

COMPONENTES DE CRESCIMENTO DA MAMONEIRA CULTIVADA COM ÁGUAS SALINAS E DOSES DE NITROGÊNIO

LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES¹; REGINALDO GOMES NOBRE²; HANS RAJ GHEYI³; GEOVANI SOARES DE LIMA¹; ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA¹; SAULO DA SILVA SOARES¹

¹Graduando em Agronomia – Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, Pombal, PB, Brasil, laurispo@hotmail.com; geovanisoareslima@gmail.com; alexsandro.vip@hotmail.com; saulo20-@hotmail.com;

²Engenheiro Agrônomo – Doutor – Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, Pombal, PB, Brasil, Bairro Jardim Rogério, Rua Newton Seixas, 333, CEP: 58840-000, Pombal, PB, Fone: (83) 9934-7231, rgomesnobre@yahoo.com.br

³ Engenheiro Agrônomo – Doutor – Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil, hans@pq.cnpq.br

1 RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio sobre variáveis de crescimento da mamoneira cv. BRS Energia em experimento conduzido em lisímetros sob condições de campo no CCTA/UFCG, entre os meses de outubro de 2010 e fevereiro de 2011, usando delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,4 - controle; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹) associados a cinco doses de adubação nitrogenada (50; 75; 100; 125 e 150% da dose recomendada para ensaio). O número de folhas, a área foliar, a altura de planta, a fitomassa seca das folhas e da parte aérea da mamoneira cv. BRS Energia são afetados negativamente e de forma linear pelo aumento da salinidade da água a partir de 0,4 dS m⁻¹. As características mais afetadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação foram às taxas de crescimento absoluto e relativo do diâmetro caulinar. A aplicação de doses crescentes de nitrogênio reduziu o efeito da salinidade sobre o diâmetro de caule e fitomassa seca da parte aérea da mamoneira cv. BRS Energia.

Palavras-Chave: *Ricinus communis* L.; condutividade elétrica; biocombustíveis

SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; de LIMA, G. S. da SILVA, A. O.; SOARES, S. da S. GROWTH COMPONENTS OF CASTOR BEAN CULTIVATED WITH SALINE WATER AND DOSES OF NITROGEN

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different salinity levels of irrigation water and nitrogen on growth variables of the castor bean cv. BRS Energy in an experiment conducted in lysimeters under field conditions at CCTA / UFCG, during the months of October 2010 and February 2011, using a randomized block design with three replications. Treatments consisted of five levels of salinity of irrigation water - EC_w (0.4 - control, 1.4, 2.4, 3.4 and 4.4 dS m⁻¹) associated with five doses of nitrogen (50, 75, 100, 125 and 150% of

the recommended dose. The number of leaves, leaf area, plant height, dry biomass of leaves and shoots of castor bean cv. BRS Energy are affected negatively and linearly by salinity of irrigation water starting from 0.4 dS m⁻¹. The characteristics most affected by increasing salinity were the absolute and relative growth rate of diameter of stem. The application of increasing doses of nitrogen reduced the effect of salinity on stem diameter and shoot dry weight of the castor bean cv. BRS Energy.

Keywords: *Ricinus communis* L.; electric conductivity; biofuels

3 INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de elevado valor socioeconômico no Nordeste brasileiro, devido possuir características de xerofilismo e heliofilismo, além de boa adaptação a distintas condições de solo e manejo de cultivo, cujos produtos e subprodutos são utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, além da possibilidade, do óleo extraído de suas sementes, ser usado como bicomcombustível (Souza Junior et al., 2005). Na descoberta de fontes renováveis de combustíveis e que sejam menos agressivo ao meio ambiente, o óleo da mamona surge como alternativa na substituição dos combustíveis de origem fóssil, pois, além de todas as vantagens técnicas como fonte de energia menos poluente que o diesel, alto teor de óleo nas sementes, entre 48 e 50%, também apresenta inúmeras vantagens econômicas e sociais como: ampliação da renda nos municípios do semiárido, redução do êxodo rural, geração de empregos no campo e na agroindústria, por isso é considerada uma excelente alternativa principalmente na região Nordeste (Andrade et al., 2006).

Conforme Neves et al. (2009) é comum na região semiárida brasileira à utilização de fontes de água com alta concentração de sais, sobretudo de sódio, proporcionando efeitos negativos sobre solos e cultivos. Em consequência a este processo, tem-se a perda da capacidade produtiva dos solos e enormes prejuízos socioeconômicos. O uso destas águas na atividade agrícola deve estar relacionado à tolerância das culturas à salinidade e às práticas de manejo da irrigação e adubação.

A salinidade da água é um dos principais fatores que tem limitado o crescimento e a produtividade de plantas e esta limitação acontece devido à redução da disponibilidade de água às plantas em razão do abaixamento no potencial osmótico da solução do solo e, assim, a planta tende a despendar mais energia para absorver água e nutrientes (Leonardo et al., 2003). Além disso, o estresse salino leva ao desbalanço nutricional uma vez que o excesso de sódio na solução do solo provoca distúrbio na absorção de nutrientes, afetando as concentrações de nutrientes, como o Ca, Mg e K na planta (Viana et al., 2001).

O efeito osmótico e a toxicidade de íons nas culturas têm sido estudados em diversas partes do mundo, porém a contribuição de cada um desses fatores na restrição do crescimento vegetal ainda exige pesquisas. Conforme Ashraf & Harris (2004) 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. De acordo com Fageria (1989), o mais importante mecanismo para regular o estresse osmótico, talvez seja a absorção seletiva de íons, pois plantas tolerantes possuem a capacidade de retirar nutrientes essenciais da solução salina, onde a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é maior.

Entre as principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade dos cultivos, destaca-se o suprimento nutricional, sendo o nitrogênio o macronutriente exigido em maior quantidade (Lavres Júnior et al., 2005), em razão de participar na formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas (Flores et al., 2001).

A mamoneira é uma planta que necessita ser cultivada em solos muito férteis para que atinja boa produtividade, mas o conhecimento científico sobre o uso de fertilizantes em solos com essa cultura é incipiente e carece de aperfeiçoamento e adaptação a diferentes regiões (Severino et al., 2006).

Pelo exposto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação associados a doses de nitrogênio sobre os componentes de crescimento da mamoneira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011, em lisímetros sob condições de campo, em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Pombal, PB. O local possui as seguintes coordenadas geográficas: 6°48'16" S, 37°49'15" W e altitude média de 144 m; sendo o clima da região, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (Coelho & Soncin, 1982), do tipo BSh, que representa clima semiárido quente e seco, com precipitação média de 750 mm ano⁻¹, e evaporação média anual de 2.000 mm.

A pesquisa foi instalada em delineamento experimental de blocos casualizados, arrançados em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de um vaso. Os tratamentos resultaram da combinação do fator salinidade da água de irrigação (CEa) em cinco níveis (S₁ - 0,4 - controle; S₂ - 1,4; S₃ - 2,4; S₄ - 3,4 e S₅ - 4,4 dS m⁻¹) associado a cinco doses de adubação nitrogenada (N₁ - 50, N₂ - 75, N₃ - 100, N₄ - 125 e N₅ - 150% da indicação de adubação nitrogenada (100 mg kg⁻¹) para ensaio em vaso conforme Novais et al. (1991) correspondendo a 4,44 g de uréia e 16,67 g de fosfato monoamônio por vaso). Da adubação com N, 1/3 foi aplicado em fundação e os 2/3 restantes foram parcelado em cinco vezes, sendo aplicados em intervalos de 11 dias a partir de 24 dias após a semeadura (DAS).

As águas de diferentes condutividades elétricas foram obtidas a partir da adição de cloreto de sódio (NaCl) a água de abastecimento local, cuja quantidade (Q) foi determinada pela equação $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa}$, conforme Richards (1954), em que a CEa (dS m⁻¹) representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. As respectivas águas eram acondicionadas em tonéis plásticos de 200 L de capacidade.

Usou-se a cultivar BRS Energia de mamoneira, com sementes cedidas pela Embrapa Algodão. Conforme Silva et al. (2009) trata-se de um material genético vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade e porte baixo. Para Milani (2010) este material genético possui ciclo de 120 a 150 dias, frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade média de 1.800 kg ha⁻¹.

Nesse estudo, foram utilizados, recipientes plásticos de 100 L de capacidade, preenchidos com 2 kg de brita (nº zero) a qual cobria a base do recipiente mais 107,8 kg de material de solo (Neossolo Regolítico Eutrófico tipo franco-arenoso), não salino e não sódico, coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Pombal - PB, cujas

características físico-químicas (Tabela 1) foram determinadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFMG, segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997). Na parte inferior de cada lisímetro existiam furos para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos um microtubo (1 cm de diâmetro) conectando sua base a uma garrafa plástica (2 L de capacidade) para acompanhamento do volume drenado e estimativa do consumo de água pela cultura.

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

Característica	Valor
Classificação textural	Areia Franca
Densidade aparente – kg dm ⁻³	1,31
Porosidade - m ³	48,22
Complexo sortivo (cmol_c kg⁻¹)	
Cálcio (Ca ²⁺)	7,50
Magnésio (Mg ²⁺)	5,15
Sódio (Na ⁺)	0,29
Potássio (K ⁺)	0,29
Extrato de saturação	
pH _{ps}	7,33
CE _{es} – dS m ⁻¹	0,53
Cloro (Cl ⁻) (mmol _c L ⁻¹)	3,75
Carbonato (CO ₃ ²⁻) (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) (mmol _c L ⁻¹)	2,00
Sulfato (SO ₄ ²⁻) (mmol _c L ⁻¹)	0,89
Cálcio (Ca ²⁺) (mmol _c L ⁻¹)	1,87
Magnésio (Mg ²⁺) (mmol _c L ⁻¹)	1,25
Sódio (Na ⁺) (mmol _c L ⁻¹)	2,51
Potássio (K ⁺) (mmol _c L ⁻¹)	0,49

Com base nos resultados da análise do solo realizou-se a adubação básica aplicando 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de sulfato de potássio e 2.200 g (equivalente a 2%) de vermicomposto (6,3 g de N kg⁻¹, 1,28 g de P kg⁻¹ e 0,53 g de K kg⁻¹) por vaso, visando melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de forma a aumentar a capacidade de retenção e infiltração de água no solo.

Antes da semeadura, determinou-se o volume de água necessária para o solo atingir a capacidade de campo, através do método de saturação por capilaridade seguida por drenagem livre e aplicando água conforme tratamentos. Foram semeadas, em 28 de outubro de 2010, dez sementes de mamona por vaso a 0,02 m de profundidade e distribuídas de forma equidistante, sendo os vasos distribuídos em fileiras simples espaçados de 0,9 m e 0,7 m entre plantas dentro da fileira.

A emergência das plântulas teve início no sexto DAS e continuou até o décimo terceiro DAS, sendo realizado aos 14 DAS o primeiro desbaste, deixando-se 4 plântulas por parcela, as que apresentavam melhor vigor. Aos 21, 35 e 46 DAS realizou-se novos desbastes onde se eliminou em cada um, uma planta por vaso.

Aos 29 e 37 DAS, ou seja, período inicial da emissão das flores, foram realizadas adubações foliares com Albatroz (N - 10%, P₂O₅ - 52%, K₂O - 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.

As irrigações foram realizadas diariamente ao final da tarde (17 h), conforme tratamentos e com volume de água de 700 mL por vaso até o sexto DAS e posteriormente, aplicou-se um volume com base no balanço de água na zona radicular e considerando uma fração de lixiviação de 10%.

Durante a condução do experimento foram realizados os seguintes tratamentos culturais: tutoramento das plantas, eliminação manual das plantas daninhas e escarificação superficial do solo, antes de cada irrigação, além de duas pulverizações ao longo da condução com VERTIMEC® 18 EC (0,5 g L⁻¹) - produto indicado para controle preventivo de insetos.

Para análise do efeito dos tratamentos sobre o crescimento da mamoneira foram mensurados aos 88 DAS, o número de folhas (NF), a área foliar (AF), o diâmetro do caule (DC) e a altura de planta (AP); no período de 35 a 67 DAS determinou-se a taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc) para diâmetro caulinar e aos 46 DAS determinou-se as fitomassas seca de caule (FSC), de folhas (FSF), da parte aérea (FSPA) e de raiz (FSR).

Na quantificação do NF foram consideradas as com comprimento mínimo de 3 cm e que apresentavam no mínimo 50% de sua área fotossinteticamente ativa; a AP foi obtida mensurando-se a distância entre o colo da planta e a inserção do racemo primário e o DC foi medido a 5 cm do colo da planta. A área foliar foi obtida de acordo com a metodologia de Wendt (1967) conforme a Eq 1:

$$\log (y)=\Sigma \{[-0,346]+ [2,152\times\log (x)]\} \quad (1)$$

em que, y - área foliar (cm²), x - medida do comprimento da nervura principal da folha (cm).

O período de avaliação (35 a 67 DAS) foi escolhido em função de ser a época de maior emissão de racemos assim como, fez-se em função do diâmetro, devido sua importância na sustentação da planta e dos racemos. A TCAdc e a TCRdc foram determinada de acordo com metodologia descrita por Benincasa (2003).conforme Eq 2 e 3.

$$TCAdc = \frac{(DC_2 - DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

$$TCRd = \frac{(\ln DC_2 - \ln DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

Em que:

TCAdc = taxa de crescimento absoluto em diâmetro do caule (mm dia⁻¹)

DC₁ = diâmetro caulinar da planta no tempo t₁ (mm)

DC₂ = diâmetro caulinar da planta no tempo t₂ (mm)

TCRdc = Taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (mm mm⁻¹ dia⁻¹).

ln = logaritmo natural

Para avaliação das fitomassas seca, separaram-se as distintas partes da planta (caule, folhas) em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e na sequência o material foi colocado em estufa de circulação forçada para secar a uma temperatura de 65 °C por 72 horas. Após secagem todo o material foi pesado em balança analítica e assim determinou-se fitomassa seca das folhas, de caule, da parte aérea. As raízes das plantas foram coletadas

mediante o arranquio e consideraram-se somente a raiz pivotante, posteriormente foi realizada a lavagem do material de cada parcela sobre uma peneira com malha de 2,0 mm.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear, quadrática e cúbica utilizando do software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras, MG) (Ferreira, 2003). Em função da homogeneidade dos dados percebidos através dos baixos valores de coeficiente de variação, não foi necessário realizar análise exploratória dos dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 2 que houve efeito significativo do fator níveis de salinidade da água de irrigação sobre o número de folha (NF), a área foliar (AF), o diâmetro de caule (DC), a altura de planta (AP), a taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo do diâmetro caulinar (TCRdc). Em relação à interação entre os fatores (salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada), constata-se haver resposta significativa apenas para o diâmetro de caule, denotando que as doses de nitrogênio comportaram-se de maneira semelhante em diferentes níveis de salinidade da água para as demais variáveis estudadas. Oliveira et al. (2006) estudando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e teores de esterco bovino no crescimento inicial da mamoneira observaram não haver interação entre esses fatores.

Tabela 2. Resultado de teste F para número de folha (NF), área foliar (AF), diâmetro de caule (DC) e altura de planta (AP) aos 88 dias após o semeio (DAS), e taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo do diâmetro caulinar (TCRdc), no período de 35 a 67 dias após semeio, da mamoneira em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

Fonte de Variação	Teste F					
	NF	AF ¹ (cm ²)	DC (mm)	AP (cm)	TCAdc ¹ (mm dia ⁻¹)	TCRdc ¹ (mm g ⁻¹ dia ⁻¹)
Salinidade da água (S)	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	*	*	ns	ns	ns	ns
Reg. Cúbica	*	*	ns	ns	ns	ns
Doses nitrogênio (N)	ns	ns	**	ns	ns	ns
Reg. Linear	-	-	**	-	-	-
Reg. Quadrática	-	-	ns	-	-	-
Reg. Cúbica	-	-	ns	-	-	-
Interação (S x N)	ns	ns	**	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19,49	11,46	7,09	8,70	15,59	16,19

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$

¹ análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{x}

Constata-se na Figura 1A, influência significativa ($p < 0,01$) dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre o NF e conforme equação de regressão, verifica-se comportamento linear decrescente, com decréscimos relativos de 11,76% por incremento unitário da CEa, ou seja, redução de 47,04% (23,43 folhas) nas plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação às sob CEa de 0,4 dS m⁻¹. Conforme Fageria (1989) decréscimos no número de folhas quando as plantas são cultivadas sob estresse salino, ocorrem como forma de adaptação, no sentido de minimizar as perdas de água por transpiração.

Silva et al. (2008) avaliando o efeito do estresse salino sobre a cv. BRS Energia de mamoneira, verificaram aos 80 DAS, decréscimos linear no NF de 7,5% por incremento unitário da CEa e aos 100 DAS às plantas submetidas à CEa de 6,7 dS m⁻¹ tiveram redução no NF de 72,1% em comparação às irrigadas com água de 0,7 dS m⁻¹. Correia et al. (2005) em estudos com outra oleaginosa, ou seja, cultivares de amendoim, verificaram aos 105 DAS redução linear do número de folhas com decréscimo na ordem de 8,0% por incremento unitário da salinidade da água de irrigação. Nery et al. (2009) estudando a cultura do pinhão-manso constataram redução de 9,75% do número de folhas por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

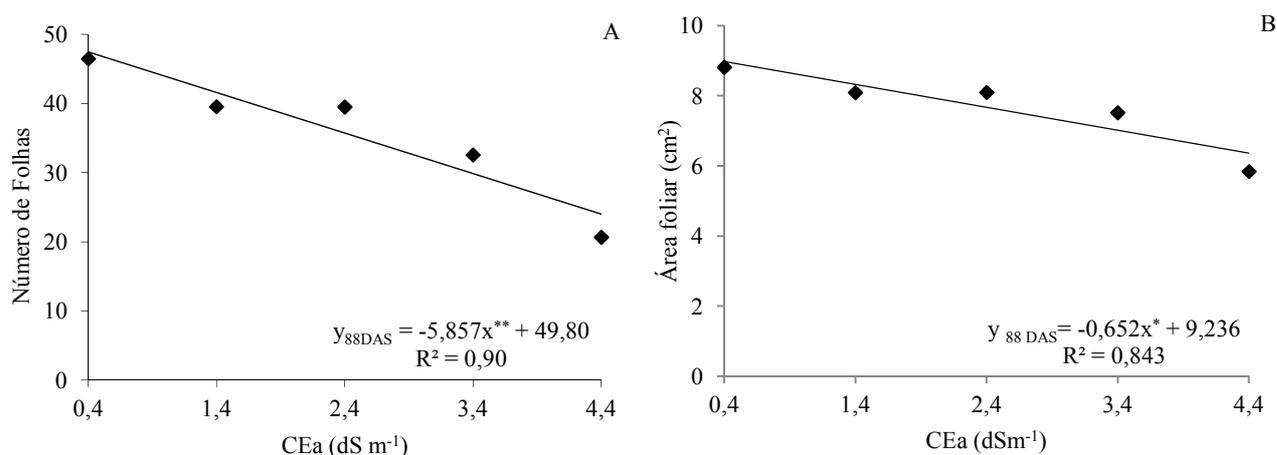


Figura 1. Número de folhas (A) e área foliar (B) da mamoneira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 88 dias após o semeio - DAS.

A área foliar aos 88 DAS foi afetada significativamente ($p < 0,01$) pelo estresse salino (Tabela 2) e conforme estudo de regressão (Figura 1B), o efeito foi linear, havendo decréscimo por aumento unitário da CEa de 7,06%, ou seja, a AF das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação à testemunha tiveram redução de 28,24% (2,61 cm²). Segundo Tester & Davenport (2003), o decréscimo da área foliar das plantas em condições salinas pode estar relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante. Desta forma, a redução da área foliar sob tais condições é importante para a manutenção de elevado potencial hídrico na planta. Estes resultados corroboram com os de Silva et al. (2005) que verificaram, aos 60 DAS, que a área foliar da mamoneira submetida a CEa (variando de 0,70 a 8,70 dS m⁻¹) foi reduzida em mais de 11% por incremento unitário de CEa. Cavalcanti et al. (2005) observaram que a AF da mamoneira BRS Nordestina foi afetada pela salinidade, com decréscimo de 6,55% por aumento unitário

da CEa entretanto eles utilizaram mistura de Ca, Mg e Na na preparação de águas salinas em vez de apenas o cloreto de sódio que é considerado mais prejudicial.

Conforme equações de regressão (Figura 2A) verifica-se efeito linear decrescente sobre o DC das plantas adubadas com 100 e 125% de N, cujos decréscimos foram de 8,44 e 7,14% por incremento unitário da CEa. Em relação às doses de nitrogênio de 50; 75 e 150% o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o quadrático, onde observa-se que, os maiores valores do DC (20,21; 20,90 e 24,55 cm) foram alcançados, respectivamente, com CEa de 1,10; 0,80 e 0,50 dS m^{-1} , entretanto, constata-se que apesar da salinidade crescente da água de irrigação ter promovido decréscimos do DC da mamoneira cv. BRS Energia verifica-se (Figura 2A) que até o nível de CEa de 2,4 dS m^{-1} as doses crescentes de N promoveram menor variação no DC. Conforme Flores et al. (2001), a fertilização nitrogenada além de promover o crescimento das plantas pode também reduzir o efeito da salinidade sobre os vegetais; devido a acumulação desse soluto 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).

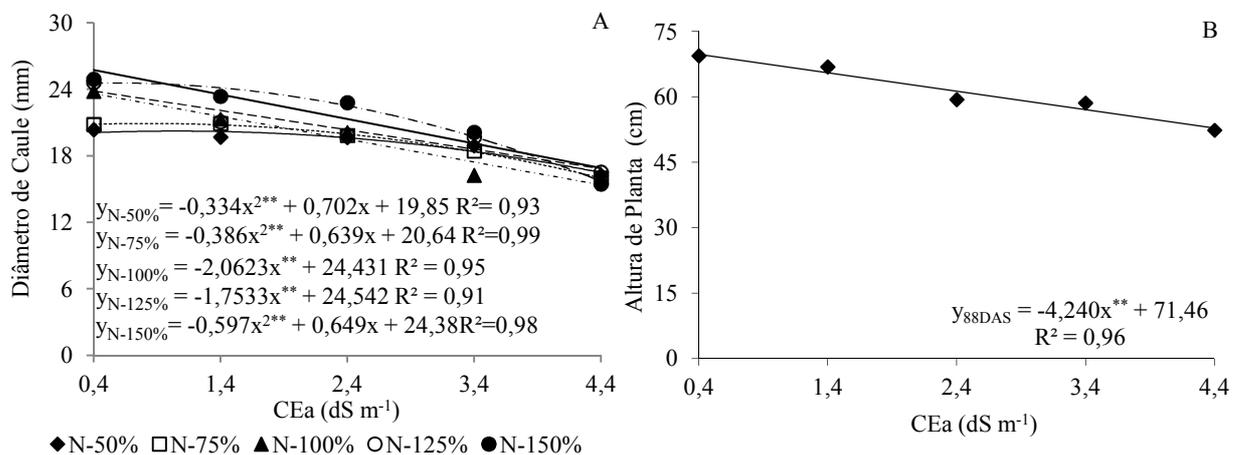


Figura 2. Diâmetro de caule (A) em função da interação entre salinidade da água de irrigação (CEa) e doses de nitrogênio e altura de planta (B) da mamoneira em função da CEa aos 88 dias após o semeio - DAS.

A altura de planta foi afetada significativamente ($p < 0,01$) pela salinidade da água de irrigação e conforme os estudos de regressão (Figura 2B), houve decréscimo linear de 5,93% por aumento unitário da CEa. Comparando as plantas sob CEa de 4,4 dS m^{-1} com as sob 0,4 dS m^{-1} , verifica-se redução na AP de 23,72% (16,96 cm). A inibição do crescimento das plantas pode ter ocorrido devido aos efeitos tóxicos dos sais absorvidos, a baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou a redução do potencial total da água devido ao aumento da concentração salina (Arruda et al., 2002). Segundo Flowers (2004) as plantas sob estresse salino tendem a fechar os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, e contribuindo para redução do crescimento das espécies sob tal estresse.

Corroborando com o presente estudo, Nery et al. (2009) em trabalho com o pinhão-manso, também verificaram redução da AP em função do aumento da CEa, indicando que aos 58 DAS houve decréscimo de 8,6% na AP quando submeteram-se as plantas a salinidade da água de 3,0 dS m^{-1} em relação as plantas cultivadas sob salinidade de 0,6 dS m^{-1} . Vale et al. (2006) verificaram que, quando submeteram o pinhão-manso a níveis crescentes de salinidade

da água de irrigação, em casa de vegetação, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência) a altura foi afetada pela condutividade da água de irrigação, onde as plantas irrigadas com águas de condutividade elétrica variando de 0,06 e 4,2 dS m⁻¹, houve redução da AP de 19,7 para 13,3 cm, correspondendo a cerca de 7,85% por aumento unitário de condutividade elétrica.

Analisando a equação de regressão (Figura 3A) verifica-se comportamento linear, com decréscimos na TCAdc no períodos de 35 a 67 DAS de 14,44% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 57,77% na TCAdc quando se comparam as plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹, em relação à testemunha (0,4 dS m⁻¹). Os resultados obtidos são condizentes com os relatos de Tester & Davenport (2003) de que o estresse salino promove efeitos osmóticos que restringem a disponibilidade hídrica, além de toxicidade e desordens nutricionais, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento de plantas. Nery et al. (2007) verificaram que a TCAdc do pinhão-manso, também foi reduzida linearmente com o incremento da salinidade da água de irrigação.

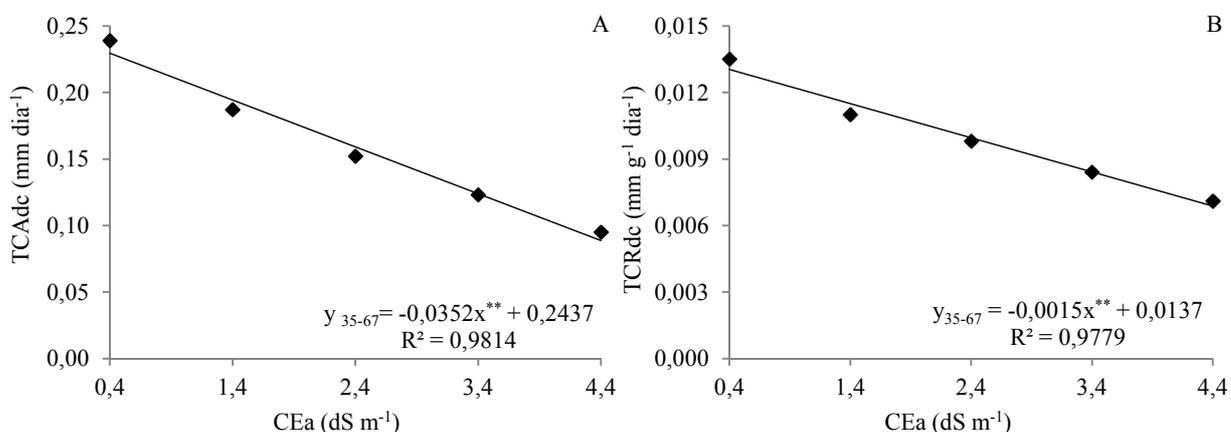


Figura 3. Taxa média de crescimento absoluto - TCAdc (A) e relativo - TCRdc (B) para diâmetro caulinar da mamoneira, durante o período de 35 a 67 dias após o semeio - DAS em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa.

A salinidade crescente da água de irrigação também proporcionou decréscimo linear na TCRdc (Figura 3B) onde vê-se redução de 10,95% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 43,8% na TCRdc das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação à 0,4 dS m⁻¹. De acordo com Arruda et al. (2002) plantas cultivadas sob estresse salino podem ter o crescimento inibido devido os efeitos tóxicos dos sais absorvidos ou pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura, que tendem a reduzir a quantidade de água e nutrientes absorvidos e como consequência, a capacidade das plantas crescerem e desenvolverem é afetada negativamente.

Conforme os resultados do teste de F (Tabela 3) vê-se a ocorrência de efeito significativo dos fatores isolados (condutividade elétrica da água de irrigação e doses de nitrogênio) sobre as variáveis, fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e das raízes (FSR) aos 46 dias após o semeio; em relação a fitomassa seca de caule (FSC), foi observado resposta significativa para a interação entre os fatores (salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada).

Constata-se com base nos resultados do teste de F, que a fitomassa seca das folhas da mamoneira variou significativamente ($p < 0,01$) em função dos diferentes níveis de salinidade

da água de irrigação e de acordo com a equação de regressão (Figura 4A) o aumento da CEa promoveu resposta linear decrescente, ocorrendo decréscimo na ordem de 9,18% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 36,74% (6,43 g) na FSF das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação à 0,4 dS m⁻¹. Para Leonardo et al. (2007), em condições salinas ocorre a redução da disponibilidade de água às plantas devido a redução do potencial total da água no solo, e assim, a salinidade impõe um maior gasto de energia nas plantas para a absorção da água e nutrientes e, por consequente, ocorre diminuição na produção matéria seca nas plantas. Sousa et al. (2011) estudando a influência da salinidade da água de irrigação (0,6 a 3,0 dS m⁻¹) sobre o crescimento do pinhão-manso constataram redução de 30% na fitomassa seca de folhas a partir da condutividade elétrica de 1,6 dS m⁻¹ quando comparado a CEa de 3,0 dS m⁻¹.

Tabela 3. Resultado de teste F para fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC), da parte aérea (FSPA) e de raiz (FSR) da mamoneira aos 46 dias após o semeio (DAS) em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

Fonte de Variação	Teste F			
	FSF ¹	FSC ¹	FSPA ¹	FSR ¹
Salinidade da água (S)	**	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	*
Reg. Cúbica	ns	ns	ns	**
Doses nitrogênio (N)	ns	**	ns	ns
Reg. Linear	-	ns	-	-
Reg. Quadrática	-	ns	-	-
Reg. Cúbica	-	**	-	-
Interação (S x N)	ns	*	ns	ns
Bloco	ns	**	ns	ns
CV (%)	16,30	15,54	14,19	35,06

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$

¹análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{x}

De acordo com o teste F, ocorreu efeito significativo ($p < 0,05$) para interação entre salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio sobre a fitomassa seca caulinar aos 46 DAS e segundo as equações de regressão (Figura 4B) observa-se resposta quadrática para a dose 100% de N e se nota que o maior produção de FSC foi obtida com CEa de 1,60 dS m⁻¹, onde as plantas quando submetidas a esse nível possuíam em média 3,38 g, sendo que, CEa inferiores ou superiores a este intervalo promoveram menor FSC. A fertilização nitrogenada além de promover o crescimento das plantas pode também reduzir o efeito da salinidade sobre as plantas (Flores et al., 2001) desde que a quantidade, a característica do adubo usado e a forma de aplicação sejam adequadas ao cultivo. Conforme equações de regressão referentes às doses de 50, 75 e 125% de N (Figura 4B) houve efeito linear e decrescente no fitomassa seca caulinar na ordem de 6,37; 7,53 e 9,25%, respectivamente, por aumento unitário da CEa ou seja, redução de 25,51; 30,13 e 37,03% na FSC das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ quando comparadas as sob CEa de 0,4 dS m⁻¹. Resultados neste sentido foram encontrados por Campos et al. (2010), avaliando a influência da salinidade da água de irrigação (0,5 à 4,5 dS m⁻¹) na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), onde verificaram resposta linear

decrecente da FSC em função do aumento da salinidade da água de irrigação. A dose de 150% de N em função dos distintos níveis de CEa não promoveu efeito significativo sobre a FSC.

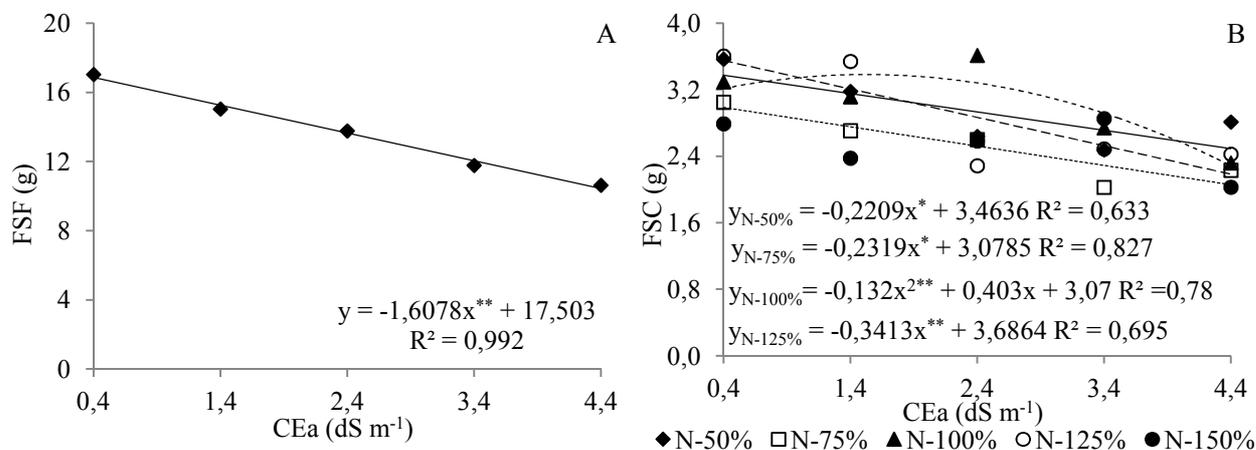


Figura 4. Fitomassa seca das folhas – FSF (A) em função da salinidade da água de irrigação e fitomassa seca caular – FSC (B) em função da interação entre salinidade da água de irrigação (CEa) e doses de nitrogênio aos 46 dias após o semeio - DAS.

Conforme a equação de regressão referente à fitomassa seca da parte aérea (Figura 5A), o modelo linear indica decréscimos de 12,69% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 50,78% (26,25g) na FSPA das plantas submetidas a CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação às irrigadas com água de 0,4 dS m⁻¹. Cavalcanti et al. (2004) avaliando os efeitos da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial da mamoneira, verificaram que, a fitomassa da parte aérea decresceu linearmente com o incremento da CEa além de 0,7 dS m⁻¹, com decréscimo relativo de 6,0% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação.

Analisando a equação de regressão (Figura 5B) referente à fitomassa seca da raiz, constata-se que os dados se adequaram melhor ao modelo quadrático, indicando que a máxima produção de FSR (7,53 g) foi obtida com CEa de 1,50 dS m⁻¹. A partir dos resultados de fitomassa seca das plantas de mamoneira cv. BRS Energia, constata-se que estes decréscimos da fitomassas estão relacionado, possivelmente, a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, como reduções na expansão foliar, biomassa fresca e seca da parte aérea e de raízes (Meloni et al., 2001).

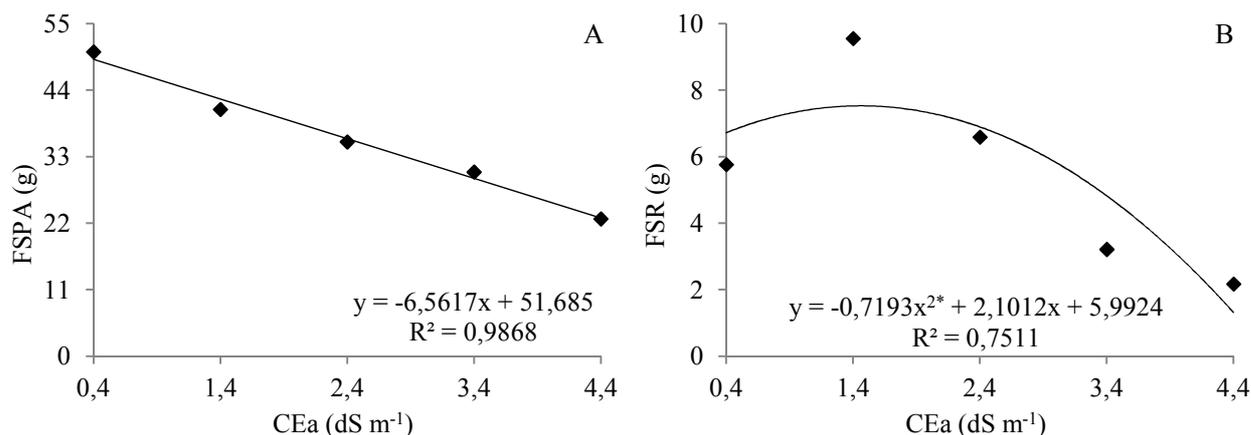


Figura 5. Fitomassa seca da parte aérea - FSPA (A) e de raiz – FSR (B) da mamoneira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa.

6 CONCLUSÃO

1. O número de folhas, a área foliar, a altura de planta, a fitomassa seca das folhas e da parte aérea da mamoneira cv. BRS Energia são afetados linear e de forma negativa pelo aumento da salinidade da água a partir de 0,4 dS m⁻¹; e a maior fitomassa seca de raiz foi obtida sob irrigação das plantas com água de condutividade elétrica igual a 1,50 dS m⁻¹.
2. As características mais afetadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação foram a taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro caulinar da mamoneira cv. BRS Energia.
3. As aplicações de doses crescentes de nitrogênio reduziram os efeitos da salinidade sobre o diâmetro e fitomassa seca caulinar da mamoneira cv. BRS Energia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, T. C. Q. de. et al. Viabilidade técnica e econômica para implantação de uma micro usina de extração de óleo de mamona. **Bahia análise e dados**, Salvador, v.16, n. 1, p. 133-141, 2006.
- ARRUDA, F. P. de. et al. Efeito do estresse hídrico na emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo cv. CNPA 7H. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p. 21-27, 2002.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, Dordrecht, v.166, n.1, p.3-16, 2004.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 41, 2003.
- CAMPOS, V. B. et al. Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 1, p. 041-047, 2009.

CAVALCANTI, M. L. F. et al. Crescimento inicial da mamoneira submetido à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.4 , n.01, 2004.

CAVALCANTI, M. L. F. et al. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: Germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.57-61, 2005.

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

CORREIA, K. G. et al. Crescimento do amendoim irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, Suplemento, p.81-85, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p., 1997.

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

FERREIRA, D. F. SISVAR 4.6 - **Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 32p., 2003.

FLORES, P. et al. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello. v.24, n.10, p.1561-1573, 2001.

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

LAVRES JÚNIOR, J. et al. Deficiência de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v.40, n.2, p.145-151, 2005.

LEONARDO, M. et al.. Estresse salino induzido em plantas de pimentão e seus efeitos na produção de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v.21, p.1-4, 2003.

LEONARDO, M. et al. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Revista Irriga**. Botucatu, v. 12, n. 01, 2007.

MELONI, D.A. et al. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia v.24, p.599–612, 2001.

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

NERY, A. R. et al. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.551–558, 2009.

- NERY, A.R. et al. **Taxas de crescimento do pinhão manso cultivado com água de diferentes níveis de salinidade.** In: WORKSHOP MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2007. Recife. Convivência em Busca da Sustentabilidade: anais... Recife-PE: UFRPE/UFCG. 4 p., 2007.
- NEVES, A.L.R. et al. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.758-765, 2009.
- 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.
- OLIVEIRA, M.K.T. et al. 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**, Mossóro, v.1, n.1, p.68-74, 2006.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**, Washington: U.S, Department of Agriculture, p. 160, 1954.
- SEVERINO, L.S. et AL. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v.41, p.563-568, 2006.
- SILVA, S.M.S. et al. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9 (Suplemento), p.347-352, 2005.
- SILVA, S.M.S. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.335-342, 2008.
- SILVA, S.M.S. et al. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.338-348, 2009.
- SOUZA JUNIOR, S.P. et al. Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS verde sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9 (Suplemento), p.236-241, 2005.
- SOUSA, A. E. C. et al. Crescimento e consumo hídrico de pinhão manso sob estresse salino e doses de fósforo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 310-318, 2011.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v.91, n.3, p.503-527, 2003.

VALE, L. S.; et al . **Efeito da salinidade da água sobre o pinhão manso**. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL. 1, 2006, Brasília. Anais... Brasília: IBPS. Anais. p.87-90. 2006.

VIANA, A.P. et al.. Teores de Na, K, Mg, e Ca em porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.187-191, 2001.

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