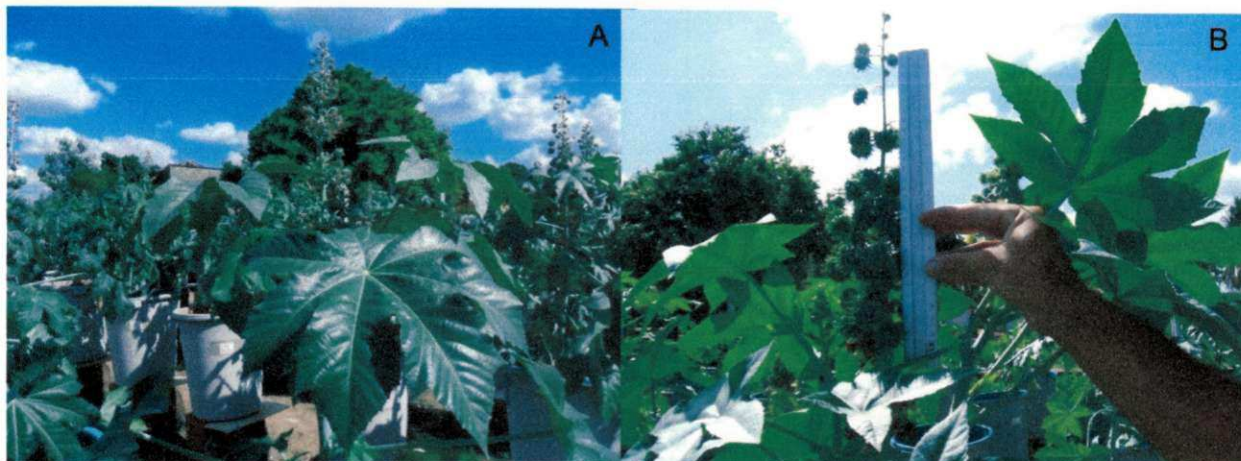
## **2.6. Descrição das variáveis avaliadas**

Por ocasião da colheita foram avaliadas as seguintes variáveis: número de dias para emissão dos racemos primário (NDRP) e secundário (NDRS); o comprimento efetivo dos racemos primário (CERP) e secundário (CERS); o número de frutos nos racemos primário (NFrutRP) e secundário (NFrutRS); o número de sementes nos racemos primário (NSRP) e secundário (NSRS); a massa de sementes nos racemos primário (MSRP) e secundário (MSRS); o teor de óleo nas sementes dos racemos primário (TO<sub>rp</sub>) e na produção subsequente (TO<sub>ps</sub>). A produção subsequente é o somatório dos racemos produzidos por planta a partir da segunda ordem até o final do ciclo da cultura.

O NDRP e o NDRS foram estimados por meio do acompanhamento diário do surgimento da inflorescência (Figura 2A). O CERP e o CERS foram mensurados conforme a distância entre a inserção dos frutos na base e o ápice do racemo (Figura 2B). A colheita dos racemos foi realizada manualmente, com início aos 71 DAS e continuou até os 120 DAS, quando aproximadamente 90% dos frutos de cada racemo atingiram a maturação fisiológica, tendo sido completada a secagem por exposição ao sol, por três dias. Após a secagem foram determinados o NFrutRP e o NFrutRS e posteriormente, os frutos foram debulhados manualmente; em seguida, foram mensurados o NSRP, NSRS, MSRP e a MSRS, usando-se balança analítica.

Determinou-se o teor de óleo das sementes no Laboratório Multidisciplinar da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB, após a secagem e o beneficiamento, com umidade corrigida para 10%, de forma não destrutiva e com uso de um espectrômetro de ressonância magnética nuclear (RMN) H1 Oxford MQA 7005 (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 2000).





**Figura 2.** Visão geral do experimento durante a fase de floração, aos 50 dias após a semeadura (A) e avaliação do comprimento efetivo do racemo aos 60 DAS (B)

### 2.7. Análise dos dados

Avaliaram-se os dados obtidos mediante análise de variância pelo teste F e, nos casos de significância, realizaram-se as análises de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se o software SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003). Em função da homogeneidade dos dados percebidos através dos baixos valores de coeficiente de variação (Tabela 2 e 3), não foi necessário realizar análise exploratória dos dados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, com base nos resultados do teste de F (Tabela 2) a ocorrência de efeito significativo da salinidade da água de irrigação sobre as variáveis número de dias para emissão dos racemos primário (NDRP) e secundário (NDRS), comprimento efetivo dos racemos primário (CERP) e secundário (CERP), número de frutos nos racemos primário (NFrutRP) e secundário (NFrutRS). Já o fator adubação nitrogenada (N) promoveu efeito significativo sobre o NDRS e o NFrutRP. Em relação à interação entre a salinidade da água de irrigação e as doses de adubação nitrogenada o efeito significativo foi apenas para o CERP e o CERS.

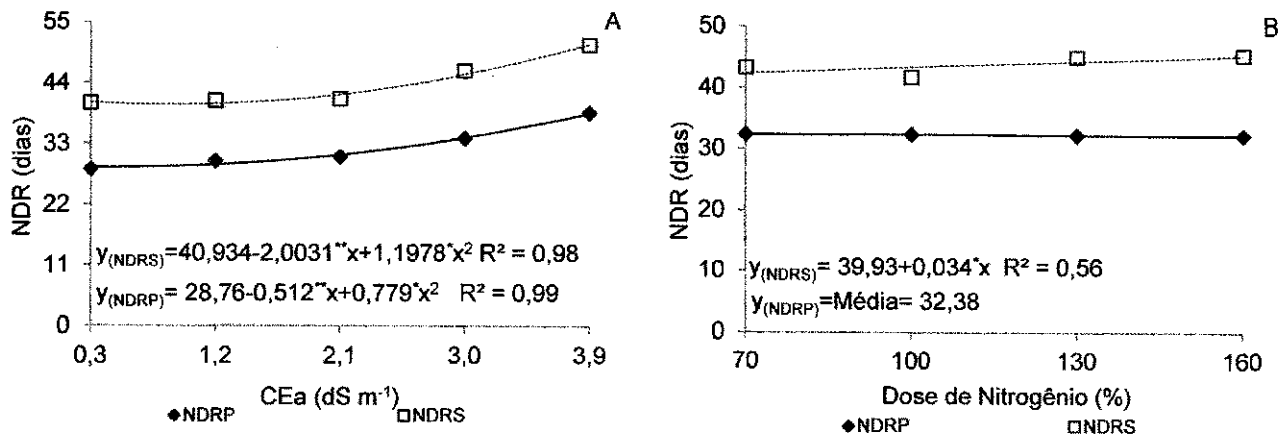
**Tabela 2** - Resumo do teste F referente ao número de dias para emissão dos racemos primário (NDRP) e secundário (NDRS), comprimento efetivo dos racemos

primário (CERP) e secundário (CERS), número de frutos nos racemo primário (NFrutRP) e secundário (NFrutRS) em plantas de mamoneira, irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio

Fonte de Variação	Teste F					
	NDRP	NDRS	CERP(cm)	CERS <sup>1</sup> (cm)	NFrutRP <sup>1</sup>	NFrutRS <sup>1</sup>
Níveis salino (S)	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	*	*	*	ns	ns	*
Doses de N (N)	ns	*	ns	ns	*	ns
Reg. Linear	ns	*	ns	ns	*	ns
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	ns	*	ns
Interação (S x N)	ns	ns	*	*	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9,0	9,7	20,7	12,3	14,3	14,1

ns, \*, \*\*, respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{X}$

Os níveis de salinidade na água de irrigação interferiram significativamente ( $p < 0,01$ ) sobre o NDRP e o NDRS da mamoneira (Tabela 2) evidenciando, conforme equações de regressão (Figura 3A), efeitos mais acentuados sobre o NDRP e no NDRS das plantas irrigadas com água de CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , prolongando o tempo de emissão dos racemos em aproximadamente dez e onze dias, respectivamente, em comparação com as plantas que foram submetidas à CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . O fato dos NDRP e NDRS terem aumentado com o incremento da CEa pode estar relacionado à diminuição do potencial osmótico no solo, visto que, isso a planta, visando ajustar-se osmoticamente, desprende maior quantidade de energia para acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia, que poderia ser utilizada no crescimento e na produção da planta e, conseqüentemente, o florescimento da cultura é prolongado (SANTOS et al., 2012). Silva et al. (2008) verificaram, em estudo avaliando os efeitos da CEa ( $0,7$  a  $6,7 \text{ dS m}^{-1}$ ) sobre o comportamento da mamoneira BRS Energia, em casa de vegetação, que o NDRP teve incremento de 13 dias nas plantas sob CEa de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$  em relação às sob CEa de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ .

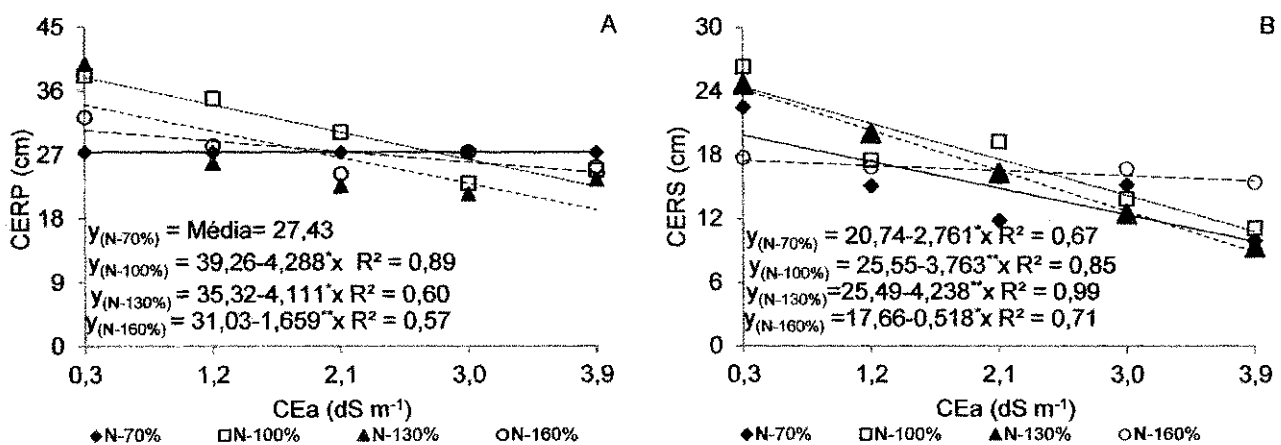


**Figura 3.** Número de dias para emissão dos racemos (NDR) primário (NDRP) e secundário (NDRS) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada (B)

A aplicação de doses de adubação nitrogenada influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) o NDRS da mamoneira (Tabela 2) e, conforme equação de regressão (Figura 3B) observa-se resposta linear crescente ocorrendo aumento de 2,55% por aumento de 30% das doses de N, ou seja, quando se submeteram as plantas à dose de 160% de N o tempo para emissão do racemo foi prolongado em aproximadamente três dias em comparação com as que estavam sob adubação de 70% de N. Em relação ao NDRP, as plantas, quando adubadas com doses de N variando de 70 a 160%, não tiveram efeito significativo ocorrendo a emissão do racemo primário em média aos 32 DAS. O aumento do tempo para o início do estágio de florescimento pode ser atribuído às funções do nitrogênio na planta promovendo o crescimento vegetativo e, sobretudo, em virtude de participar de diversos compostos orgânicos vitais ao vegetal; assim, um aumento no teor de N não só decresce a senescência mas também estimula o crescimento (BARHOUMI et al., 2010); em consequência, ocorreu acréscimo do estágio reprodutivo da cultura.

Com base nos resultados do teste de F (Tabela 2) referentes ao comprimento efetivo dos racemos primário e secundário, constata-se ter havido efeito significativo da interação entre os fatores (S x N) e, segundo as equações de regressão (Figura 4A), o modelo ao qual os dados se adequaram melhor para as plantas adubadas com 100, 130 e 160% de N foi o linear cujos decréscimos sobre o CERP foram, respectivamente, de 10,92; 11,63 e 4,34% para cada incremento unitário da CEa. Quando as plantas foram submetidas à irrigação com água de CEa

de 3,9 dS m<sup>-1</sup> houve diminuição no comprimento efetivo do racemo primário, de 15,43; 14,79 e 5,97 cm, quando comparadas com as que estavam sendo irrigadas com água de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Em relação às plantas que receberam a dosagem de 70% de N, vê-se, conforme estudos de regressão (Figura 4A) não haver efeito significativo sobre CERP, sendo alcançado um valor médio de 27,43 cm. As plantas cultivadas sob salinidade tendem a absorver menos nitrogênio enquanto os níveis de Cl<sup>-</sup> absorvidos e acumulados são acrescidos (BOSCO et al., 2009), em consequência do efeito antagônico existente entre íons de nitrato e de cloro podendo proporcionar desbalanço nutricional no solo e, em contrapartida, ocorre redução no crescimento e no desenvolvimento influenciando diretamente na produção da cultura (ABD EL- SHAMAD et al., 2000).

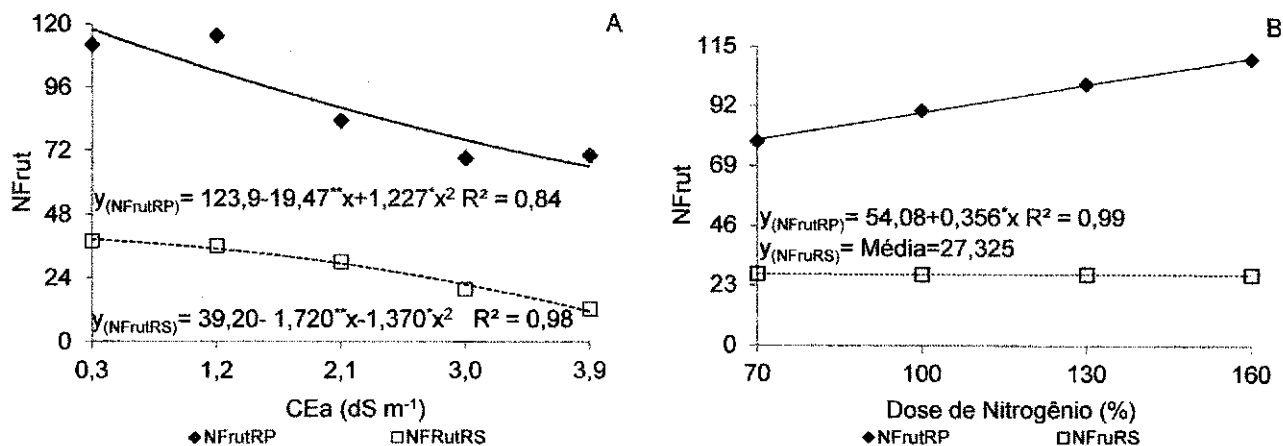


**Figura 4.** Comprimento efetivo dos racemos primário - CERP (A) e secundário - CERS (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação e das doses de adubação nitrogenada

Conforme resultados do teste F (Tabela 2), o comprimento efetivo do racemo secundário variou significativamente ( $p < 0,05$ ) em função da interação entre os fatores estudados (S x N) e a partir dos modelos de regressão (Figura 4B) verifica-se que os dados para as doses de 70, 100, 130 e 160% de N apresentaram efeito linear decrescente indicando declínio de respectivamente, 13,31; 14,72; 16,62 e 2,93 no CERS, por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Ao serem irrigadas com água de CEa de 3,9 dS m<sup>-1</sup> as plantas tiveram redução de 47,92; 53,02; 59,85 e 10,55% no CERS em relação às plantas sob irrigação com níveis de salinidade de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Observa-se, ainda, na Figura 4B, que os maiores

valores para CERS (19,91; 24,42; 24,21 e 17,50 cm) foram obtidos quando as plantas foram irrigadas com água de CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  sendo que, a partir daí, a tendência foi de redução do CERS agravando-se nos níveis salinos mais elevados. A redução do CERS pode estar relacionada à menor absorção de água e nutrientes pela planta decorrente do aumento dos níveis de salinidade do solo podendo ir além de uma simples redução no potencial hídrico até a injúria celular, causada por um estresse oxidativo na planta, resultando em diminuição na produção da cultura (GARCIA et al., 2007).

Segundo a equação de regressão (Figura 5A) o maior valor para NFrutRP (118,2 frutos) foi obtido quando se submeteram as plantas à salinidade da água de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  sendo que, a partir de então, houve diminuição obtendo-se, nas plantas sob maior CEa ( $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ ) NFrutRP de 66,6 frutos, ou seja, redução de 51,5 frutos nas plantas sob CEa  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  em comparação com o menor nível salino ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). Em relação ao número de frutos no racemo secundário, o comportamento semelhante ao ocorrido com o NFrutRP, ou seja, conforme equação de regressão (Figura 5A) as plantas apresentaram, quando foram submetidas à irrigação com água de CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  maior NFrutRS (38,6 frutos) e as sob CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  os menores NFrutRS (11,7 frutos) correspondentes a uma redução de 69,79%; Em geral, os estresses provocados pelo excesso de íons, diminuem a assimilação de  $\text{CO}_2$ , condutância estomática, transpiração e fotossíntese das plantas e, conseqüentemente, acabam por prejudicar a produção e a produtividade das culturas (GULZAR et al., 2003). Silva et al. (2008) observaram redução no NFrutRP com o incremento da CEa ( $0,7$  à  $6,7 \text{ dS m}^{-1}$ ), verificando ainda, que a cultivar de mamoneira BRS Paraguaçu não chegou a frutificar quando irrigada com água acima de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$ .



**Figura 5.** Número de frutos (NFrut) nos racemos primário (NFrutRP) e secundário (NFrutRS) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada (B)

Analisando o NFrutRP em função da adubação nitrogenada, verifica-se (Figura 5B) que o modelo de regressão ao qual os dados se ajustaram melhor foi o linear, indicando aumento na ordem de 15,74% por aumento de 30% da dose de N. Comparando os valores obtidos nas plantas sob doses de 160% de N em relação às que receberam 70% de N, verifica-se incremento em cerca de 59,24% (32,04 frutos) no NFrutRP. Com referência ao NFrutRS observa-se (Figura 5B) que as plantas sob distintas doses de N (70 a 160% de N) produziram em média 27,3 frutos. Segundo Fageria e Baligar (2006), o nitrogênio é o nutriente mais limitante para muitas culturas no mundo e seu uso eficiente é de extrema importância econômica para os sistemas de produção; além do mais, a dinâmica natural do nitrogênio e sua perda no sistema solo-planta, criam um desafio único para seu manejo correto.

Conforme resultados estatísticos (Tabela 3) verifica-se que a salinidade da água afetou significativamente o número de sementes dos racemos primário (NSRP) e secundário (NSRS), a massa de sementes dos racemos primário (MSRP) e secundário (MSRS) e o teor de óleo nas sementes do racemo primário (TO<sub>rp</sub>) e da produção subsequente (TO<sub>ps</sub>); constata-se ainda que o fator doses de adubação nitrogenada, assim como a interação entre os fatores (S x N) promoveu efeito significativo apenas sobre o teor de óleo nas sementes da produção subsequente.

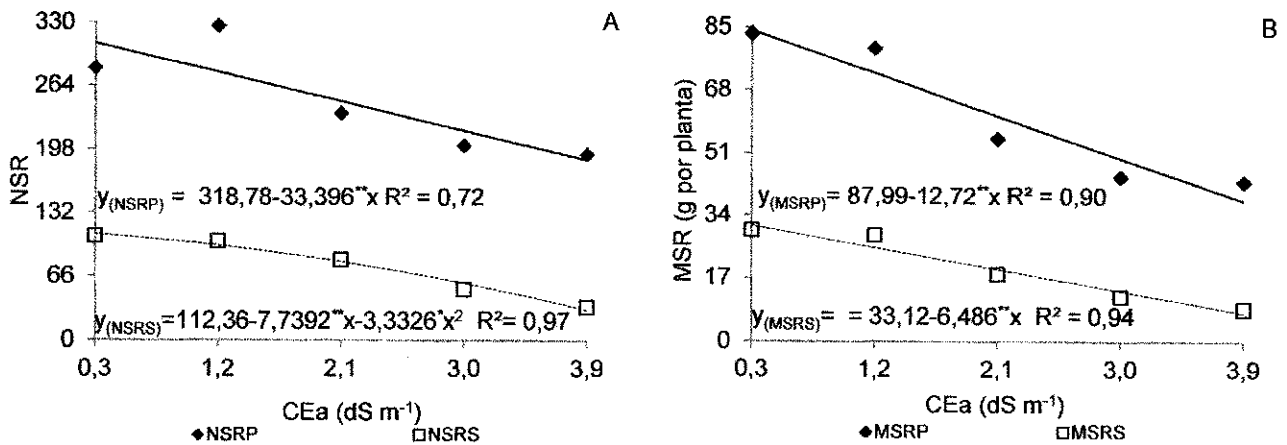
**Tabela 3** - Resumo do teste F referente ao número de sementes dos racemos primário (NSRP) e secundário (NSRS), massa de sementes dos racemos primário

(MSRP) e secundário (MSRS), teor de óleo nas sementes do racemo primário (TOrp) e da produção subsequente (TOps) em plantas de mamoneira irrigadas com águas de salinidade crescente e com doses de nitrogênio

Fonte de Variação	Teste F					
	NSRP <sup>1</sup>	NSRS <sup>1</sup>	MSRP <sup>1</sup> (g)	MSRS <sup>1</sup> (g)	TOrp (%)	TOps (%)
Níveis salino (S)	**	**	**	**	*	**
Reg. Linear	**	**	**	**	*	**
Reg. Quadrática	ns	*	ns	ns	ns	**
Doses de N (N)	ns	ns	ns	ns	ns	**
Reg. Linear	ns	ns	ns	ns	ns	*
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (S x N)	ns	ns	ns	ns	ns	*
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17,5	15,1	13,8	18,9	6,9	27,6

ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{X}$

A salinidade da água afetou, de forma significativa ( $p < 0,01$ ) o NSRP e NSRS da mamoneira (Tabela 3) e, de acordo com as equações de regressão (Figura 6A), o efeito foi linear, ocorrendo decréscimos na ordem de 10,47% no NSRP por incremento unitário da CEa, ou seja, entre os níveis de salinidade 3,9 dS m<sup>-1</sup> e 0,3 dS m<sup>-1</sup> houve uma redução de 122,22 sementes (37,69%). Quanto ao NSRS (Figura 6A), a resposta das plantas foi quadrática constatando-se que o maior número de sementes (109,73 sementes) foi obtido quando as plantas foram submetidas à CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup> e obtiveram o valor mínimo de 31,49 sementes nas plantas sob irrigação com água de 3,9 dS m<sup>-1</sup>. Nota-se também, mediante as equações de regressão (Figura 6A) que o aumento da CEa afetou, de forma mais severa, o NSRS, indicando uma redução na ordem de 157,04 sementes em comparação com o número NSRP, quando as plantas foram submetidas à salinidade da água de 3,9 dS m<sup>-1</sup>. A redução no número de sementes pode estar relacionada aos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, principalmente Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, à baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura e a redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina. Este conjunto de adversidades possivelmente comprometeu a atividade fisiológica resultando em perdas da capacidade produtiva da cultura de produção (ARRUDA et al., 2002).



**Figura 6.** Número de sementes nos racemos (NSR) primário (NSRP) e secundário (NSRS) por planta (A) e massa de sementes nos racemos (MSR) primário (MSRP) e secundário (MSRS) (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação

A massa de sementes nos racemos primário e secundário também foi afetada ( $p < 0,01$ ) pelos níveis crescentes de salinidade da água (Tabela 3) e de acordo com as equações de regressão (Figura 6B), os dados se ajustaram ao modelo linear tendo-se observado, com o aumento da salinidade da água, decréscimos relativos de 14,45 e 19,58% por incremento unitário da CEa sobre a MSRP e a MSRS, respectivamente. Constata-se que as plantas que foram submetidas à CEa de 3,9 dS m<sup>-1</sup> em relação às irrigadas com água de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, tiveram reduções equivalentes de 45,79 g (52,0%) na MSRP e 23,34 g (70,5%) na MSRS. Analisando os decréscimos da massa das sementes (Figura 6B) percebe-se que a MSRS foi mais sensível ao aumento da CEa, tendo apresentado redução de 24,7% em relação à MSRP, quando submetida à irrigação com água de maior nível de salinidade (3,9 dS m<sup>-1</sup>). As plantas sob estresse salino podem ter acúmulo de sais nas vias transpiratórias, o que provoca danos nos tecidos foliares, leva à inibição mais acentuada da fotossíntese e, por consequência, afetam as variáveis de crescimento e produção (MUNNS et al., 2006). Em geral, a salinidade do solo causada pela água de irrigação ou pela combinação dos fatores água, solo e manejo das culturas, pode resultar em redução no número de frutos, no peso dos frutos e na massa de sementes influenciando, diretamente a produção (RHOADES et al., 2000). Nobre et al. (2013) também observaram, ao estudar o efeito dos diferentes níveis de CEa (0,4 à 4,4 dS m<sup>-1</sup>) associados a doses de adubação nitrogenada sobre a

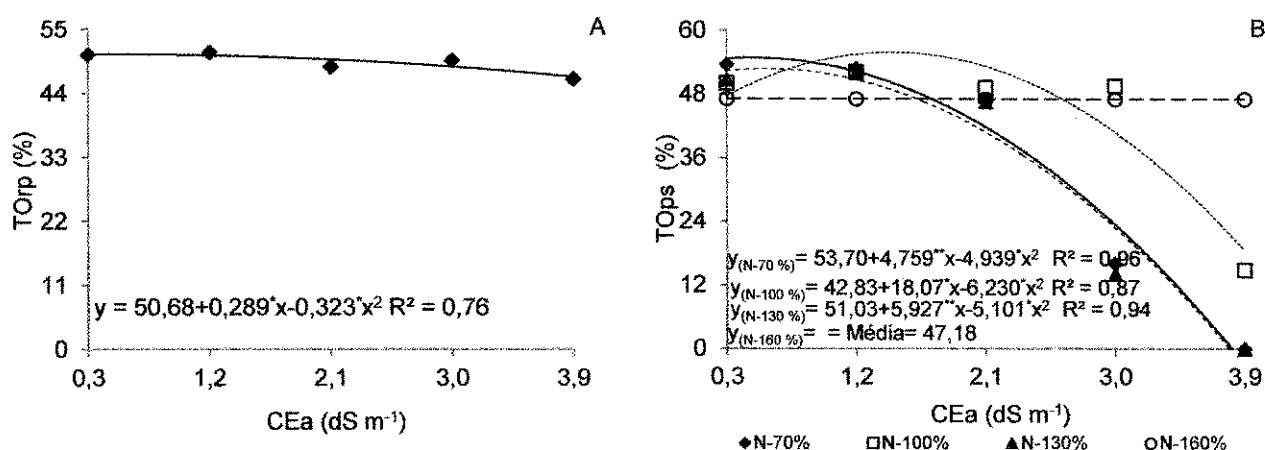


produção da mamoneira cv. BRS Energia, redução na massa de sementes em virtude do incremento da salinidade, tendo sido observado declínio de 39,9 g na massa de sementes do racemo primário das plantas sob CEa de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em comparação com as sob CEa de 0,4 dS m<sup>-1</sup>.

De acordo com os resultados do teste F (Tabela 3) o aumento da salinidade da água de irrigação afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) o teor de óleo de sementes do racemo primário e, conforme a equação de regressão (Figura 7A) os dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático sendo o maior TO<sub>rp</sub> (50,74%) obtido com as plantas submetidas à irrigação com água de CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup> com posterior decréscimo a partir deste até obtenção do valor mínimo de TO<sub>rp</sub> (46,89%) em plantas irrigadas com CEa de 3,9 dS m<sup>-1</sup>. Constata-se (Figura 7A) que, ao irrigar as plantas com água de CEa variando de 0,6 a 3,3 dS m<sup>-1</sup>, foi obtido TO<sub>rp</sub> superior a 48%. Nota-se ainda que, à medida que ocorreu um declínio na massa de sementes no racemo primário (Figura 6B) também houve uma redução no TO<sub>rp</sub>. De acordo com Severino et al. (2006) a cultivar de mamoneira BRS Energia possui teor de óleo médio de 48% nas sementes, ou seja, valor este inferior ao encontrado no presente estudo com irrigação usando-se CEa de até 3,3 dS m<sup>-1</sup>. Nobre et al. (2012) obtiveram, avaliando o teor de óleo e a produção de sementes da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água com diferentes CEa (0,4 à 4,4 dS m<sup>-1</sup>) um TO<sub>rp</sub> máximo de 48,18% nas plantas irrigadas com água de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e um mínimo de 43,38% nas plantas sob o maior nível de salinidade da água (4,4 dS m<sup>-1</sup>).

O teor de óleo nas sementes da produção subsequente sofreu efeito significativo ( $p < 0,01$ ) da interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada (Tabela 3); de acordo com as equações de regressão (Figura 7B), o modelo que melhor se ajustou aos dados de TO<sub>ps</sub>, foi o quadrático, notando-se que as plantas que receberam doses de 70, 100 e 130% de N e que estavam sob irrigação com água de CEa de 0,3; 1,5 e 0,6 dS m<sup>-1</sup> respectivamente, conseguiram promover maior TO<sub>ps</sub> (54,84; 55,91 e 52,74%). Ainda segundo os modelos de regressão (Figura 7B), os menores valores de TO<sub>ps</sub> foram obtidos quando as plantas foram irrigadas com água de CEa de 3,8; 3,9 e 3,8 dS m<sup>-1</sup> respectivamente observando-se que acima de 3,8 dS m<sup>-1</sup> as plantas que receberam doses de 70 e 130% de N não conseguiram produzir óleo nas suas sementes e que o aumento da CEa reduziu em 54,21% o teor de óleo nas sementes da produção

subsequente das plantas adubadas com 100% de N e sob irrigação com CEa de 3,9 dS m<sup>-1</sup> em relação às irrigadas com água de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Verifica-se (Figura 7B) que as plantas cultivadas sob dose 160% de N e sob distintas CEa promoveram teor de óleo médio de 47,18% nas sementes da produção subsequente. Conforme Asch et al. (2000), a água de irrigação ou solo contendo concentração salina elevada ocasionada principalmente pela presença de íons de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, pode causar disrupção na homeostase do potencial de água e desbalanço iônico na interfase solo planta e promover toxidez no vegetal, além de ocasionar redução na absorção de nutrientes alterando seu crescimento e afetando diretamente os componentes de produção.



**Figura 7.** Teor de óleo nas sementes do racemo primário (TOrp) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e teor de óleo nas sementes da produção subsequente (TOps) da mamoneira em função da CEa e doses de adubação nitrogenada (B)

#### 4. CONCLUSÕES

1. O incremento salino das águas de irrigação resulta em redução no número de frutos, número de sementes e na massa de sementes dos racemos primário e secundário, sendo a massa de sementes do racemo primário a variável mais afetada.
2. A utilização de água com condutividade elétrica de até 3,9 dS m<sup>-1</sup> prolonga o período para a emissão dos racemos primário e secundário da mamoneira.

3. A irrigação com água de CEa até 3,3 dS m<sup>-1</sup> proporciona teor de óleo nas sementes do racemo primário superior a 48%.
4. A aplicação de doses crescentes de nitrogênio aumenta o número de frutos no racemo primário e o tempo para emissão do racemo secundário.
5. A cultivar BRS Energia responde significativamente à interação entre os fatores em estudo para o comprimento efetivo dos racemos primário e secundário e para teor de óleo nas sementes da produção subsequente.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-SHAMAD, H.M.; SHADDAD, M.A.K. Comparative effect of sodium carbonate, sodium sulfate, and sodium chloride on the growth and related metabolic activities of plants. **Journal Plant Nutrition**, v.19, n.5, p.717-728, 2000.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 5th ed. Champaign: AOCS, 2000.

ARRUDA, F. P.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; PEREIRA, I. E.; GUIMARÃES, M. A. M. Efeito do estresse hídrico na emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo cv. CNPA 7H. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p. 21-27, 2002.

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DORFFING, K. Salinity increases CO<sub>2</sub> assimilation but reduces growth in field grown irrigated rice. **Plant Soil**, v.218, n.1-2, p.1-10, 2000.

ASHRAF M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, n.1, p.3-16, 2004.

BARHOUMI, Z.; ATIA, A.; RABHI, M.; DJEBALI, W.; ABDELLY, C.; SMAOUI, A. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus litoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, n.1, p.149-157, 2010.

BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.157-164, 2009.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA- DPU, 1989. 425 p.(Documentos, 18).

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, n.88, n.1, p.97-185, 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4,6 - programa de análise estatística**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 1 CD-ROM.

GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n.4, p. 330-338, 2010.

LIMA, C. B.; SANTOS FILHO, S. V.; SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, M. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.50-56, 2008.

LIRA, M. A.; BARRETO, F. P. **Oleaginosas com fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel**. 1ed. Natal: EMPARN, 2009. 64p.

MARINHO, A. B. MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.1, p.31-42, 2010.

MUNNS, R.; JAMES, R. A.; LAUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany**, v.57, n.5, p.1025-1043, 2006.

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

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

NOBRE, R.G.; LIMA,G. S.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, E. P.; SOARES, L. A. A.; ALVES, A. N. Teor de óleo e produtividade da mamoneira de acordo com a adubação nitrogenada e irrigação com água salina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.991-999, 2012.

NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. 1991. p.189-253.

OLIVEIRA, F. A. CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.37-45, 2011.

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

SANTOS, B. dos. FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Revista Idesia**, v.30, n.2, p. 69-74, 2012.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.879-882, 2006.

SILVA, S. M. S. GHEYI, H. R. BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W.; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.338-348, 2009.

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

VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J. ZHU, J.K.. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v.45, n.4, p.523-539, 2006.

**TEORES DE MACRONUTRIENTES, CLORO E SÓDIO NA MAMONEIRA  
SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**RESUMO-** Com o objetivo de avaliar a influência da irrigação com água de diferentes salinidades associada a doses de adubação nitrogenada sobre os teores de macronutrientes, cloro e sódio da mamoneira cv. BRS Energia, conduziu-se um experimento em lisímetros sob condições de campo, no CCTA/UFCG, usando-se delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições. Foram testados cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio (70; 100; 130 e 160% da dose recomendada para ensaio). O incremento da salinidade da água promoveu aumento nos teores de sódio e cloro em todas as partes da planta; os maiores teores de potássio em raízes e folhas, sendo obtidos, respectivamente, com salinidade da água de 0,3 e 2,2 dS m<sup>-1</sup>. A irrigação com CEa de até 3,7 dS m<sup>-1</sup> promoveu aumento na relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> nas raízes. O teor de nitrogênio foliar não foi influenciado pelos fatores estudados. Doses crescentes de nitrogênio resultaram em elevação dos teores foliar de cloro e redução nos teores de fósforo e potássio. A interação entre salinidade da água e doses de nitrogênio interferiu na relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> em caule e folhas.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Condutividade elétrica. Nitrogênio

**CONTENT OF MACRONUTRIENTS, SODIUM AND CHLORIDE IN CASTOR  
BEAN UNDER SALINE STRESS AND NITROGEN FERTILIZATION**

**ABSTRACT-** With the objective of evaluating the influence of irrigation with water of different salinity associated with nitrogen fertilizer doses on the content of macronutrients, chlorine and sodium in castor bean cv. BRS Energia, an experiment was conducted in lysimeters under field conditions, at the CCTA/UFCG, using a randomized block design with three replications. Five levels of electrical conductivity of irrigation water - ECw (0.3, 1.2, 2.1, 3.0 and 3.9 dS m<sup>-1</sup>) and four doses of nitrogen

(70, 100, 130 and 160% of the recommended dose) were tested. Increase in water salinity promoted increased contents of sodium and chlorine in all parts of the plant. The highest content of potassium in roots and leaves was obtained respectively, with salinity of 0.3 and 2.2 dS m<sup>-1</sup>. Irrigation with EC<sub>w</sub> up to 3.7 dS m<sup>-1</sup> increased the Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio in roots. The leaf N content was not influenced by the factors studied. Increasing levels of nitrogen resulted in increased levels of chlorine in leaf and reduced the content of phosphorus and potassium. The interaction between salinity and nitrogen levels influenced the Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> in stems and leaves, the Na<sup>+</sup> content in leaves, stems and roots, the concentration of K<sup>+</sup> in stems and roots, the P content in the stem and the Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in the root.

**Keywords:** *Ricinus communis* L. Electrical Conductivity. Nitrogen

## 1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Euphorbiaceae, a mamoneira (*Ricinus communis* L.), é uma oleaginosa de significativo valor socioeconômico cujos produtos e subprodutos são utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, possibilitando seu uso como biocombustível devido ao óleo extraído de suas sementes conter cerca de 90% de ácido graxo ricinoleico, o que lhe confere características singulares e valor energético. Outrossim, o óleo possui várias aplicações industriais sendo utilizado como ingrediente na fabricação de plásticos, fibras sintéticas, tinta, esmalte e lubrificantes, entre outros (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2009).

O uso do óleo desta cultura para a produção do biodiesel surge como uma vertente de atuação nas áreas econômicas, ambiental e social, gerando emprego e renda, fortalecendo a economia agrícola principalmente a agricultura familiar e criando oportunidades para o aumento das áreas de plantio no semiárido do nordeste brasileiro (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007). Porém nesta região as precipitações pluviométricas são irregulares sendo a prática da irrigação a melhor forma de garantir a produção agrícola com segurança. Contudo, devido à pressão antrópica por águas de boa qualidade e à crescente necessidade de expansão da produção agrícola em todo o mundo, faz com que os agricultores utilizem, na irrigação, águas com teores salinos de moderado a alto (NOBRE et al., 2011).



A acumulação de íons salinos no solo pode causar problemas de toxicidade iônica, deficiências nutricionais ou ambos, nas plantas. A injúria provocada pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , nas folhas, se manifesta como clorose marginal e causa o surgimento de zonas necróticas, o que contribui para aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar (MUNNS, 2002). Todavia, tais efeitos dependem de muitos outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, características dos sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER e DAVENPORT, 2003; ASHRAF e HARRIS, 2004).

O nitrogênio participa no metabolismo e na nutrição das culturas em razão de desempenhar função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, entre outros, e sua deficiência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução no porte e, conseqüentemente, da produção das culturas (SILVA et al., 2008).

A fertilização nitrogenada, além de promover o crescimento das plantas pode também atenuar o efeito da salinidade sobre as mesmas (FLORES et al., 2002). 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 (DEL AMOR et al., 2000).

Neste contexto objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada, sobre os teores de macronutrientes, cloro e sódio na mamoneira cv. BRS Energia.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido em lisímetros de drenagem sob condições de campo em área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), no município de Pombal, PB, situada a  $6^{\circ}48'16''$  S,  $37^{\circ}49'15''$  W e altitude média de 144 m sendo o clima da

região, conforme a classificação climática de Koppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), do tipo BSh, que representa clima semiárido quente e seco, com precipitação média de 750 mm ano<sup>-1</sup> e evaporação média anual de 2000 mm.

## **2.2. Tratamentos e delineamento estatístico**

Estudou-se o efeito de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) associados a quatro doses de adubação nitrogenada (70; 100; 130 e 160% da dose recomendada para ensaios - 100 mg kg<sup>-1</sup>), baseada em metodologia contida em Novais et al., 1991).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 5x4, com três repetições, resultando em 20 tratamentos, sendo as unidades experimentais distribuídas em fileiras simples espaçadas 0,9 m entre fileiras e 0,7 m entre plantas dentro da fileira.

## **2.3. Cultivar**

No ensaio foram utilizadas sementes de mamoneira cultivar BRS Energia; conforme Silva et al. (2009) trata-se de um material genético vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade (ciclo de 130 dias), porte baixo (média de 106 cm), frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade média de 1.800 kg ha<sup>-1</sup>.

## **2.4. Instalação e condução do experimento**

Neste estudo foram utilizados lisímetros de drenagem com 100 L de capacidade os quais, possuíam, dois furos na parte inferior para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos se encontravam garrafas plásticas para coleta da água drenada permitindo, assim, a estimativa do consumo de água pela planta. Os lisímetros foram preenchidos com 2 kg de brita (nº zero) a qual cobria a base do vaso, seguida de 107,5 kg de material de solo, classificado como franco-argila-arenoso, não salino e não sódico coletado na profundidade de 0-30 cm, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB; suas

características físicas e químicas (Tabela 1), foram obtidas conforme metodologias descritas por Claessem (1997).

**Tabela 1-** Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )	Porosidade Total (%)	Umidade (%)		Água disponível (%)	Complexo Sortivo				pH <sub>ps</sub>	CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )
		0,33 atm	15,0 atm		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		
1,34	48,26	18,01	9,45	8,56	.....(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ).....				-	0,09

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; pH<sub>ps</sub> - pH da pasta de saturação; CE<sub>es</sub> - condutividade elétrica do extrato de saturação

Na adubação de fundação foram aplicados, por lisímetro 162,5 g de superfosfato simples e 12 g de sulfato de potássio, com o objetivo de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, de forma a aumentar a capacidade de retenção e infiltração da água, foram incorporados 2,5 kg de vermicomposto (6,3 g de N kg<sup>-1</sup>; 1,28 g de P kg<sup>-1</sup> e 0,53 g de K kg<sup>-1</sup>). Após o acondicionamento do solo nos lisímetros, a capacidade de campo foi induzido, através do método de saturação por capilaridade, seguido de drenagem livre, usando-se as águas conforme tratamentos.

Em cada lisímetro foram semeadas dez sementes a 2 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. A emergência das plântulas se iniciou no sexto dia após o semeio (DAS) e continuou até o décimo terceiro dia; aos 22 DAS realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor; aos 30 e 40 DAS novos desbastes foram realizados eliminando-se, em cada lisímetro, uma planta.

A aplicação do fator doses de adubação nitrogenada foi parcelada sendo um terço aplicado em fundação e os dois terços restantes em quatro aplicações via fertigação, em intervalos de dez dias, com a primeira aplicação realizada aos 25 DAS sendo aplicados por lisímetro, no tratamento N2 (100%) 33,34 g de fosfato monoamônio (MAP) mais 8,88 g de ureia. Foram realizadas, ainda, duas adubações foliares, a partir do início da emissão das flores, estágio R<sub>9</sub> (MOSHKIN, 1986), aos 29 e 37 DAS, com Albatroz (N - 10%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 52%, K<sub>2</sub>O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) na proporção

de 1 g do adubo para 1 L de água, aplicando-se 5 L distribuídos nas plantas, com auxílio de um pulverizador costal.

Os tratos culturais consistiram, semanalmente, em capinas manuais, escarificação superficial do solo antes de cada irrigação e tutoramento das plantas após atingirem o estágio de floração, com o objetivo de evitar o tombamento das plantas.

## **2.5. Preparo das águas salinas e irrigação**

Obtiveram-se os diferentes níveis de salinidade a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local, cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Rhoades et al. (2000) sendo  $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$ , em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água; as respectivas águas eram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

Após a semeadura a irrigação foi realizada diariamente, às 17 horas aplicando-se, em cada lisímetro, a água conforme tratamento, sendo a quantidade aplicada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, determinada pelo balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de fração de lixiviação de 0,10.

## **2.6. Descrição das variáveis avaliadas**

Avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre a cultura aos 120 DAS, mediante a determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), sódio ( $Na^+$ ) e cloro ( $Cl^-$ ) nos tecidos das folhas, caule e raízes da mamoneira. Para determinação dos teores de NPK,  $Na^+$  e  $Cl^-$  foram coletadas todas as folhas, caule e raízes das plantas, conforme os respectivos tratamentos estudados, cujo material vegetal amostrado foi lavado com água destilada e após o acondicionamento em sacos de papel devidamente identificados, foram postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até a obtenção de massa constante; após a secagem as amostras foram moídas e submetidas a análises químicas segundo metodologia

recomendada por Silva (1999). As análises do respectivo material foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) do CCTA/UFCG.

## 2.7. Análise dos dados

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F e nos casos de significância realizaram-se as análises de regressão polinomial linear e quadrática, pelo software SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, através dos resultados do teste de F (Tabela 2), que houve efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação (S) sobre os teores de nitrogênio e fósforo nos tecidos do caule e das raízes e para o teor de potássio sobre todos os órgãos da mamoneira avaliados. Com relação ao fator doses de DN, constata-se efeito significativo sobre o acúmulo de N nos tecidos caulinar e das raízes; observa-se, ainda que o fator doses de DN influenciou de forma significativa, os teores de P e K<sup>+</sup> nos tecidos foliar e do caule. A interação entre os fatores CEa versus DN exerceu efeito significativo sobre a concentração radicular de nitrogênio e para as concentrações de fósforo e potássio nos tecidos das raízes e do caule, respectivamente.

**Tabela 2.** Resumo do teste F referente aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas diferentes partes da mamoneira aos 120 dias após o semeio (DAS) irrigadas com água de salinidade crescente e com doses de nitrogênio

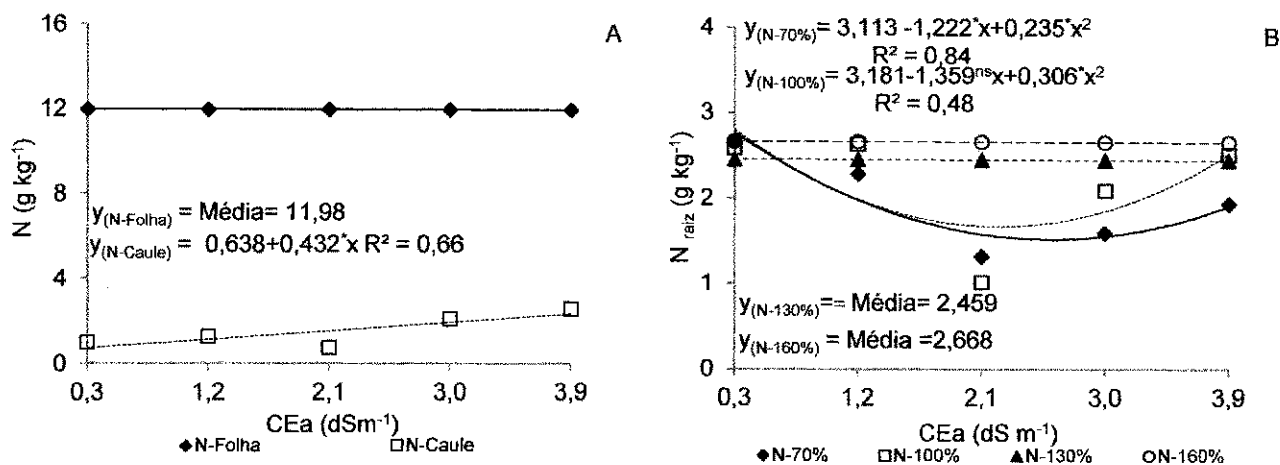
Fonte de Variação	Teste de F								
	N			P			K <sup>+</sup>		
	Folha <sup>1</sup>	Caule <sup>1</sup>	Raiz <sup>1</sup>	Folha	Caule	Raiz <sup>1</sup>	Folha	Caule	Raiz <sup>1</sup>
Níveis salinos (S)	ns	**	**	ns	*	*	**	**	*
Reg. Linear	-	**	*	-	*	**	ns	**	ns
Reg. Quadrática	-	**	**	-	ns	ns	**	**	*
Doses de N (DN)	ns	*	*	*	*	ns	*	*	ns
Reg. Linear	-	*	*	*	*	-	*	*	-
Reg. Quadrática	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	*	-
Interação (S x DN)	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	**	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

CV (%) 10,68 18,41 14,11 18,29 19,88 13,39 14,64 14,57 11,57

<sup>ns, \*\*</sup> respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{X}$

Constata-se, na Tabela 2, que o teor de N nas folhas da mamoneira não foi influenciado pela salinidade da água de irrigação sendo o teor médio de  $11,98 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 1A); já em relação ao teor de N no caule observaram-se, conforme a equação de regressão (Figura 1A), acréscimos linear na ordem de 67,71% por aumento unitário da CEa. Os resultados obtidos neste estudo para a concentração de N no caule corroboram com a afirmativa de Al-Harbi (1995) ao citar que o efeito da salinidade sobre o teor de nitrogênio parece não depender do nível de salinidade, do período em que a planta é submetida ao estresse e, principalmente, dos diferentes graus de tolerância das espécies e genótipos.

O teor de nitrogênio nas raízes apresentou uma resposta quadrática ( $p < 0,05$ ) para as plantas que receberam as doses de 70 e 100% de N (Figura 1B) porém nenhum efeito ( $p > 0,05$ ) foi observado para as doses de 130% e 160% de N; relata-se, ainda, que os valores médios obtidos para esta variável foram de 2,45 e  $2,66 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, para as plantas adubadas com doses de 130 e 160% de N; a redução do teor de N nas plantas submetidas ao estresse com NaCl pode ser atribuída à competição dos íons de  $\text{Cl}^-$  pelos transportadores de  $\text{NO}_3^-$  (OGAWA et al., 2000) e/ou inativação dos transportadores de  $\text{NO}_3^-$  pelos efeitos tóxicos de íons (LIN et al., 2002). Por outro lado, a salinidade também promove ruptura da membrana radicular, o que inibe a absorção de nitrato (PARIDA e DAS, 2004). Além disto, o estresse salino afeta as enzimas que assimilam o  $\text{NH}_4^+$  e isto resulta em um acúmulo maior deste íon nos tecidos, além do acúmulo oriundo da degradação de proteínas resultantes do estresse aplicado (ZHOU et al., 2004). Costa et al. (2008), em experimento avaliando os efeitos dos diferentes níveis de salinidade da água ( $0,15$  a  $4,50 \text{ dS m}^{-1}$ ) sobre a concentração de nutrientes na cultura do amaranto (*Amaranthus ssp.*) sob condições de ambiente protegido, também verificaram efeito deletério do estresse salino sobre o teor de nitrogênio nos tecidos das raízes.



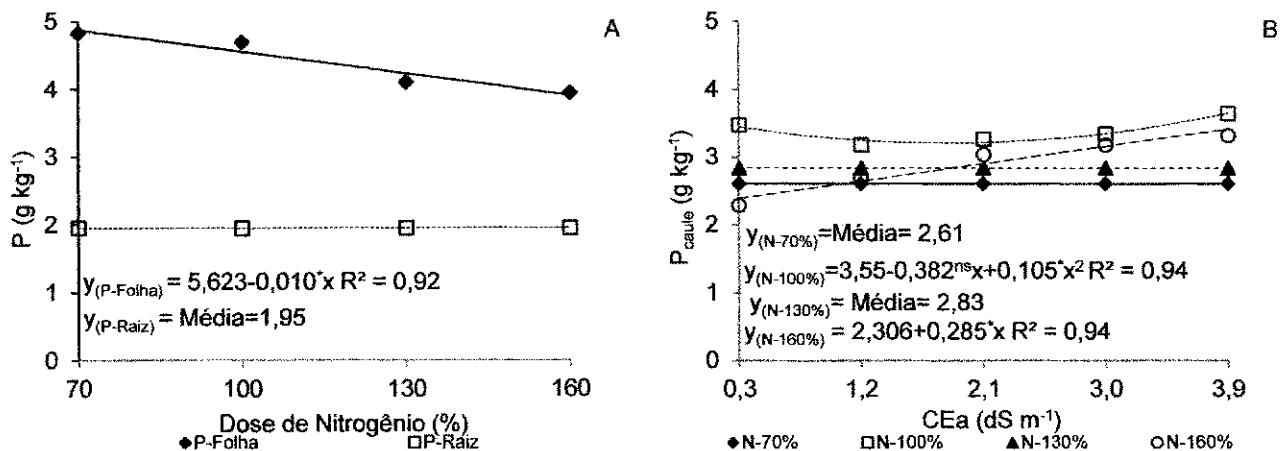
**Figura 1.** Teor foliar e caulinar de nitrogênio (N) em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e teor de nitrogênio nas raízes (N<sub>raiz</sub>) em função da interação entre a CEa e doses de adubação nitrogenada (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS)

O teor de fósforo nos tecidos foliares foi influenciado negativamente pelas doses de DN aplicadas e, através da equação de regressão (Figura 2A) verificam-se decréscimos linear de P na ordem de 5,33% por intervalo de 30% das doses de N, ou seja, ao serem submetidas à dose máxima de adubação estudada (160% de N) as plantas apresentaram uma diminuição na concentração de fósforo foliar de 0,9 g kg<sup>-1</sup> (16%) em relação às que receberam a menor dose (70% de N); observa-se (Figura 2A) que a redução no aporte de P nos tecidos foliares foi proporcional ao incremento das doses de nitrogênio. Constata-se, na Figura 2A, que as diferentes doses de N aplicadas não interferiram sobre os teores de fósforo ( $p > 0,05$ ) nos tecidos radiculares; contudo, proporcionou um acúmulo médio deste nutriente de 1,95 g kg<sup>-1</sup>. De acordo com Malavolta et al. (1997), o fósforo é muito móvel na planta, no transporte a longa distância, chega à folha ou as regiões de crescimento e, juntamente com o nitrogênio, é o elemento mais prontamente distribuído. Quando a folha envelhece, até 60% do fósforo podem ser conduzidos via floema a outras partes da planta, em particular aos órgãos novos e aos frutos em desenvolvimento, o que faz diminuir o teor deste elemento nas folhas.

Conforme as equações de regressão referentes ao teor de P nos tecidos do caule (Figura 2B) vê-se resposta quadrática para as plantas que receberam doses de 100% de N, sendo observado o maior acúmulo de P (3,65 g kg<sup>-1</sup>) nas plantas irrigadas com salinidade da água de 3,9 dS m<sup>-1</sup>. Todavia, a aplicação da dose de 160% de N proporcionou aumento linear na concentração de fósforo caulinar, tendo

vido obtido, conforme equação de regressão (Figura 2B), aumento de 12,35% por incremento unitário da CEa, resultando em aumento de 44,49% ( $1,02 \text{ g kg}^{-1}$ ) no teor de fósforo das plantas submetidas à CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  em comparação com as plantas irrigadas com água de menor nível de salinidade ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). Observa-se (Figura 2B) que a aplicação das doses de 70 e 130% de N, não afetou o teor de fósforo nos tecidos do caule da mamoneira; mesmo assim, foi obtida uma concentração média de P de 2,61 e 2,81  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente.

Diversos estudos afirmam que a interação entre a salinidade e a nutrição mineral de fósforo em plantas é complexa e dependente da espécie, da concentração de fósforo no solo e dos tipos de sais e nível de salinidade da água de irrigação (GRATTAN e GRIEVE, 1999). Apesar disto, este acúmulo de fósforo no caule de plantas sob estresse salino pode ser consequência da redução da translocação associada à diminuição da taxa de crescimento (LACERDA et al., 2006). Esses resultados corroboram com os obtidos em plantas de gliricidia (FARIAS et al., 2009) e de feijão-de-corda (SILVA et al., 2011), cultivadas sob estresse salino.

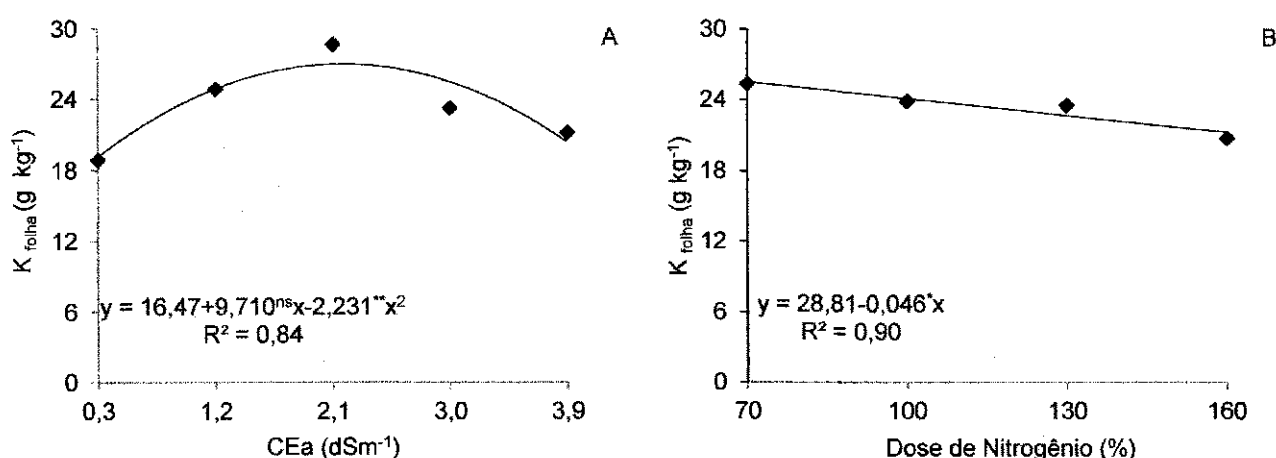


**Figura 2.** Teor foliar e radicular de fósforo (P) em função de doses de adubação nitrogenada (A) e teor de fósforo caulinar ( $P_{caule}$ ) em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS)

As plantas irrigadas com água de CE de  $2,2 \text{ dS m}^{-1}$  acumularam o maior conteúdo foliar de  $K^+$  ( $27,03 \text{ g kg}^{-1}$ ) e a partir deste nível de CEa ocorreu uma redução na concentração deste nutriente (Figura 3A). A menor absorção de  $K^+$  em plantas sob condições de salinidade elevadas tem sido atribuída à competição entre



o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{K}^+$  pelos sítios de absorção no plasmalema ou maior efluxo de  $\text{K}^+$  das raízes, como resultado direto de trocas osmoticamente induzidas na permeabilidade do plasmalema e também da substituição de cálcio por sódio na membrana (FERREIRA et al., 2001) devido principalmente aos dois cátions possuírem diâmetro ou raio atômico similar e os transportadores de  $\text{K}^+$  são menos específicos em concentrações tóxicas de  $\text{Na}^+$  (CASTILLO et al., 2007). Os resultados obtidos com esta pesquisa estão de acordo com os encontrados por Sousa et al. (2012), ao avaliar a influência da CEa no teor de macro e micronutrientes em folhas de pinhão-manso, e verificaram efeito quadrático; o maior teor de  $\text{K}^+$  ( $32,63 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi obtido em plantas sob CEa de  $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ .

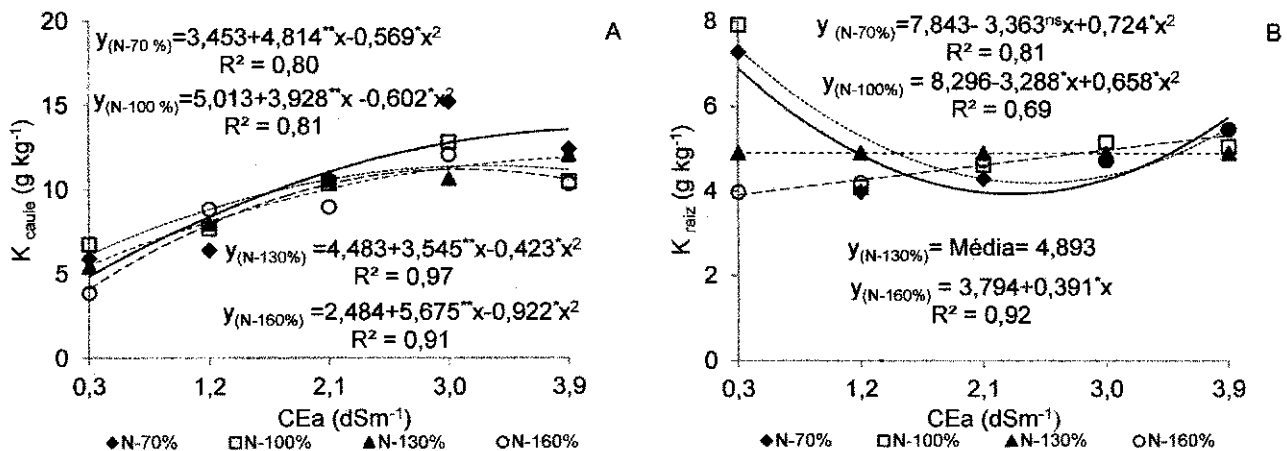


**Figura 3.** Teor foliar de potássio em função da condutividade elétrica da água - CEa de irrigação (A) e doses de adubação nitrogenada - N (B), aos 120 dias após a semeadura (DAS)

Em relação ao efeito do fator adubação nitrogenada sobre os teores foliar de potássio verifica-se, pelo modelo de regressão (Figura 3B) comportamento linear decrescente com decréscimos de 4,79% na concentração de  $\text{K}^+$  por aumento de 30% da dose de adubação nitrogenada, ou seja, redução de 14,37% no teor de potássio quando se comparam os dados obtidos nas plantas cultivadas na maior dose (160% de N) em relação à menor dose (70% de N). Segundo Rosolem (2005), o potássio é um forte competidor com outros cátions decorrentes da alta eficiência do sistema de absorção das plantas. Na ausência de  $\text{K}^+$  na solução a absorção de outros íons catiônicos é aumentada uma vez que a competição é menos severa, o que, possivelmente pode justificar as divergências dos resultados obtidos no

presente estudo e os encontrados por Pacheco et al. (2008), em pesquisa com a cultura da mamoneira 'IAC 226' estudando os efeitos de doses de adubação com NPK, quando então constatarem valores elevados de  $K^+$  quando combinados com altas doses de N.

A interação entre os fatores salinidade e dose de N interferiu na acumulação de potássio nos tecidos do caule da mamoneira; de acordo com as equações de regressão (Figura 4A), observa-se resposta quadrática para todas as doses de nitrogênio utilizadas neste estudo e se nota que os valores máximos da concentração de  $K^+$  (13,57; 11,41; 11,87 e 11,21  $g\ kg^{-1}$ ) foram encontrados quando as plantas estavam submetidas à irrigação com água de condutividade elétrica de 3,9; 3,3 3,9 e 3,1  $dS\ m^{-1}$ , respectivamente. Outrossim, o menor teor deste nutriente (4,84; 6,13; 5,50 e 4,10  $g\ kg^{-1}$ ) foi alcançado nas plantas irrigadas com água de CEa de 0,3  $dS\ m^{-1}$  e sob doses de 70; 100; 130 e 160% de N, respectivamente. O aumento da seletividade da membrana ao potássio é importante para reduzir o efeito da salinidade nas plantas por se tratar do principal íon no ajustamento osmótico e na manutenção da turgescência celular (MUNNS, 2002).



**Figura 4.** Teor caulinar de potássio-  $K_{caule}$  (A) e radicular-  $K_{raiz}$  (B) em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação –CEa e doses de adubação nitrogenada - DN aos 120 dias após a semeadura (DAS)

Tal como no caule, o teor de potássio nas raízes foi influenciado significativamente pela interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada (Tabela 2) constatando-se, segundo os estudos de regressão (Figura 4B) que, quando foram submetidas à adubação com doses de 70

e 100% de N as plantas decresceram de maneira quadrática, cujos valores máximos para o teor de  $K^+$  foram, respectivamente, de 6,89 e 7,36  $g\ kg^{-1}$ , obtidos nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3  $dS\ m^{-1}$ . Com relação à equação referente à dosagem de 160% de N (Figura 4B) houve resposta linear crescente promovendo acréscimos de 10,3% no teor de potássio por aumento unitário da CEa, ou seja, as plantas irrigadas com água de 3,9  $dS\ m^{-1}$  tiveram um aumento de 1,40  $g\ kg^{-1}$  (37,10%) na concentração de  $K^+$  em relação às plantas que estavam sob CEa de 0,3  $dS\ m^{-1}$ . Verifica-se (Figura 4B) que quando se forneceu a dose de 130% de nitrogênio, não ocorreram diferenças estatísticas apresentando um teor médio de  $K^+$  nas raízes de 4,89  $g\ kg^{-1}$ . O decréscimo nos teores de potássio radicular se deve possivelmente, à exposição direta das raízes à solução salina, o que provoca alterações na integridade e na permeabilidade seletiva da membrana plasmática (GRATTAN e GRIEVE, 1999). Viana (2007) observou, estudando a combinação dos fatores doses de nitrogênio e potássio na cultura do trigo em ambiente protegido, que a concentração de potássio na massa seca das raízes decresceu à medida em que se elevou o fornecimento de nitrogênio.

Pelos resultados do teste de F apresentados na Tabela 3, o aporte de sódio ( $Na^+$ ), a relação  $Na^+/K^+$  nos tecidos foliar, caulinar e das raízes e o acúmulo de cloro ( $Cl^-$ ) nas folhas e caule, sofreram efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação (S). Para o fator doses de adubação nitrogenada (DN), verifica-se haver diferença significativa para o teor de  $Na^+$  em todas as partes da planta avaliadas, exceto para o teor de  $Cl^-$  e a relação  $Na^+/K^+$  que não foram influenciados nos tecidos do caule e raiz. Nota-se também (Tabela 3) que houve efeito interativo dos fatores S x DN, sobre a concentração de  $Na^+$  nos tecidos foliar, do caule e raiz e para a relação  $Na^+/K^+$  nas folhas e caule; contudo, o acúmulo de  $Cl^-$  foi afetado de forma significativa apenas nas raízes.

**Tabela 3.** Resumo do teste F referente aos teores de sódio ( $Na^+$ ), cloro ( $Cl^-$ ) e relação sódio e potássio ( $Na^+/K^+$ ) nas diferentes partes da mamoneira aos 120 dias após o semeio (DAS) irrigadas com água de salinidade crescente e com doses de nitrogênio

Fonte de Variação	Teste de F								
	$Na^+$			$Cl^-$			$Na^+/K^+$		
	Folha <sup>1</sup>	Caule	Raiz <sup>1</sup>	Folha	Caule	Raiz <sup>1</sup>	Folha <sup>1</sup>	Caule <sup>1</sup>	Raiz <sup>1</sup>

Níveis salinos (S)	**	**	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**	**	-	**	**	**
Reg. Quadrática	**	**	*	ns	ns	-	**	ns	*
Doses de N (DN)	*	**	*	*	ns	ns	*	ns	ns
Reg. Linear	ns	**	*	*	-	-	ns	-	-
Reg. Quadrática	ns	*	*	ns	-	-	ns	-	-
Interação (S x DN)	*	**	*	ns	ns	*	**	*	ns
Bloco	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
CV (%)	18,48	17,17	13,82	19,22	19,49	21,93	19,39	24,49	20,16

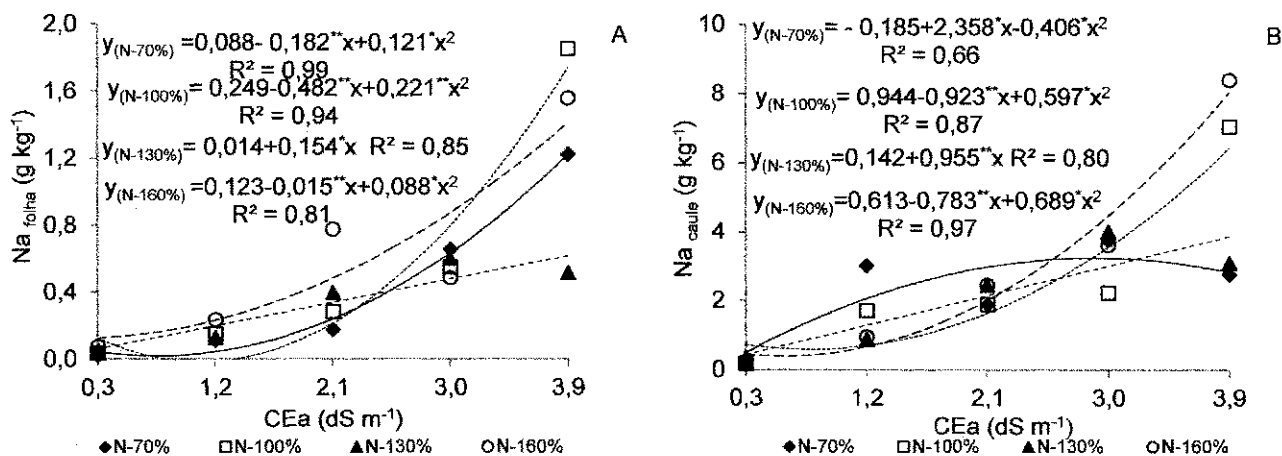
ns, \*\*, \* respectivamente não significativos, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> análise estatística realizada após

transformação de dados em  $\sqrt{X}$

Segundo as equações de regressão apresentadas na Figura 5A, o teor de  $\text{Na}^+$  nas folhas apresentou resposta quadrática para as plantas adubadas com doses de 70; 100 e 160% de N, obtendo-se um teor máximo de  $\text{Na}^+$  de 1,21; 1,73 e 1,40  $\text{g kg}^{-1}$  ao se irrigar com água de CEa de 3,9  $\text{dSm}^{-1}$  e quando estas foram submetidas à irrigação com CEa de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$  sofreram uma redução na concentração de  $\text{Na}^+$  nas folhas de 1,17; 1,60; 1,27  $\text{g kg}^{-1}$  em relação às que estavam sendo irrigadas com água de CEa de 3,9  $\text{dSm}^{-1}$ . Verifica-se também, nas equações de regressão (Figura 5A) comportamento linear crescente sobre a concentração de  $\text{Na}^+$  no tecido foliar das plantas que receberam dose de 130% de N, cujo incremento foi de 1100%, ou seja, as plantas que estavam sob irrigação com água de CEa de 3,9  $\text{dS m}^{-1}$  tiveram um aumento na concentração de sódio de 0,554  $\text{g kg}^{-1}$  em relação às sob CEa de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$ . Aumento na concentração de  $\text{Na}^+$  nos tecidos das plantas também foi reportado por Silva et al. (2009) que, avaliando a influência da salinidade da água de irrigação na acumulação de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  em plantas jovens de pinhão-manso, verificaram acúmulo excessivo de  $\text{Na}^+$  nos tecidos foliar, sendo este proporcional ao aumento das doses de NaCl chegando a 661% na dose mais elevada de salinidade (100 mM).

Com base nas equações de regressão obtidas para teor de  $\text{Na}^+$  acumulado nos tecidos caulinares (Figura 5B), verifica-se ter sido quadrático o efeito dos níveis de salinidade da água sobre o teor de  $\text{Na}^+$  para as plantas que receberam doses de 70; 100 e 160% de N; onde observa-se, sempre que os níveis salinos da água se elevaram de 0,3 para 3,9  $\text{dS m}^{-1}$ , que houve tendência para a concentração de sódio aumentar, sendo encontrados valores máximos de 3,60; 6,42 e 8,03  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente, no teor de sódio no caule das plantas irrigadas com o maior nível

de salinidade. Outrossim, pela equação de regressão (Figura 5B) obtida para as plantas que foram submetidas à adubação com 130% de N, constatam-se acréscimos relativos de 672,5% no teor de Na<sup>+</sup> por aumento unitário da CEa, isto é, comparando os valores obtidos entre S5 (3,9 dS m<sup>-1</sup>) e S1 (0,3 dS m<sup>-1</sup>), constata-se aumento de 3,43 kg<sup>-1</sup> no teor de sódio no caule das plantas de mamoneira. Os resultados obtidos neste estudo evidenciam não ter havido mecanismos de exclusão dos íons tóxicos (Na<sup>+</sup>) após o processo de absorção, resultando em acúmulo no caule da planta ao longo do tempo (GORHAM et al., 1988) o que, possivelmente pode ser explicado pelo fato deste íon, durante seu transporte na planta, ou seja, das raízes até as folhas, ser eliminado do fluxo transpiratório para ser compartimentalizado nos tecidos do caule (SILVA, 1998).



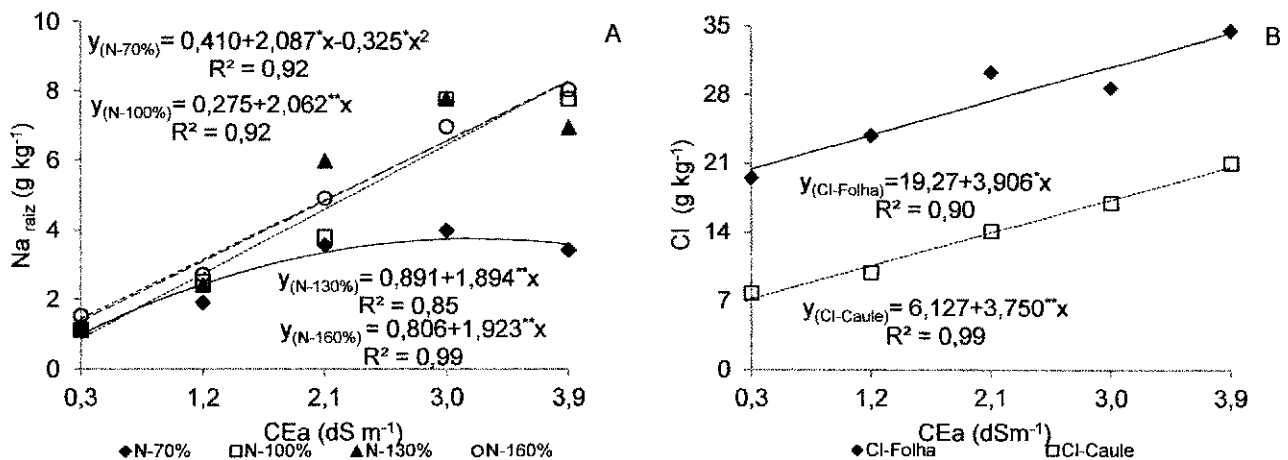
**Figura 5.** Teor foliar - Na<sub>folha</sub> (A) e caulinar - Na<sub>caule</sub> (B) de sódio em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada aos 120 dias após a semeadura (DAS)

Mediante estudos de regressão (Figura 6A) verifica-se haver efeito quadrático sobre o aporte de Na<sup>+</sup> nas raízes das plantas submetidas a doses de nitrogênio de 70% de N, observando-se que o maior acúmulo de sódio (3,76 g kg<sup>-1</sup>) foi alcançado ao se irrigar as plantas com água de condutividade elétrica de 3,2 dS m<sup>-1</sup>, a partir da qual ocorreu decréscimo desta variável. Quanto às doses de nitrogênio de 100; 130 e 160% o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o linear, cujos acréscimos foram de 749,8; 212,6 e 238,5% respectivamente, por incremento unitário da CEa. Confrontando em termos relativos, os valores obtidos

em  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  com  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ , verifica-se aumento de 7,42; 6,81; 6,92  $\text{g kg}^{-1}$  na concentração de sódio no sistema radicular.

A partir dos dados obtidos para teor de sódio nos diferentes órgãos da mamoneira é possível verificar que o maior teor deste cátion ocorreu nos tecidos do caule; conforme Santos et al. (2009) esta resposta está relacionada, possivelmente, à capacidade das plantas em diminuir a concentração deste elemento nos órgãos fotossinteticamente ativos possibilitando a manutenção de produção contínua de folhas, fator este considerado positivo na definição da tolerância da cultura ao estresse salino podendo caracterizar-se como mecanismo de proteção do metabolismo contra o excesso de sódio nas folhas. Corroborando com o presente estudo, Silva et al. (2009) também constataram, em trabalho com o pinhão-manso, aumento nas concentrações de  $\text{Na}^+$  no sistema radicular, obtido no nível mais elevado de salinidade (100 mM) incremento de 1250%.

No que se refere à concentração de cloro nos tecidos foliares e caulinar da mamoneira, observa-se pelas equações de regressão (Figura 6B) que o aumento da CEa proporcionou efeito linear cujos acréscimos foram, respectivamente, na ordem de 20,26 e 61,20% para cada incremento unitário da salinidade de irrigação, ou seja, as plantas submetidas à CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , apresentaram aumento no teor de  $\text{Cl}^-$  de 72,97% ( $34,50 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 220,3% ( $20,75 \text{ g kg}^{-1}$ ) nos tecidos das folhas e caule respectivamente, em comparação com as irrigadas com  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Verifica-se ainda, a partir das equações regressão (Figura 6B) que o acúmulo de  $\text{Cl}^-$  nos tecidos foliares e caulinar foi mais pronunciado nas plantas que receberam irrigação com água de condutividade elétrica de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo obtido o maior teor de  $\text{Cl}^-$  nos tecidos foliares. O cloro é um elemento necessário para as reações de quebra da molécula de água na fotossíntese, pelas quais o oxigênio é produzido (CLARKE e EATON-RYE, 2000) e ainda pode ser necessário para a divisão celular, tanto em folhas quanto no caule (HARLING et al., 1997); contudo, os excessos deste ânion no protoplasma celular ocasionam distúrbios em relação ao balanço iônico, além dos efeitos específicos sobre as enzimas e membranas celulares (FLORES, 1990).

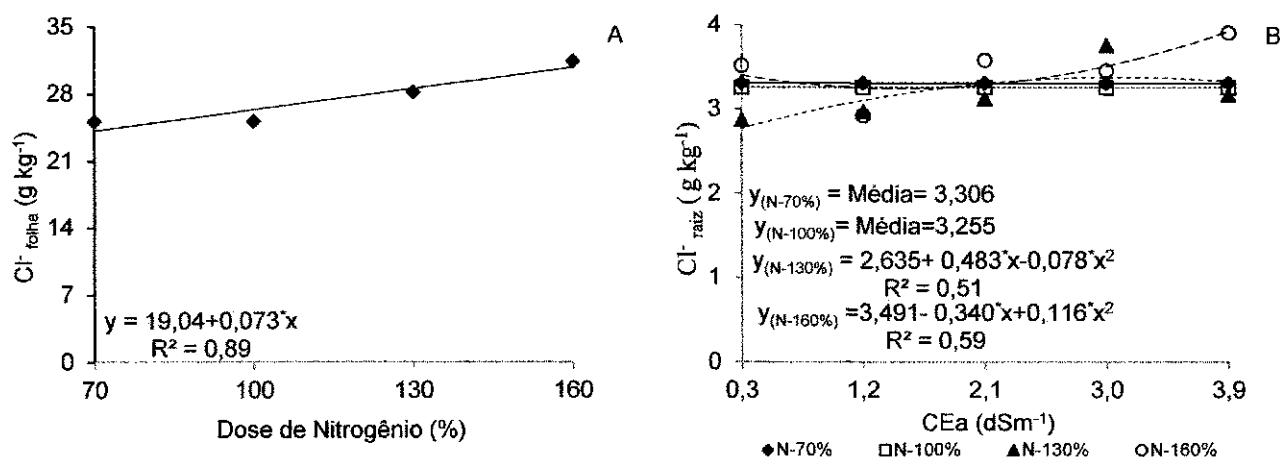


**Figura 6.** Teor radicular de sódio-  $Na_{caule}$  em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e doses de adubação nitrogenada -DN (A) e teor foliar-  $Cl_{folha}$  e caulinar-  $Cl_{caule}$  de cloro em função da CEa (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS)

O teor de Cl foliar aumentou em resposta à adubação nitrogenada (Figura 7A) verificando-se acréscimo linear de 11,50% por aumento de 30% na dose de N, ou seja, a partir do estudo de regressão (Figura 7A) as plantas que receberam a maior dosagem de nitrogênio (160% de N) tiveram um aumento no teor de 6,57 g kg<sup>-1</sup> em relação às que foram submetidas à menor dose de N. Este aumento nos teores foliares de Cl<sup>-</sup> sugere que não houve competição entre os ânions NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>, tendo em vista que o incremento na concentração de nitrogênio (nitrato) na zona radicular não reduziu a absorção de cloro o que, provavelmente, favoreceu uma alteração no balanço iônico, proporcionando, desta forma, o maior acúmulo deste ânion nos tecidos foliares da planta.

Verifica-se, com base nas equações de regressão referente ao teor de cloro acumulado nas raízes das plantas de mamoneira (Figura 7B) não haver ocorrência de efeito significativo para as plantas que receberam as dosagens de 70 e 100% de N, independente dos níveis de salinidade aplicados. Nota-se, contudo, que as plantas sob as doses de 70 e 100% de N acumularam um teor médio de cloro de 3,30 e 3,25 g kg<sup>-1</sup> nas raízes. Através da análise de regressão (Figura 7B) observa-se, para as doses de 130 e 160% de N, que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, tendo sido obtido um acúmulo máximo de cloreto de 3,38 e 3,92 g kg<sup>-1</sup> quando da aplicação de CEa 3,1 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Em função dos resultados obtidos nesta pesquisa e se comparando o aporte de Cl<sup>-</sup> em relação ao de Na<sup>+</sup> para os diferentes órgãos da mamoneira constata-se que o cloro foi

acumulado em maior proporção nas folhas, em referência à absorção de sódio mas se esperava que a aplicação de doses crescentes de nitrogênio poderia minorar o efeito da salinidade uma vez que o aumento de nitrato na zona radicular poderia inibir uma absorção maior de  $\text{Cl}^-$  pelas raízes, através do efeito antagônico existente entre esses ânions, fato este não verificado no presente estudo. Referidos resultados são comumente observados e explicados pela característica de ânion livre de cloro na planta, o que lhe confere maior mobilidade e transporte (FERNANDES et al., 2002). A tendência desses resultados está coerente com os de Silva et al. (2009) que também constataram aumento na concentração de cloro nos tecidos das raízes da cultura do pinhão-manso, em virtude do incremento da salinidade da água.



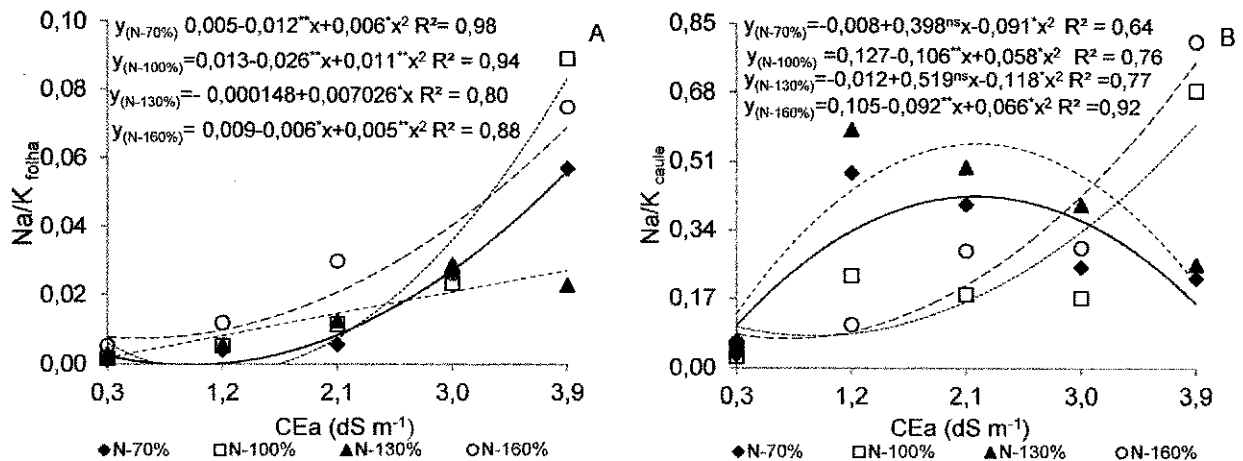
**Figura 7.** Teor foliar de cloro -  $\text{Cl}^-_{\text{folha}}$  em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e teor radicular de cloro -  $\text{Cl}^-_{\text{raiz}}$  em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação -CEa e doses de adubação nitrogenada -DN (B) aos 120 dias após a semeadura (DAS)

Acompanhando a tendência observada para o teor de sódio acumulado nos tecidos das folhas das plantas de mamoneira, a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  também foi afetada pela interação entre os fatores-S x DN (Tabela 3). Conforme as equações de regressão obtidas para a variável relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  acumulado nos tecidos das folhas (Figura 8A) constata-se ter havido efeito quadrático para as plantas adubadas com 70; 100 e 160% de N, pois se obtiveram os teores máximos de 0,049; 0,079 e 0,062 nas plantas que receberam irrigação com água de CEa de 3,9 dS m<sup>-1</sup>. Outrossim denota-se, a partir dos estudos de regressão (Figura 8A) que o aumento dos valores



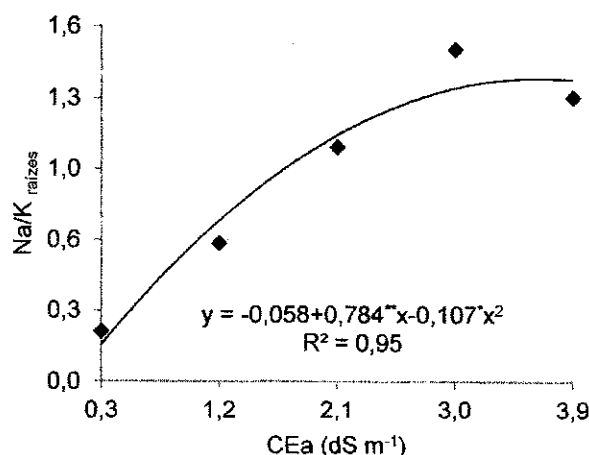
da relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nas folhas das plantas de mamoneira, com o incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação, indica o acréscimo na absorção de sódio em detrimento da absorção de potássio. Com relação à aplicação da dose de 130% de N observa-se, com base na equação de regressão (Figura 8A) que a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  aumentou linearmente em função do incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação, com acréscimos de 4747,2% por aumento unitário da CEa, ou seja as plantas apresentaram ao serem irrigadas com água de CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , um aumento na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  de 0,025 em comparação com as plantas irrigadas com CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . O aumento na absorção de sódio e o declínio na de potássio aumenta a relação sódio e potássio. Isto ocorre devido, possivelmente, ao desbalanço iônico celular, aos danos osmóticos e às desordens na ativação enzimática e síntese de proteínas (SAQIB et al., 2005).

Conforme os resultados do teste F, foi significativo o efeito da interação entre os fatores (S x DN) sobre a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nos tecidos do caule da mamoneira (Tabela 3). Constata-se, com as equações de regressão (Figura 8B), haver resposta quadrática para todas as doses de nitrogênio fornecidas às plantas, tendo-se obtido aumento na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nos tecidos caulinar, quando foram realizadas irrigações com níveis de salinidade da água de até 2,2; 3,9; 2,2 e  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente, para as plantas submetidas à adubação com doses de 70; 100; 130 e 160% de N. A avaliação da relação sódio e potássio na nutrição mineral é importante por indicar a habilidade das plantas em absorver seletivamente os macronutrientes catiônicos, especialmente  $\text{K}^+$ , uma vez que esta relação indica o grau de seletividade da espécie na absorção e compartimentalização desses íons em seus tecidos (FLOWERS, 2004). Para Greenway e Munns (1980) as plantas tolerantes apresentam baixas relações  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  no floema e no citoplasma e elevadas no vacúolo, em decorrência da baixa seletividade do tonoplasto ao sódio. Por sua vez, Schachtman e Liu (1999), citam a existência de múltiplos sistemas de absorção com diferentes seletividades para  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  o que pode refletir a necessidade da planta para coordenar o influxo desses cátions.



**Figura 8.** Relação Na/K nas folhas-  $Na/K_{folha}$  (A) e no caule-  $Na/K_{caule}$  (B) em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e doses de adubação nitrogenada - DN aos 120 dias após a semeadura

No que diz respeito à relação  $Na^+/K^+$  determinada para os tecidos das raízes verificou-se efeito significativo para o fator níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 3). Observa-se, a partir dos estudos de regressão, que o modelo que se ajustou ao comportamento desta variável foi o quadrático (Figura 9), constatando-se que, com o aumento do aporte de sódio pelas raízes das plantas cultivadas sob níveis de salinidades diferentes (Figura 6A) houve um aumento acentuado da relação deste íon com o potássio, obtendo-se o máximo valor para esta relação nos tecidos das raízes (1,378) das plantas que estavam sob irrigação com água de 3,7  $dS\ m^{-1}$ , decrescendo posteriormente a partir deste nível de CEa. Conforme Grattan e Grieve (1999), a manutenção de baixas relações sódio e potássio nos diferentes órgãos das plantas, fato este não constatado no presente trabalho, tem sido considerada uma característica adaptativa das plantas para a manutenção do crescimento em ambientes salinos, haja vista permitir que as células realizem suas principais funções em níveis próximos ao da normalidade das plantas. De acordo com Schoreder et al. (1994) em ambientes salinos onde o  $Na^+$  predomina em relação ao  $K^+$ , a exigência nutricional da planta em relação a este último pode ser prejudicada sugerindo ser semelhante o mecanismo de absorção desses cátions.



**Figura 9.** Relação Na/K nas raízes em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa aos 120 dias após a semeadura (DAS)

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os teores de sódio e cloro aumentam com o incremento da salinidade da água de irrigação em todas as partes da planta, sendo os teores de cloro maiores que o de sódio;
2. Os maiores teores de potássio nos tecidos das raízes e das folhas foram obtidos com salinidade da água de 0,3 e 2,2 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente;
3. A irrigação com água de CEa de até 3,7 dS m<sup>-1</sup> promove aumento na relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> nos tecidos das raízes;
4. Os níveis de salinidade da água de irrigação e as doses de adubação nitrogenada testadas não influenciam o teor foliar de nitrogênio;
5. A aplicação das doses de adubação nitrogenada resulta em elevação dos teores foliar de cloro e redução nos teores foliar de fósforo e potássio;
6. A interação entre salinidade da água versus doses de nitrogênio interfere, de forma significativa, na relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> para os tecidos do caule e das folhas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HARBI, A. R. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 7, p. 1403-1416, 1995.

ALMEIDA JUNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, v. 22, n.1, p. 217-221, 2009.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 504p. Embrapa Informação Tecnológica.

CASTILLO, E.G.; TUONG, T. P.; ISMAIL, A. M.; INUBUSHI, K. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and ionic stresses. **Plant Production Science**, v.10, n.2, p.159-170, 2007.

CLARKE, S. M.; EATON-RYE, J. J. Amino acid deletions in loop C of the chlorophyll a-binding protein CP47 alter the chloride requirement and/or prevent the assembly of photosystem II. **Plant Molecular Biology**, v.44, n.5, p.591-601, 2000.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368 p.

COSTA, D. M. A.; MELO, H. N. S.; FERREIRA, S. R.; DANTAS, J. A. Conteúdo de N, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> no amaranto (*Amaranthus spp*) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.2, p.209-216, 2008.

DEL AMOR, F. M.; RUIZ-SÁNCHEZB, M. C.; MARTÍNEZA, V.; CERDÁA, A. Gás Exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 9, p.1315-1325, 2000.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Kunth

ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1499-1505, 2009.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G. de; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P de T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.11, p.1613-1619, 2002.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.6 sistema de análises estatísticas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003.

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

FLORES, H.E. Polyamines and plant stress. In: LASCHER, R. G.; CUMMING, J. R. **Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms**. New York: Wiley-liss p.217-239, 1990.

FLORES, P. BOTELLA, M.A.; MARÍNEZ, V.; CERDA, A. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: Nitrate uptake and reduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.1, p.177-187, 2002.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

GORHAM, J. TOMAR, O.S.; WYN JONES, R.G. Salinity induced changes in the chemical composition of *Leucaena leucocephala* and *Sesbania bispinosa*. **Journal of Plant Physiology**, v.132, n.66, p. 678-682, 1988.

GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**,v.78, n.1, p.127-157, 1999.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, s.n, p.149-190, 1980.

HARLING, H.; CZAJA, L. SCHELL, J.; WALDEN, R. A plant cation-chloride co-transporter promoting auxin-independent tobacco protoplast division. **EMBO Journal**, v.16, n.19, p.5855-5866, 1997.

LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S. de; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, T. J.; BEZERRA, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.18, n.4, p.455-465, 2006.

LIN, C.C.; HSU, Y.T.; Kao, C.H. The effect of NaCl on proline accumulation in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v.36, n.1, p. 275-285, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, p.319, 1997.

MOSHKIN, V. A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V. A. (ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986.

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

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.929-937, 2011.

NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.

OGAWA, K.; SOUTOME, R.; HIROYAMA, K.; HAGIO, T.; IDA, S.; NAKAGAWA, H.; KOMAMINE, A. Co-regulation of nitrate reductase and nitrite reductase in cultured pinach cells. **Journal of Plant Physiology**, v.157, n.3, p.299-306, 2000.

PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ANTUNES, P. D. Teores foliares de nutrientes em mamoneiras (*Ricinus communis* L.) adubadas com doses variadas de NPK em solo de chapada da bacia do Rio Jequitinhonha. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.1, p.224-231, 2008.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove *Bruguiera parviflora* grown under hydroponic culture. **Journal of Plant Physiology**, v.161, n.8, p. 921-928, 2004.

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

ROSOLEM, C. A. Interação de potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L.; **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, p. 239-256, 2005.

SANTOS, P. R. dos; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. **Revista Ceres**, v. 56, n.5, p. 666-678, 2009.

SAQIB, M.; AKHTAR, J.; QURESHI, R.H. Na<sup>+</sup> exclusion and salt resistance of wheat (*Triticum aestivum*) in saline-waterlogged conditions are improved by the development of adventitious nodal roots and cortical root aerenchyma. **Plant Science**, v.169, n.1, p.125-130, 2005.

SCHACHTMAN, D.; LIU, W. Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. **Trends in Plant Science**, v.4, n.7, p. 281-287, 1999.

SCHROEDER, J. I.; WARD, J. M.; GASSMANN, W. Perspectives on the physiology and structure of inward-rectifying K<sup>+</sup> channels in higher plants: Biophysical implications for K<sup>+</sup> uptake. **Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure**, v. 23, s.n., p.441-471, 1994.

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, p.147-157, 2008.

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

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, F. L. B. da; LACERDA, C. F. de; SOUSA, G. G. de; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L. da; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.383-389, 2011.

SILVA, J. V. **Efeitos do CaCl<sub>2</sub> no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas com NaCl**. 103 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará, 1998.

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

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n.3, p. 503-527, 2003.



VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo**. 96 p. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

ZHOU, W.; SUN, Q.; ZHANG, C.; YUAN, Y.; ZHANG, J.; LU, B. Effect of salt stress on ammonium assimilation enzymes of the roots of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. **Acta Botanica Sinica**, v.46, n.8, p.921-927, 2004.