

EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGENIO E DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO

Mariana Siqueira do Carmo¹, Larissa Pacheco Borges¹, Hilton Dion Torres Junior¹, Priscilla
Gomes de Freitas Santos², Fábio Santos Matos³

Resumo: Em condições naturais, os estresses abióticos podem ocorrer simultaneamente, causando às vezes, danos irreversíveis as plantas. Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da adubação nitrogenada nos danos causados pelo déficit hídrico em plantas de pinhão manso. O trabalho foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, campus de Ipameri, Goiás. O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5 x 2 (cinco doses de Uréia: 0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g de uréia por vaso e dois níveis de suprimento hídrico: irrigado e não irrigado) e cinco repetições. A adubação nitrogenada ocorreu 10 dias após a germinação. As sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos contendo 5L de substrato composto por Latossolo Vermelho-Amarelo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. Aos 60 dias após a germinação, metade das plantas foram submetidas a sete dias de déficit hídrico e a outra metade foi irrigada diariamente. No 7º dia sem irrigação, as plantas foram analisadas e em seguida reidratadas por cinco dias quando novamente foram analisadas. Aos 67 e 72 dias após a germinação, foram feitas as seguintes análises: número de folhas, altura de planta, diâmetro de ramo, transpiração, teor relativo de água, área foliar, clorofila total, razão de massa radicular, razão de massa caulinar, razão de massa foliar, razão parte aérea/sistema radicular e biomassa total. As doses de nitrogênio estudadas não minimizaram os efeitos do déficit hídrico em plantas de pinhão manso. As plantas de pinhão manso são tolerantes ao déficit hídrico e apresentam como estratégia de tolerância, o retardo da desidratação.

PALAVRAS CHAVE: Nutrição, Seca, Fisiologia

¹ Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri

² Estudantes de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri.

³ Professor Orientador no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Goiás, Rodovia: GO 330, km 241, Anel Viário s/n, Ipameri-GO, CEP: 75780-000, e-mail: fabio.agronomia@hotmail.com

EFFECT OF NITROGEN AVAILABILITY AND WATER DEFICIT ON GROWTH

Jatropha curcas INITIAL PLANS

Abstract: Under natural conditions, the abiotic stresses may occur simultaneously, sometimes causing irreversible damage plants. The objective with this study was to evaluate the implication of nitrogen fertilization on water stress in *Jatropha curcas* plants. The work was conducted at the State University of Goiás, Ipameri campus, Goiás. The experiment was carried out following a completely randomized factorial design 5 x 2 [(five doses of urea (0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8 g of urea per pot and two levels of water supply: irrigated and non-irrigated)] and five replicates. The nitrogen fertilization occurred 10 days after seed germination. *Jatropha curcas* seeds were sown in pots containing 5L substrate composed of Oxisol, sand and manure in the ratio of 3: 1: 0,5 respectively. At 60 days after germination, half of the plants were subjected to seven days of water deficit, and the other half was irrigated daily. On the 7th day without irrigation, plants were analyzed and then rehydrated for five days when they were reanalyzed. At 67 and 72 days after germination, the following analyzes were made: leaves number, plant height, branch diameter, transpiration, relative water content, leaf area, total chlorophyll, root mass ratio, stem mass ratio, leaf mass ratio, shoot/ root ratio, and total biomass. Nitrogen doses studied did not minimize the effects of water deficit on *Jatropha curcas* plants. *Jatropha curcas* plants are tolerant to water deficit and present as tolerance strategy, the delay of dehydration.

KEYWORDS: Nutrition. Drought. Physiology

INTRODUÇÃO

O aumento de gases que intensificam o efeito estufa na atmosfera terrestre em decorrência de ações antrópicas como queima de combustíveis fósseis e usos do solo, tem comprometido os recursos naturais e a sobrevivência humana. As atuais previsões sinalizam para o aquecimento global e aumento dos períodos de seca em inúmeras regiões do planeta. À medida que os recursos hídricos

tornam-se escassos, a exploração comercial de plantas tolerantes a seca passa a ser prioridade para obtenção de altas produtividades (MATOS et al., 2014).

A tolerância à seca é uma resultante de várias características (anatômicas, morfológicas, fisiológicas, moleculares) que se expressam diferente e concomitantemente, dependendo da severidade e da taxa de imposição do déficit hídrico, da idade e das condições

nutricionais da planta, do tipo e da profundidade do solo, da carga pendente de frutos, da demanda evaporativa da atmosfera e da face de exposição do terreno. Portanto, a adoção de uma única estratégia de adaptação à seca é, certamente, inadequada para qualquer tipo de ambiente (SAMBATTI e CAYLOR, 2007). A escolha de espécies tolerantes ao déficit hídrico assegura renda aos produtores rurais de ambientes semi-áridos. Dentre as oleaginosas promissoras para o semi-árido destaca-se a espécie *Jatropha curcas* L..

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie oleaginosa originária da América Central, considerada planta rústica e adaptada às diversas condições edafoclimáticas (DIAS et al., 2007; FREITAS et al., 2011; MATOS et al., 2012). A espécie apresenta óleo de alta qualidade físico-química, podendo ser usado para produção de biodiesel e bioquerosene (DURÃES et al., 2011). Segundo Drumond et al. (2010) com a possibilidade do uso do óleo de pinhão manso para a produção de biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o aumento das áreas de plantio com esta cultura em regiões áridas e semi-áridas, contudo, os plantios comerciais de pinhão-manso no Brasil ainda estão ocorrendo de forma tímida em função do baixo

conhecimento científico por se tratar de uma espécie selvagem, ou seja, não melhorada, ainda existem poucas informações agronômicas, principalmente em condições de estresse hídrico e nutricional.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas culturas. É considerado o principal nutriente para o desenvolvimento do pinhão manso (LAVIOLA et al., 2008). O metabolismo do nitrogênio depende substancialmente da disponibilidade de água na planta, em especial, a atividade da redutase do nitrato que é extremamente sensível ao déficit hídrico (MATOS et al., 2012), além disso, o metabolismo do nitrogênio na folha pode representar um dreno consumidor do excesso de energia luminosa e possivelmente minimizar os danos do déficit hídrico.

Em condições naturais, os estresses abióticos podem ocorrer simultaneamente, causando às vezes, danos irreversíveis as plantas. Sabe-se que o metabolismo do nitrogênio é afetado nos estágios iniciais do déficit hídrico em função da sensibilidade da enzima redutase do nitrato (MATOS et al., 2014); no entanto, estudos avaliando a possibilidade da minimização dos efeitos do déficit hídrico caso a disponibilidade de nitrogênio esteja adequada ainda são escassos. Tendo em

vista o melhor entendimento fisiológico da deficiência hídrica e nutricional ocorrendo simultaneamente, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da adubação nitrogenada nos danos causados pelo déficit hídrico em plantas de pinhão manso.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho experimental

O trabalho foi conduzido em vasos de cinco litros sobre bancadas a pleno sol, na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48°09' 35" W, Alt. 773 m), Ipameri-Goiás. Esta região possui clima tropical úmido, (Aw) de acordo com a classificação de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5 x 2 (cinco doses de uréia: 0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g de uréia por vaso e dois níveis de suprimento hídrico: irrigado e não irrigado) e cinco repetições. As doses de uréia foram definidas com base no trabalho desenvolvido por Laviola e Dias (2008). A parcela experimental correspondeu a uma planta por vaso.

As sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos de 5 L com 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 (CaCl₂) 5,5; 20 g dm⁻³ de matéria orgânica; 22,3 mg dm⁻³ de P; 0,52 cmolc dm⁻³ de K (Mehlich-1); 2,2 cmolc dm⁻³ (Tampão SMP) de H + Al; 1,8 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,8 cmolc dm⁻³ de Mg; 9,7 mg dm⁻³ de Zn; 3,12 cmolc dm⁻³ de SB; 5,32 cmolc dm⁻³ de CTC; e 58,65% de saturação por bases. Após a análise da composição da mistura, realizou-se a correção do pH do substrato de acordo com recomendações agronômicas para a cultura do pinhão-manso (DIAS et al. 2007).

Após a germinação (10 dias após a germinação) realizou-se a adubação nitrogenada. No momento da adubação nitrogenada, cada vaso recebeu 1,2 g de Super Fosfato Simples e 2,4 g de Cloreto de Potássio, como fonte de P₂O₅ e K₂O respectivamente, seguindo recomendações de Laviola e Dias (2008).

As mudas foram irrigadas diariamente com volume de água correspondente a evapotranspiração diária. A quantidade de água fornecida a planta foi estimada seguindo recomendações de Allen et al. (2006). Aos 60 dias após a germinação, metade das plantas foram submetidas ao déficit hídrico de sete dias, e a outra metade foi irrigada diariamente. No 7º dia sem irrigação quando apresentavam

sintomas visíveis de estresse como murcha e senescência, as mesmas foram analisadas e, em seguida, reidratadas por cinco dias conforme trabalho realizado por Matos et al. (2014).

Aos 67 e 72 dias após a germinação, realizaram-se as seguintes análises: número de folhas, altura de planta, diâmetro de caule, transpiração, área foliar, clorofila total, teor relativo de água, razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC), razão de massa foliar (RMF), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), e biomassa total.

Variáveis de crescimento

O número de folhas foi obtido através da contagem. A altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro digital respectivamente. Para a avaliação da área foliar, utilizou-se uma trena graduada (cm), medindo-se a largura e comprimento todas as folhas de cada planta quanto à largura e comprimento de todas as plantas e em seguida, foi calculada a área foliar seguindo recomendações de Severino et al. (2007).

Folhas, raízes e caules foram destacados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa seca constante e em seguida pesados separadamente. Com os dados de massa 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.

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. A AFE foi obtida através da equação proposta por Radford (2013).

Transpiração

A transpiração diária foi estimada por gravimetria, mediante diferença do peso dos vasos com intervalo de uma hora entre 07:00 e 18:00 horas conforme Cavatte et al. (2012).

Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação da concentração de clorofilas e carotenoides totais foram retirados discos foliares de área conhecida e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, realizou-se a extração em banho-maria a 65 °C por uma hora. Retiraram-se alíquotas para leitura espectrofotométrica a 480, 649,1 e 665 nm. O conteúdo de clorofila a

(Cl a) e clorofila b (Cl b) foram determinados seguindo a equação proposta por Wellburn (1994).

Procedimentos estatísticos

O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 (cinco doses de uréia: 0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g de uréia por vaso e dois níveis de suprimento hídrico: irrigado e não irrigado) e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativos

submetidos à análise de regressão utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS

A análise de variância de todas as variáveis analisadas são mostradas nas tabelas 1 e 2. Não houve interação significativa entre os fatores déficit hídrico e doses de nitrogênio. Dessa forma, o comportamento do fator déficit hídrico não depende das doses de nitrogênio estudadas, sendo, portanto, independentes. Neste caso os fatores foram estudados isoladamente.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das variáveis: Número de folhas (NF), Altura da Planta (AP), Diâmetro do Caule (DC), Área Foliar (AF), Clorofila Total (Cl total), Carotenoides (Car) e Teor relativo de água (TRA) de plantas de pinhão manso submetidas à deficiência hídrica e doses crescentes de nitrogênio.

Quadrados Médios									
Fonte de Variação	GL	NF	AP (cm)	DC(mm)	AF (cm ²)	Cl total (mg kg ⁻¹)	Car (g kg ⁻¹)	TRA (%)	
Repetição	4	37.884	17.6617	8.9334	21.8333	8.6000	0.0808	0.098	
Doses de N	4	213.4*	18.8978	3.3640	77.6333	2.7000*	0.5870	0.03	
Déf. hídrico	1	264.4*	112.7*	72.305*	385.26*	5.400**	4.896*	0.126	
Déficit x N	4	30.203	4.9184	35.7339	40.6380	1.120	0.4715	0.019	
Resíduo	35	46.825	15.879	10.5350	52.4333	0.4000	0.1008	0.019	
CV (%)		23,6	13,37	12,7	6,8	8,9	23,8	18,5	

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das variáveis: Transpiração (TRANS), Razão de Massa Foliar (RMF), Razão de Massa Radicular (RMR), Razão de Massa Caulinar (RMC), Razão parte aérea/ sistema radicular(PA/SR) e Biomassa total (BT) de plantas de pinhão manso submetidas à deficiência hídrica e doses crescentes de nitrogênio.

Quadrados Médios							
Fonte de Variação	GL	TRANS	RMF	RMR	RMC	PA/SR	BT (g)
Repetição	4	17.1287	313.9238	8.9334	100.0361	2.2694	134.900
Doses de N	4	103.787	59.5072	3.3640	55.8250	0.3277	24.900
Déficit hídrico	1	219.28**	85.5576	72.3048*	21.686	10.15	43.6000*
Déficit x N	4	64.347	42.817	105.43	11.4841	0.2168	12.634
Resíduo	35	28.134	105.2758	10.5350	43.3430	1.92	7.5
CV (%)		13,6	43,1	12,7	35,5	9,4	12,9

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para as características número de folhas e clorofila total, (Figura 1) houve diferença significativa para ambos os fatores, doses de nitrogênio e déficit hídrico. Observou-se que à medida que as doses de nitrogênio foram incrementadas, houve aumento no número de folhas e concentrações foliares de clorofilas totais. Nas plantas sob déficit hídrico o número de folhas foi aproximadamente 29% maior nas plantas submetidas a maiores doses de nitrogênio em comparação com as plantas

testemunhas. As plantas reidratadas apresentam resultados semelhantes, no entanto, as plantas com suprimento hídrico diário apresentaram incrementos no número de folhas em torno de 22% com a maior dose de nitrogênio em comparação com a testemunha de dose zero. Para as demais variáveis analisadas não houve interação entre doses de nitrogênio e déficit hídrico nem para doses crescentes de nitrogênio isoladamente.

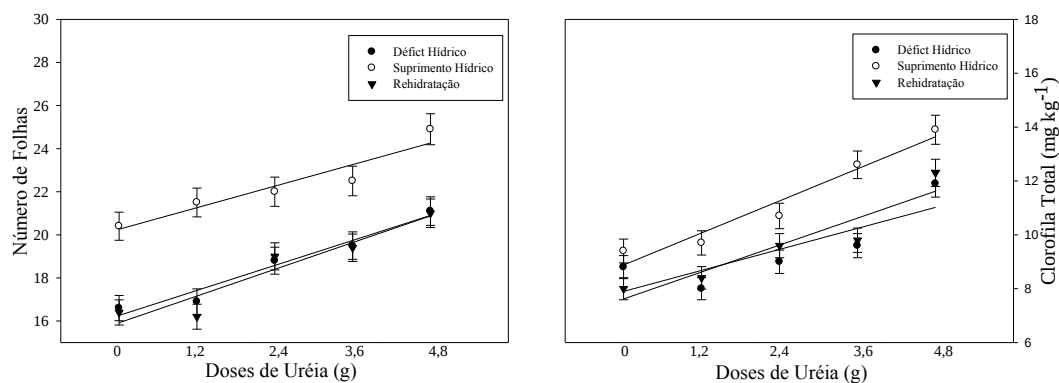


Figura 1. Equações de regressão para número de folhas de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico ($Y = 2,28x + 16,96$, $R^2 = 0,5926^*$), irrigadas diariamente ($Y = 2,32x + 5,5$, $R^2 = 0,91^*$), reidratadas após déficit hídrico ($Y = 3,23x + 19,86$, $R^2 = 0,9583^{**}$) e equações de regressão para clorofila total de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico ($Y = 0,54x + 5,8$, $R^2 = 0,9073^*$) irrigadas diariamente ($Y = 2,42x + 14,92$, $R^2 = 0,6314^*$) e reidratadas após déficit hídrico ($Y = 0,92x + 12,76$, $R^2 = 0,8161$). * = regressão significativa ($0,01 < p \leq 0,05$).

Os valores médios das variáveis: número de folhas, altura das plantas, diâmetro de ramo e área foliar são apresentados na Figura 2. A altura das plantas decresceu em média 11% nas plantas de pinhão manso expostas a deficiência hídrica quando comparadas as plantas irrigadas diariamente. O diâmetro do caule foi reduzido em condições de baixa umidade do solo. As plantas

submetidas ao déficit hídrico apresentaram redução de aproximadamente 12% em comparação com as plantas com suprimento hídrico adequado. Quando as plantas foram submetidas a reidratação, apresentaram crescimento semelhante as plantas sob déficit hídrico. A área foliar foi em média, 18% menor nas plantas sob déficit hídrico em relação às irrigadas.

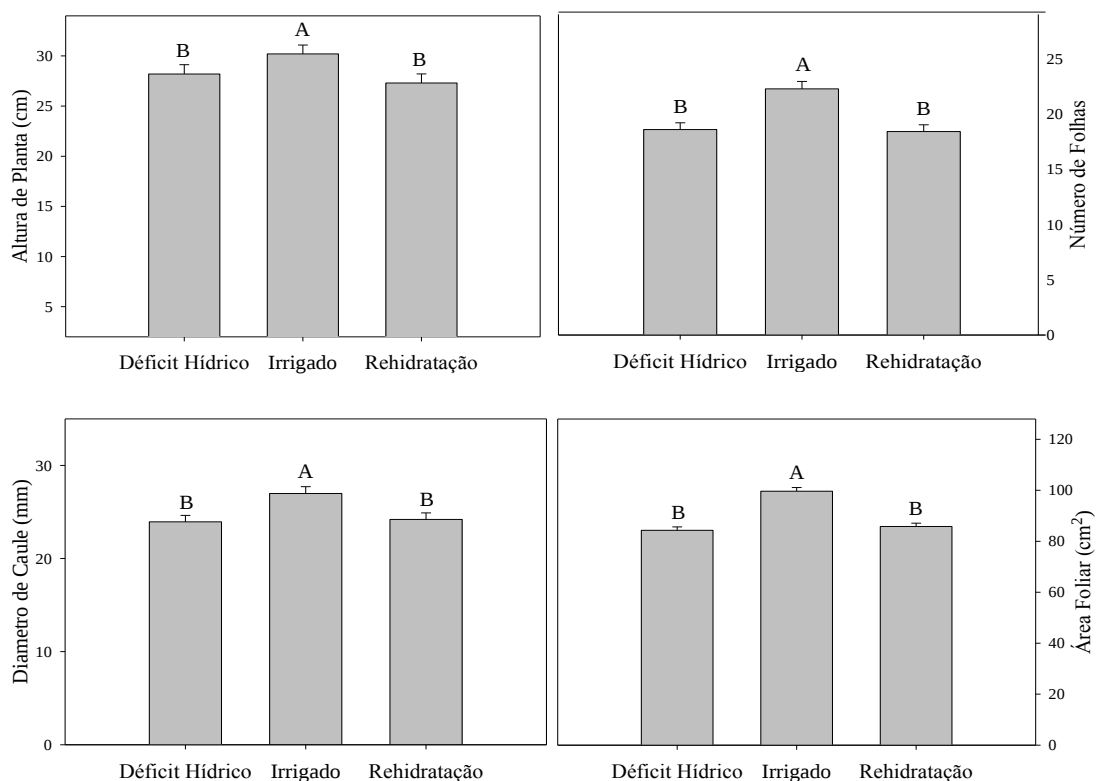
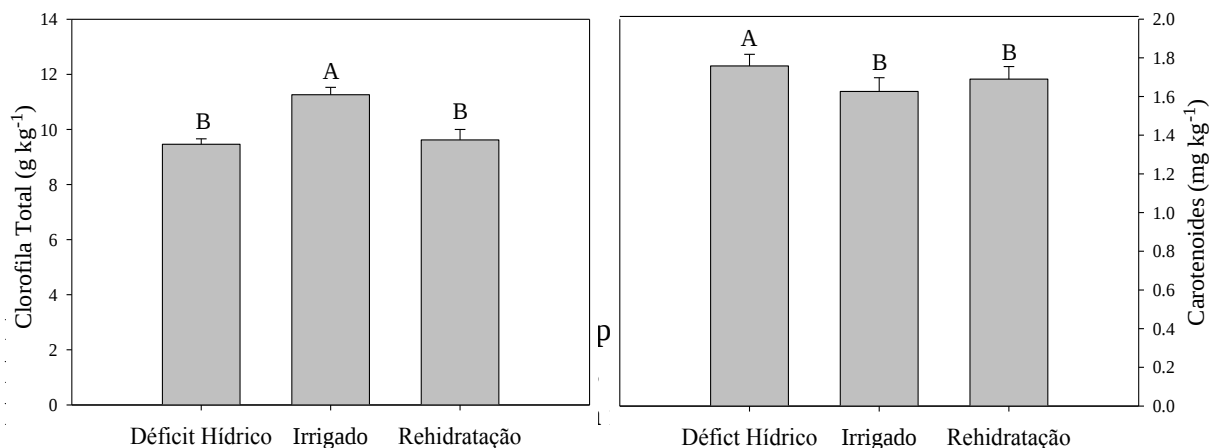


Figura 2. Altura de planta, número de folhas, diâmetro de ramo e área foliar de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico, irrigadas diariamente e reidratadas durante cinco dias após sete dias de déficit hídrico. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

As médias das variáveis, clorofila e carotenoides, transpiração, razão de massa radicular e biomassa encontram-se nas figuras 3 e 4. A concentração de carotenoides totais foi influenciada pelo

estresse hídrico. Em média, as plantas sob déficit hídrico apresentaram concentração de carotenoides 8,9% maior em comparação às plantas com suprimento hídrico adequado.



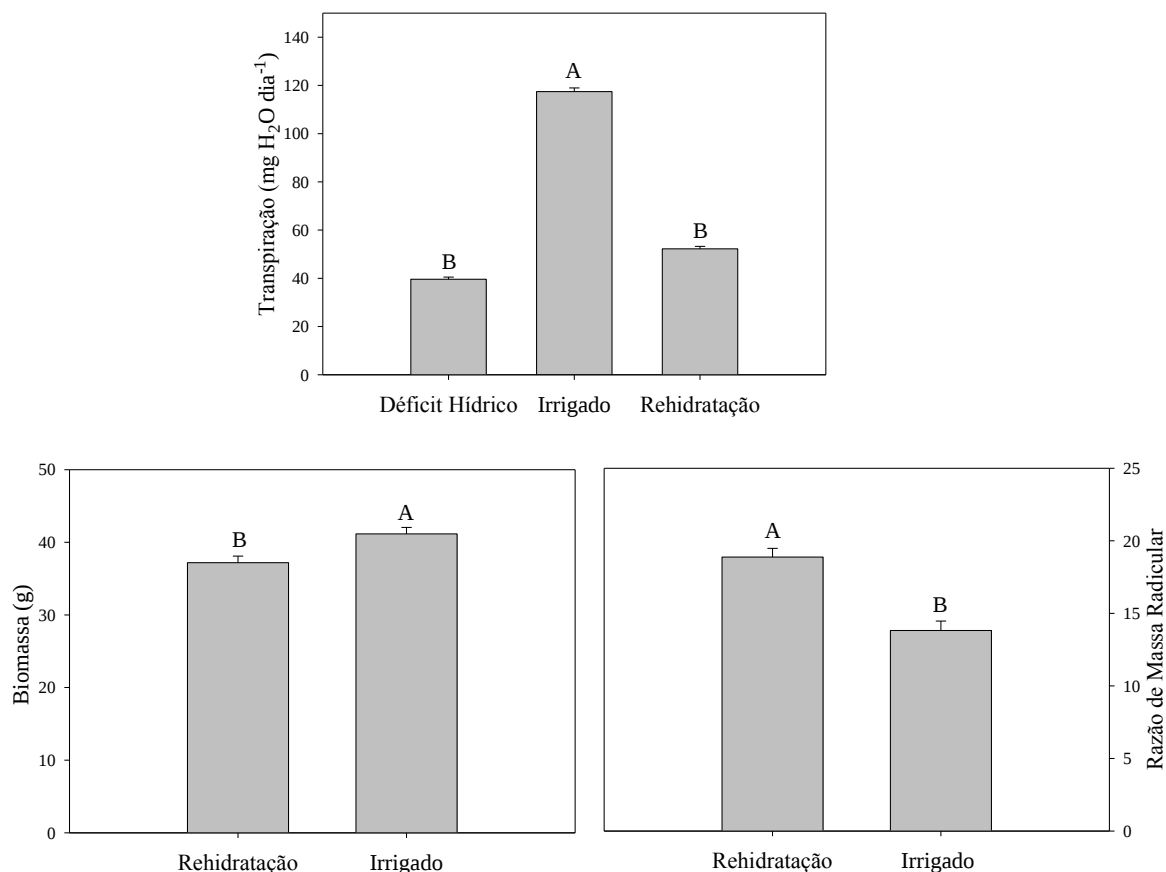


Figura 4. Transpiração, biomassa e razão de massa radicular de plantas pinhão manso submetidas ao déficit hídrico, irrigadas diariamente e rehidratadas durante cinco dias após sete dias de déficit hídrico. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

As plantas irrigadas diariamente apresentaram transpiração cerca de 190% maior que as plantas mantidas sob restrição hídrica. Para a variável razão de massa radicular (RMR), observou-se um declínio em plantas irrigadas diariamente. A biomassa apresentou variação significativa. As plantas sob déficit hídrico acumularam em média, 37% menos biomassa em relação às plantas irrigadas diariamente.

DISCUSSÃO

Embora o óleo de pinhão manso seja reconhecido como ideal para produção de biodiesel, podendo substituir parcialmente o diesel convencional de forma sustentável, a espécie continua carente de informação científica. A elucidação de aspectos agrônômicos básicos são necessários para a confiável recomendação da espécie para cultivo comercial. De maneira geral, os resultados demonstram que as diferentes doses de nitrogênio não tiveram correlação significativa com o déficit hídrico e, portanto, o suprimento de nitrogênio não tornou o déficit hídrico

mais brando. Possivelmente, estes resultados estejam associados com as doses de nitrogênio utilizadas no presente trabalho e disponibilização do nutriente pela matéria orgânica do solo. A ausência de interação em experimentos deste tipo com plantas de pinhão manso tem sido relatada na literatura (ALBUQUERQUE et al., 2010).

As variações no número de folhas e concentrações de clorofilas totais em função das doses de nitrogênio estão associadas com a essencialidade do nitrogênio na síntese de clorofilas, pois este é elemento central da molécula de clorofila. Independentemente das doses de nitrogênio utilizadas para adubação, o déficit hídrico exerceu importante decréscimo no crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso. A iniciação e desenvolvimento do primórdio foliar são dependentes do status hídrico da planta. O déficit hídrico resultou em menor disponibilidade de água para o metabolismo vegetal, como formação e desenvolvimento de novas folhas. O mesmo déficit reduziu a taxa de crescimento do caule em altura e diâmetro, possivelmente porque o relaxamento da parede celular e consequente expansão celular são dependentes da disponibilidade hídrica. Esses dados corroboram com os encontrados por Carvalho (2013) que

analisando o crescimento do pinhão manso sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino, verificaram um rápido crescimento da cultura no período chuvoso; no entanto, na época seca do ano ocorreu drástica redução na taxa de crescimento.

A redução do número de folhas e área foliar são importantes estratégias de tolerância ao déficit hídrico por reduzir a superfície transpirante. O retardo da desidratação permite a sobrevivência imediata. O ajustamento da área foliar total e número de folhas são necessários para suportar o estresse imposto e aclimatar-se a nova condição. O déficit hídrico estimula novas capacidades metabólicas e/ou estruturais mediadas pela alteração da expressão gênica (SHARP et al., 2004).

A deficiência hídrica 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 (ACHTEN et al., 2010; DIAZ-LÓPEZ et al., 2012a).

A redução no teor de clorofilas totais em plantas sob restrição hídrica é comum a várias espécies. A redução da condutância estomática e consequente menor influxo de CO₂ resulta em redução da taxa de assimilação líquida, mas especificamente

afeta diretamente a bioquímica da fotossíntese e, reduz o consumo de energia fotoquímica. Nesta circunstância é constante a produção de espécies reativas de oxigênio e outros agentes de degradação de clorofilas (LOGGINI et al., 1999; MATOS et al., 2012). A degradação da clorofila ocorre de acordo com o nível de estresse em que as plantas são submetidas e a consequência é a senescência foliar que visualmente foi verificada no presente trabalho. Em adição, o déficit hídrico interfere diretamente no metabolismo do nitrogênio, pois a enzima redutase do nitrato, essencial na conversão do nitrato a nitrito em raízes e/ou folhas é extremamente sensível ao déficit hídrico, apresentando inclusive, redução na atividade em condição de restrição hídrica branda (ELVIRA et al., 1998; OTTANDER et al., 1995, MATOS et al., 2012). Dessa forma, sugere-se que o déficit hídrico tenha dificultado a absorção e o metabolismo do nitrogênio e, consequentemente a síntese de clorofila. A presumível maior concentração de carotenoides nas plantas tratadas e nas reirrigadas está relacionada com o eficiente mecanismo de fotoproteção da espécie, conforme relatado por Pompelli et al., (2010).

As reduções da taxa transpiratória, área foliar e número de folhas nas plantas

sob déficit hídrico aliadas a ausência de diferença no teor relativo de água entre plantas tratadas indicam que o pinhão manso retarda a desidratação reduzindo a perda de água por meio destas alterações morfofisiológicas. O caule suculento funcionando como tampão hídrico associado ao mecanismo de antecipação ao déficit hídrico, típico de plantas isoídricas também contribui para manutenção do elevado conteúdo de água na folha. Os resultados corroboram aos encontrados por Abdrabbo et al. (2009) e Diaz-lópez et al. (2012b) que registraram redução da taxa transpiratória de plantas de pinhão manso com a redução da disponibilidade hídrica. Além de retardar a desidratação, as plantas de pinhão manso maximizam a absorção de água por meio da maior partição de biomassa para o sistema radicular, tornando-o mais vigoroso e capaz de alcançar umidade a maiores profundidades.

De acordo com Fini, (2013) as plantas expostas à deficiência hídrica moderada geralmente reduzem o crescimento da parte aérea antes que o das raízes, resultando em incremento na relação entre raiz com parte aérea. Esse estresse moderado reduz o crescimento foliar antes de reduzir a taxa fotossintética, resultando em excesso de carboidratos para as raízes. Os resultados corroboram aos encontrados por Godoy et al. (2008) que

registraram o aumento no crescimento do sistema radicular em plantas submetidas a restrição hídrica.

A redução da biomassa total em condição de déficit hídrico é evento comum em plantas de pinhão manso (DIAZ-LÓPEZ et al., 2012b). O menor número de folhas, menor área foliar, degradação de clorofilas e senescência foliar associadas à reduzida condutância estomática afetam a taxa de assimilação líquida de carbono, resultando em menor acúmulo de biomassa. Não obstante, registre-se que todas as plantas sobreviveram e apresentaram sinais de recuperação após reirrigação. A semelhança das variáveis analisadas entre plantas sob déficit hídrico e reidratadas refere-se ao reduzido período de reidratação.

De maneira geral, as doses de nitrogênio utilizadas na adubação e a disponibilização de nitrogênio pela matéria orgânica do solo contribuíram para ausência de interação entre os fatores déficit hídrico e doses de nitrogênio, no entanto, a sensibilidade da redutase do nitrato ao déficit hídrico e redução da absorção de nitrogênio em plantas crescendo com restrição hídrica apontam para a necessidade de experimentos posteriores com diferentes doses de

nitrogênio e tempo de restrição hídrica superior ao do presente trabalho.

CONCLUSÕES

As doses de nitrogênio estudadas não minimizaram os danos do déficit hídrico.

Em condição de déficit hídrico, as plantas de pinhão manso tem redução do crescimento vegetativo e aumento da partição de biomassa para o sistema radicular.

As plantas de pinhão manso são tolerantes ao déficit hídrico e utilizam como estratégia de tolerância o retardo da desidratação.

AGRADECIMENTO

A Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo auxílio financeiro e a Universidade Estadual de Goiás (UEG) pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; SOUZA, I. F. de.; ALCÂNTARA, E. N. de; SATURNINO, H. M.; BRANT, R. da S.; ROCHA, G. R. da.; JARDIM, R. R. Seletividade de herbicidas em mudas de pinhão-manso. **Magistra**, Cruz das Almas, v.22, n. 1 p.14-20, 2010.

ABDRABBO, A. A.K.; NAHED M.M. A. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and Bioenergy**, Kindlington, v.33, n.3, p.1343–1350, 2009.

ACHTEN, W.M.J. ; MAES, W.H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; VERCHOT, L.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.34, n.5, p.667–676, 2010.

ALLEN, R. G.; PRUIT, W. O.; WRIGHT, J. L.; HOWELL, T. A.; VENTURA, F.; SNYDER, R.; ITENFISU, D.; STEDUTO, P.; BERENGENA, J.; YRISARRY, J. B.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; PERRIER, A.; ALVES, I.; WALTER, I.; ELLIOTT, R. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.81, n.1, p.1-22, 2006.

CARVALHO, C. M. de; VIANA, T. V. de A.; MARINHO, A. B.; LIMA JÚNIOR, L. A. de; VALNIR JÚNIOR, M. Pinhão-

manso: crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.487–496, 2013.

CAVATTE, P.C.; OLIVEIRA, A.A.G.; MORAIS, L.E.; MARTINS, S.C.V.; SANGLARD, L.M.V.P.; DAMATTA, F.M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.144, n.2, p.111–122, 2012.

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-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. **Viçosa**, v.1, p.40. 2007.

DÍAZ-LÓPEZ, L.; GIMENO, V.; ISIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, W.M.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance, **Agricultural Water**

Management, Amsterdam, v.105, n.9, p.48– 56, 2012a.

DIAZ-LÓPEZ , L. D.; GIMENO, V.; LIDÓN, V.; SIMÓN, I.; MARTÍNEZ , V.; SÁNCHEZ, F. G. The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: An ecophysiological analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.54, n.2, p.34-42, 2012b.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.44-47, 2010.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Oxfordshire, v.6, n.43, p.1-8, 2011.

ELVIRA, R.; S. ALONSO; J. CASTILHO E B.S. GIMENO. On the response of pigments and antioxidants of *Pinus hapelensis* to mediterranean climate factors and long-term ozone exposure. **New**

Phytologist, Maryland, v.138, n.3, p. 419-432, 1998.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FINI, A.; BELLASIOA, C.; POLLASTRI, S.; TATTINI M.; FERRINI, F. Water relations, growth, and leaf gas exchange as affected by water stress in *Jatropha curcas*. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p.21-29, 2013.

FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.10, n.3, p.1490-1498, 2011.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.1, p 217-226, 2008.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos

de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.

LOGGINI, B., SCARTAZZA, A., BRUGNOLI, E., NAVARI-IZZO, F. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. **Plant Physiology**, Maryland, v.119, n.3, p.1091–1099, 1999.

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 and Bioenergy**, Oxford, v.45, n.10, p.57-64, 2012.

MATOS, F. S.; ROSA, V. R.; BORGES, L. F. O.; RIBEIRO, R. P.; CRUVINEL, C. K. L.; DIAS, L. A. S. Response of *Jatropha curcas* Plants to Changes in the Availability of Nitrogen and Phosphorus in Oxissol. **Journal of Academic Journals**, Lagos, v.9, p.3581-3586, 2014.

POMPELLI, M.F., BARATA-LUÍS, R., VITORINO, H.S., GONC, ALVES, E.R., ROLIM, E.V., SANTOS, M.G., ALMEIDA-CORTEZ, J.S., FERREIRA, V.M., LEMOS, E.E.P., ENDRES, L.

Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.34, 1207–1215, 2010.

OTTANDER, C.; D. CAMPBELL E G. OQUIST. Seasonal changes in photosystem-Ii organization and pigment composition in *Pinus-Sylvestris*. **Planta**, v. 197, p.176-183, 1995.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. In: NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Análise comparativa de crescimento entre genótipos de pimenta cultivados em casa de vegetação. **Bioscience Journal**,Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 125-131, 2013.

SAMBATTI, J., CAYLOR, K.K. When is breeding for drought tolerance optimal if drought is random?". **New Phytologist**, v.175, n.1, p.70-80, 2007.

SEVERINO, L. S; VALE, L. S; BELTRÃO, N. E. M. Método para medição da área foliar do pinhão manso. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v.14, n.1, p. 73-77, 2007.

SHARP, R.E.; POROYKO, V.; HEJLEK, L.G.; SPOLLEN, W.G.; SPRINGER, G.K.; BOHNERT, H.J.; NGUYEN, H.T. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. **Journal of Experimental Botany**, Missouri, v.55, n.407, p.2343-2351, 2004.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v.144, n. 3, p.307-313, 1994.