

## Comissão 2.4 - Química do solo

# DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE PINHÃO-MANSO IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA<sup>(1)</sup>

Fábio Santos Matos<sup>(2)</sup>, Ednaldo Cândido Rocha<sup>(2)</sup>, Clair Kássio Lamberty Cruvinel<sup>(3)</sup>,  
Rodney Alves Ribeiro<sup>(3)</sup>, Ricardo Pires Ribeiro<sup>(3)</sup> & Camila Faleiro Tinoco<sup>(3)</sup>

### RESUMO

O uso de água salina na irrigação torna-se importante alternativa diante da escassez de água de boa qualidade em todo o mundo. O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) possui baixa exigência hídrica, sobrevive e apresenta produção satisfatória em solos de baixa fertilidade. No entanto, a sua produção é maior em cultivos irrigados, o que reforça a necessidade de desenvolvimento de pesquisas para uso de água salina. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação nas características morfofisiológicas de mudas de pinhão-manso. Para isso, foi conduzido experimento em casa de vegetação com interceptação de 50 % da radiação solar, localizada na Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, Goiás. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 4 L de solo, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. As plantas foram irrigadas diariamente com 150 mL de água não salina, durante os 30 primeiros dias após a germinação das sementes. Do 31<sup>o</sup> ao 50<sup>o</sup> dia, as plantas foram submetidas a quatro tratamentos: plantas diariamente irrigadas com água de condutividade elétrica igual a 0,5; 8; 16 e 24 dS m<sup>-1</sup>. Aos 50 dias após a germinação, analisaram-se as seguintes características nas mudas de pinhão-manso: número de folhas; altura de planta; diâmetro de ramo; teor relativo de água; área foliar; clorofila total; razões de massa radicular, massa caulinar, massa foliar e parte aérea/sistema radicular; e biomassa total. Os resultados evidenciaram que as mudas de pinhão-manso irrigadas com água de condutividade elétrica  $\leq 8$  dS m<sup>-1</sup> não apresentaram redução do crescimento vegetativo. Todavia, a água de irrigação com condutividade elétrica  $\geq 16$  dS m<sup>-1</sup> causou redução no crescimento vegetativo e elevou a senescência e abscisão foliar. Água com condutividade elétrica  $< 8$  dS m<sup>-1</sup> pode ser utilizada para irrigar plantas de pinhão-manso na fase de mudas.

**Termos de indexação:** condutividade elétrica, tolerância à salinidade, irrigação, *Jatropha curcas* L.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 15 de fevereiro de 2012 e aprovado em 17 de abril de 2013.

<sup>(2)</sup> Docente de Nível Superior, Universidade Estadual de Goiás - UEG. Rodovia: GO 330, km 241, Anel Viário, s/n. CEP 75780-000 Ipameri (GO). E-mail: fabio.agronomia@hotmail.com; ednaldorocha@yahoo.com.br

<sup>(3)</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, UEG. E-mail: kassiolamberty@gmail.com; rodney\_710@hotmail.com; ricardoprribeiro0@hotmail.com; milafaleiro@gmail.com

## SUMMARY: DEVELOPMENT OF JATROPHA SEEDLINGS UNDER SALINE IRRIGATION

*The use of saline irrigation water is an important alternative in view of the lack of good water quality throughout the world. The water requirement of jatropha (*Jatropha curcas* L.) is low, and the species survives and produces satisfactory yields in low-fertility soils. However, yields are higher in irrigated crops, indicating the need of studying the possibility of using saline irrigation water. This study aimed to evaluate the effect of different salinity levels of irrigation water on the morphological and physiological characteristics of jatropha seedlings. The greenhouse experiment was conducted with an interception of 50 % of solar radiation, at the State University of Goiás, Ipameri, Goiás. The experiment was conducted in 4 L pots filled with soil in a completely randomized design, with four treatments and five replications. The plants were irrigated daily with 150 mL of sweet water for the first 30 days after germination. From the 31<sup>st</sup> to the 50<sup>th</sup> day plants were subjected to four treatments: daily irrigation with water of electrical conductivity of 0.5, 8, 16, and 24 dS m<sup>-1</sup>. Fifty days after germination, the following characteristics of the jatropha seedlings were analyzed: number of leaves, plant height, branch diameter, relative water content, leaf area, total chlorophyll ratio, root mass, stem mass ratio, leaf mass ratio, shoot / root ratio, and total biomass. The results showed no reduction in vegetative growth in jatropha seedlings irrigated with water with electrical conductivity ≤ 8 dS m<sup>-1</sup>. However, irrigation water with electrical conductivity ≥ 16 dS m<sup>-1</sup> caused a reduction in vegetative growth and increased senescence and leaf abscission. Water with electrical conductivity < 8 dS m<sup>-1</sup> can be used to irrigate *Jatropha* plants in the seedling stage.*

*Index terms: electrical conductivity, salinity tolerance, irrigation, *Jatropha curcas* L.*

## INTRODUÇÃO

O incremento dos níveis dos gases de efeito estufa, notadamente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera terrestre, tem intensificado a busca por combustíveis renováveis, como o biodiesel, visando reduzir o consumo de combustíveis fósseis (Matos et al., 2009). A busca por uma alternativa energética aos combustíveis fósseis requer a avaliação de fontes renováveis e de baixo impacto sobre o meio ambiente.

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados do petróleo e gás natural em motores de combustão ou em outro tipo de geração de energia (ANP, 2010). Os biocombustíveis poluem menos por emitirem menos poluentes que os combustíveis fósseis no processo de combustão dos motores e também porque seu processo de produção tende a ser mais limpo. As principais matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil são soja, sebo bovino e algodão, com contribuições de 83,8, 14,4 e 0,32 %, respectivamente, sendo os outros materiais graxos responsáveis por apenas 2,48 % da produção (ANP, 2012). Portanto, existe a necessidade de diversificar a produção de matéria-prima para produção de biodiesel por meio da introdução de espécies promissoras, como o pinhão-mansão.

O pinhão-mansão é uma oleaginosa originária da América Central, considerada planta rústica e adaptada às diversas condições edafoclimáticas (Dias et al., 2007; Tominaga et al., 2007). Trata-se de uma espécie de grande potencial econômico, sobretudo por suas sementes constituírem matéria-prima para a

produção de óleo para biodiesel. Essa característica tem contribuído para o aumento da exploração comercial dessa cultura. O pinhão-mansão é uma espécie decídua que apresenta queda das folhas na estação seca e, ou, sob baixas temperaturas, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas e temperaturas superiores a 10 °C, sendo considerada uma espécie xerófila, com forte resistência à seca (Saturnino, 2005; Matos et al., 2012). Essa espécie apresenta baixa exigência hídrica, sobrevive em condições de baixa precipitação pluvial e adapta-se bem a diversas condições de calor, luminosidade e aridez. Contudo, o máximo potencial produtivo será alcançado com uso de irrigação, precisando ser pesquisada a possibilidade de seu cultivo em condições de salinidade.

Dessa forma, o uso de água salina na irrigação do pinhão-mansão pode ser importante alternativa diante da escassez de água de boa qualidade. A qualidade de muitas fontes hídricas é baixa, principalmente as águas de poços e reservatórios superficiais. Por conter sais solúveis, a água utilizada em irrigações periódicas acarreta incorporação de sais ao perfil do solo. Na ausência de lixiviação, o sal se deposita na zona do sistema radicular e na superfície do solo, decorrente da evaporação da água (Veras et al., 2011). A salinidade em solos de regiões áridas e semiáridas expressa preocupação social, econômica e ambiental, uma vez que 932 milhões de hectares no mundo (Rengasamy, 2006) e 4 milhões de hectares no Brasil (Oliveira, 1997) são influenciados por sais.

Nos cultivos irrigados, o estresse salino é a principal causa da redução da produtividade agrícola, com prejuízos variando conforme a sensibilidade da cultura ao teor de sais. Os estresses abióticos representam a

principal causa das baixas produtividades das culturas em nível mundial, reduzindo em mais de 50 % os rendimentos médios para a maioria das principais plantas cultivadas (Wang et al., 2003). A seca e a salinidade estão se tornando generalizadas em muitas regiões e podem causar a salinização severa de mais de 50 % de todas as terras aráveis até o ano 2050 (Wang et al., 2003), interferindo negativamente no crescimento das plantas e na produtividade das culturas (Youssef, 2009). Nas regiões semiáridas e áridas do mundo, os solos salinos representam grandes problemas ambientais e socioeconômicos, por reduzir a renda do produtor e intensificar o fluxo dos agricultores para centros urbanos (Guma et al., 2010).

Nos cultivos irrigados do Nordeste brasileiro, a salinidade de extensas áreas é a principal limitação à produtividade das culturas. A qualidade da água de irrigação associada à evaporação, às temperaturas altas e ao sistema de drenagem das áreas irrigadas inadequado proporciona rápida formação de áreas salinizadas ou alcalinas, impedindo o desenvolvimento de alguns cultivos agrícolas sensíveis ao sal como milho e feijoeiro (Gondim et al., 2010).

Atualmente, pouco se conhece sobre a bioquímica e fisiologia do pinhão-mansó. Não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação. Existem duas grandes preocupações relacionadas ao cultivo dessa espécie. A primeira é que existem poucas informações sobre os aspectos agrônômicos básicos da cultura; e, a segunda, é que o pinhão-mansó é uma espécie silvestre com nenhum grau de melhoramento (Maes et al., 2009). Entretanto, com a possibilidade de uso do óleo do pinhão-mansó para a produção do biodiesel, novas e amplas perspectivas se abrem para o aumento das áreas de seu plantio. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre as características morfofisiológicas de mudas de pinhão-mansó.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido nos meses de setembro e outubro de 2011, em casa de vegetação com interceptação de 50 % da radiação solar, localizada na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 09' 35" W, Alt. 773 m), Ipameri, GO. Essa região possui clima Aw, de acordo com a classificação de Köppen.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Sementes de pinhão-mansó foram semeadas em vasos contendo 4 L de substrato composto por Latossolo Vermelho-Amarelo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. A análise química da mistura revelou os seguintes valores: pH (H<sub>2</sub>O) 6,1;

37 mg dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; 2,4 mg dm<sup>-3</sup> de P; 3,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1) de K; 53 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tampão SMP) de H+Al; 41 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 64 mg dm<sup>-3</sup> de Mn; 0,8 mg dm<sup>-3</sup> de Cu; 53 mg dm<sup>-3</sup> de Fe; 2,5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn; 0,29 mg dm<sup>-3</sup>; 55 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de SB; 108 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC; e 51 % de saturação por bases (Embrapa, 1997). Após análise da composição da mistura, realizaram-se a adubação e correção do pH do substrato, de acordo com recomendações agrônômicas para a cultura do pinhão-mansó (Dias et al., 2007). As plantas foram irrigadas diariamente com 150 mL de água não salina [condutividade elétrica (CEa)=0,5 dS m<sup>-1</sup>], de modo a manter o solo na capacidade de campo durante os 30 primeiros dias após a germinação. Do 31° ao 50° dia, as plantas foram submetidas a quatro tratamentos: plantas diariamente irrigadas com água de CEa=0,5 dS m<sup>-1</sup>; plantas diariamente irrigadas com CEa=8 dS m<sup>-1</sup>; plantas diariamente irrigadas com CEa=16 dS m<sup>-1</sup>; e plantas diariamente irrigadas com CEa=24 dS m<sup>-1</sup>. Adicionou-se NaCl à água de abastecimento local, visando à obtenção de águas com as diferentes condutividades elétricas, cuja quantidade de NaCl (Q) foi determinada pela equação  $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$ , conforme Rhoades et al. (2000), em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. Posteriormente, a condutividade elétrica foi conferida em condutivímetro.

Aos 50 dias após a germinação, quando as mudas de pinhão-mansó geralmente estão aptas ao plantio definitivo no campo, foram analisadas as seguintes variáveis: número de folhas, altura de planta, diâmetro de ramo, teor relativo de água (TRA), área foliar, clorofila total, razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) e biomassa total.

### Teor relativo de água na folha (TRA)

Para obtenção do teor relativo de água, foram retirados cinco discos foliares de 12 mm de diâmetro cada, os quais foram pesados e colocados por 4 h para saturar em placas de petri com água destilada. Em seguida, os discos foram novamente pesados e colocados para secar à temperatura de 70 °C por 72 h, sendo posteriormente obtido o peso de matéria seca, em g. Para calcular o teor relativo de água utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{TRA} = \frac{\text{Massa fresca} - \text{massa seca}}{\text{Massa túrgida} - \text{massa seca}} \times 100$$

### Variáveis de crescimento

A área foliar, a altura de planta e o diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro. Obteve-se o número de folhas a partir da contagem de todas as folhas da planta. As análises destrutivas foram realizadas em seguida, quando folhas, raízes e caules foram separados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa de matéria seca constante e em seguida pesados. Com os

**Quadro 1. Resumo da análise de variância e teste de média do teor relativo de água (TRA), das clorofilas totais (Cl totais), do número de folhas, da altura de plantas, do diâmetro do caule, da biomassa total, da razão de massa radicular (RMR), da razão de massa caulinar (RMC), da razão de massa foliar (RMF), da área foliar e da razão entre parte aérea/sistema radicular (PA/SR) de mudas de pinhão-mansão irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas**

Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		TRA	Cl totais	Nº de folhas	Altura	Diâmetro do caule	Biomassa	RMR	RMC	RMF	Área foliar	PA/SR
Condutividade	3	14,07 <sup>ns</sup>	3,45*	83,12*	96,41*	0,47*	34,15*	0,008*	0,015*	0,031*	294450,45*	2,98*
Resíduo	16	5,50	0,82	2,20	9,01	0,02	1,20	0,002	0,004	0,003	3904,38	0,52
CV (%)		2,39	19,95	20,18	22,79	18,88	27,65	16,92	12,28	20,37	21,15	20,60
Condutividade (dS m <sup>-1</sup> )		Média										
0,5		99,00 a	5,38 a	11,60 a	17,98 a	1,10 a	6,35 a	0,18 a	0,44 a	0,38 a	577 a	4,58 a
8		99,00 a	5,22 ab	10,00 a	16,50 a	1,08 a	6,10 a	0,23 ab	0,51 ab	0,26 b	415 b	3,45 ab
16		99,40 a	4,14 ab	4,60 b	8,46 b	0,58 b	1,69 b	0,27 b	0,48 ab	0,25 b	132 c	2,77 b
24		95,80 a	3,60 b	3,20 b	10,70 b	0,54 b	1,72 b	0,24 ab	0,57 b	0,19 b	58 c	3,20 b

\* significativo a 5 % e ns: não significativo pelo teste F. Os valores representam a média aritmética. Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada coluna não diferem entre si, a 5 %, pelo teste de Tukey.

dados de massa de matéria seca, calculou-se a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) e biomassa total.

### Pigmento fotossintético

Para a determinação da concentração da clorofila total, foram retirados discos foliares de área conhecida (1,2 cm de diâmetro) e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, foi feita a extração em banho-maria a 65 °C por 1h. Alíquotas foram retiradas para leitura espectrofotométrica a 490, 646 e 663 nm. O conteúdo de clorofila *a* (Cl *a*) e clorofila *b* (Cl *b*) foram determinados, seguindo a equação proposta por Wellburn (1994).

### Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e, nos casos em que o teste F foi significativo, realizou-se o teste de Tukey para comparação múltipla das médias dos tratamentos (ambos com  $p < 0,05$ ). Adicionalmente, procedeu-se à análise de regressão linear ou quadrática, cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi obtido pela divisão da soma de quadrados da regressão pela soma de quadrados de tratamento. Essas análises estatísticas foram conduzidas utilizando o *software* SISVAR 5.3 (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS

### Teor relativo de água

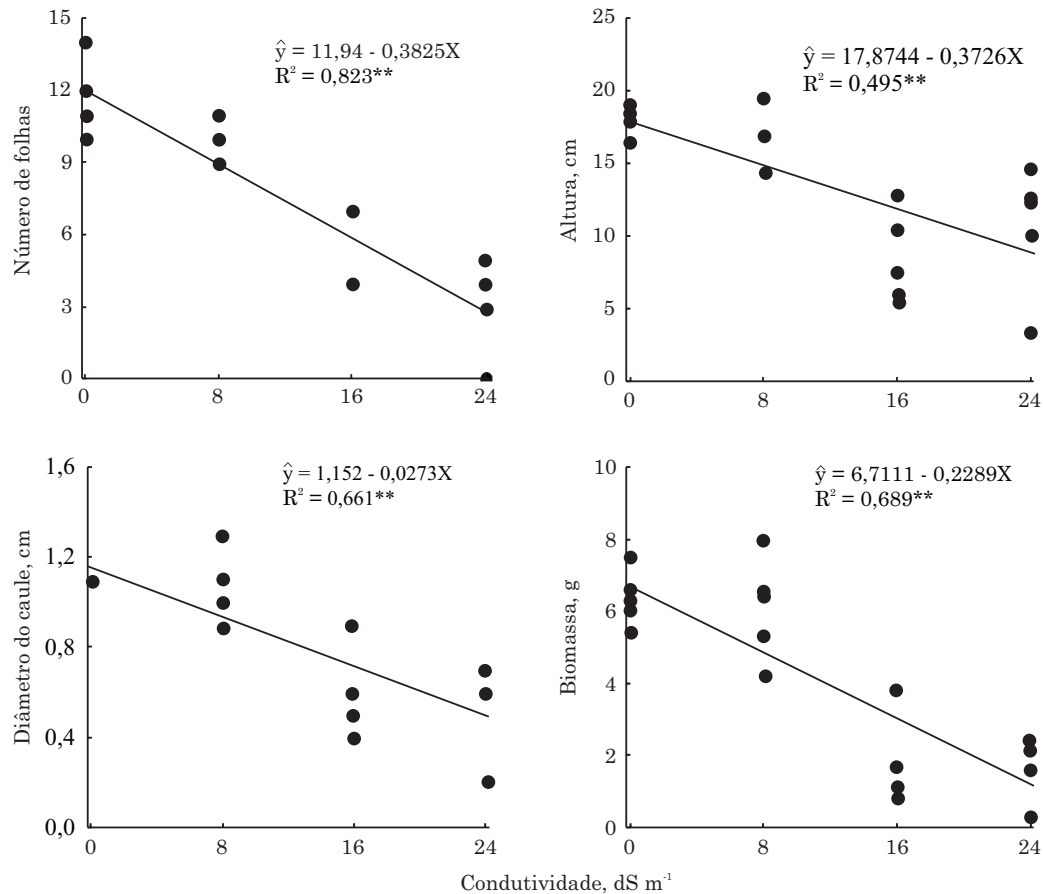
A análise de variância e o teste de médias para todas as variáveis analisadas encontram-se no

quadro 1. Independentemente da condutividade elétrica, o teor de água na folha pouco variou. O teor relativo de água na folha foi, em média, somente 3 % menor em plantas irrigadas com  $CEa=24 \text{ dS m}^{-1}$ , quando comparado com plantas irrigadas com  $CEa=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , variando de 99 a 95,8 %. De maneira geral, o teor relativo de água decresceu suavemente com o aumento da  $CEa$ .

### Variáveis de crescimento

O número de folhas, a altura de planta, o diâmetro do caule e a biomassa total apresentaram decréscimo à medida que a condutividade elétrica da água aumentou (Figura 1). O número de folhas apresentou redução de 63 % quando comparada a média de plantas irrigadas com  $CEa=0,5$  e  $8 \text{ dS m}^{-1}$  com a média de plantas irrigadas com  $CEa=16$  e  $24 \text{ dS m}^{-1}$ , principalmente em razão da elevada taxa de senescência e abscisão foliar em plantas irrigadas com  $CEa=16$  e  $24 \text{ dS m}^{-1}$ . A altura da planta e o diâmetro do caule foram reduzidos em 40 e 45 %, respectivamente, quando se comparou a média de plantas irrigadas com  $CEa$  igual a 0,5 e  $8 \text{ dS m}^{-1}$  com plantas irrigadas com  $CEa=16$  e  $24 \text{ dS m}^{-1}$ . A biomassa total apresentou variação de 73 %, quando se fez igual comparação.

A salinidade da água de irrigação alterou o particionamento de biomassa das plantas tratadas (Figura 2). As plantas dos tratamentos irrigados com  $CEa=0,5$  e  $8 \text{ dS m}^{-1}$  alocaram menor percentual de biomassa para o sistema radicular, quando comparadas com as plantas irrigadas com  $CEa=16$  e  $24 \text{ dS m}^{-1}$ , cuja variação foi de 21 %. No entanto, as plantas irrigadas com  $CEa=0,5 \text{ dS m}^{-1}$  particionaram em média 50 % mais biomassa para a folhagem, quando comparadas com as plantas irrigadas com



**Figura 1. Equações de regressão para número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule e biomassa total de plantas de pinhão-manso irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas. \* significativo (0,01 < p < 0,05) e \*\* significativo (p < 0,01).**

CEa=24 dS m<sup>-1</sup>. O particionamento de biomassa para o caule apresentou pequena variação entre os tratamentos, sendo essa significativa apenas entre as condutividades 0,5 e 24 dS m<sup>-1</sup>, em razão do aumento de 30 % na razão de massa caulinar com essa variação na CEa. A razão PA/SR apresentou variação de 30 % quando as plantas irrigadas com CEa=0,5 dS m<sup>-1</sup> foram comparadas com plantas irrigadas com CEa=24 dS m<sup>-1</sup>. Essa razão decresceu com o aumento da CEa.

### Pigmento fotossintético e área foliar

A concentração de clorofilas e a de área foliar decresceram acentuadamente com o aumento da CEa (Figura 3). A concentração de clorofilas totais apresentou redução de 33 %, quando comparada a média de plantas irrigadas com CEa=0,5 e 8 dS m<sup>-1</sup> com a média de plantas irrigadas com CEa=16 e 24 dS m<sup>-1</sup>. As plantas irrigadas com CEa=16 e 24 dS m<sup>-1</sup> apresentaram elevada incidência de senescência e abscisão foliar. A área foliar diferiu entre os tratamentos, ocorrendo variação de 90 %, quando se comparou a média de plantas irrigadas com CEa=0,5 dS m<sup>-1</sup> com a média de plantas irrigadas com CEa=24 dS m<sup>-1</sup>.

### DISCUSSÃO

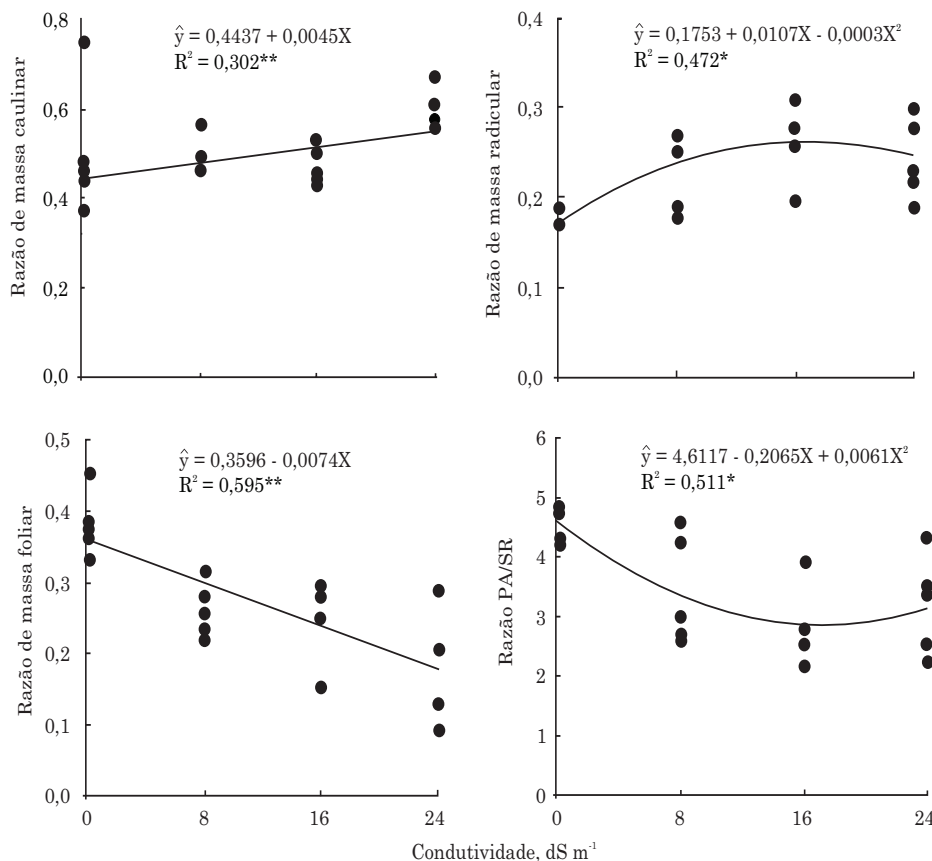
Embora o óleo de pinhão-mansó seja reconhecido como ideal para a produção de biodiesel, podendo substituir parcialmente o diesel convencional de forma sustentável, a espécie continua carente de informação científica. A avaliação confiável do rendimento requer o conhecimento agroclimático e o fisiológico, que ainda não estão disponíveis para a espécie (Trabucco et al., 2010). Pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia do pinhão-mansó, não existindo cultivares definidos; alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação como tolerância à seca e salinidade (Beltrão, 2006).

Independentemente da CEa, as plantas comportaram-se de forma semelhante quanto ao teor relativo de água. O caule suculento funcionando como tampão hídrico associado ao mecanismo de antecipação ao déficit hídrico, típico de plantas isoídricas, contribui para manutenção do elevado conteúdo de água na folha. O pinhão-mansó possui metabolismo fotossintético intermediário C<sub>3</sub>-CAM (Luttge, 2008). A suculência do caule aliado ao

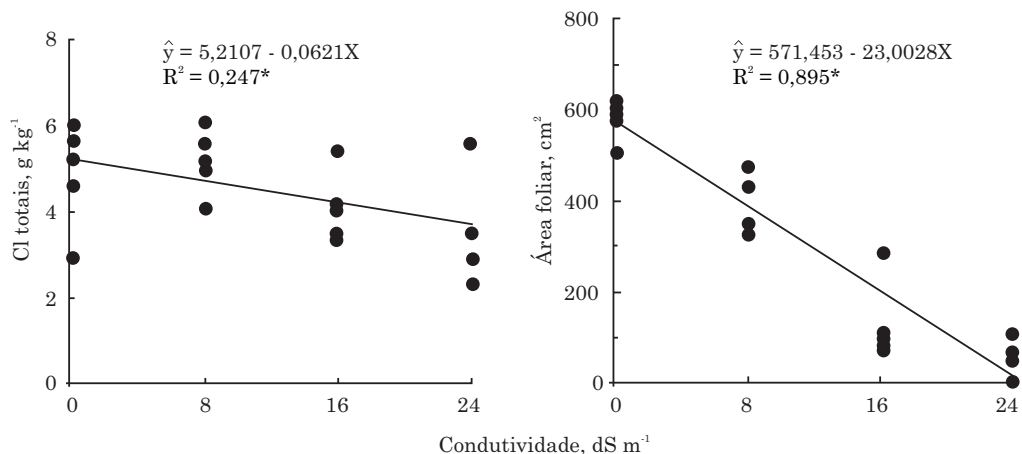
metabolismo C<sub>3</sub>-CAM existente nessa espécie confere elevada tolerância ao déficit hídrico e, ou, salinidade, por manter as folhas hidratadas em condição de baixa disponibilidade de água no solo.

A iniciação e o desenvolvimento do primórdio foliar são dependentes do estado hídrico da planta. O excesso

de solutos reduz a energia livre da água, resultando em menor disponibilidade desse solvente para o metabolismo vegetal, como formação e desenvolvimento de novas folhas. A redução do número de folhas e da área foliar é importante estratégia de tolerância ao estresse salino, por diminuir a superfície



**Figura 2. Equações de regressão para razão de massas caulinar, radicular e foliar e razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) de plantas de pinhão-mansô irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas. \* significativo (0,01<p≤0,05) e \*\* significativo (p≤0,01).**



**Figura 3. Equações de regressão para clorofilas totais e área foliar de plantas de pinhão-mansô irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas. \* significativo (0,01<p≤0,05) e \*\* significativo (p≤0,01).**

transpiratória. A redução da área foliar e, ou, da perda de folhas por abscisão, além de mudanças na expressão gênica, são mecanismos de tolerância ao estresse salino (Vale et al., 2006). A deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico, que caracteriza a seca fisiológica, provoca alterações morfológicas e anatômicas nas plantas a ponto de desbalancear a absorção de água e a taxa transpiratória. Dentre as mudanças morfológicas, as reduções do número e tamanho das folhas são as mais expressivas (Carneiro et al., 2002; Santana et al., 2011). As plantas irrigadas com as duas maiores CEa apresentaram elevado índice de senescência e abscisão foliar. A elevada taxa de degradação de clorofilas, característica típica de folhas senescendo, contribuiu para redução da concentração de clorofilas totais nas folhas de plantas submetidas a elevadas CEa. A degradação de clorofilas é provavelmente resultado da seca fisiológica e, principalmente, do efeito tóxico do sal em elevadas concentrações no tecido vegetal.

A redução da biomassa total em condição de estresse salino é evento comum em diversas espécies (Severino, 2006; Nobre et al., 2011). O menor número de folhas, a menor área foliar, a degradação de clorofilas e a senescência foliar influenciam a taxa de assimilação líquida de carbono em plantas submetidas a elevados níveis de CEa, resultando em menor taxa de assimilação cumulativa de carbono em nível de dossel e, conseqüentemente, menor acúmulo de biomassa. O menor acúmulo de biomassa contribui para o desenvolvimento de mudas menos vigorosas com folhas, sistema radicular e condutor pouco eficiente em suas funções e, por fim, origina plantas com baixo potencial de adaptação às condições de campo. Reduções na biomassa, na altura de planta e no diâmetro do caule são comuns em plantas de pinhão-mansó irrigadas com diferentes CEa (Severino, 2006).

A seca fisiológica proveniente da diminuição do potencial osmótico é efeito imediato do estresse salino. Nessas condições, as plantas submetidas a elevadas condutividades elétricas alocam a pouca biomassa existente para o desenvolvimento do sistema radicular, pois raízes vigorosas e profundas possuem maior potencial de extração de água e nutrientes do solo. O maior particionamento de biomassa para o sistema radicular em condição de reduzidos potenciais osmóticos e hídricos é resposta comum a diversas espécies (Cavalcanti et al., 2005; Góes et al., 2009). As plantas irrigadas com água de baixa CEa (0,5 e 8 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram elevado acúmulo de biomassa, originando plantas vigorosas com sistema radicular robusto, capaz de absorver água e nutrientes suficientes para atender a demanda da parte aérea, principalmente da folhagem mais numerosa.

Os resultados demonstraram que a produção de mudas de pinhão-mansó pode ocorrer com água salina, especialmente com CEa inferior a 8 dS m<sup>-1</sup>. Essa capacidade de aclimação, conforme discutido, amplia a possibilidade de exploração da espécie em regiões com água de elevada condutividade elétrica.

## CONCLUSÕES

1. As plantas de pinhão-mansó irrigadas com CEa igual ou inferior a 8 dS m<sup>-1</sup> não apresentam redução do crescimento vegetativo na fase final de produção de mudas, nos 30-50 dias após a germinação.

2. As plantas de pinhão-mansó irrigadas com CEa igual ou superior a 16 dS m<sup>-1</sup> apresentam redução no crescimento vegetativo e elevados índices de senescência e abscisão foliar.

## LITERATURA CITADA

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. Gás natural e biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=472>>. Acesso em: 16 maio 2010.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. Gás natural e biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/id=472>>. Acesso em: 20 maio 2012.
- BELTRÃO, N.E.M. Considerações gerais sobre o pinhão mansó (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições Brasileiras. Campina Grande, Embrapa, 2006. 4p.
- CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. & SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 6:199-206, 2002.
- 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. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 9:57-61, 2005.
- DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O.L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S. & DIAS, D.C.F.S. Cultivo de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. Viçosa, MG, L.A.S. Dias, 2007. 40p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documento, 1)
- FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. R. Sympos., 6:36-41, 2008.
- GÓES, G.B.; DANTAS, D.J.; MENDONÇA, V.; ARAÚJO, W.B.M.; FREITAS, P.S.C. & MEDEIROS, L.F. Crescimento inicial de muda tipo pé-franco de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) em diferentes níveis de salinidade na água. Agrarian, 2:63-70, 2009.
- GONDIM, T.M.S.; CAVALCANTE, L.F. & BELTRÃO, N.E.M. Aquecimento global: salinidade e conseqüências no comportamento vegetal. R. Bras. Oleag. Fibrosas, 14:37-54, 2010.

- GUMA, I.R.; PADRON-MEDEROS, M.A.; SANTOS-GUERRA, A. & REYES-BETANCORT, J.A. Effect of temperature and salinity on germination of *Salsola vermiculata* L. (Chenopodiaceae) from Canary Islands. *J. Arid Environ.*, 74:708-711, 2010.
- LUTTGE, U. Stem Cam in arborescent succulents. *Trees - Struc. Func.*, 22:139-148, 2008.
- MAES, W.H.; TRABUCCO, A.; ACHTEN, W.M.J. & MUYS, B. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. *Biomass Bioenergy*, 33:1481-1485, 2009.
- MATOS, F.S.; MOREIRA, C.V.; MISSIO, R.F. & DIAS, L.A.S. Caracterização fisiológica de mudas de *Jatropha curcas* L. produzidas em diferentes níveis de irradiância. *R. Colombiana Ci. Hortic.*, 3:126-134, 2009.
- MATOS, F.S.; OLIVERIA, L.R.; FREITAS, R.G.; EVARISTO, A.B.; MISSIO, R.F. & CANO, M.A.O. Physiological characterization of leaf senescence of *Jatropha curcas* L. populations. *Biomass Bioenergy*, 45:57-64, 2012.
- NOBRE, R.G.; GHEYI, H.G.; SOARES, F.A.L. & CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:929-937, 2011.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E. & MEDEIROS, J.F., eds. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande, SBEA/UFPB, 1997. p.1-35.
- RENGASAMY, P. World salinization with emphasis on Australia. *J. Exp. Bot.*, 57:1017-1023, 2006.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.M. & MARSHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117p. (Estudos da FAO - Irrigação e Drenagem, 48)
- SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SILVA, E.L. & MIGUEL, D.S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ci. Agrotec.*, 27:443-450, 2011.
- SATURNINO, H.M. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). *Inf. Agropec.*, 26:44-78, 2005.
- SEVERINO, L.S. Viagem à Índia para prospecção de tecnologias sobre mamona e pinhão manso. Campina Grande, Embrapa do Algodão, 2006. 56p. (Documento, 153)
- TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K.; SOUSA, L.A.S.; RESENDE, P.L. & SILVA, N.D. Cultivo do pinhão-manso para produção de biodiesel. Viçosa, MG, Centro de Produções Técnicas, 2007. 220p.
- TRABUCCO, A.; ACHTEN, W.M.J.; BOWE, C.; AERTS, R.; ORSHOVEN, J.V.; NORGROVE, L. & MUYS, B. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Global Change Biol. Bioenergy*, 2:139-151, 2010.
- VALE, L.S.; SEVERINO, L.S. & BELTRÃO, N.E.M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão manso. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1. Brasília, 2006. Anais... Brasília, IBPS, 2006. p.87-90.
- VERAS, R.P.; LAIME, E.M.O.; FERNANDES, P.D.; SOARES, F.A.L. & FREIRE, E.A. Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-manso irrigado sob diferentes níveis de salinidade. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 15:582-587, 2011.
- YOUSSEF, A.M. Salt tolerance mechanisms in some halophytes from Saudi Arabia and Egypt. *J. Agric. Biol. Sci.*, 5:191-206, 2009.
- WANG, W.X.; VINOCCUR, B. & ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218:1-14, 2003.
- WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.*, 144:307-313, 1994.