

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.) SUBMETIDO A REGIMES HÍDRICOS EM DUAS CLASSES DE SOLOS

NERIANE DE SOUZA PADILHA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2011**

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas*
L.) SUBMETIDO A REGIMES HÍDRICOS EM DUAS CLASSES DE
SOLOS**

NERIANE DE SOUZA PADILHA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. SILVIO BUENO PEREIRA
Co-orientadores: Dr. CESAR JOSÉ DA SILVA
Prof^a Dr^a SILVANA DE PAULA
QUINTÃO SCALON

Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção
do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

633.85098171 Padilha, Neriane de Souza
P123c Crescimento inicial do pinhão-mansô (*Jatropha curcas*
L.) submetido a regimes hídricos em duas classes de solos.
/ Neriane de Souza Padilha. – Dourados, MS : UFGD,
2011.
63f.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Bueno Pereira.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
Federal da Grande Dourados.

1. Pinhão-mansô – Mato Grosso do Sul. 2. Planta
oleaginosa – Cultivo. I. Título.

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas*
L.) SUBMETIDO A REGIMES HÍDRICOS EM DUAS CLASSES DE
SOLOS**

por

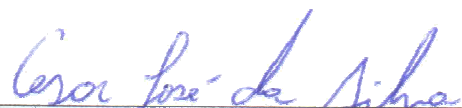
Neriane de Souza Padilha

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

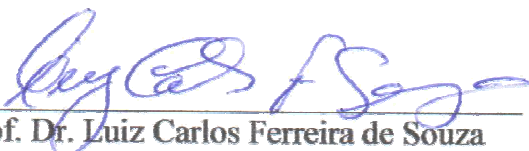
Aprovada em: 21 / 02 / 2011



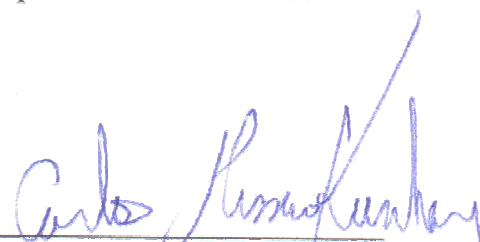
Prof. Dr. Silvio Bueno Pereira
Orientador – UFGD/FCA



Dr. Cesar José da Silva
Co-Orientador – Embrapa
Agropecuária Oeste/CPAO



Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
Membro da Banca – UFGD/FCA



Dr. Carlos Hissao Kurihara
Membro da Banca - Embrapa
Agropecuária Oeste/CPAO

A DEUS

A minha avó (*in memoriam*)
Floriza

Aos meus pais,
Onizete e Nelson

Ao meu irmão,
Nerison

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu guia em todos os caminhos, e em todos os momentos;

A minha avó Floriza (*in memoriam*) pelo amor, incentivo e por acreditar no meu potencial em todos os momentos. Tenho certeza que sempre estará torcendo por mim e aplaudindo as minhas conquistas;

Aos meus pais Onizete e Nelson, pelo amor incondicional, pela dedicação, pelos ensinamentos e pelo apoio em todos os momentos da minha vida;

Ao meu irmão Nerison, pelo apoio, companhia, carinho e momentos de descontração.

Ao co-orientador Dr. Cesar José da Silva, pelo apoio, dedicação, incentivo, cobranças e exigências. Seu apoio e conhecimento foram fundamentais para a realização e concretização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Silvio Bueno Pereira, pela dedicação, compreensão, paciência, incentivo, amizade, por todos os seus atos como orientador.

A co-orientadora Prof^a Dr^a Silvana de Paula Quintão Scalon, pelo apoio, incentivos e ajuda quando precisávamos.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza e Dr. Carlos Hissao Kurihara, pelas correções e sugestões;

A CAPES pela bolsa concedida;

À Embrapa Agropecuária Oeste, por terem aberto suas portas, oferecendo apoio total para a realização do trabalho.

Aos meus amigos, Simone Priscila Bottega, Débora Menani Heid e João Alfredo da Silva Neto pela ajuda no desenvolvimento do trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.....	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.) SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO	8
RESUMO.....	8
INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.) SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFÉRICO	32
RESUMO.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
CONCLUSÕES GERAIS.....	55

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)
SUBMETIDO A REGIMES HÍDRICOS EM DUAS CLASSES DE SOLOS**

RESUMO

PADILHA, Neriane de Souza, M.Sc., Universidade Federal da Grande Dourados, fevereiro, 2011. **Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) submetido a regimes hídricos em duas classes de solos.** Orientador: Prof. Dr. Silvio Bueno Pereira. Co-orientadores: Dr. Cesar José da Silva, Prof^ª. Dr^ª. Silvana de Paula Quintão Scalon.

O presente trabalho teve por objetivo analisar diferentes regimes hídricos no crescimento inicial do pinhão-manso. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados-MS, sendo o primeiro utilizando Latossolo Vermelho distrófico (LVd), e o segundo Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). No primeiro experimento os tratamentos corresponderam aos regimes hídricos, estipulados em 20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de retenção de água no solo (CRAS). O delineamento experimental adotado para os parâmetros altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e teor de clorofila foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x6 (5 regimes hídricos e 6 avaliações ao longo do tempo), com 5 repetições. Para os parâmetros condutância estomática, transpiração e fotossíntese, o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 (5 regimes hídricos e 2 avaliações no decorrer do tempo), com 5 repetições. Para a produção de massa seca de folhas, caules, raízes e total, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 5 repetições. Cada repetição correspondeu a uma planta cultivada por 49 dias em um vaso de polietileno contendo 5 litros de LVd coletado no município de Anastácio-MS. No segundo experimento, os tratamentos corresponderam aos regimes hídricos, estipulados em 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS. O delineamento experimental adotado para os parâmetros altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e teor de clorofila foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x6 (5 regimes hídricos e 6 avaliações ao longo do tempo) e 5 repetições. Para área foliar, volume de raízes e a produção de massa seca de folhas, pecíolos, caules e raízes utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 5 repetições. Cada repetição correspondeu a uma planta, cultivada por 97 dias em um vaso de polietileno contendo 5 litros de LVdf, coletado na área experimental da

Embrapa Agropecuária Oeste. Os regimes hídricos de 60 e 80% da CRAS proporcionaram as melhores respostas para parâmetros fisiológicos de crescimento para a cultura do pinhão-mansão em Latossolo Vermelho distrófico. Os regimes hídricos superiores a 80% da CRAS proporcionaram as plantas de pinhão-mansão maior crescimento em altura, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, clorofila e massas secas em Latossolo Vermelho distroférico.

Palavras-chave: biodiesel, oleaginosa, Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho distroférico.

INTRODUÇÃO GERAL

Com a crise do petróleo na década de 70, iniciou-se uma conscientização da sociedade mundial devido a poluição causada pelos combustíveis fósseis. Pressões globais somadas às desvantagens apresentadas pelos combustíveis fósseis foram subsídios para a elaboração de metas para redução na emissão de gases poluentes, aumentando desde então o interesse por fontes alternativas de energia, principalmente aquelas que contribuem para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (NETO, 2007).

O uso de biocombustíveis, como lenha, carvão vegetal, bio-etanol, óleo vegetais apresentam-se hoje como fonte de energia alternativa (URQUIAGA et al., 2005). Entre os biocombustíveis, o biodiesel, é obtido a partir de óleos e gorduras de origem vegetal e animal, assumindo cada vez maior importância quando utilizado puro (B100) ou misturado ao diesel de petróleo, na geração de energia elétrica ou no transporte veicular (BARROS, 2006).

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), foi criado em dezembro de 2004 e regulamentado em janeiro de 2005, com objetivos de caráter social, econômico e ambiental tem um forte componente político fazendo parte dos grandes programas e metas estabelecidas pelo governo. A permissão legal de adicionar 5% de biodiesel no diesel de petróleo (B5) entrou em vigor em primeiro de janeiro de 2010, antecipada, portanto em 3 anos, uma vez que de conformidade com o disposto na Lei 11.097 de janeiro de 2005, que estabelece percentuais mínimos de mistura de biodiesel ao diesel e o monitoramento da inserção do novo combustível no mercado (GOES et al., 2010).

Este índice deve ser aumentado com o passar dos anos. Pesquisas na área agrícola devem buscar a domesticação de novas espécies e procurar aumentar a produção de óleo por hectare, a partir de técnicas de melhoramento genético (ARAÚJO, 2007).

Com a iniciativa do PNPB e o surgimento de grande demanda por óleos vegetais, o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) tem sido cultivado e pesquisado para tal finalidade. Esta oleaginosa é considerada uma cultura potencial para atender a este programa, pois possui potencial de rendimento de grãos e óleo, permite o cultivo em consórcio com outras culturas de interesse econômico e alimentar (NERY et al., 2009). No entanto, os plantios comerciais de pinhão-mansão no Brasil ainda estão em fase

inicial de implantação e domesticação. Espera-se que a cultura deixe de ser um potencial e passe a ser efetivamente uma matéria-prima para o mercado de biodiesel (ANDRÉO-SOUZA et al., 2010).

O pinhão-manso, pertencente à família Euphorbiaceae, é uma planta nativa das Américas, apresenta-se disseminada nas regiões tropicais e subtropicais do globo e amplamente distribuído na Ásia, África e Índia. É uma planta perene, um arbusto grande, de crescimento rápido alcançando uma altura de três a cinco metros, mas pode atingir uma altura de 8 metros em condições favoráveis (DIVAKARA et al., 2010). As folhas são decíduas, a primeira inflorescência é cimeira; a planta apresenta abscisão foliar na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (SATURNINO et al., 2005). Os frutos maduros apresentam o epicarpo com coloração externa marrom-escura e os frutos secos apresentam o epicarpo de coloração preta (NUNES et al., 2008).

Por ser exigente em insolação, e aparentemente tolerante à seca, o pinhão-manso está sendo apontado como uma opção agrícola para o semi-árido nordestino (ARRUDA et al., 2004).

A textura do solo tem uma grande influencia no tratamento hídrico a ser aplicado na irrigação, pois está relacionada com a capacidade de retenção de umidade, com a permeabilidade e o seu preparo. Embora a capacidade de retenção de água esteja relacionada com outras características tais como estrutura, conteúdo de matéria orgânica, tipo de cátions, ela possui boa relação com os conteúdos de argila, aumentando em geral proporcionalmente com seu conteúdo (VIEIRA et al., 1988).

Alguns trabalhos já estão sendo realizados visando avaliar as exigências hídricas do pinhão-manso, entretanto, na região do Mato Grosso do Sul, ainda não existem relatos sobre essas exigências. Drumond et al. (2008) verificaram que plantas de pinhão-manso com 12 meses de idade, cultivadas em área experimental de Petrolina-PE, apresentaram altura média de 1,6 m sem irrigação e 2,2 m com irrigação por gotejamento com lâmina de 26 mm, com eficiência de 60%, aplicadas semanalmente durante oito meses, totalizando 832 mm aproximadamente, confirmando que, apesar de ser relativamente tolerante à seca a água é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso.

Santos (2008) realizou dois experimentos com pinhão um em região semi-úmida e outro em região semi-árida, onde conclui que a planta apresentou melhor desempenho na capacidade fotossintética na região de semi-úmida com menores quedas na taxa de fotossíntese, condutância estomática e transpiração. O maior déficit de

pressão de vapor do ar é o principal fator responsável pelo fechamento estomático no pinhão-mansão, o que contribuiu para a redução nos valores da taxa fotossintética líquida.

A taxa fotossintética líquida resulta da troca de CO₂ entre a folha e o ar atmosférico, pois quando a planta realiza fotossíntese absorve CO₂ e, pelo processo respiratório libera CO₂. Sob condições naturais, essa relação de troca, assim como a temperatura e o déficit de pressão de vapor são os responsáveis pelo estabelecimento da fotossíntese, muito embora a indução de outros fatores possa alterar essas funções nas plantas (PRIOR et al., 1997).

Além da fotossíntese, outro fator que pode ser influenciado pelo déficit hídrico no solo é a transpiração, que é proporcional ao déficit de pressão de vapor de água na atmosfera. O controle da transpiração é feito pelo fechamento estomático, que é o único processo no continuum solo-planta-atmosfera que possui essa resposta instantânea (PIMENTEL, 1998). Cabe ressaltar que a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar e que menores aberturas estomáticas levam a redução da transpiração e aumento da temperatura do tecido foliar (MACHADO et al., 2005).

Em se tratando de uma espécie agrícola, deve-se lembrar que o comportamento vegetativo das plantas cultivadas é altamente dependente de fatores climáticos, como temperatura, pluviosidade, umidade do solo e radiação solar (LARCHER, 2004). A interação existente entre a fotossíntese, crescimento e desenvolvimento das plantas e as variações climáticas sazonais numa determinada região tornam a produtividade das culturas altamente dependentes dessas variações (LEMO-FILHO, 2000). Entre os eventos fisiológicos mais afetados pelas condições ambientais está a fotossíntese (DENG et al., 2003), a qual tem recebido especial atenção nos estudos que visam à seleção de espécies e/ou variedades adaptadas ao ambientes adversos, por ser a principal fonte de carbono orgânico e de energia para o crescimento e produção de biomassa das plantas.

A condutância estomática é um dos principais fatores que regulam o processo fotossintético nas plantas (PIMENTEL, 2004), que ao absorverem CO₂, inevitavelmente, perdem água pelas folhas. Essa perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar o seu grau de abertura. Esse controle é atribuído a condutância estomática foliar, que é frequentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica (MCDERMID, 1990).

Os estômatos ocupam um papel central nas trocas gasosas, funcionando como o controle a curto prazo da perda de água por transpiração e da assimilação do CO₂ pelas plantas (JONES, 1998). O decréscimo na disponibilidade de água no solo causa queda no potencial da água nas folhas das plantas, ocorrendo perda de turgidez e à redução da condutância estomática (BERGAMASCHI et al., 1991.).

Moura (2010) trabalhando com pinhão-mansão sob déficit hídrico em Neossolo Regolítico, relatou que essa espécie não necessita de muita água para seu estabelecimento, porém um estresse mais severo retarda o seu desenvolvimento. Quando submetidas ao estresse mais severo embora não paralisando seu crescimento, as plantas apresentaram uma redução na altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule e matéria seca.

Por ser uma espécie selvagem, ou seja, não melhorada, ainda existem poucas informações agronômicas a seu respeito, principalmente em relação ao manejo de irrigação na fase inicial da cultura.

Diante exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com objetivo de analisar diferentes regimes hídricos no crescimento inicial do pinhão-mansão.

A dissertação é formada por dois capítulos, o primeiro para avaliar os parâmetros fisiológicos do pinhão-mansão submetido a diferentes regimes hídricos em Latossolo Vermelho distrófico, e o segundo para avaliar o crescimento inicial do pinhão-mansão submetido a diferentes regimes hídricos em Latossolo Vermelho distroférico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A.L.; SILVA, F.F.S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p.83-92, 2010.

ARAÚJO, M. M. **Melhoramento de plantas visando à produção de biodiesel**, 2007. Disponível em: <<http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/2007/Resumo.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

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

BARROS, A. R. **Estudo Biodiesel. Relatório setorial integrante do Projeto “Economia de Pernambuco”**. Secretaria de Planejamento, 2006. Disponível em: <<http://www.datametria.com.br/>>. Acesso em: 18 nov. de 2010.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; ANGELOCCI, L.R. Efeito de variáveis micrometeorológicas e disponibilidade hídrica no solo sobre resistência estomática à difusão gasosa em feijoeiro. **Turrialba**, San Jose, v. 41, n. 4, p. 445-451, 1991.

DENG, X.; HU, Z.; WANG, H.; WEN, X.; KUANG, T. A comparison of photosynthetic apparatus of the detached leaves of the resurrection plant *Boea hygrometrica* with its non-tolerant relative *Chirita herero-trichia* in response to dehydration and rehydration. **Plant Science**, v. 165; p. 851 861, 2003.

DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S.P.; GOWDA, C.L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. **Applied Energy**, v. 87, n. 3, p. 732-742, 2010.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos.; MORGADO, L. B.; PAIVA, L. E. Comportamento do pinhão-manso no semi-árido brasileiro, resultado do 1º ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. **Agroenergia e desenvolvimento sustentável**: anais. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2008. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATS A-2009 09/39519/1/OPB1998.pdf>>, Acesso em: 30 nov. 2010.

GÓES, T.; ARAÚJO, M.; MARRA, R. Biodiesel e sua sustentabilidade, 2010. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/Trabalho_biodiesel_11_de_janeiro_de_2010_versao_final.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2011.

JONES H.G. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. **Journal of Experimental Botany**, v.49, p.387-398, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LEMOS-FILHO, J. R. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MC DERMIT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.12, p.1538-48, 1990.

MOURA, A.R. **Aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) submetido ao déficit hídrico**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

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

NETO, M. **Histórico biodisel**, 2007. Disponível em: <<http://arquivobrasilbio.blogspot.com>>. Acesso: 18 nov. 2010.

NUNES, C. F.; PASQUAL, M.; SANTOS, D.N.; CUSTÓDIO, T.N.; ARAUJO, A.G. Diferentes suplementos no cultivo in vitro de embriões de pinhão-mansô. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 9-14, 2008.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica- RJ: Edur, 1998. 150 p.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Edur, 2004. 191 p.

PRIOR, L. D.; EAMUS, D.; DUFF G. A. Seasonal and Diurnal Patterns of Carbon Assimilation, Stomatal Conductance and Leaf Water Potential in *Eucalyptus tetradonta* Saplings in a Wet–Dry Savanna in Northern Australia. **Australian Journal of Botany**, v. 45, p. 241–258, 1997.

SANTOS, C.M. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas**. 2008. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Alagoas.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D., KAKIDA, J.; TOMINAGA, N., GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v. 26, p.44-78, 2005.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BOODEY, R. M. Produção de biocombustíveis, a questão do balanço energético. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, n. 5, p. 42-46, 2005.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C.; VIEIRA, M.N.S. **Solos: propriedade, classificação e manejo**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 154 p.

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)
SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS EM LATOSSOLO
VERMELHO DISTRÓFICO**

RESUMO

No período de abril a junho de 2009, realizou-se um experimento na casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados-MS, com o objetivo de avaliar diferentes regimes hídricos no crescimento e alguns parâmetros fisiológicos de pinhão-manso. Os tratamentos corresponderam aos regimes hídricos, estipulados em 20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de retenção de água no solo (CRAS). O delineamento experimental adotado para os parâmetros altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e teor de clorofila foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x6 (5 regimes hídricos e 6 avaliações ao longo do tempo), com 5 repetições. Para os parâmetros condutância estomática, transpiração e fotossíntese, o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 (5 regimes hídricos e 2 avaliações), com 5 repetições. Para a produção de massa seca de folhas, caules, raízes e total, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (regimes hídricos) e 5 repetições. Cada repetição correspondeu a 1 planta cultivada por 49 dias em um vaso de polietileno contendo 5 dm³ de Latossolo Vermelho distrófico (LVd) coletado no município de Anastácio-MS. Os regimes hídricos de 60 e 80% da CRAS proporcionaram as melhores respostas para parâmetros fisiológicos de crescimento para a cultura do pinhão-manso. Os tratamentos abaixo de 60% da CRAS e superiores a 80% da CRAS induziram sinais de estresse hídrico.

Palavras-chave: oleaginosa, capacidade de retenção de água no solo, taxa fotossintética.

INTRODUÇÃO

Sendo uma cultura existente de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais, o pinhão-mansão, pode ser considerado uma das mais promissoras oleaginosas do sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, para substituir o diesel de petróleo. Por ser uma espécie nativa e resistente à seca, o pinhão-mansão é considerado uma opção agrícola para o Nordeste brasileiro (ARRUDA et al, 2004),

A textura e a estrutura do solo que definem a área superficial e a arquitetura do sistema poroso são os principais fatores associados ao armazenamento e disponibilidade da água nos solos, assim como, com a habilidade dos solos de deixar passar água na sua matriz para camadas profundas do perfil do solo e da camada terrestre (REINERT e REICHER, 2006).

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas, assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos. A necessidade em se resolver este conflito leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos, que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores levando assim as plantas a tentarem atingir a produção de sementes. O déficit hídrico ocasiona mudanças na partição dos carboidratos no interior da planta, condicionando as plantas desenvolverem mecanismos de adaptação e resistência (SANTOS e CARLESSO, 1998).

A condutância foliar é o indicador fisiológico que melhor se correlaciona com a fotossíntese em diferentes condições de disponibilidade hídrica (PEREIRA et al., 2003). O decréscimo na disponibilidade de água no solo causa queda no potencial da água nas folhas das plantas, ocorrendo perda de turgidez e à redução da condutância estomática (BERGAMASCHI et al., 1991.). Na maioria das vezes, os estômatos fecham em resposta à seca antes mesmo de qualquer mudança no potencial hídrico ou no conteúdo de água das folhas (SOCIAS et al., 1997). A transpiração é proporcional ao déficit de pressão de vapor de água na atmosfera. O controle da transpiração é feito pelo fechamento estomático, que é o único processo no continuum solo-planta-atmosfera que possui essa resposta instantânea (PIMENTEL, 1998).

No Brasil, sob condições de sequeiro, a planta do pinhão-manso cresce em regiões com precipitações pluviométricas variando de 480 a 2.380 mm anuais e temperaturas médias anuais entre 18°C e 28,5°C (SATURNINO et al., 2005). No entanto, ela cresce melhor com chuvas anuais acima de 600 mm, sendo tolerante a longos períodos de estiagem (SEVERINO et al., 2006).

Luís (2009) em experimento de estresse hídrico em pinhão-manso, na cidade de Rio Largo-AL, relatou que o déficit hídrico induziu uma redução da taxa fotossintética da planta, devido à diminuição da condutância estomática.

No entanto, Freire et al. (2010), trabalhando com pinhão-manso em Neossolo Regolítico verificaram que a planta mesmo quando cultivada a 50% da CRAS, não reduziu drasticamente seu crescimento, evidenciando que a referida espécie pode ser capaz de suportar curtos períodos de seca na fase de muda.

Objetivou-se neste trabalho avaliar diferentes regimes hídricos no crescimento e em alguns parâmetros fisiológicos do pinhão-manso cultivado em Latossolo Vermelho distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

No período de abril a junho de 2009, realizou-se um experimento na casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO) em Dourados-MS.

O solo utilizado, classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e coletado no município de Anastácio – MS, foi submetido à análise química (Quadro 1) e física (Quadro 2) no laboratório de Fertilidade e Física do Solo do CPAO, seguindo metodologia proposta por Embrapa (1997). Foi determinada a densidade e capacidade de retenção de água do solo.

QUADRO 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento, antes da antes da semeadura do pinhão-manso

Solo	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	CTC	P	V	M.O.	Cu	Fe	Mn	Zn
		----- cmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	%	g kg ⁻¹		----- mg dm ⁻³ -----		
LVd	5,5	0,1	2,0	1,2	0,42	7,9	11,0	46	13,3	0,8	37,7	42,3	2,9

Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), coletados em Anastácio, MS.

QUADRO 2. Caracterização física do solo utilizado no experimento

Areia Total	Silte	Argila	Densidade
----- g Kg ⁻¹ -----			-----g cm ⁻³ -----
745	92	163	1,32

Posteriormente foi aplicada a mistura de corretivos (CaCO₃ e MgCO₃, em relação molar 4:1), visando a elevação da saturação por bases de 46% para 65%. A adubação básica constituiu de 50; 300; 30 mg kg⁻¹ de N, P e K (utilizando-se respectivamente, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio como fonte) e 0,8; 0,08; 0,30; 0,20; 0,01 e 0,90 mg Kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente (usando-se ácido bórico, sulfato cúprico?, sulfato ferroso, sulfato de manganês, ácido molibdico, sulfato de zinco). Os macro e micronutrientes foram misturados ao solo por meio de betoneira.

Após a adição de corretivos de acidez e fertilizantes no solo, os vasos contendo 5 dm³ de solo foram mantidos em incubação por um período de 15 dias. Durante este período todos os vasos foram mantidos a 80% da capacidade de retenção de água do solo (CRAS).

Os tratamentos corresponderam aos regimes hídricos de 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS. Em seguida ao ajuste da umidade do solo de acordo com cada tratamento (Quadro 3), realizou-se a semeadura de 4 sementes escarificadas (escarificação mecânica) por vaso, tendo sido feito o desbaste 10 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por vaso.

QUADRO 3. Regimes hídricos e umidade correspondente a cada tratamento

Regimes hídricos	Umidade (%)
20% CRAS	5,62
40% CRAS	11,24
60% CRAS	18,87
80% CRAS	22,50
100% CRAS	28,11

Fez-se adubação de cobertura 10 DAS, com aplicação de 50 e 30 mg Kg⁻¹ de N e K (utilizando-se respectivamente, sulfato de amônio e cloreto de potássio como fonte). Os nutrientes foram misturados a água de irrigação.

Até 15 DAS, os vasos foram pesados a cada dois dias e o volume de água evapotranspirado reposto de acordo com cada um dos regimes hídricos. Dos 16 aos 48 DAS, todos os vasos foram pesados diariamente. Semanalmente foram realizados rodízio dos vasos na bancada.

Durante a condução do experimento foi monitorada a temperatura (Figura 1) e umidade relativa (Figura 2) do ambiente, com as médias semanais máximas, médias e mínimas apresentadas a seguir:

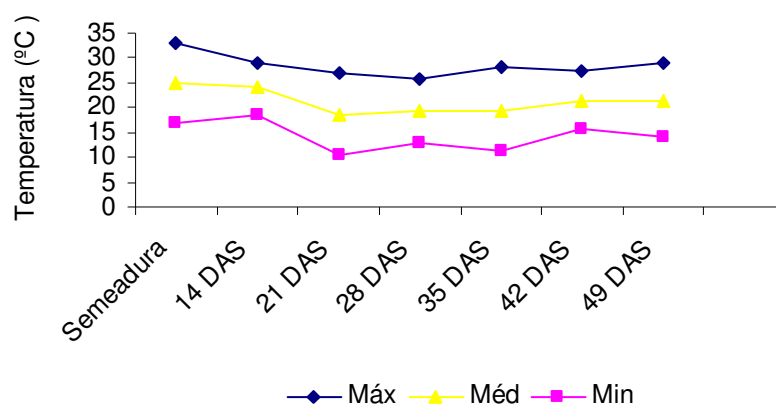


FIGURA 1. Médias de temperaturas máximas, médias e mínimas semanais durante os 49 dias após semeadura de pinhão-mansó.

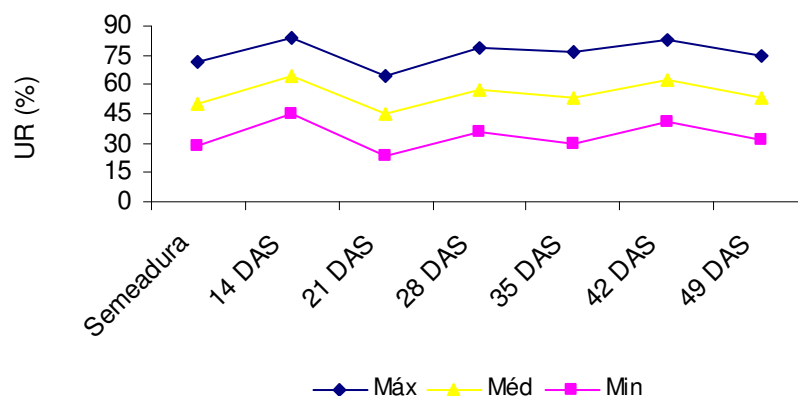


FIGURA 2. Médias de umidades relativas máximas, médias e mínimas semanais durante os 49 dias após semeadura de pinhão-manso.

As avaliações de parâmetros como altura de plantas (através de uma trena) e diâmetro de caule (medidos com auxílio de paquímetro), número de folhas, teor de clorofila (obtido pelo medidor portátil SPAD-502) foram realizadas aos 14, 21, 28, 35, 42 e 49 DAS. Já a condutância estomática, transpiração e fotossíntese (medidos pelo aparelho LCI Analyser Serial N° 32057) foram realizadas aos 21 e 35 DAS.

Aos 49 DAS foram coletadas 5 plantas de cada tratamento que foram separados em folhas, pecíolos, caules e raízes. O material foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante para a determinação da massa seca.

Ao final do experimento (49 DAS) foi realizada avaliações de altura de plantas, diâmetro de caule e número de folhas em cada regime hídrico.

Adotou-se 49 dias, pois plantas de pinhão-manso normalmente são levadas a campo (transplantadas) entre 30-60 após a emergência.

O delineamento experimental adotado para os parâmetros altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e teor de clorofila foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x6 (5 regimes hídricos e 6 avaliações ao longo do tempo), com 5 repetições. Para os parâmetros condutância estomática, transpiração e fotossíntese, o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 (5 regimes hídricos e 2 avaliações), com 5 repetições. Para a produção de massa seca de folhas, caules, raízes e total, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (regimes hídricos) e 5 repetições. Cada repetição correspondeu a 1 planta cultivada por 49 dias em um vaso de polietileno contendo 5 dm³ de LVD coletado na camada de 0-15 cm, seco e peneirado em peneira de 2 mm.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa computacional Saeg (2007). Os efeitos de tempo de avaliação foram determinados por meio de ajuste de modelo de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre tratamentos (regimes hídricos) e tempo em que foram realizadas as avaliações de altura de plantas, diâmetro de caule e número de folhas (Quadro 4).

QUADRO 4. Análise de variância para os parâmetros altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF) de plantas de pinhão-manso submetidos a diferentes regimes hídricos (RH) e avaliações ao longo do tempo. Dourados-MS, 2011

Fatores	AP (cm)	DC (cm)	NF (folhas planta ⁻¹)
F (RH)	162,58*	38,78*	58,43*
F (Tempo)	69,19*	149,62*	28,08*
F (RHxTempo)	3,16*	4,22*	5,74*
CV%	7,04	9,77	14,77

*= significativo a 5% de probabilidade; NS= não significativo; CV = coeficiente de variação.

Observou-se que a altura variou de 5,70 a 10,88 cm. No tratamento hídrico de 20% da CRAS houve uma paralisação do crescimento em altura das plantas, enquanto os tratamentos hídricos de 40, 60, 80 e 100% de CRAS apresentaram crescimento linear ao longo das avaliações. Os tratamentos de 60 e 100% da CRAS apresentaram os maiores valores para o parâmetro altura de plantas. As plantas submetidas ao regime hídrico de 40% da CRAS, toleraram a baixa quantidade água, mas elas tiveram uma baixa taxa de crescimento (Figura 3).

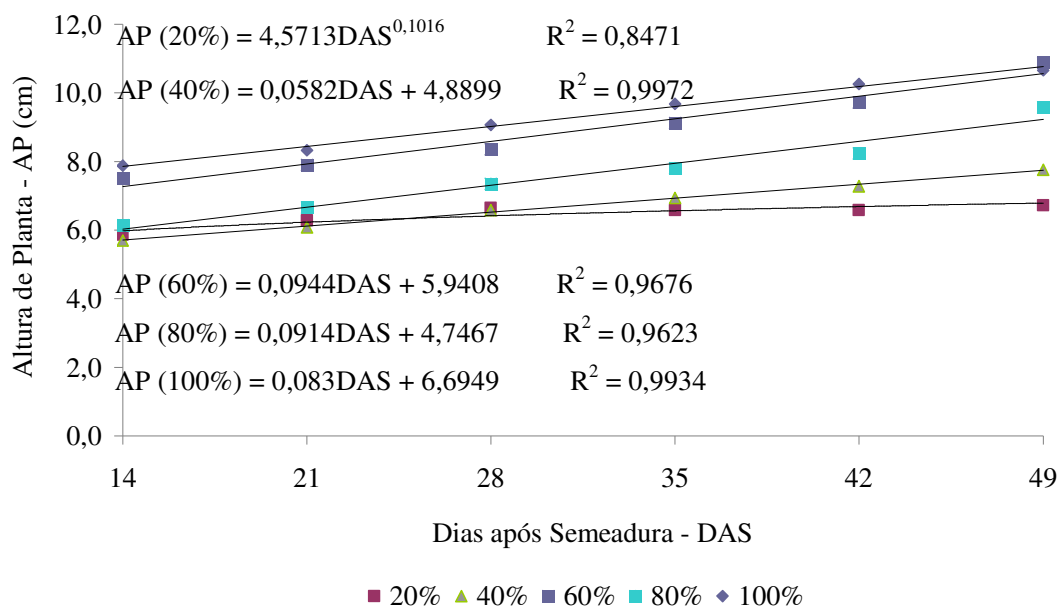


FIGURA 3. Altura de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

A altura das plantas aos 49 DAS apresentaram um comportamento exponencial crescente, sendo que quanto maior a disponibilidade hídrica, maior foi o crescimento em altura da planta. Nos tratamentos de 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS, as plantas estavam, respectivamente, a uma altura de 6,74; 8,29; 9,35; 10,19 e 10,90 cm. (Figura 4).

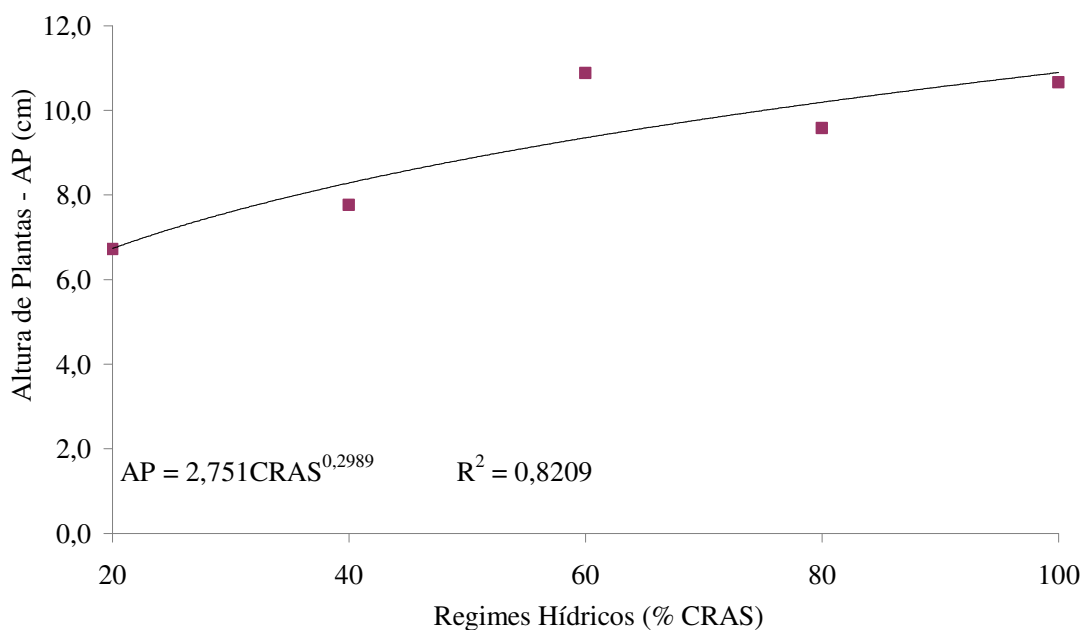


FIGURA 4. Altura de plantas de pinhão-manso aos 49 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Veras et al. (2010) trabalhando com pinhão-mansão a diferentes reposições de evaporação do tanque Classe A (ECA), observaram que a altura atingida pelas plantas aos 210 dias após o transplante, nos tratamentos de menor nível de evapotranspiração (0,25 da ECA) e maior (1,25 da ETA) nível de reposição da evapotranspiração, ocorreu em média crescimento de 16,63 e 19,45 cm, respectivamente. Esses dados também mostraram que melhor resposta na altura das plantas de pinhão-mansão ocorreu nos tratamentos de maior nível de reposição da ECA, indicando que o pinhão-mansão tende a diminuir seu crescimento em situações de déficit hídrico.

Figuerôa et al. (2004) avaliando a altura de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), sob diferentes regimes hídricos 75%, 50% e 25% da CRAS, a altura média das plantas aos 30 dias sob os regimes hídricos de 50 e 75% CRAS foram significativamente maiores que no regime de 25% da CRAS. Aos 60 dias, os três regimes hídricos diferiram significativamente entre si, sendo o de 75% da CRAS foi superior aos demais tratamentos.

Comportamento semelhante foi observado para *Azadirachta indica* A. Juss. (nim-indiano), onde plantas submetidas aos tratamentos controle (100% da CRAS) e 80% da CRAS apresentaram maiores valores de altura em relação aos outros tratamentos já a partir do 28º dia após a diferenciação dos tratamentos. Comparados ao controle, ocorreram reduções na altura de 27,2%, 39,9% e 57,6% nas plantas submetidas, respectivamente, a 60, 40 e 20% da CRAS (MARTINS et al., 2010).

A variável diâmetro de caule apresentou um crescimento linear com o aumento dos regimes hídricos. Para o tratamento de 20% da CRAS, ajustou-se uma função exponencial para essa variável. Os regimes hídricos de 60 e 80% da CRAS proporcionaram os maiores diâmetros, 40 e 100% obtiveram valores intermediários e 20% da CRAS o menor diâmetro (Figura 5).

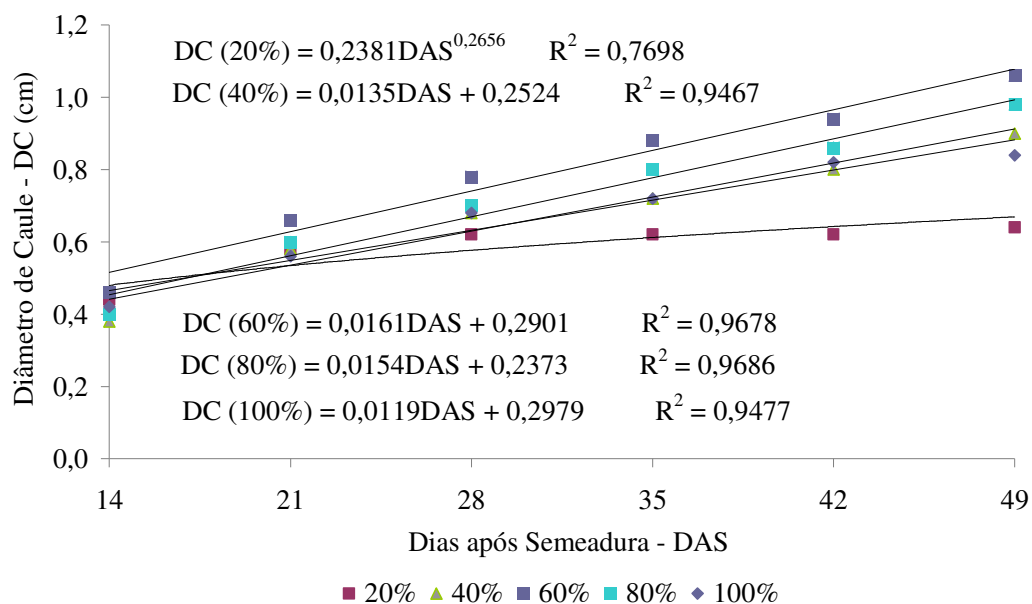


FIGURA 5. Diâmetro de caule de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

O diâmetro de caule aos 49 DAS apresentou um comportamento quadrático, onde seu ponto máximo foi no regime hídrico de 61,75% da CRAS com diâmetro de 0,98 cm. Posteriormente passou a decrescer com o aumento da disponibilidade hídrica. As plantas apresentaram diâmetro de caule de 0,63; 0,89; 0,98; 0,92 e 0,69 cm, respectivamente, nos tratamentos de 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS (Figura 6).

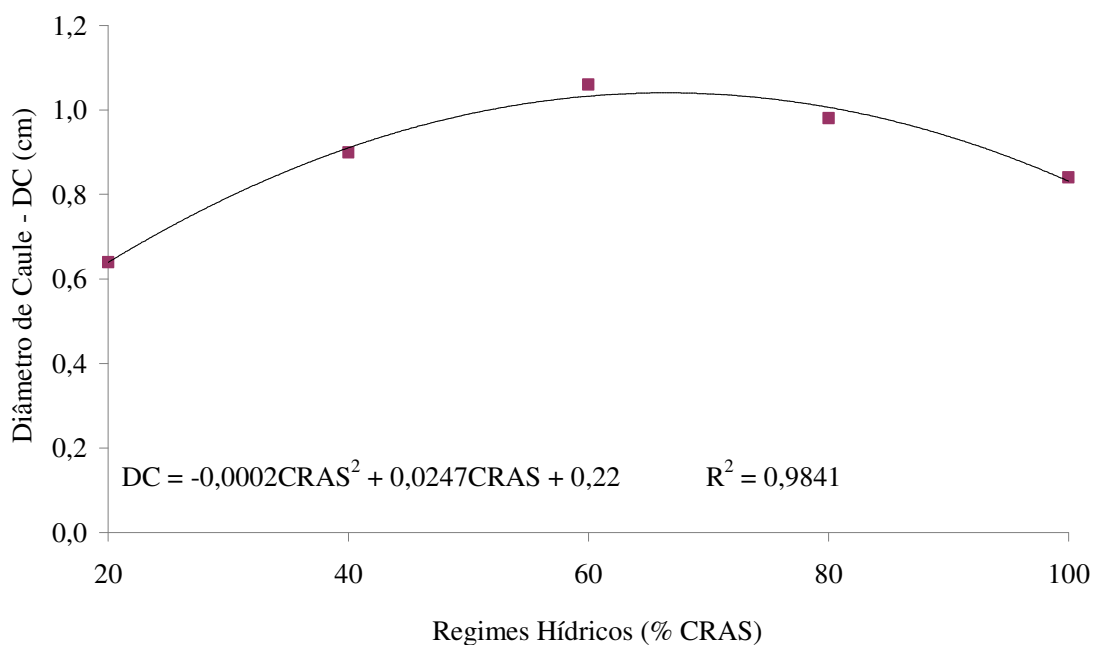


FIGURA 6. Diâmetro de caule de pinhão-manso aos 49 dias após a sementeira (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Resultados semelhantes para diâmetro de caule foram descritos por Martins et al.(2010) que relataram que em plantas de nim-indiano, ao final do experimento, as plantas do tratamento-controle (100% da CRAS) e com 80% da CRAS foram as que apresentaram valores mais elevados do diâmetro do caule, seguidos pelas plantas dos tratamentos 60 e 40% da CRAS, com valores intermediários e, por último o tratamento com 20% da CRAS.

Com a umidade mantida em 20% da CRAS, ocorreu uma diminuição do ritmo de crescimento em altura e diâmetro de caule, em relação aos outros tratamentos. De acordo com Oliva et al. (1989), plantas com déficit hídrico reduzem a expansão celular e a formação da parede celular e, indiretamente, reduzem a disponibilidade de carboidratos ou influenciam na produção de reguladores de crescimento.

O aumento no número de folhas por planta de pinhão-manso dos 14 aos 49 dias, aumentaram linearmente no regimes hídricos de 40, 60, 80 e 100% da CRAS. Enquanto o regime de 20% da CRAS apresentou um ajuste quadrático, aumentou o número de folhas dos 14 aos 28 DAS, e posteriormente diminuiu até os 49 DAS em função da senescência das folhas, causada pelo déficit hídrico (Figura 7).

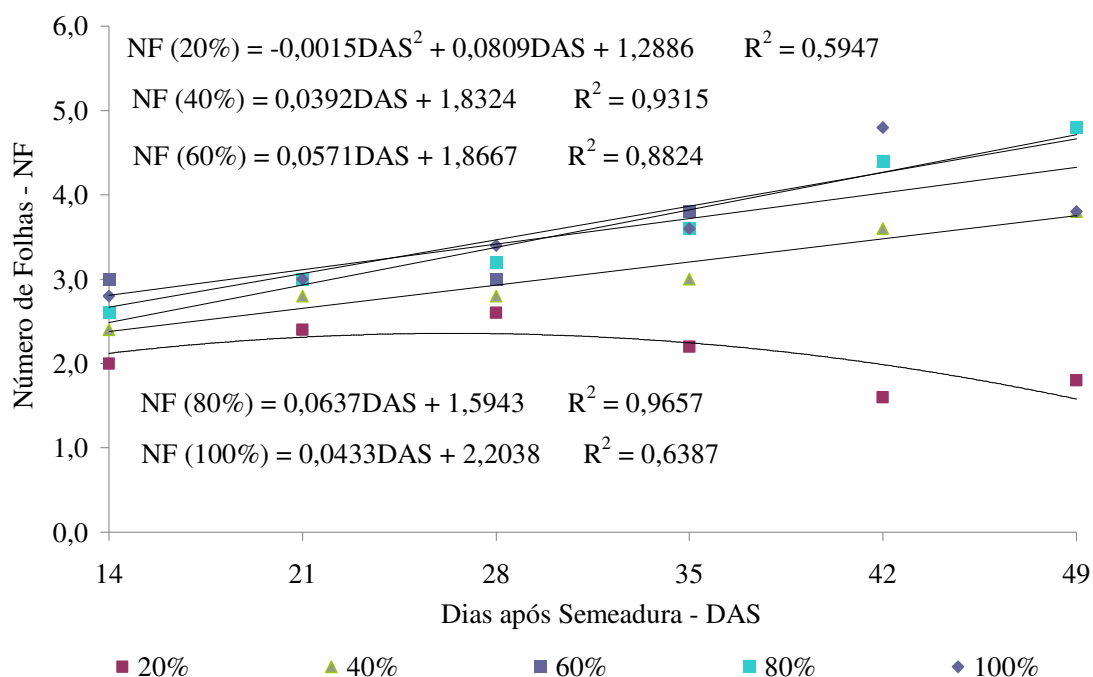


FIGURA 7. Número de folhas de pinhão-manso submetidos a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

A variável número de folhas aos 49 DAS foi ajustada a uma função quadrática, onde o ponto máximo foi a 67% da CRAS, contendo 5 folhas, e depois passou a decrescer. Esse decréscimo pode ser devido ao estresse causado por excesso de água, que causa queda nas folhas (Figura 8).

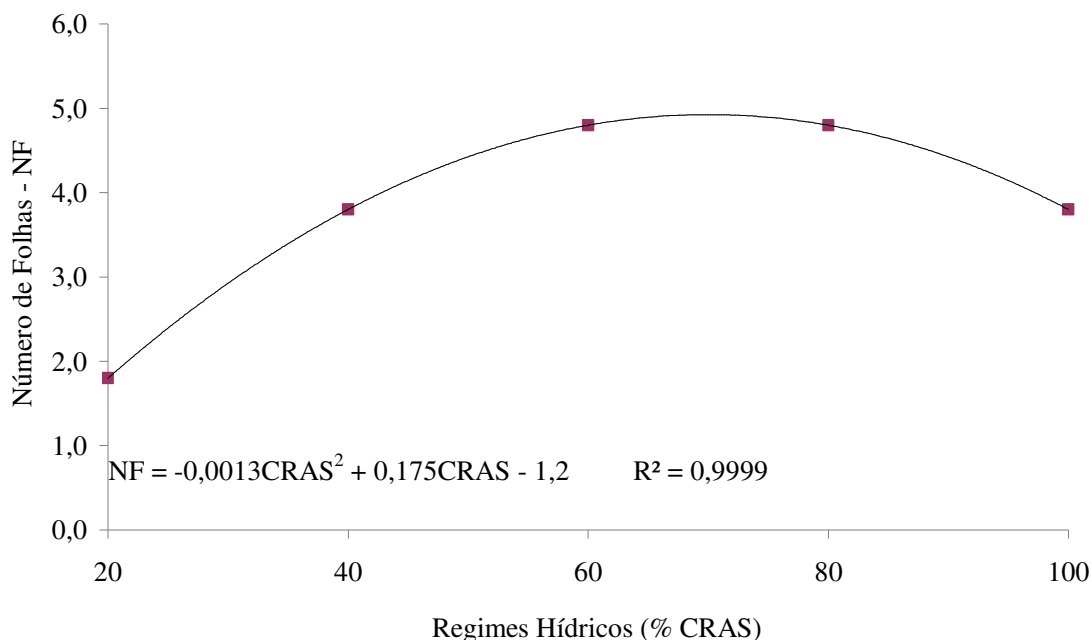


FIGURA 8. Número de folhas de pinhão-manso aos 49 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Na Figura 8, os tratamentos de 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS apresentaram uma redução do número de folhas de 163,5; 26,1; 1,52; 4,7 e 42,1%; respectivamente, quando comparados ao tratamento de 67% da CRAS.

Martins et al. (2010) trabalhando com nim-indiano, relatou que plantas submetidas a 20% da CRAS apresentaram menor número de folhas comparado aos demais tratamentos hídricos (40, 60, 80% e 100% da CRAS). Com redução de 36,9% em relação ao tratamento controle (100% da CRAS). Segundo Smit e Singels (2006), o menor número de folhas no comportamento 20% da CRAS é decorrente da intensidade do estresse hídrico, que causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas.

A variável área foliar aos 49 DAS foi ajustada a uma função quadrática, onde o ponto máximo foi a 69% da CRAS, com área foliar a 594 cm², posteriormente passou a decrescer. Esse decréscimo pode ser devido ao estresse causado por excesso de água, que causa queda nas folhas (Figura 9).

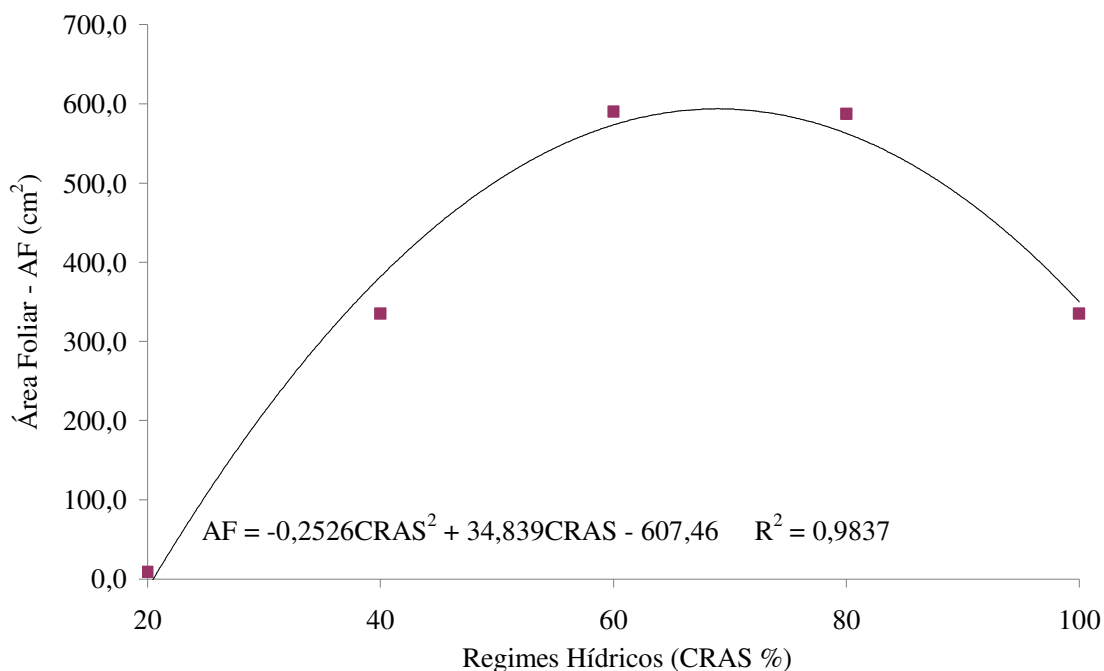


FIGURA 9. Área foliar de plantas de pinhão-mansão submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Os regimes hídricos menores e maiores que 67% da CRAS proporcionaram uma queda nos valores de número de folhas e área foliar, devido ao estresse hídrico por déficit e excesso de água.

De acordo com Santos e Carlesso (1998), em condições de menor disponibilidade de água no solo, ocorre uma redução na expansão das folhas, acelera a senescência, diminui a área foliar e aumenta a abscisão das folhas. Segundo Sampaio et al. (2006), o excesso de água também causa distúrbios na planta, como murchamento e queda das folhas, tendo como consequência a diminuição do número de folhas e área foliar.

Houve diferença significativa isoladamente e para a interação entre tratamentos e tempo em que foram realizadas as avaliações taxa fotossintética e condutância estomática. Para transpiração houve diferença significativa somente para as avaliações ao longo do tempo. Não houve diferença estatística para teor de clorofila entre os tratamentos e tempo de avaliações, que ficou em média 38,63 unidade SPAD (Quadro 5).

QUADRO 5. Análise de variância para os parâmetros Taxa fotossintética (TF), transpiração (TR), condutância estomática (CE) e Clorofila de pinhão-manso submetido a diferentes regimes hídricos (RH) . Dourados-MS, 2011

Fatores	TF	TR	CE	Clorofila
	$\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Unidade SPAD
F (RH)	69,54*	1,12 NS	33,40*	0,17 NS
F (Tempo)	159,61*	184,29*	113,47*	9,55 NS
F (RHxTempo)	39,92*	12,06*	35,90*	1,15 NS
CV%	14,44	9,74	26,55	12,55

*= significativo a 5% de probabilidade; NS= não significativo; CV = coeficiente de variação.

A menor taxa fotossintética aos 21 DAS, em plantas de pinhão-manso foi obtida pelo regime hídrico de 20% da CRAS ($2,46 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Já nos regimes de 40, 60, 80 e 100% da CRAS, não houve diferença significativa. Aos 35 DAS ocorreu um aumento na taxa fotossintética em todos os tratamentos, exceto no de 20% da CRAS, que apresentou um decréscimo ($1,90 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). As maiores taxas fotossintéticas foram obtidas pelos tratamentos hídricos de 60 e 80% da CRAS, tendo 7,96 e 8,66 $\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente. A taxa fotossintética aos 35 DAS foram maiores 319 e 355, 8% nos tratamentos de 60 e 80% da CRAS, respectivamente, quando comparada ao de 20% da CRAS (Figura 10).

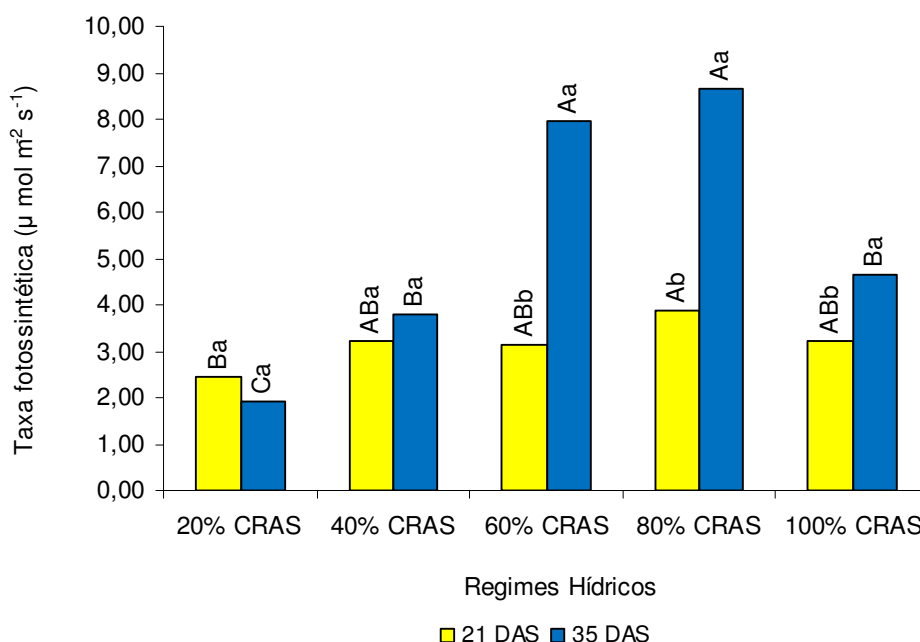


FIGURA 10. Taxa fotossintética de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011. Médias com mesma letra maiúscula para tratamentos em cada avaliação e minúscula entre avaliações (no mesmo tratamento), não diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F a 5% de probabilidade.

O aumento na taxa fotossintética nos tratamentos de 60 e 80% da CRAS ocorreu principalmente pelo aumento da disponibilidade de água. De acordo com Jones (1985), o déficit hídrico afeta a bioquímica, a fisiologia, a morfologia e os processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo a fotossíntese de três maneiras: pela redução na área foliar disponível para interceptar a radiação solar, pela redução da difusão do CO₂ para dentro da folha e pela redução da habilidade dos cloroplastos para fixar o CO₂ que neles penetra.

Santos (2008) em experimento com pinhão-manso em região semi-úmida e semi-árida observou que as taxas de fotossíntese foram maiores na região semi-úmida, apresentando assimilações de CO₂ entre 8 a 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e 5 a 15 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para a região semi-árida. A redução da fotossíntese na região semi-árida pode estar relacionada com diminuição da condutância estomática.

Almeida Neto et al.(2008) em experimento com a mamona a diferentes lâminas de irrigação (60, 80,100, 120 e 140% da evapotranspiração da cultura), observou que a fotossíntese aumentou com o aumento da lâmina de irrigação, sendo esse aumento de 10,14% entre a menor (60%) e a maior (140%) lâmina de irrigação.

A transpiração de plantas de pinhão-manso aos 21 DAS, apresentou o menor valor no tratamento de 60% da CRAS (0,87 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), sendo que nos demais tratamentos não diferiram entre si. Aos 35 DAS, houve um aumento na transpiração das plantas em todos os tratamentos, onde o maior valor de transpiração foi no regime hídrico de 60% da CRAS (1,80 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), nos outros tratamentos não ocorreu diferença estatística (Figura 11).

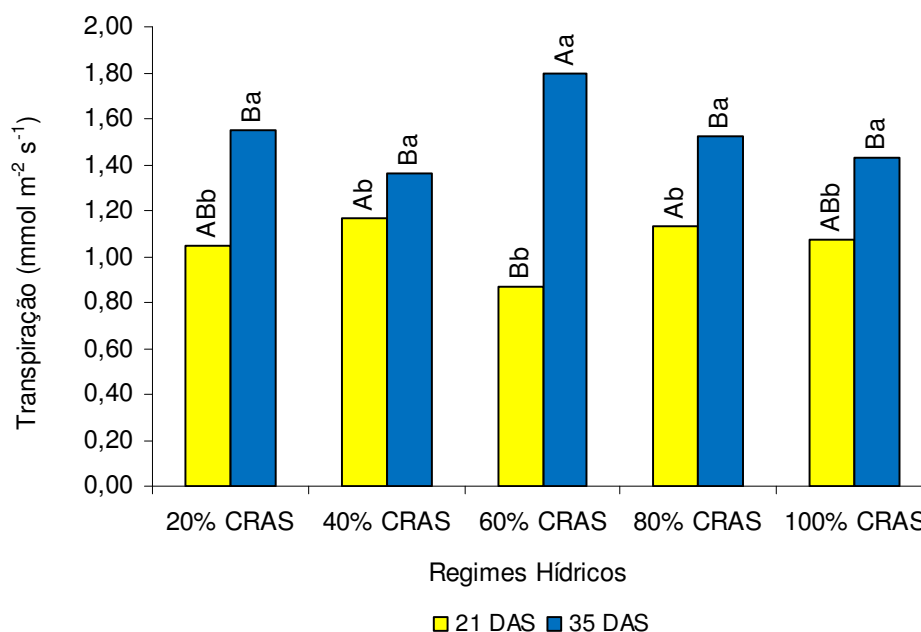


FIGURA 11. Transpiração de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011. Médias com mesma letra maiúscula para tratamentos em cada avaliação e minúscula entre avaliações (no mesmo tratamento), não diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F a 5% de probabilidade.

Em experimento de pinhão-manso em região semi-úmida e semi-árida, Santos (2008) relatou que a transpiração de modo geral apresentou valores máximos de até $8,0 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para região semi-úmida e até $4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para região semi-árida.

Trabalhando com mamona, Almeida Neto (2008) observou que a transpiração aumentou 14,53% entre as lâminas de 60% e 140% da ETc. O aumento percentual na transpiração entre as lâminas de irrigação de 100% e 140% da ETc foi de apenas 1,72%.

Aos 21 DAS a condutância estomática não diferiu significativamente entre os tratamentos, mas aos 35 DAS os regimes hídricos de 20 e 80% CRAS obtiveram o menor e maior valor de condutância estomática ($0,02$ e $0,19 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), respectivamente (Figura 12).

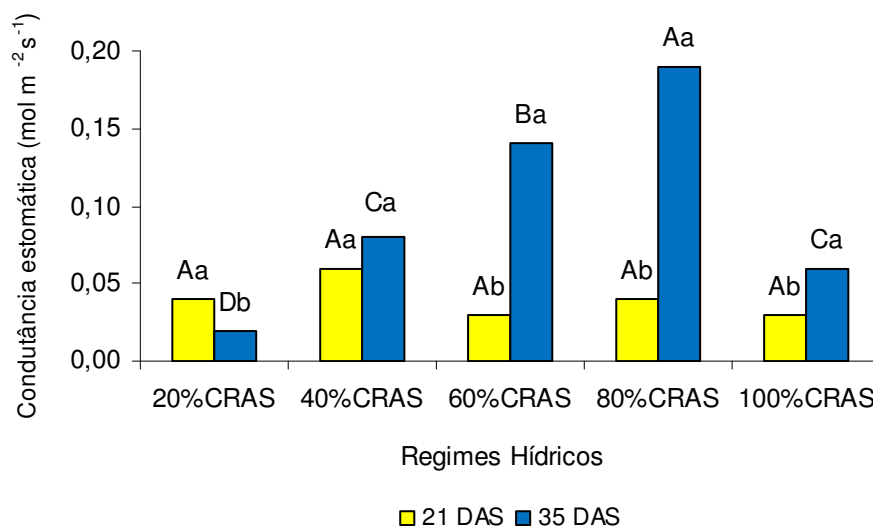


FIGURA 12. Condutância estomática de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011. Médias com mesma letra maiúscula para tratamentos em cada avaliação e minúscula entre avaliações (no mesmo tratamento), não diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F a 5% de probabilidade.

Santos (2008) observou que os valores de condutância estomática em pinhão-manso oscilaram na faixa de 0,05 a 0,6 mol m⁻² s⁻¹ para a região semi-úmida e entre 0,01 a 0,35 mol m⁻² s⁻¹ para a região semi-árida.

A disponibilidade de água no solo é fator importante para que as plantas de pinhão-manso mantenham os estômatos abertos para realização da fotossíntese e transpiração (WANDERLEY FILHO et al., 2008). Quando ocorre déficit hídrico, um dos primeiros acontecimentos na planta é o fechamento estomático (diminuindo a condutância estomática), em resposta ocorre um declínio da turgescência da folha e/ou do seu potencial hídrico (YORDANOV et al., 2003), ou ainda em resposta há um aumento da concentração de ácido abscísico no fluxo transpiratório (CHAVES et al., 2003). Com o fechamento dos estômatos das folhas, a afluência de CO₂ ao mesmo tempo também diminui, resultando na redução da taxa fotossintética (LAWLOR e UPRETY, 1993).

Na Figura 12, o tratamento de 100% da CRAS aos 35 DAS, apresentou uma redução da condutância estomática de 133,3 e 216,7% em relação aos regimes hídricos de 60 e 80% da CRAS, respectivamente. A redução da condutância estomática pode ter ocorrido devido ao excesso de água (estresse anaeróbico). De acordo com Fernandés (2006), plantas sob condições de excesso estresse anaeróbico possuem uma limitação nas trocas gasosas pelo fechamento estomático. A baixa disponibilidade de oxigênio

pode afetar a condutância estomática, diminuindo a perda de água pela transpiração e diminuindo a fotossíntese.

As massas secas de folhas, pecíolos, raízes e massa seca total apresentaram um ajuste quadrático, onde aumentaram com o aumento dos tratamentos hídricos. Somente a massa seca de caule não apresentou ajuste a nenhuma função matemática, pois não houve efeito dos regimes hídricos nessa variável analisada. O menor acúmulo de massa seca foi obtido com o regime de 20% da CRAS (Figura 13).

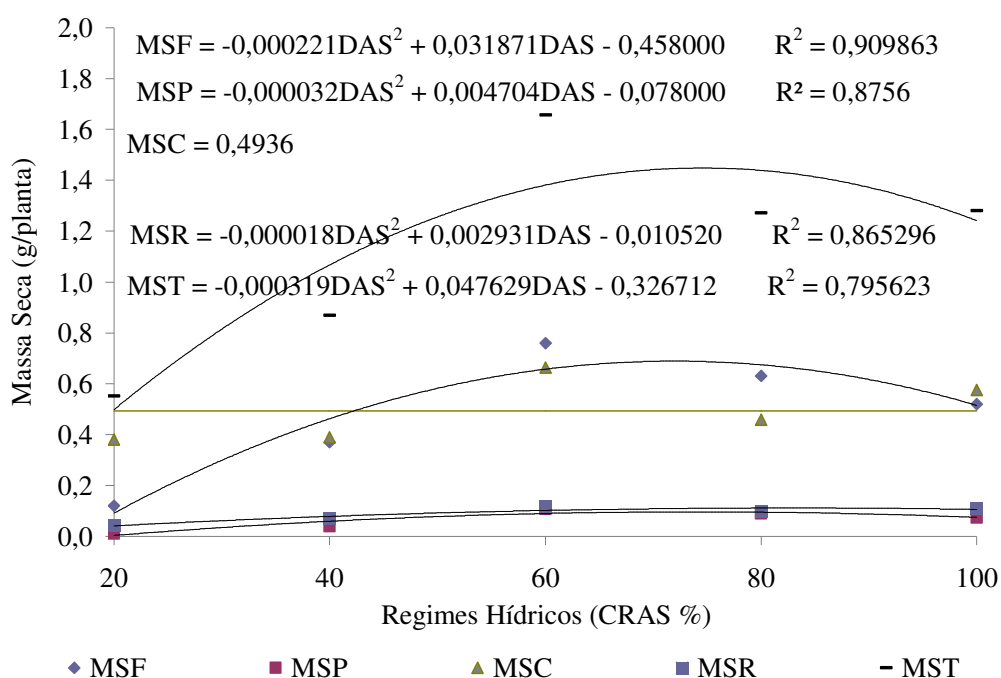


FIGURA 13. Massa seca de folhas (MSF), pecíolo (MSP), caule (MSC), raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de pinhão-mansão submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Os baixos valores de massas secas expressos nos tratamento de 20% da CRAS são devido ao primeiro efeito biológico significativo do estresse hídrico, que é a redução de turgor que se expressa na expansão foliar, o que afeta a fotossíntese, fato expresso na redução da massa seca de folhas, caules, pecíolos e raízes (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A massa seca de folhas de pinhão-mansão foram afetadas nos tratamento abaixo de 60% da CRAS e acima de 80% da CRAS, devido principalmente a diminuição do número de folhas (Figura 8) e diminuição da área foliar (Figura 9), sintomas estes causados por falta e excesso de água.

Nascimento (2007), trabalhando com mamona em diferentes disponibilidades de água (40, 60, 80 e 100% da CRAS), verificou que a produção média de massa seca da parte aérea obtida para o tratamento cujas plantas foram mantidas em solo a 100% da CRAS apresentou acima daquela obtida a 40% da CRAS.

A massa seca de caule não foi influenciada pelo efeito dos regimes hídricos, provavelmente devido as plantas armazenarem água no caule e após serem submetidas à estufa de circulação forçada a 65°C, perderam a água e não foi observada diferença de valores de massa seca de caule entre os regimes hídricos.

CONCLUSÕES

1. Os regimes hídricos de 60 e 80% da CRAS proporcionaram as melhores respostas para parâmetros fisiológicos de crescimento para a cultura do pinhão-mansão em LVd.
2. Os tratamentos abaixo de 60% da CRAS e superiores a 80% da CRAS induziram sinais de estresse hídrico em LVd.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA NETO, A.J.; MEDEIROS, J.F.; PORTO FILHO, F.Q.; DOMBROSKI, J.L.D.; PEREIRA, F.H.F.; OLIVEIRA, C.J.S.; SOUSA, P.S.; OLIVEIRA, A.M.S. Comportamento fisiológico de plantas de mamona cultivar BRS energia submetida a diferentes espaçamentos e lâminas de irrigação. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2008, Salvador, BA. **Resumos técnicos...**

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

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; ANGELOCCI, L.R. Efeito de variáveis micrometeorológicas e disponibilidade hídrica no solo sobre resistência estomática à difusão gasosa em feijoeiro. **Turrialba**, San Jose, v. 41, n. 4, p. 445-451, 1991.

CHAVES M.M., MAROCO J.P., PEREIRA J.S. Understanding plant responses to drought – From genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, 239-264, 2003

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

FERNÁNDES, M.D. Changes in photosynthesis and fluorescence in response to flooding in emerged and submerged leaves of *Pouteria orinocoensis*. **Photosynthetica, Prague**, v.44, n.1, p.32-38, 2006.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasílica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

FREIRE, C.S.; MOURA, A.R.; SOUZA, R.P.; MACIEL, L.S.; NOGUEIRAS, R.J.M.C. Resposta à seca em mudas de pinhão-manso na fase inicial de desenvolvimento. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 2010, João Pessoa, PB. **Resumos técnicos...**

JONES, C. A. **C4 Grasses and Cereals: growth, development and stress response**. New York: John Wiley & Sons, 1985. 419 p

LAWLOR, D. W.; UPRETY, D. C. Efeitos do estresse hídrico na fotossíntese de plantas cultivadas e o mecanismo biológico. **Photosynthesis: photoreactions to plant productivity**. 1993.p. 419-449.

LUÍS, R.M.F.C.B. **Respostas de *Jatropha curcas* L. ao déficit hídrico: Caracterização bioquímica e ecofisiológica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa - Portugal.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANTOS, C. M. dos. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas.** 2008. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal e Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL.

MARTINS, M.O.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. - MELIACEAE). **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

NASCIMENTO, R. Efeito de diferentes disponibilidades de água sobre alguns parâmetros de crescimento de plantas de mamona em estágio vegetativo. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 22, n. 2, p. 45-47, 2007

OLIVA, M.A.; BARROS, N.F.; GOMES, M.M.S.; LOPES, N.F. Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em relação a estresse hídrico e nutrição mineral. **Revista Árvore**, v.13, p.19-33, 1989.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. Análise de crescimento do pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2007, Varginha-MG. **Resumos técnicos...**

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical.** Seropédica- RJ: Edur, 1998. 150 p

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

REINERT, D.J.; REICHER, J.M. **Propriedades física do solo**, 2006. Disponível em: http://w3.ufsm.br/fisica_e_genese/Graduacao/Fisica/Propriedades_fisicas_do_solo_I_se_mestre_2006.pdf. Acesso: 11 jan. 2010.

SAMPAIO, L.R.; SEVERINO, L.S.; LIMA, R.L.S.; FREIRE, M.A.O.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N.E.M. Tolerância da cultura do pinhão-manso ao encharcamento do solo. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2008, Salvador, BA. **Resumos técnicos...**

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SATURNINO , H . M . ; PACHECO , D. D . ; KAKIDA , J . ; TOMINAGA , N . ; GONÇALVES , N. P. Cultura do pinhão –manso (*Jatropha curcas* L.) . **Informe Agropecuário** , Belo Horizonte, v. 26 , n. 229 , p. 44 – 78 , 2005.

SEVERINO, L. S. **Viagem á Índia para Prospecção de Tecnologias sobre Mamona e Pinhão-manso**. Campina Grande: Embrapa do algodão. Documento 153, 2006.56p.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.

SOCIAS, X.; CORREIA, M.J.; CHAVES, M.; MEDRANO, H. The role of abscisic acid and water relations in drought responses of subterranean clover. **Journal Experimental Botany**, v. 48, p. 1281-1288, 1997.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Armed Editora. 2004. 719p.

VERAS, R.P.; FERNANDES, P.D.; LAIME, E.M.O.; SUASSUNA, J.F. Crescimento de pinhão-manso sob irrigação com água superficial poluída. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 2010, João Pessoa, PB. **Resumos técnicos...**

WANDERLEY FILHO, H.C. L., SANTOS, C.M., ROLIM, E.V., ENDRES L. Comportamento de pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) sob déficit hídrico e fenologia da espécie para o estado de Alagoas. 60ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 2008, Campinas-SP. **Resumos técnicos...**

YORDANOV I., VELIKOVA V., TSONEV T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology** (Special Issue), 187-206, 2003.

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)
SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS EM LATOSSOLO
VERMELHO DISTROFÉRRICO**

RESUMO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados – MS, entre os meses de abril a julho de 2010, com o objetivo de avaliar diferentes regimes hídricos no crescimento e acúmulo de massa de pinhão-manso em Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). Os tratamentos corresponderam aos regimes hídricos, estipulados em 20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de retenção de água no solo (CRAS). O delineamento experimental adotado para os parâmetros altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e teor de clorofila foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x6 (cinco lâminas e seis avaliações ao longo do tempo; 22, 37, 52, 67, 82 e 97 dias após semeadura) e 5 repetições. Para área foliar, volume de raízes e a produção de massa seca de folhas, pecíolos, caules e raízes utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (regimes hídricos) e 5 repetições. Cada repetição correspondeu a uma planta, cultivada por 97 dias em um vaso de polietileno contendo 5 dm³ de LVdf, coletado na camada de 0-15 cm na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste. Os regimes hídricos superiores a 80% da CRAS proporcionaram as plantas de pinhão-manso maior crescimento em altura, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, clorofila e massas secas. O regime hídrico de 20% da CRAS obteve os menores resultados de crescimento em pinhão-manso.

Palavras-chave: biodiesel, capacidade de retenção de água no solo, massa seca.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente e a segurança no fornecimento energético, colocam o biodiesel no centro das atenções e interesses. Diversos países têm buscado em diferentes níveis (agronômico e industrial) o caminho do domínio tecnológico para a produção de biocombustível, (ABDALA, et al., 2008).

Reconhecido como mais uma boa opção no leque de plantas oleaginosas para a produção de biodiesel, o pinhão-manso, há vários anos recebe a atenção de pesquisadores de diversas instituições. Na América Central, seu mais provável local de origem, o pinhão-manso foi largamente utilizado na indústria de sabão e igualmente em cercas-vivas firmes, mas atualmente os interesses pela planta tem tido relação com a produção de combustível renovável (ABA, 2007). A produção pode iniciar-se a partir dos seis meses para os principais biomas nacionais, ocorrendo entre três a cinco floradas anuais, e há relatos que a partir do quarto ano, chega a produzir 1700 litros de óleo ha⁻¹ (SATURNINO et al., 2005).

O desenvolvimento do pinhão-manso é favorecido em regiões tropicais onde a precipitação anual esteja acima de 600 mm, sendo acima dos 1000 mm anuais o nível ideal de precipitação para que se possa atingir altas produtividades. Avaliando a primeira colheita, Drumond et al. (2007) obtiveram produtividade de 871 kg ha⁻¹ em plantas irrigadas e, em regime normal de chuvas (sequeiro), 246 kg ha⁻¹. A produção é drasticamente afetada com precipitações anuais inferiores a 600 mm (HENNING, 1996).

Santos (2008), avaliando a altura de *Jatropha curcas* L. em duas estações do ano, observou que a espécie apresentou crescimento vegetativo com padrão sazonal, tendo crescimento lento na estação seca e acelerado na estação chuvosa. Oliveira et al. (2007), observaram que mesmo em regiões com precipitações médias anuais acima de 1.000 mm, a irrigação promoveu acréscimo significativo nos parâmetros de crescimento vegetativo das plantas no período inicial de desenvolvimento, mostrando que o pinhão-manso responde com um maior crescimento quando o solo é mantido a uma umidade ideal.

O pinhão-manso é tolerante à seca, no entanto a grandes períodos de déficit hídrico, a planta entra em dormência, paralisando seu crescimento e perdendo as folhas

reduzindo sua produção a níveis próximos ou equivalentes a zero, passando a sobreviver da água armazenada nos caules (SATURNINO et al., 2005).

Muitos fatores afetam a retenção da água no solo, sendo o principal deles a textura, por determinar a área de contato entre as partículas sólidas e a água, determinando em boa parte a distribuição do diâmetro dos poros (REICHARDT e TIMM, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes regimes hídricos no crescimento inicial do pinhão-manso em Latossolo Vermelho distroférico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados-MS, entre os meses de abril a julho de 2010.

O solo utilizado, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), coletado na camada 0-15 cm, na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, seco e peneirado em peneira de 2 mm. Foi submetido à análise química (Quadro 1) e física (Quadro 2) no laboratório de Fertilidade e Física do Solo do CPAO, seguindo metodologia proposta por Embrapa (1997). Posteriormente foi determinada a densidade e capacidade de retenção de água do solo.

QUADRO 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento, antes da semeadura do pinhão-manso. Dourados-MS, 2011

Solo ¹	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	CTC	P	V	M.O.	Cu	Fe	Mn	Zn
		----- cmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----			
LVdf	6,1	0,0	11,7	3,3	0,35	19,8	11,5	77		14,2	23,3	196,8	2,3

Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), coletados em Dourados, MS.

QUADRO 2. Caracterização física do solo utilizado no experimento

Areia Total	Silte	Argila	Densidade
----- g Kg ⁻¹ -----		----- g cm ⁻³ -----	
138	165	697	1,10

A adubação básica constituiu de 50; 300; 30 mg kg⁻¹ de N, P e K (utilizando-se respectivamente, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio como fonte) e 0,8; 0,08; 0,30; 0,20; 0,01 e 0,90 mg Kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente (usando-se ácido bórico, sulfato cúprico, sulfato ferroso, sulfato de manganês, ácido molibdênio, sulfato de zinco). Os macro e micronutrientes foram misturados ao solo por meio de betoneira.

Após a adição de fertilizantes no solo, os vasos contendo 5 litros de solo foram mantidos em incubação por um período de 15 dias. Durante este período todos os vasos foram mantidos a 80% da capacidade de retenção de água do solo (CRAS).

Os tratamentos corresponderam aos regimes hídricos de 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS. Em seguida ao ajuste da umidade do solo de acordo com cada tratamento (Quadro 3), realizou-se a semeadura de 4 sementes escarificadas

(escarificação mecânica) por vaso, tendo sido feito o desbaste 10 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por vaso.

QUADRO 3. Regimes hídricos e umidade correspondente a cada tratamento

Regimes hídricos	Umidade (%)
20% CRAS	7,84
40% CRAS	15,68
60% CRAS	23,52
80% CRAS	31,36
100% CRAS	39,20

Fez-se adubação de cobertura 10 DAS, com aplicação de 50 e 30 mg Kg⁻¹ de N e K (utilizando-se respectivamente, sulfato de amônio e cloreto de potássio como fonte). Os nutrientes foram misturados a água de irrigação.

Até 15 DAS, os vasos foram pesados a cada dois dias e o volume de água evapotranspirado reposto de acordo com cada um dos regimes hídricos. Dos 16 aos 97 DAS, todos os vasos foram pesados diariamente. Semanalmente foram realizados rodízio dos vasos na bancada.

Durante a condução do experimento foi monitorada a temperatura (Figura 1) e umidade relativa (Figura 2) do ambiente, com as médias semanais máximas, médias e mínimas apresentadas a seguir:

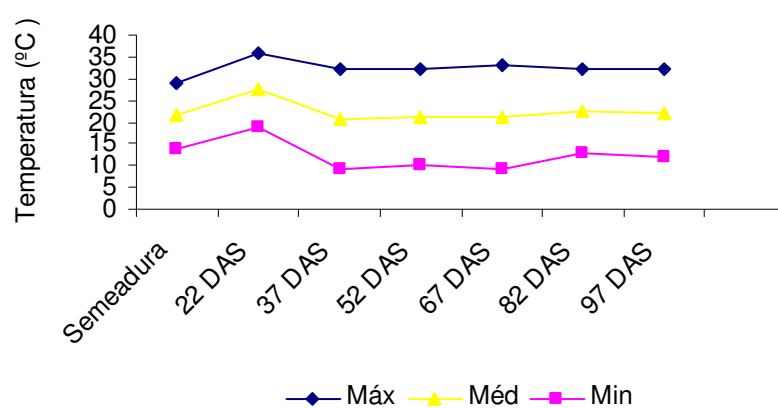


FIGURA 1. Médias de temperaturas máximas, médias e mínimas semanais durante os 97 dias após semeadura de pinhão-mansó.

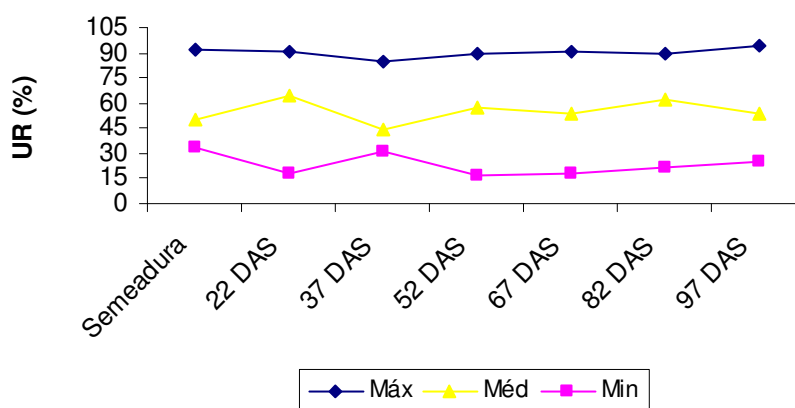


FIGURA 2. Médias de umidades máximas, médias e mínimas semanais durante os 97 dias após semeadura de pinhão-manso.

As avaliações dos parâmetros como altura de plantas (medidas com uma trena), diâmetro de caule (medidos com auxílio de paquímetro), número de folhas, teor de clorofila (obtido pelo medidor portátil SPAD-502, onde foram medidas todas as folhas de cada planta) foram realizadas aos 22, 37, 52, 67, 82 e 97 DAS.

Aos 97 DAS do experimento, foram coletadas 5 plantas de cada tratamento para avaliação da área foliar (através do integrador eletrônico LI 3000), volume de raiz (foi medido pelo deslocamento do volume em proveta graduada.), e as folhas, pecíolos, caules e raízes de cada tratamento foram colocados em estufa de circulação forçada a 65° C até peso constante para a determinação da massa seca.

Ao final do experimento (97 DAS) foi realizada avaliações de altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e clorofila em cada regime hídrico.

Adotou-se 97 dias, pois na estação de inverno, a planta de pinhão-manso apresenta um crescimento mais lento, assim adotou-se um tempo mais longo para a execução do experimento.

O delineamento experimental adotado para os parâmetros altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e teor de clorofila foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x6 (5 regimes hídricos e 6 avaliações ao longo do tempo), com 5 repetições. Para área foliar, volume de raízes e a produção de massa seca de folhas, pecíolos, caules e raízes utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (regimes hídricos) e 5 repetições. Cada repetição correspondeu a uma planta, cultivada por 97 dias em um vaso de polietileno contendo 5 dm³ de solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa

computacional Saeg (2007). Os efeitos de tempo de avaliação foram determinados por meio de ajuste de modelo de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação entre tratamentos e tempo em que foram realizadas as avaliações de altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e clorofila (Quadro 4).

QUADRO 4. Análise de variância para os parâmetros altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e Clorofila de plantas de pinhão-manso submetidos a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011

Fatores	AP	DC	NF	Clorofila
	cm	cm	folhas planta ⁻¹	Unidade SPAD
F tratamentos				
(A)	959,27 *	1278,54*	416,38*	626,69*
F tempo (B)	4102,59*	2403,40*	2421,06*	66,32*
F (AxB)	529,46*	206,21*	330,18*	87,33*
CV%	5,14	3,44	9,16	3,24

*= significativo a 5% de probabilidade; NS= não significativo; C.V. = coeficiente de variação.

A altura das plantas variou de 13,25 a 34,61 cm. Pela análise de regressão, este parâmetro foi influenciado pelos regimes hídricos, onde a alturas de plantas nos tratamentos de 40, 60, 80 e 100% da CRAS ajustaram-se a uma função exponencial crescente, e no tratamento de 20% ajustou-se a uma função hiperbólica. Os tratamentos que mais destacaram-se para altura de plantas foram os regimes hídricos de 80 e 100% da CRAS. O tratamento de 40 e 60% da CRAS tiveram valores intermediários e o tratamento de 20% da CRAS paralisou o crescimento em altura da planta de pinhão-manso (Figura 3)

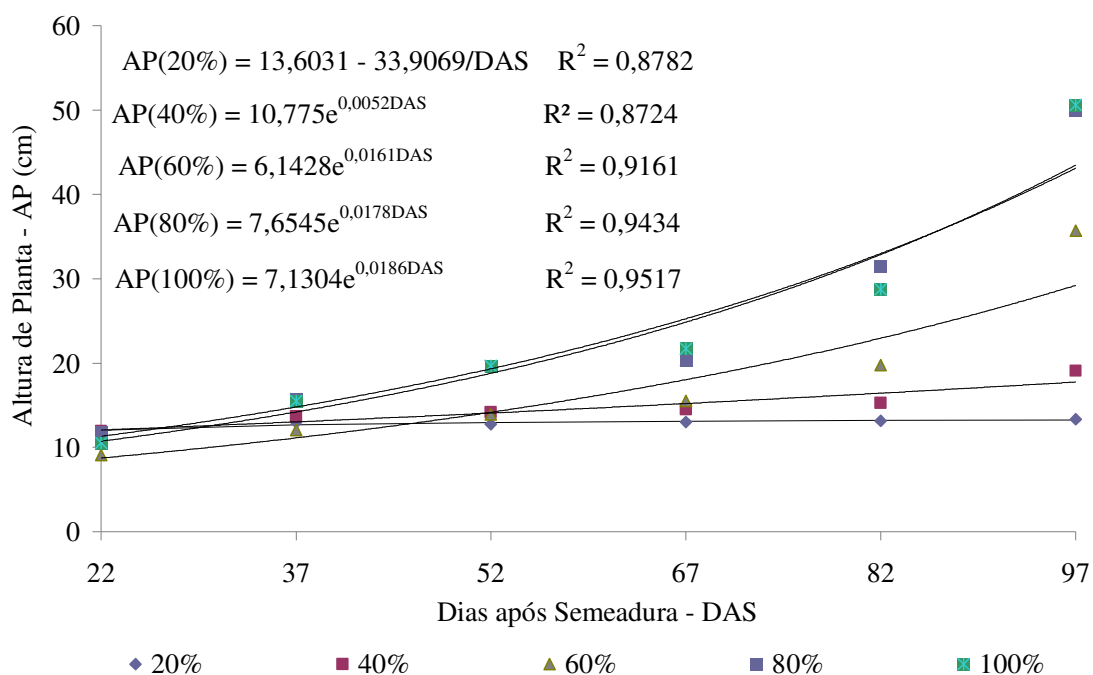


FIGURA 3. Altura de plantas de pinhão-mansão submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

O parâmetro altura de plantas aos 97 DAS apresentou ajuste quadrático crescente. Quanto maior foi a disponibilidade de água, maior a altura das plantas de pinhão-mansão. A altura de plantas dos regimes hídricos 20, 40, 60 e 80% da CRAS foram 385,61; 118,88; 48,62 e 17,11%, respectivamente menores que o regime de 100% da CRAS (Figura 4).

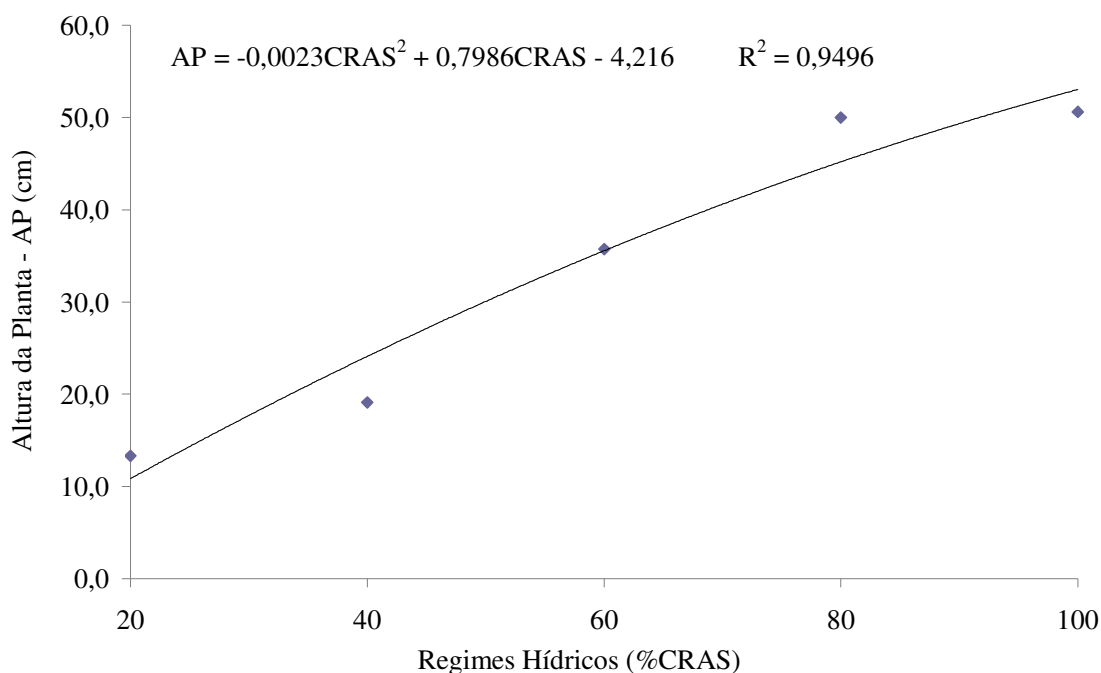


FIGURA 4. Altura de plantas de pinhão-mansão aos 97 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Observa-se nas Figuras 3 e 4, que quanto menor a disponibilidade de água, menor a altura das plantas de pinhão-mansão. Esses dados corroboram com Moura (2010), que trabalhando em Neossolo Regolítico em diferentes tratamentos hídricos (40, 60, 80 e 100% da CRAS) observou que as maiores injúrias ocorreram em plantas de pinhão-mansão submetidas a 40% da CRAS. O crescimento em altura dessas plantas em relação ao tratamento controle (100% CRAS) apresentou uma redução de 19,19%.

Santiago et al. (2001), analisando o crescimento em plantas de *Mimosa caesalpiniofolia* por um período de 50 dias verificaram reduções na altura das plantas em função da disponibilidade de água no solo. Plantas mantidas sob boas condições hídricas apresentaram altura média superior a aquelas cultivadas sob estresse severo.

Correia e Nogueira (2004) trabalhando com amendoim em dois tratamentos hídricos (controle e suspensão total de rega) observaram que a altura foi maior nas plantas controle comparadas aquelas submetidas à suspensão total de rega.

Para diâmetro de caule, os tratamentos de 40, 60, 80 e 100% da CRAS apresentaram crescimento linear ao longo do tempo. Os regimes hídricos de 80 e 100% da CRAS obtiveram os maiores valores de diâmetro de caule, seguidos pelos tratamentos de 60 e 40%, respectivamente. No tratamento de 20% da CRAS ocorreu paralisação do crescimento do caule das plantas (Figura 5).

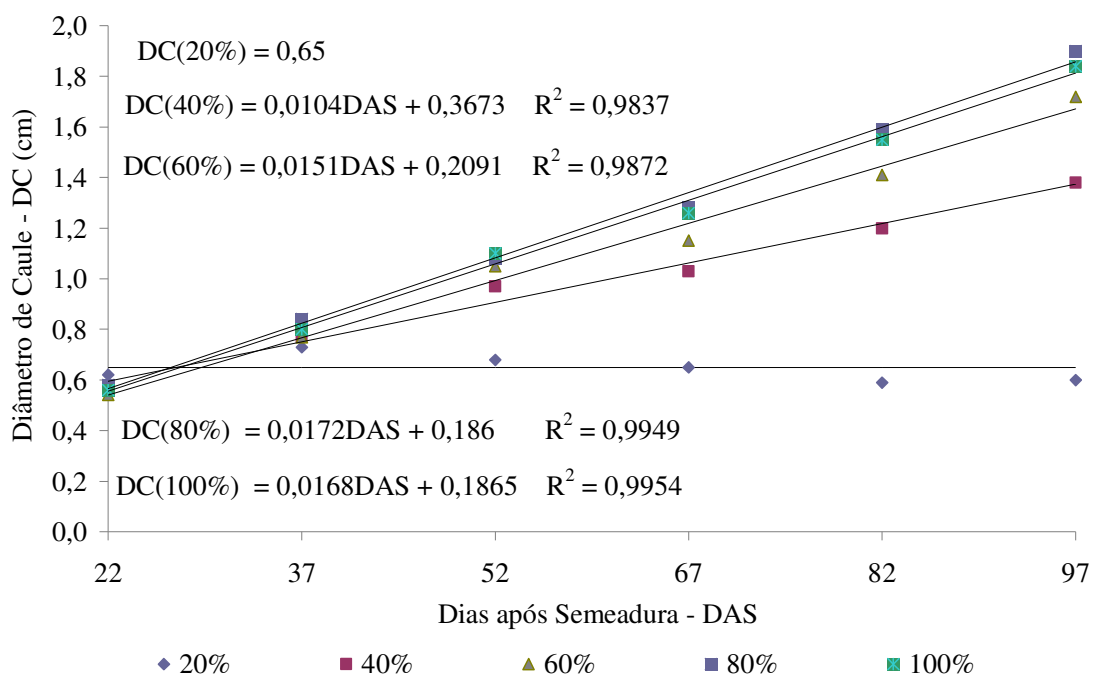


FIGURA 5. Diâmetro de caule de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

O diâmetro de caule aos 97 DAS, ajustou-se a uma função quadrática, com ponto de máxima eficiência a 83% da CRAS, com diâmetro de 1,92 cm. A 83% da CRAS, o diâmetro de caule de pinhão-manso foi maior 209,68; 45,45; 9,71 e 5,49% quando comparados aos submetidos a 20, 40, 60 e 100% da CRAS, respectivamente (Figura 6).

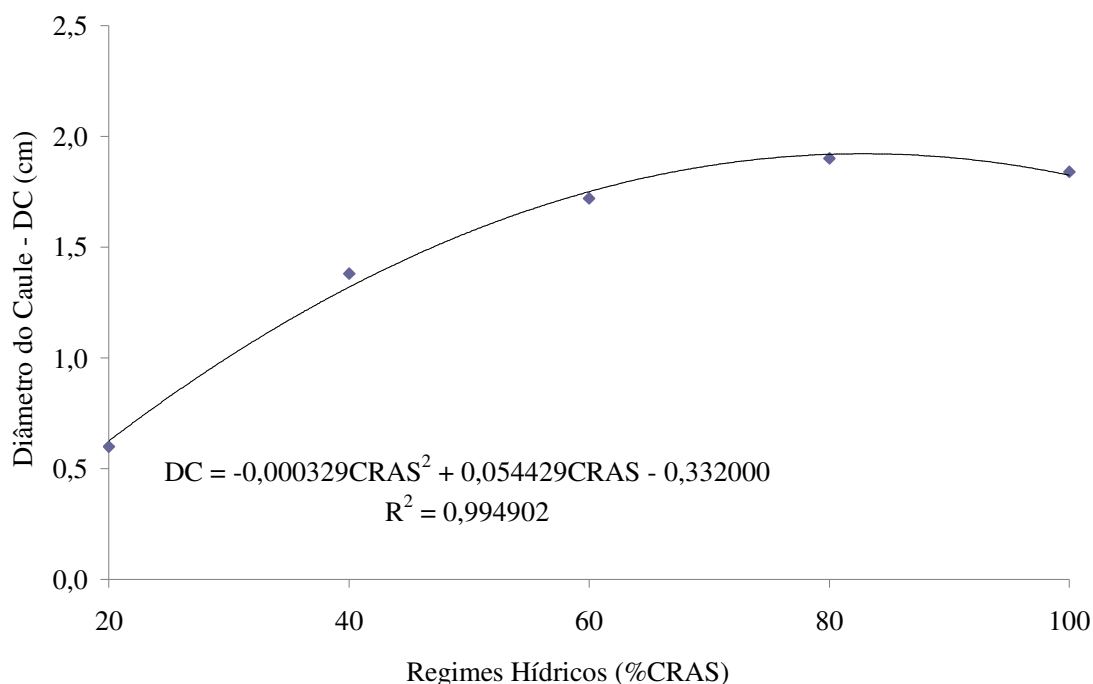


FIGURA 6. Diâmetro de caule de pinhão-manso aos 97 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Com a redução da CRAS, houve redução no diâmetro de caule, observado também por Moura (2010), trabalhando em Neossolo Regolítico, relatou que o diâmetro do caule de plantas de pinhão no tratamento com 40% CRAS apresentou uma redução de 33,2% em relação ao tratamento controle (100% da CRAS).

Após deixar clones de eucaliptos sem irrigação, Reis et al. (2006) observaram reduções no diâmetro do caule (12,5%, no máximo, respectivamente) em todos os clones avaliados em relação a plantas que estavam sendo irrigadas diariamente.

A redução completa ou a interrupção do ritmo de crescimento é considerada a primeira e mais séria consequência fisiológica para as plantas quando submetidas a uma baixa disponibilidade hídrica no solo (CAIRO, 1995). Resultados semelhantes foram observados por Wanderley Filho et al. (2008) onde a altura da planta e o diâmetro do caule apresentaram um desenvolvimento acelerado nos períodos de maior precipitação e umidade relativa do ar, observados entre fevereiro a junho de 2007.

A variável número de folhas apresentou um comportamento exponencial crescente ao longo do tempo, nos regimes hídrico de 40, 60, 80 e 100% da CRAS. Sendo que quanto maior o tratamento hídrico, mais folhas as plantas apresentavam. O regime de 20% da CRAS, não apresentou ajuste a nenhuma função matemática, pois não houve efeito dos regimes hídricos nessa variável analisada (Figura 7).

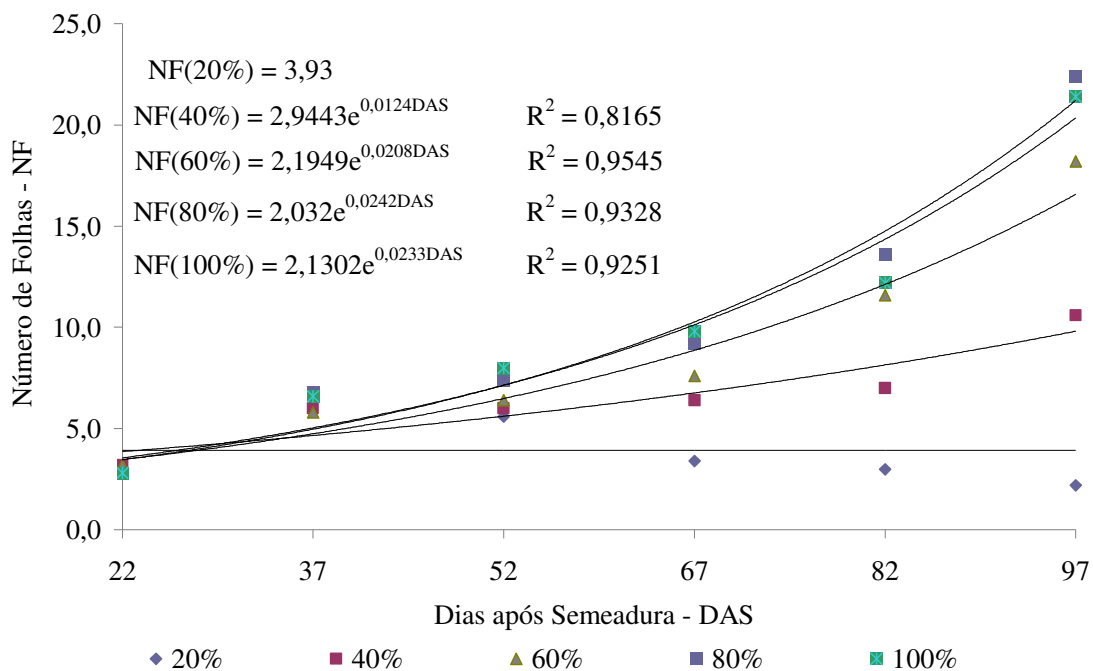


FIGURA 7. Número de folhas de plantas de pinhão-mansão submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

O número de folhas aos 97 DAS em plantas de pinhão-mansão apresentou um comportamento quadrático. O ponto de máxima eficiência foi atingido a 92% da CRAS, com 22 folhas por planta.

Os valores de números de folhas nos regimes hídricos de 20,40, 60, 80 e 100% da CRAS foram menores que o de 92% da CRAS, respectivamente, 1163,43; 91,76; 21,95; 2,50 e 1,28% (Figura 8).

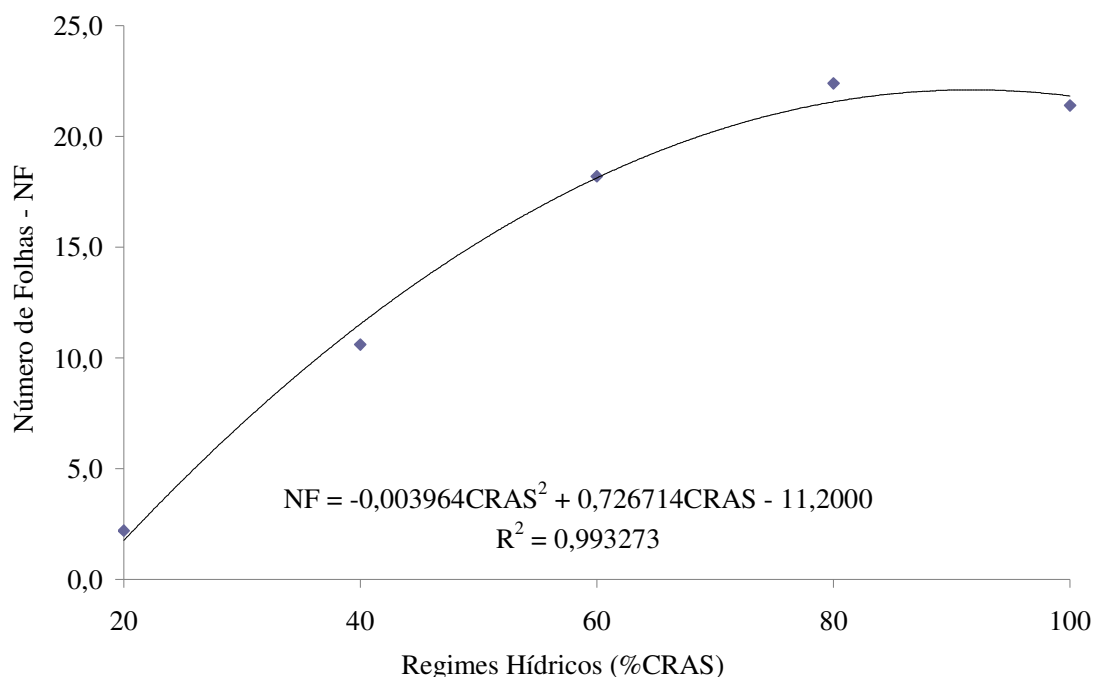


FIGURA 8. Número de folhas de pinhão-manso aos 97 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Os dados contidos nas Figuras 7 e 8 estão de acordo com os de Arruda et al. (2004), que relatam que o pinhão-manso é uma planta xerófila, que tolera bem ao período de seca, calor ou frio, e sob condições extrema de seca, a planta perde as folhas para conservar a umidade em seus tecidos, o que resulta em paralisação do crescimento e passando a sobreviver à custa da água armazenada em seu caule.

Rocha et al. (2001), trabalhando com três cultivares de *Vigna unguiculata* submetidas à deficiência hídrica, verificaram que o número de folhas foi reduzido em todas as cultivares e que a redução foi mais acentuada quando as plantas foram submetidas a períodos de 30 e 45 dias de estresse.

Para a variável área foliar, observou-se resposta quadrática crescente, pois quanto maior a quantidade de água no tratamento hídrico, maior a área foliar. (Figura 9).

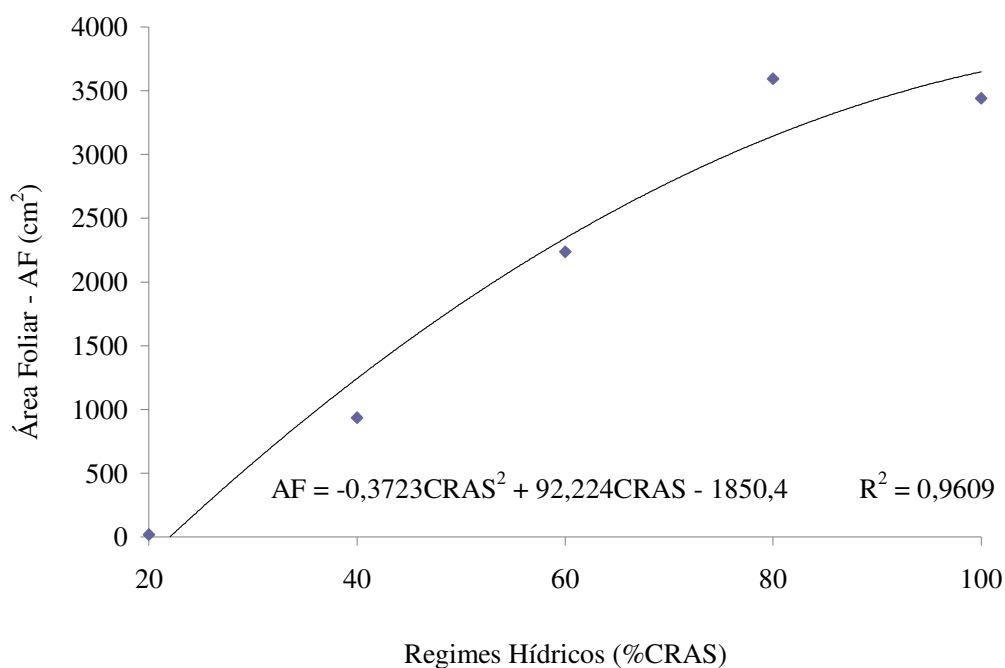


FIGURA 9. Área foliar de plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Os resultados na Figura 9 estão de acordo com Figuerôa et al. (2004), que afirmam que a umidade do ambiente determina a área foliar de uma planta, sendo maior em ambientes úmidos e menor em ambientes áridos. Essa característica é importante defesa contra a perda excessiva de água, e a diminuição da área foliar está entre as várias características xeromórficas que são identificadas em vegetais sob déficit hídrico (VILLAGRA e CAVAGNARO, 2006).

Lopes et al. (2007), avaliando mudas de *Eucalyptus grandis* sob diferentes lâminas de irrigação, verificaram que a área foliar das mudas submetidas a lâmina de irrigação de 6 mm.dia⁻¹ foi, em média, 53% menor que as plantas do tratamento-controle (lâmina de irrigação de 14 mm.dia⁻¹).

De maneira semelhante, Távora e Melo (1991), trabalhando com cultivares de amendoim submetidas a 10 ciclos de deficiência hídrica com intervalos irregulares que variaram de 15 dias no início a 5 dias no período de preenchimento dos frutos, observaram uma redução na área foliar, da ordem de 39% em todas as cultivares.

Os valores de clorofila no pinhão-manso foram maiores nos regimes hídricos de 80 e 100% da CRAS. O tratamento de 20% da CRAS apresentou um comportamento exponencial decrescente ao longo das avaliações (Figura 10).

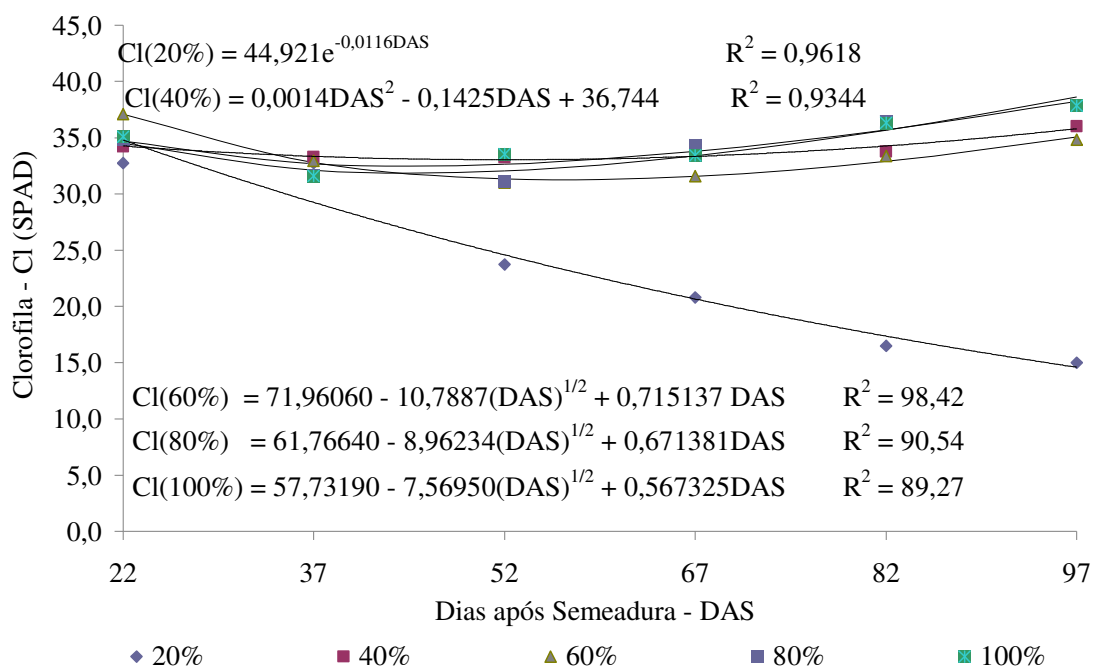


FIGURA 10. Teor de clorofila de plantas de pinhão-mansão submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Ocorreu uma diminuição do teor de clorofila (leitura SPAD) dos 37 aos 67 DAS, que pode ser explicado devido a maior quantidade de folhas mais velhas, pois de acordo com Ferri (1979), folhas novas possuem maior capacidade de síntese de clorofila, portanto, maior intensidade de verde, proporcionando assim maiores leituras SPAD.

A planta de pinhão-mansão aos 97 DAS, apresentaram valores de clorofila de 16,66; 31,07; 35,87; 38,27 e 39,71 unidade SPAD, correspondentes aos tratamentos hídricos de 20, 40, 60, 80 e 100% da CRAS (Figura 11).

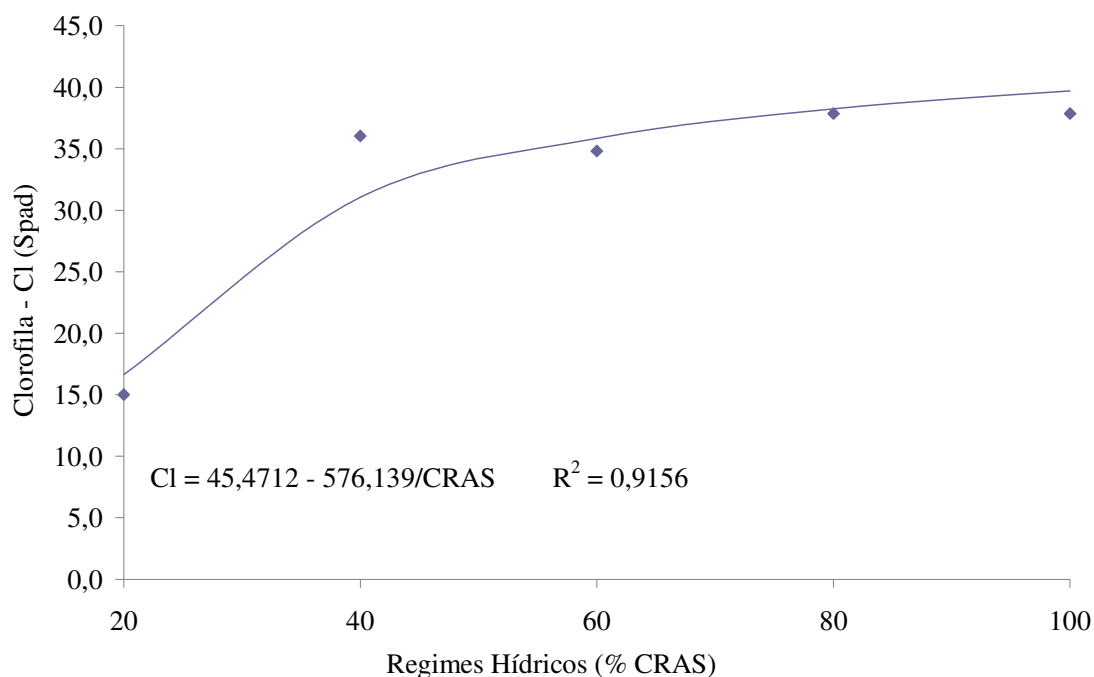


FIGURA 11. Clorofila em plantas de pinhão-mansão aos 97 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Dados diferentes desse experimento foram observados por Moura (2010), que aos 120 dias os tratamentos hídricos avaliados, as plantas de pinhão-mansão apresentaram valores de 27,07; 26,10; 24,55 e 32,75 para os tratamentos 100; 80; 60 e 40% CRAS, respectivamente. O tratamento com 40% CRAS destacou-se por apresentar valores mais elevados de clorofila em relação ao controle (100% da CRAS).

De acordo com Smit e Singels (2006), o déficit hídrico causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas (Figura 7), e os maiores valores das leituras SPAD são encontrados em folhas novas por possuírem maior capacidade de síntese de clorofila, portanto, maior intensidade de verde. Provavelmente, quanto maior o déficit hídrico, menor será o teor de clorofila (Figura 11).

A equação de melhor ajuste para a variável volume de raiz foi a quadrática crescente, mostrando que quanto maior a disponibilidade de água, maior será o volume de raiz ocupado no solo (Figura 12).

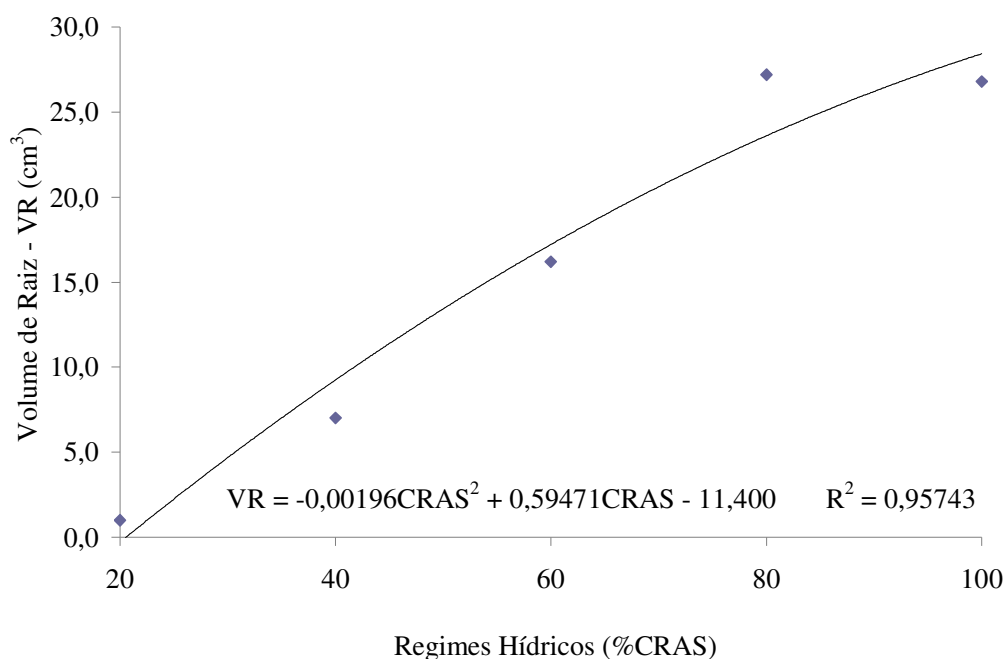


FIGURA 12. Volume de raiz plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Os dados contidos na Figura 12 corroboram com os de Nascimento (2007), que trabalhando com mamona a diferentes disponibilidades de água (40, 60, 80 e 100% da CRAS) observou que o volume de raiz em plantas de mamona foram afetados negativamente pela diminuição nos níveis de água no solo.

A massa seca das folhas (MSF), pecíolos (MSP), caule (MSC), raiz (MSR) e massa seca total (MST) apresentaram crescimento quadrático. Sendo que aumentando a quantidade de água, aumentou-se o acúmulo de massa seca nas variáveis analisadas (Figura 13).

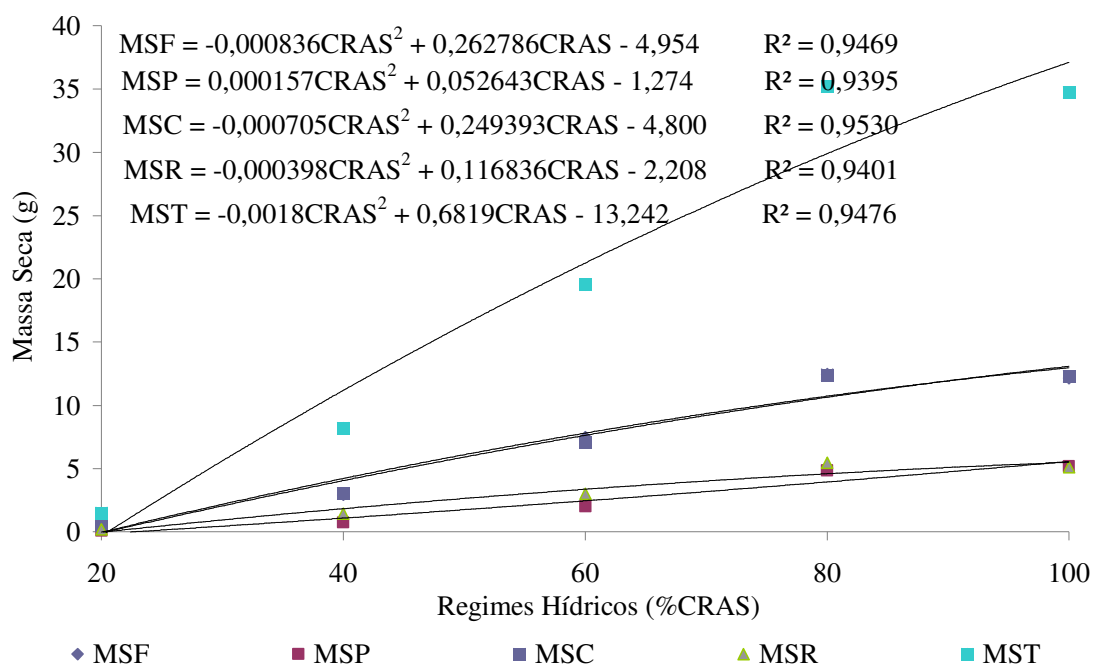


FIGURA 13. Massa seca de folhas (MSF), pecíolo (MSP), caule (MSC), raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de pinhão-mansão submetidas a diferentes regimes hídricos. Dourados-MS, 2011.

Resultados semelhantes aos encontrados na Figura 12 foram relatados por Singh e Singh (2003), que estudando os efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Dalbergia sissoo* Roxb., verificaram diferenças significativas na matéria seca das folhas, caule, raízes e total em todos os tratamentos hídricos, havendo crescente redução, de acordo com a severidade do estresse aplicado.

Como o estresse hídrico causado pela seca se desenvolve de maneira gradual, há sequência de eventos que ocorrem, sendo a primeira e a mais sensível resposta ao déficit hídrico a diminuição do processo de crescimento em consequência da diminuição da turgescência (LARCHER, 2006). Desse modo, justificam-se as reduções na MSF, MSC, MSP, MSR e MST, à medida que o estresse hídrico se torna mais severo.

CONCLUSÕES

1. O regime hídrico igual ou superior a 80% da CRAS em LVdf proporciona em plantas de pinhão-manso maior crescimento em altura, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, clorofila e massas secas.

2. O regime hídrico de 20% da CRAS em LVdf resulta em menor crescimento do pinhão-manso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABA – ANUÁRIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA. Pinhão-manso. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2007. 520 p.

ABDALLA, A. B.; FILHO, J. C. S.; GODOI, A. R.; CARMO, C. A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p. 260-268, 2008.

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

CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB. 1995, 32p.

CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Avaliação do crescimento de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004.

DRUMOND, M. A. *et al.* Produção de pinhão-manso no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS. 2007, Teresina. **Anais...** Teresina, PI: Embrapa Meio Norte, 2007.

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

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1979. 392 p.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasílica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

HENNING, R. K. Combating desertification: The Jatrophe Project of Mali, West Àfrica. **Arilands Newsletter**, n. 40, 1996. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln40/jatropha.html>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006. 531p.

LEMOS-FILHO, J. R. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

MOURA, A.R. **Aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) submetido ao déficit hídrico**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

NASCIMENTO, R. Efeito de diferentes disponibilidades de água sobre alguns parâmetros de crescimento de plantas de mamona em estágio vegetativo. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 22, n. 2, p. 45-47, 2007.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. Análise de crescimento do pinhão-mansô submetido a diferentes lâminas de irrigação. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2007, Varginha-MG. **Resumos técnicos...**

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. N.; OLIVEIRA, C. H. R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 921-931, 2006.

ROCHA, D. G. da F.; QUEIROZ, M. B. de; TÁVORA, F. J. A. F. Crescimento de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. submetida a deficiência hídrica. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 16., 2001. João Pessoa-PB **Resumos técnicos...**

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANTOS, C. M. dos. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas**. 2008. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal e Proteção de Plantas). Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo-AL.

SANTIAGO, A. M. P., NOGUEIRA, R. J. M., LOPES, E. C., Crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpiniiifolia* BENTH, cultivadas sob estresse hídrico. **Revista Ecossistema**. Espírito Santo do Pinhal, v. 26, n,1 p 23-29, 2001.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão –mansô (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44 – 78, 2005.

SINGH, B.; SINGH, G. Biomass partitioning and gas exchange in *Dalbergia sissoo* seedlings under water stress. **Photosynthetica**, v.41, n.3, p. 407-414, 2003.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.22, n. 1/2, p. 47-60, 1991.

VILLAGRA, P. E.; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*. **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 390-400, 2006.

WANDERLEY FILHO, H.C. L., SANTOS, C.M., ROLIM, E.V., ENDRES L. Comportamento de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) sob déficit hídrico e fenologia da espécie para o estado de Alagoas. 60ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 2008. Campinas-SP. **Resumos técnicos...**

CONCLUSÕES GERAIS

1. Os regimes hídricos de 60 e 80% da CRAS proporcionaram as melhores respostas para parâmetros fisiológicos de crescimento para a cultura do pinhão-manso em Latossolo Vermelho distrófico;
2. Os regimes hídricos superiores a 80% da CRAS proporcionaram as plantas de pinhão-manso maior crescimento em altura, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, clorofila e massas secas em Latossolo Vermelho distroférico.