

## DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO

José Alves Jr.<sup>1</sup>, Fausto Jaime Miranda Araújo<sup>2</sup>, Adão Wagner Pego Evangelista<sup>1</sup>, Derblai Casaroli<sup>1</sup>, Lucas Melo Vellame<sup>1</sup>

**Resumo:** O governo brasileiro tem incentivado a produção de biodiesel no país, por meio da sua mistura no diesel. Assim, para evitar competição com o óleo da indústria de alimentos, novas espécies oleaginosas tem sido investigadas como fontes alternativas para produção de óleo. Dentre estas, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) apresenta um grande potencial de produção, principalmente pela agricultura familiar, porém, são raras as informações técnicas a cerca do seu cultivo, incluindo-se a distribuição do sistema radicular desta espécie, tendo em vista que as características das raízes são de suma importância para uma adequada condução das plantas em campo, sobretudo, em termos de manejo da irrigação e adubação. O presente estudo teve como objetivo avaliar a distribuição do sistema radicular de plantas de pinhão manso nas condições edafoclimáticas do Cerrado. Utilizaram-se três plantas de 17 meses de idade e outras três de 36 meses de idade, cultivadas em Goiânia-GO e Porangatu-GO, respectivamente. Em ambos os experimentos as plantas foram espaçadas em 3x2m, e o solo de cultivo foi um Latossolo Vermelho Distroférico. Para as avaliações foram amostrados volumes de solo, pelo método do monólito, em cinco profundidades: 0,0-0,30; 0,30-0,60; 0,60-0,90; 0,90-1,20 e 1,2-1,5 m; e, também, à cinco distâncias do tronco: 0,0-0,25; 0,25-0,50; 0,50-0,75; 0,75-1,0 e 1,0-1,25 m. Os resultados mostraram que 80% das raízes encontram-se à uma profundidade de 0,60 m e 0,75 m de distância do tronco, em plantas jovens; e até 1,0 m de profundidade e 1,0 m em distância do tronco nas plantas adultas.

---

<sup>1</sup>Eng. Agr. Professor Doutor, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia - Rodovia Goiânia / Nova Veneza, Km 0, 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: josealvesufg@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Escola Agronomia- Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil.

**Palavras-chave:** Bicombustível, Rizosfera, *Jatropha curcas* L.

## SPATIAL ROOT DISTRIBUTION OF THE NUT PLANTS

**Abstract:** Brazilian government has supported the production of biodiesel in the country, through of its blend with diesel. So, for that there is no competition with the oil industry of food, oilseeds new species has been investigated as alternative sources for oil production. Among these, nut plant (*Jatropha curcas* L.) has great potential production, mainly by family farmers. However, are rare technical information about this crop, including the root system distribution. Roots characteristics are of high importance to work with plants in the field, especially to irrigation and fertilization management. So, aimed to evaluate the distribution of the root system of nut plants in soil and climatic conditions of the Brazilian Savanna "Cerrado". Three plants were used in 17-month-old plants and three with 36-month old, cultivated in Goiânia-GO and Porangatu-GO, respectively. In both experiments the plants were spaced 3 x 2 m, and soil cultivation was a Hapludox. For the evaluations were sampled volumes of soil by monolith method, at five depths: 0.0 to 0.30, 0.30 to 0.60, 0.60 to 0.90, 0.90 to 1.20 and 1.2 to 1.5 m, and also the five distances from the stem: 0.0 to 0.25, 0.25 to 0.50, 0.50 to 0.75, 0.75 to 1.0 and 1.0 to 1.25 m. The results showed that 80% of the roots are at 0.60 m of depth and at 0.75 m horizontal distance from the trunk in young plants, and 1.0 m depth and 1.0 m horizontal distance in adult plants.

**Keywords:** Biofuel, Rhizosphere, *Jatropha curcas* L.

## INTRODUÇÃO

Os elevados preços dos combustíveis fósseis e as preocupações com as mudanças climáticas, devido a intensa e crescente emissão de gases poluentes na atmosfera, promovido principalmente, pelo consumo de

combustíveis fósseis (MONTEIRO, 2007), tem tornado imprescindível a busca por fontes de energia limpa, como os biocombustíveis. O Brasil é mundialmente reconhecido como potencial produtor de bicombustíveis (biodiesel e etanol) por

apresentar excelentes perspectivas de cultivo, para várias oleaginosas entre elas o pinhão manso (SIMÕES et al., 2009). O país possui grande capacidade agrícola, com extensas áreas para produção e grande diversidade de clima e solos. O biodiesel pode ser produzido a partir de óleos e gorduras, possuindo benefícios estratégicos, econômicos e sociais. Embora os mercados de biodiesel, em todo mundo, ainda sejam fortemente dependentes dos preços do petróleo bruto, os preços dos óleos vegetais estão cada vez mais competitivos.

Plantas oleaginosas alternativas, como o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), produzem sementes ricas em óleo de fácil colheita e com propriedades capazes de produzir combustível de alta qualidade, razão por que se torna competitivo internacionalmente, pois suas características também superam o padrão de qualidade do óleo de colza comercializado, atualmente, na Europa (DABDOUB et al., 2009). Seu óleo é inodoro e queima sem emitir fumaça (SATURNINO et al., 2005).

O pinhão-manso é uma espécie que apresenta queda das folhas na estação seca e, ou, sob baixas temperaturas, as quais ressurgem com o início do período chuvoso e temperaturas superiores a 10 °C, além de apresentar 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. Por isso, se aposta muito no seu cultivo em diferentes regiões brasileiras, sobretudo na região do cerrado. Contudo, o máximo potencial produtivo será alcançado com uso de irrigação e adubação adequada, e para isso pesquisas sobre distribuição radicular se fazem necessárias.

Esta planta é classificada como um arbusto, de crescimento rápido, cuja altura média varia de dois a três metros, podendo atingir cinco metros, apresentando tronco com diâmetro de aproximadamente 0,20 m e raízes curtas e pouco ramificadas (ARRUDA et al., 2004). Além de serem importantes ferramentas para predição dos hábitos da planta, algumas características específicas das raízes como fitomassa, massa seca acumulada, ângulo de distribuição e crescimentos longitudinal e secundário, em relação à parte aérea das plantas, são caracteres que devem ser aproveitados em programas de melhoramento genético (BELTRÃO, 2006).

As raízes são importantes órgãos para a absorção de solução do solo, bem como na síntese de reguladores de

crescimento da planta, sobretudo, aqueles dos grupos das citocininas. Estes hormônios se movimentam na direção dos pontos de crescimento da parte aérea das plantas, fazendo com que estes sítios se tornem aptos ao acúmulo de reservas demandadas para o crescimento (LARCHER, 2000). Isto é evidenciado em plantas de pinhão manso, pois uma redução de fitomassa de raízes pode prejudicar o crescimento das plantas, bem como a distribuição de compostos entre os demais órgãos (SILVA et al., 2009).

Para o cultivo do pinhão manso ainda são poucas as informações técnicas básicas para diferentes condições climáticas e de solo (OPENSHAW, 2000). Alguns autores descrevem que esta planta é tolerante à seca e a baixa fertilidade do solo (ARRUDA et al., 2004; POMPELLI et al., 2010; MATOS et al., 2012).

A distribuição das raízes no solo, tanto no sentido vertical (profundidade) quanto horizontal (distância do tronco), contribuem para o planejamento da profundidade de preparo do solo, local de aplicação de fertilizantes e água, local de instalação de sensores de monitoramento de umidade do solo, local de coleta de amostras de solo, planejamento de número de emissores por planta no caso de irrigação localizada (ALVES Jr. et al., 2004), cálculo

do armazenamento de água no solo para o balanço hídrico da cultura, assim como local de rebaixamento de lençol freático em caso de drenagem e subirrigação. Ainda, o conhecimento desta característica auxilia a modelagem da extração de água e nutrientes do solo por raízes (CASAROLI et al., 2010; FARIA et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição do sistema radicular de plantas de pinhão manso, em condições edafoclimáticas do Cerrado goiano.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas localidades: *i*) Goiânia-GO (coordenadas: 16° 41' S; 49° 16' W; e altitude de 741,8 m). *ii*) e Porangatu-GO (coordenadas: 13° 18' S; 49° 07' W; e altitude de 391 m). O Clima de ambas as regiões foi classificado por Köppen como Aw, Tropical de Savana, megatérmico com um regime total de chuvas de 1680 mm por ano (LOBATO, 2005). Os solos das áreas foram classificados como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (STONE et al., 2006). Tendo como características químicas médias, para as duas áreas, na camada de 0,0-0,3 m: 4,5 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 93,0 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O; e

saturação por bases de 54%. O levantamento foi realizado em áreas cultivadas com pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), em plantas de diferentes idades a partir do plantio: 17 meses (Goiânia-GO) e 36 meses (Porangatu-GO). Os plantios foram realizados com mudas de 65 dias de viveiro, utilizando um espaçamento de 3 x 2 m, entre plantas e linhas, respectivamente. A coleta de dados foi feita no mês de fevereiro de 2010. Avaliaram-se as densidades radiculares em diferentes profundidades e distâncias horizontais a partir do caule das plantas. Para isto, coletaram-se amostras de solo e raízes com o auxílio de um cilindro de volume  $1,47 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ , ( $h = 0,30 \text{ m}$ ;  $\phi = 0,25 \text{ m}$ ). Estas amostras foram extraídas no sentido vertical, nas seguintes profundidades:  $P_1=0,0-0,30 \text{ m}$ ;  $P_2=0,30-0,60 \text{ m}$ ;  $P_3=0,60-0,90 \text{ m}$ ;  $P_4=0,90-1,20 \text{ m}$  e  $P_5=1,20-1,50 \text{ m}$ ; e, também, no sentido horizontal, transversalmente a linha de cultivo, nas seguintes distâncias do caule:  $D_1=0,0-0,25$ ;  $D_2=0,25-0,50$ ;  $D_3=0,50-0,75$ ;  $D_4=0,75-1,0 \text{ m}$ ; e  $D_5=1,0-1,25 \text{ m}$ . A mesma metodologia foi aplicada em cada uma das três plantas avaliadas, nas duas áreas experimentais. O material coletado pelo cilindro (solo e raiz) foi distribuído em uma lona plástica, secando ao ar, durante um período de 24 horas, para facilitar a

separação do solo argiloso das raízes, por meio de um leve destorroamento. Logo após, as amostras foram lavadas em água corrente (BOHM, 1979), utilizando peneiras ( $\phi = 2 \text{ mm}$ ). O comprimento de raízes foi estimado pela contagem do número de intersecções horizontais e verticais de raízes em um *grid* de 1,0 x 1,0 cm (TENNANT, 1975), que multiplicado por 11/14 e dividido pelo volume do cilindro amostrador, obteve-se a densidade radicular ( $\text{m m}^{-3}$ ). Ainda, as raízes foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C, durante 72 horas, determinando assim a fitomassa seca de raízes ( $\text{g planta}^{-1}$ ). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x5 (distância x profundidade). Realizou-se uma análise de variância para comparar a densidade de raízes em profundidade e em distância do tronco, usando o aplicativo ASSISTAT versão 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2009). Os dados médios foram comparados pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Ajustou-se também uma superfície de resposta com os valores de densidade de raízes utilizando a aplicativo Surfer, apresentando a distribuição espacial das raízes em relação a profundidade e a distância do tronco da planta.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância demonstrou interação significativa entre os tratamentos de profundidade e distância horizontal apenas para as plantas com idade de 17 meses, para as plantas com idade de 36 meses verificou-se efeito significativo para a profundidade (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

A maior densidade de raízes de plantas quando jovens (20,64 cm cm<sup>-3</sup>), foi observada na profundidade de 0 a 0,3 m

(P1), numa distância do tronco da planta de 0 a 0,25 m (D1) (Tabela 2). Destaca-se também que na mesma profundidade, a densidade de raízes (14,96 cm cm<sup>-3</sup>) na distância do tronco da planta de 0,25 a 0,50, foi considerada estatisticamente igual à registrada na distancia D1. Para plantas adultas a maior densidade de raízes (37,84 cm cm<sup>-3</sup>) foi registrada na profundidade P1, que foi considerada estatisticamente diferente às registradas nas demais profundidades (Tabela 2).

**Tabela 1.** Análise de variância referentes aos tratamentos de profundidade e distância horizontal a partir do caule, para as plantas com 17 e 36 meses de idade.

Tratamentos	GL	SQ	QM	F
Plantas com 17 meses				
Profundidade (A)	4	1296,99	324,25	22,32**
Distância horizontal (D)	4	461,64	115,41	7,94**
Interação AxD	16	502,32	31,39	2,16*
Tratamentos	24	2260,95	94,21	6,48**
Resíduo	50	726,31	14,53	
Total	74	2987,27		
Plantas com 36 meses				
Profundidade (A)	4	9066,53425	2266,63356	59,8142**
Distância horizontal (D)	4	201,24218	50,31055	1,3276 <i>ns</i>
Interação AxD	16	359,33126	22,45820	0,5926 <i>ns</i>
Tratamentos	24	9627,10769	401,12949	105.854**
Resíduo	50	1894,72907	37,89458	
Total	74	11521,83676		

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); *ns* não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

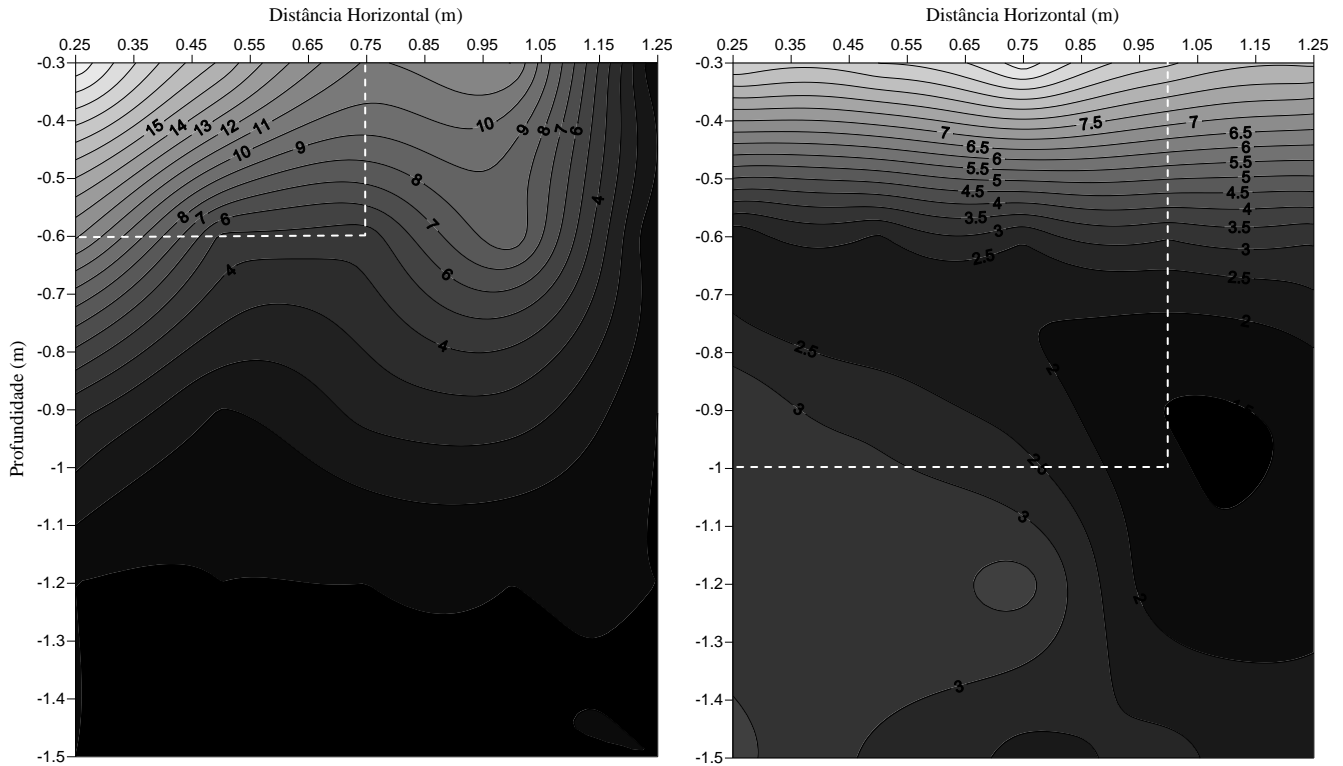
**Tabela 2.** Densidade radicular ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) em função da profundidade ( $P_1=0,0-0,30$  m;  $P_2=0,30-0,60$  m;  $P_3=0,60-0,90$  m;  $P_4=0,90-1,20$  m e  $P_5=1,20-1,50$  m) e da distância horizontal em relação ao caule ( $D_1=0,0-0,25$ ;  $D_2=0,25-0,50$ ;  $D_3=0,50-0,75$ ;  $D_4=0,75-1,0$  m; e  $D_5=1,0-1,25$  m), de plantas de pinhão-manso, com idades de 17 e 36 meses.

Profundidade	17 meses				36 meses
	Distâncias horizontais				
	*D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	
P <sub>1</sub>	20,64 aA <sup>1</sup>	14,96 aAB	10,27 aB	11,37 aB	37,84 a
P <sub>2</sub>	11,49 bA	4,54 bAB	4,23 abAB	8,27 abAB	10,57 b
P <sub>3</sub>	3,20 bcA	0,91 bA	2,24 abA	2,47 bA	9,38 b
P <sub>4</sub>	1,62 cA	2,97 bA	0,00 bA	0,00 bA	10,87 b
P <sub>5</sub>	1,56 cA	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA	10,73 b

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. \*A distância D<sub>5</sub> apresentaram médias iguais a zero.

Esses resultados demonstram uma maior concentração de raízes de pinhão manso nas camadas mais próximas à superfície do solo. Associa-se esse comportamento às condições mais favoráveis existentes nessas camadas, onde a atividade biológica e a disponibilidade de água e nutrientes são maiores. Uma análise de percentual radicular mostrou que as plantas com 17 meses de idade apresentaram mais de 60% das raízes na camada de 0,0-0,30 m ( $P_1$ ) e mais de 90% até a profundidade de 0,60 m ( $P_1$  e  $P_2$ ). A mesma

análise aplicada à distância horizontal a partir do caule demonstra que mais de 70% das raízes encontravam-se até 0,75 m da planta e que nenhuma raiz foi detectada em distâncias entre 1,0-1,25 m da planta (Figura 1-A). Por outro lado, plantas com 36 meses de idade demonstraram homogeneidade de distribuição do sistema radicular, porém, destacando-se novamente a camada superior do solo (0,0-0,30 m) com quase 50% das raízes e mais de 80% encontradas a uma distância de até 1,0 m da planta (Figura 1-B).



**Figura 1.** Densidade de raízes de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L) de 17 (a) e 36 (b) meses de idade, distribuída horizontalmente e em profundidade no perfil do solo, cultivadas no espaçamento de 3 x 2 m em Latossolo, na região do Cerrado.

Os resultados encontrados são de grande importância para o planejamento de novas lavouras de pinhão manso na região, assim como para o preparo do solo, manejo da adubação e irrigação. Vários estudos mostram que uma das principais características da planta de pinhão manso é a sua grande capacidade de resistir a longos períodos de seca e de crescer em solos pouco férteis. Isso, provavelmente está relacionado a distribuição radicular da planta, que durante o seu crescimento desenvolve normalmente uma raiz central bem definida,

e com 4 ou 5 raízes periféricas (OPENSHAW, 2000; KUMAR; SHARMA 2008; ACHTEN, 2008; POMPELLI et al., 2010). Entretanto, os resultados encontrados neste estudo mostram que a cultura do pinhão manso possui raízes curtas e pouco ramificadas, confirmando o relatado por Arruda et al. (2004). Resultados semelhantes, também foram encontrados por Rajaona et al. (2009), que avaliaram a distribuição do sistema radicular de pinhão manso em uma área com densidade de plantio de 1250 plantas por ha em Mandacascar, e



observaram que as plantas apresentaram uma raiz principal bem desenvolvida e maior densidade de raízes próximo ao tronco. Estes autores relatam que a biomassa radicular de plantas de dois anos de idade é maior do que de plantas de um ano. Profundidades de enraizamento aumentam com a idade da planta atingindo um máximo de 1,20 m. Biomassa radicular concentra-se, independente da idade, horizontalmente a 40 cm do caule, com uma pequena quantidade de raízes ultrapassando a projeção da copa. Assim, os resultados evidenciam que a tolerância a seca, da planta de pinhão manso, não está diretamente ligado a distribuição das raízes. Alguns autores relatam que o pinhão manso pode ter um sistema fotossintético misto, passando de C3 para CAM, conforme a disponibilidade de água, como acontece em algumas plantas (LÜTTGE, 2008; MAES et al., 2009; MATOS et al., 2012), mesmo que isto ainda necessite ser mais estudado (POMPELLI et al., 2010; FIGUEIREDO et al., 2012). Este fato explica que a planta fecha os estômatos completamente durante o dia, e só os abra à noite, como as plantas CAM, reduzindo acentuadamente a taxa de fotossíntese e a condutância estomática em situação de déficit hídrico, e após poucos dias nessa situação as folhas começam a cair, de forma

a evitar perdas de água. Resultados recentes mostram que a cultura do pinhão manso responde bem a irrigação e a adubação (EVANGELISTA et al., 2011; FARIA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012). Portanto, os resultados deste estudo colaboram na descrição da distribuição efetiva das raízes, responsáveis pela absorção de água e de nutrientes, contribuindo para o cálculo correto do volume de água disponível no solo para as plantas nas duas fases estudadas, e permite a instalação apropriada de sensores de conteúdo de água ou extratores de solução do solo.

## CONCLUSÕES

Para plantas de pinhão manso com 17 meses de idade na região do Cerrado, a distribuição efetiva das raízes estão a 0,6 m de profundidade e 0,75 m de distância horizontal. E plantas com 36 meses de idade na região do Cerrado, a distribuição efetiva das raízes estão até 1,0 m de profundidade e 1,0 m de distância horizontal.

## REFERÊNCIAS

ALVES Jr., J.; LOURENÇÃO, M. S.;  
SILVA, T. J. A.; SILVA, C. R.;  
FOLEGATTI, M. V. Distribuição do sistema  
radicular de plantas jovens de lima ácida  
'Tahiti' sob diferentes níveis de irrigação.  
Irriga, Botucatu, v.9, n.3, p. 270-281, 2004.

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

BELTRÃO, N. E. M. Agronegócio das  
oleaginosas no Brasil. Informe  
Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n.1, p.  
44-78, 2005.

BÖHM, W. **Methods of studying root  
systems.** In: W.D. (Ed.) Ecological studies  
33. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin,  
189p, 1979.

CASAROLI, D.; JONG VAN Lier, Q. de;  
DOURADO NETO, D. Validation of a root  
water uptake model to estimate transpiration  
constraints. Agricultural Water  
Management, Elsevier, v.97, n.1, p.1382-  
1388, 2010.

EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C.;  
OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.  
Produtividade e rendimento de sementes de  
pinhão-manso submetido à irrigação e  
adubação com OMM-Tech. Engenharia  
Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.2, p. 315-323,  
2011.

FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.;  
MELO, P. C.; ALVES Jr., J. Resposta da  
Cultura de Pinhão Manso à Irrigação e à  
Adubação com OMM-Tech. Irriga,  
Botucatu, v.16, n.1, p. 70 - 81, 2011.

FARIA, L. N.; ROCHA, M. G.; JONG VAN  
LIER, Q. de; CASAROLI, D. A split-pot  
experiment with sorghum to test a root water  
partitioning model. Plant and Soil, Springer,  
v. 331, n. 1, p. 299-311, 2010.

FIGUEIREDO, K. V.; OLIVEIRA, M. T.;  
OLIVEIRA, A. F. M.; SILVA, G. C.,  
SANTOS, M. G. Epicuticular-wax removal  
influences gas exchange and water relations  
in the leaves of an exotic and native species  
from a Brazilian semiarid region under  
induced drought stress. Australian Journal of  
Botany. CSIRO, v.60, n.1, p. 685-692, 2012.

KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review.

Industrial Crops and Products. Elsevier, v.28, n.1, p. 1-10. 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, 531p, 2000.

LOBATO, E. J. V. **Estação evaporimétrica de Goiânia : normais climatológicas (1975-2004)**. Goiânia: EA, UFG, 2005. 57 p.

LÜTTGE, U. Stem CAM in arborescent succulents. Trees. Springer-Verlag, v.22, n.1, p.139-148, 2008.

MAES, W. H.; ACHTEN, W. M. J.; REUBENS, B.; RAES, D.; SAMSON, R.; MUYS, B. Plant-water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* seedlings under different levels of drought stress. Journal of Arid Environments. Elsevier, v.73, n.1. p. 877-884. 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 and Bioenergy, Elsevier v.45, p. 57-64, 2012.

MONTEIRO, J. M. G. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semi-árido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas**. Tese de Doutorado em Ciência de Planejamento Energético. Programa de Pós-graduação em Engenharia, UFRJ. 302p, 2007.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C. Resposta do pinhão-manso à aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.16, n.6, p. 593-598, 2012.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy. Elsevier, v.19, n.1. p.1-15, 2000.

POMPELLI, M. F.; LUÍS, R. B.; VITORINO, H. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L.

Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. *Biomass and Bioenergy*. Elsevier, v.34, n.8, p.1207-1215, 2010.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE. 7. Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009.

SILVA, M. B. R.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; NETO, J. D.; LIMA, V. L. A.; VIÉGAS, R. A. **Produção do pinhão-manso, primeiro ano, irrigado com água residuária.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-Manso, Brasília, 2009.

SIMÕES, W. L.; DRUMOND, M. A.; EVANGELISTA, M. R. V.; SILVA, D. J. **Respostas fisiológicas do pinhão-manso a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

STONE, L. F.; SILVA, S. C.; GUIMARÃES, C. M. **Características climáticas e atributos dos solos dos sítios de fenotipagem para tolerância à seca na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiás.** Documentos 199, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 19p. 2006.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology*. British Ecological Society, v.63, p.995-1001, 1975.