

ADENILDA RIBEIRO DE MOURA

**ASPECTOS MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)  
SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO**

Recife – PE

2010

ADENILDA RIBEIRO DE MOURA

**ASPECTOS MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)  
SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, na área de concentração de Silvicultura.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira

Co-orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. José Antônio Aleixo da Silva

Conselheiro: Prof<sup>o</sup>. Laurício Endres

Recife – PE

2010

### Ficha Catalográfica

M929a      Moura, Adenilda Ribeiro de  
Aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos do  
pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetido ao déficit  
hídrico / Adenilda Ribeiro de Moura. -- 2010.  
81 f. : il.

Orientador: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.  
Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Ciência Florestal, Recife, 2010.  
Inclui referências e anexo.

1. Déficit hídrico 2. Pigmentos fotossintéticos  
3. Potencial hídrico foliar I. Nogueira, Rejane Jurema Mansur  
Custódio, orientadora II. Título

CDD 634.9

**ASPECTOS MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)  
SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, na área de concentração Silvicultura.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2010

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Marco Antônio Amaral Passos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco –UFRPE

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

---

Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Suzene Izídio da Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco –UFRPE

---

Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rejane J. Mansur C. Nogueira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
**(Orientadora)**

## **DEDICO**

*Ao meu pai,  
Que antes de partir  
Deixou para mim o legado  
Da arte de cultivar, me ensinando a semear coisas boas  
Fruto do trabalho, da honestidade e simplicidade.  
Convenceu-me que sou capaz de sedimentar  
Meu próprio caminho, traçando e contemplando as coisas boas da vida  
Rumo ao meu objetivo.*

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho em muito se deve a colaboração e apoio de diversas pessoas, às quais transmito os mais sinceros agradecimentos:

A Deus, por ter me proporcionado sabedoria, dedicação, humildade, paz, tranqüilidade e amor para com aqueles que estavam ao meu lado nos momentos mais difíceis da vida.

A Prof<sup>a</sup> Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira, por ter me acolhido com muito carinho no Laboratório de Fisiologia Vegetal, pelos grandes ensinamentos, proteção, orientação, amizade, dedicação e apoio profissional.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pelo apoio durante a execução dessa pesquisa.

A CAPES, pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a conclusão deste trabalho.

Aos co-orientadores, José Antônio Aleixo da Silva (UFRPE) por ter participado ativamente nesta pesquisa e Laurício Endres (UFAL) por ter disponibilizado as sementes para a montagem do experimento.

Aos professores: Marco Antonio Amaral Passos, Manoel Bandeira de Albuquerque, Suzene Ízidio da Silva, Tercilio Calsa Junior, por ter aceitado o convite para participar da banca avaliadora.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

Ao meu esposo, pela paciência e compreensão da importância deste trabalho na minha vida.

A minha filha Dayane Hally por sua existência, me fortalecendo diante dos obstáculos.

A minha família, grandiosa em bondade, perseverança, amizade e cumplicidade, sempre estando ao meu lado, apoiando nos meus ideais. Essa família que tanto me fez superar as angústias de uma infância difícil e sem perspectiva de vida para o futuro.

vi

Minhas irmãs, Adeilda, Ivanete, Adenize e meu irmão Adenilton pela compreensão nos momentos de ausência e preocupações.

A minha amiga Aldenir por está sempre me apoiando, ajudando e incentivando nos momentos em que mais precisei.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal pelo apoio a decisões, aos ensinamentos, por todos os momentos vividos juntos e pela rica experiência que levarei dos trabalhos realizados, principalmente a vocês: Elizamar Ciríaco, Manoel Bandeira, Marcelle Almeida, Hugo Henrique, Érika Graciano, Hugo Bentzen, Marcelo Ribeiro, Danúbia Lemos, Cínthya Pacheco, Clarissa Soares, Rafaela, Rodrigo César, Marcos, Cibele, David Medeiros, Stela Caetano e, Marcelo Maurício.

Aos amigos queridos que se fizeram presentes nos momentos de risos ou de lágrimas, de vitórias ou decepções. Obrigada por todos que oraram e fizeram parte de mais esta fase da minha vida. A vocês: Janaína, Luciana, Monalise, Fátima Maria, Clarissa Soares, Roseane Karla e Rosival.

A Tarcísio Viana de Lima, pela sincera amizade, carinho, preocupação, dedicação e ensinamentos que irei guardar comigo nesta longa caminhada.

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| LISTA DE ABREVIATURAS.....  | viii |
| LISTA DE FIGURAS.....   | ix   |
| LISTA DE TABELAS.....   | xi   |
| RESUMO.....   | xiv  |
| ABSTRACT  | xv   |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 16   |
| 2. OBJETIVOS.....   | 19   |
| 2. Objetivo geral.....  | 19   |
| 2.2 Objetivos específicos.....  | 19   |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA.....   | 20   |
| 3.1 A cultura do pinhão manso.....  | 20   |
| 3.2 Características botânicas.....  | 21   |
| 3.3 Importância econômica.....  | 23   |
| 3.4 Tolerância ao déficit hídrico em plantas superiores.....  | 23   |
| 3.5 Efeitos do déficit hídrico na produção de compostos orgânicos.....  | 25   |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 29   |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....   | 34   |
| 5.1 Relações hídricas, solutos orgânicos e pigmentos fotossintetizantes em plantas jovens de <i>Jatropha curcas</i> L. cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos..... | 34   |
| 5.2. Avaliação do crescimento em plantas jovens de <i>Jatropha curcas</i> L. cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos.....   | 53   |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....  | 65   |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 66   |
| 7. ANEXOS   |      |
| 7.1 NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO NA REVISTA   |      |



**LISTA DE ABREVIATURAS**

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| ABF      | Alocação de biomassa para a folha |
| ABR      | Alocação de biomassa para raiz    |
| ABC      | Alocação de biomassa do caule     |
| CP       | Capacidade de campo               |
| TRA      | Teor relativo de água             |
| MSF      | Matéria seca das folhas           |
| MSC      | Matéria seca do caule             |
| MSR      | Matéria seca das raízes           |
| MF       | Matéria fresca                    |
| MS       | Matéria seca                      |
| MT       | Matéria turgida                   |
| R/Pa     | Razão raiz/ parte aérea           |
| $\Psi_f$ | Potencial hídrico foliar          |

## LISTA DE FIGURAS

### ASPECTOS MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO

- Figura 1.** Morfologia da *Jatropha curcas* L. 1-caule, 2- flor, 3-flor aberta, 4- flor masculina, 5- flor masculina aberta, 6- fruto, 7- fruto em secção longitudinal, 8- sementes..... 22
- Figura 2.** Potencial hídrico foliar (MPa) em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetidas ao déficit hídrico as 4h (antemanhã) e as 12h (meio dia). Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ( $P<0.05$ )..... 35
- Figura 3.** Valores médios dos teores de aminoácidos em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P<0.05$ )..... 43
- Figura 4.** Valores médios dos teores de proteínas em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P<0.05$ )..... 45
- Figura 5.** Valores médios dos teores de carboidratos em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P<0.05$ )..... 46
- Figura 6.** Valores médios dos teores de prolina em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P<0.05$ )..... 48
- Figura 7.** Valores médios do número de folhas de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P <0.05$ ). A seta indica a diferença entre os tratamentos estudados..... 54
- Figura 8.** Valores médios da altura de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P <0.05$ ). A seta indica a diferença entre os tratamentos estudados..... 56
- Figura 9.** Valores médios do diâmetro do caule de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P <0.05$ ). A seta indica a diferença entre os tratamentos estudados..... 60
- Figura 10.** Matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC) da raiz (MSR), matéria seca total (MST) em plantas de *J. curcas* cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0.05$ )..... 63

**Figura 11.** Alocação de biomassa da folha, caule e raiz em plantas de *J. curcas* cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ )..... 64

## LISTA DE TABELAS

ASPECTOS MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1.</b> Características químicas do neossolo regolítico coletado na estação experimental de Caruaru-IPA, usado no experimento.....  | 29 |
| <b>Tabela 2.</b> Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para o Potencial hídrico foliar ao meio dia (12h) e antemanhã (4h) em mudas de <i>J. curcas</i> submetida ao diferentes regimes hídricos..... | 36 |
| <b>Tabela 3.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo para o potencial hídrico ao meio-dia em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....                     | 36 |
| <b>Tabela 4.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o potencial hídrico ao meio-dia em plantas de <i>J. curca</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....         | 36 |
| <b>Tabela 5.</b> Análise das medidas repetidas para o potencial hídrico ao meio-dia em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....                          | 37 |
| <b>Tabela 6.</b> Teor relativo de água (TRA) em plantas de <i>J. curcas</i> submetidas à déficit hídrico, com 60 , 90 e 120 dias, cultivadas em casa de vegetação.....   | 39 |
| <b>Tabela 7.</b> Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para os teores de aminoácidos, carboidratos, proteínas e prolina em folhas de <i>J. curcas</i> submetida ao diferentes regimes hídricos.....  | 41 |
| <b>Tabela 8.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo para os teores de aminoácidos em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....                            | 41 |
| <b>Tabela 9.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para os teores de aminoácidos em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....               | 42 |
| <b>Tabela 10.</b> Análise das medidas repetidas para os teores de aminoácidos em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....                                | 44 |
| <b>Tabela 11.</b> Análise das medidas repetidas para os teores de proteínas em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....                                  | 45 |
| <b>Tabela 12.</b> Teores de aminoácidos livres, proteínas solúveis, carboidratos solúveis totais e prolina livre em raízes de <i>J. curcas</i> cultivada submetidas à deficiência hídrica.....                     |    |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 13.</b> Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para os teores de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> , relação <i>a/b</i> , carotenóides e índice de SPAD em mudas de <i>J. curcas</i> submetida ao diferentes regimes hídricos.....          | 50 |
| <b>Tabela 14.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo para os teores de clorofila <i>a/b</i> em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....  | 51 |
| <b>Tabela 15.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para os teores de clorofila <i>a/b</i> em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 51 |
| <b>Tabela 16.</b> Análise das medidas repetidas para os teores de clorofila <i>ab</i> em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....  | 51 |
| <b>Tabela 17.</b> Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para as diversas variáveis, número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos..... | 53 |
| <b>Tabela 18.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo para o número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 55 |
| <b>Tabela 19.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....  | 55 |
| <b>Tabela 20.</b> Análise multivariada de medidas repetidas para o número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....  | 55 |
| <b>Tabela 21.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo para o número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 58 |
| <b>Tabela 22.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 58 |
| <b>Tabela 23.</b> Análise das medidas repetidas para o número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....  | 59 |
| <b>Tabela 24.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo para o diâmetro do caule em plantas de <i>J. curcas</i> cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 61 |
| <b>Tabela 25.</b> Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o diâmetro do caule em plantas de <i>J. curcas</i> cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 61 |
| <b>Tabela 26.</b> Análise das medidas repetidas para o diâmetro do caule em plantas de <i>J. curcas</i> , cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.....   | 61 |
| <b>Tabela 27.</b> Valores médios da relação raiz/parte aérea (R/Pa) de mudas de <i>J. curcas</i> sob   |    |

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar alterações nas relações hídricas, teor de solutos orgânicos e crescimento de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) sob diferentes níveis de déficit hídrico. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no período de dezembro de 2008 a junho de 2009. As mudas foram provenientes de sementes coletadas no campo experimental, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no Município de Rio Largo. As sementes foram colocadas para germinar em bandejas contendo areia lavada, e quando as plântulas apresentaram de quatro a seis folhas, foram selecionadas quanto a uniformidade de tamanho e sanidade e transferidas para vasos de polietileno com capacidade para 11kg de solo, classificado como Neossolo Regolítico, procedente da Estação Experimental do IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), no município de Caruaru/PE, coletado nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, colocados nos vasos em camadas sobrepostas e mantidos em casa de vegetação sem adubação para simular as condições naturais da Caatinga. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, correspondendo a quatro níveis de água no solo: 100%, 80%, 60% e 40% da capacidade de pote (CP) com seis repetições. O potencial hídrico foliar e o teor relativo de água foi avaliado em três épocas (60, 90 e 120 dias após a diferenciação) em dois horários de avaliação na antemãhã (4h) e ao meio-dia (12h). Nas três épocas de avaliação também foram feitas análises bioquímicas (aminoácidos livres, proteínas solúveis, carboidratos solúveis e prolina livre) e foram avaliados os teores de clorofilas *a*, *b*, carotenóides nas mesmas folhas utilizadas para a determinação do potencial hídrico foliar. A cada sete dias foram avaliados altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule. Ao final do período experimental, foram determinadas a área foliar, a razão de área foliar, a produção de matéria seca das folhas, caule, raízes e total e a alocação de biomassa para as folhas, caule e raízes. Com o aumento do estresse foram observadas diferenças significativas nos teor de solutos orgânicos para os tratamentos mais severos, ocorrendo paralelamente queda no potencial hídrico foliar nas três épocas de avaliação, o que evidencia que a espécie em situação de estresse acumula solutos orgânicos e conseqüentemente diminui o potencial hídrico foliar. Os pigmentos fotossintetizantes apresentaram reduções no tratamento mais severo em relação ao controle para os teores de clorofila *a/b*, total e pela estimativa do Índice do SPAD aos 90 dias de tratamentos hídricos nas plantas com 40% CP. O déficit hídrico afetou nas variáveis de crescimento nos tratamentos com 60 % e 40 % CP no número de folhas, diâmetro do caule e altura da planta em relação às plantas com 100% CP, a *J. curcas* quando submetida a níveis d'água abaixo de 60% CP, tem seu desenvolvimento comprometido, entretanto a espécie não paralisa seu crescimento. Foram observadas diferenças significativas na matéria seca total, alocação de biomassa da raiz, caule e folhas também nos tratamentos com 60 e 40 % de capacidade de campo.

**Palavras-chave:** Relações hídricas, crescimento e solutos orgânicos

## ABSTRACT

The objective of the present work was to verify alterations in the growth, the gas exchanges and biochemical composition changes of tame nut plants (*Jatropha curcas* L.) cultivated in greenhouse under water deficiency. The present research was developed in greenhouse of the Laboratory of Plant Physiology of the Agricultural Federal University of Pernambuco, between December of 2008 to June of 2009, with experimental period of 120 days. The plant were propagated seeds proceeding from the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas - UFAL, in the Rio Largo city, Alagoas State, situated around ' 57,3' the geographic coordinates 09° 27' 57,4' S and 35° 49' W. The seeds had been ece of fishes to germinate in trays with capacity for 17 kg of ground. The same ones had been used dumb with 25 days of age had been transferred to vases contend 11kg of ground, classified as Neossolo Regolítico, coming from the Experimental Station of the IPA (Company Pernambucana de Farming Pesquisa), in the city of Caruaru/PE collected in two depths of 0-20 and 20-40 cm, placing in in layers vases overlapped to simulate the natural conditions of caatinga. The experimental delineation entirely was casualizado with four water levels in the ground: 100%, 80%, 60% and 40% of the pot capacity (CP) with six repetitions. To each fifteen days had been evaluated height of the plant, leaf number, diameter of caule. To the end of the experimental period, the foliar area, the reason of foliar area, the production of dry substance of levas, caule, roots and total had been determined and the allocation of biomass for levas, caule and roots. The leaf water potential, the relative water text was evaluated at three times (60, 90 and 120 days after the differentiation) in two schedules of evaluation 4h (antemanhã) and to the noon. Daily they had been taken measured by the temperature and relative humidity of air in the interior of the house of vegetation for I calculate it of the deficit of water vapor pressure. Also a daily course was made to identify the schedule of bigger estomática opening of the species. At the three times of evaluation they had been also made you analyze biochemists (free amino acids, soluble proteins, soluble carbohydrates and free prolina) and had been evaluated texts of clorofilas, *b*, carotenóides in same levas used for the foliar hídrico potential. The hídrico deficit affected in the 0 variable of growth in the treatments with 60% and 40% CP in leaf number, diamerter of stem and height of the plant in relation to the plants with 100% CP, being able to be observed significant differences in the total dry substance, allocation of biomass of the root, caule and levas also in the treatments with 60 and 40% of field capacity. In relation the gaseous exchanges presented values significant for the studied 0 variable  $T_{fol} \times U_r \times DPV$  and  $x R_s$  to the 90 days, in the submitted plants 60% and 40% of the capacity of field in relation to the plant has controlled. Significant differences in the organic solutos for the treatments had been observed most severe, also o CP uring with the leaf water potencial at the three times of evaluation, what it evidences that the species in situation of estres a CP umulates organic solutos and consequently diminishes the leaf water potencial. The *Jatropha* when submitted the water levels below of 60% CP, it has its compromised development, however the species does not paralyze its growth.

**Keywords:** Water relations, growth and organic solutes

## 1. INTRODUÇÃO

A região semi-árida do Brasil é tipicamente caracterizada pelas baixas precipitações, agravadas pelas irregularidades das chuvas e pela indisponibilidade de água nos solos, tendo uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variada, denominada “Caatinga”, representando cerca de 70 % do território Nordeste. A má distribuição das chuvas no semi-árido exerce grande influência na sobrevivência e na adaptação das espécies vegetais nativas (DRUMOND et al., 2000; NAPOLEÃO, 2006).

A precipitação média de chuvas do semi-árido brasileiro varia de 250 a 1000 mm, com déficit hídrico elevado durante todo o ano, e temperatura média variando em torno de 23 a 28 °C, com intensa insolação (média de 2.880 h. ano<sup>-1</sup>), caracterizando assim as interações ecológicas e as diferentes variações morfológicas e fisiológicas dos vegetais que ali ocorrem, entre os quais, espécies vegetais pouco exploradas, mas de grande interesse econômico (SUDENE, 1996; DRUMOND et al., 2000; SILVA, 2002).

Nos últimos anos tem crescido a necessidade de substituir o combustível fóssil por um combustível alternativo, limpo e que não agrida o meio ambiente, devido ao problema das mudanças climáticas associadas ao uso de combustíveis fósseis. Neste contexto, tem sido grande a procura de espécies agrícolas que possam servir com alternativas viáveis no processo agrícola e industrial em regiões do semi-árido (URQUIAGA et al., 2005).

Dentre as espécies promissoras para o cultivo no semi-árido e com grande possibilidade de ser mais uma alternativa para a produção de biocombustível, encontra-se o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), da família das Euforbiáceae, também conhecida como pinhão-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, pinhão-de-inferno e pinhão-bravo (OPENSHAW, 2000; ARRUDA et al., 2004; SILVA, 2005).

O pinhão-manso pode ser encontrado em quase todas as regiões intertropicais do planeta. É cultivado na América do Sul, Sudoeste da Ásia, Índia, África, Moçambique, Antilhas Britânicas, Porto Rico e no Arquipélago de Cabo Verde, entre outras áreas que favorecem sua adaptação (GUBITZ et al., 1999; OPENSHAW, 2000).

É uma espécie perene, rústica e adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas. Pode ser utilizada na conservação do solo, como matéria orgânica decomposta, rica em nitrogênio, fósforo e potássio, além de possuir alto valor econômico em várias partes da planta, cujas folhas, sementes e cascas frescas são amplamente utilizadas na medicina alternativa e com fins veterinários, bem como na indústria de cosméticos (PEIXOTO, 1973; OPENSHAW, 2000; ARRUDA et al. 2004).



Desde 2004, alguns empreendedores vêm cultivando o pinhão-mansão no Brasil, na expectativa que essa oleaginosa seja potencialmente viável para a produção do biocombustível (SATURNINO et al., 2005). As suas sementes já estão sendo amplamente utilizadas na extração do óleo em alguns países da África, proporcionando um potencial de produção satisfatório, além de ser lucrativo quando comparado à produção da mamona e de outras plantas oleaginosas (BRASIL, 1985; CARNIELLI, 2003).

Dessa forma, a produção de biocombustível a partir da extração do óleo da semente do pinhão-mansão surge como uma das possíveis alternativas para os países neotrópicos. Todavia, apesar do grande potencial econômico desta cultura, pouco se sabe sobre o seu comportamento fisiológico e bioquímico diante de condições abióticas desfavoráveis, uma vez que a literatura atual dispõe de poucos trabalhos dessa natureza (MENDES, 1997).

Sabe-se que as respostas dos vegetais ao déficit hídrico são caracterizadas por mudanças que ocorrem na sua fisiologia, morfologia, fenologia e na estrutura na celular e nas membranas celulares (PIMENTEL, 2004). Dentre várias respostas das plantas ao déficit hídrico, algumas podem ser nocivas e outras podem ser consideradas adaptativas. No Brasil, plantas da caatinga nordestina desenvolveram adaptações fisiológicas às condições estressantes (TROVÃO et al., 2007). Esse tipo de adaptação á seca pode ser classificado com escape ou tolerância (NOGUEIRA et al., 2005).

O escape pode ser definido como uma habilidade da planta de completar seu ciclo antes que ocorra a falta de água no solo o que difere da tolerância na qual pode ser explicada pelo alto potencial hídrico e baixo potencial hídrico da planta (KRAMER, 1980; PIMENTEL, 2004; TURNER, 1979 *apud* TURNER, 1986). As plantas com baixo potencial hídrico mantem a alta hidratação nas suas células quando a disponibilidade hídrica no substrato é baixa. Neste caso, algumas mudanças morfológicas são visíveis entre elas e o enrolamento das folhas e enraizamento rápido e profundo, semelhante ao que ocorre em folhas de milho (SANTOS; CARLESSO 1999).

O alto potencial hídrico pode ser explicado com a diminuição da área foliar, o acúmulo de carboidratos nas raízes entre outras alterações provocadas pelo estresse hídrico (PORTO, 1986; PIMENTEL, 2004). Alguns autores também avaliaram as respostas fisiológicas das plantas ao déficit hídrico em função das relações hídricas, como sendo um dos fatores mais importantes na avaliação para o fornecimento de água para o vegetal (SANTOS; CARLESSO, 1998; SANTOS; CARLESSO, 1999;

BERGONCI et al., 2000). A exposição de plantas a ambientes em que a água é um fator limitante pode comprometer as várias fases do desenvolvimento.

Pimentel (2004) relata que não existe uma única variável fisiologia que por si só seja indicativa do estresse hídrico. No entanto, quando a planta é submetida ao um déficit de água, ocorre no seu interior uma serie de reações bioquímicas tentando contornar essa situação, promovendo um aumento da quantidade de solutos orgânicos no interior da célula possibilitando um ajustamento osmótico.

Outro aspecto muito importante para avaliar o comportamento do vegetal sob condições adversas é o crescimento vegetativo. Cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, resulta da atividade fotossintética, os outros 10% são resultantes da absorção de nutrientes minerais disponíveis no solo, os quais são indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais (BENINCASA, 1988).

Dessa forma a redução no crescimento do vegetal pode ser uma característica adaptativa para a sobrevivência da planta, pois permite que a mesma direcione os produtos fotoassimilados e a energia absorvida, antes utilizada para o crescimento da parte aérea, em moléculas protetoras para combater o estresse e/ou para manter o alongamento das raízes e promover uma maior absorção de água (CHAVES et al., 1991).

Uma vez que o pinhão manso apresenta grande possibilidade de ser mais uma alternativa para a produção de biocombustível, contribuindo assim para a redução da poluição ambiental e, dada a escassez de trabalhos com esta espécie, é de fundamental importância que sejam realizados estudos sobre os efeitos do déficit hídrico sobre o seu desenvolvimento. Os resultados destes trabalhos poderão vir a servir como ferramentas no manejo dessa espécie, já apontada por alguns autores como tolerantes ao estresse hídrico e adaptadas ao semi-árido nordestino. Além de identificar variáveis fisiológicas que possam servir de indicadores de tolerância ao déficit hídrico.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A cultura do pinhão-manso

A *Jatropha curcas* L. pertence à família Euphorbiaceae, a mesma família da mamona (*Ricinus communis* L.), da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e da seringueira *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.). Müll. Arg. O gênero *Jatropha* possui 175 espécies distribuídas pela América tropical, Ásia e África (HENNING, 2005; AUGUSTUS et al., 2002). Seu centro de origem é bastante controverso, sendo que alguns autores afirmam que o pinhão-manso tem sua origem na América do Sul, provavelmente no Brasil, sendo introduzido pelos portugueses nas Ilhas do Cabo Verde e Guiné, por volta do século XVIII e posteriormente disseminada pelo continente africano (PEIXOTO, 1973; ARRUDA et al., 2004).

Entretanto, outros autores relatam que o centro de diversidade genética da espécie é na América Central, provavelmente no México (HELLER, 1996; OPENSHAW, 2000; RAO et al., 2008). Os portugueses, distinguem duas variedades de pinhão-manso, uma medicinal, que é a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas e uma outra variedade arbórea conhecida vulgarmente como árvore de coral, medicinal-de-Espanha, árvores de nozes purgativas, que apresentam uma morfologia com características de folhas eriçadas e pêlos glandulares que segregam um látex, límpido, amargo, viscoso e cáustico além de apresentar toxidez (CORTESÃO, 1956).

Está toxidez do pinhão manso está relacionada à presença de enzimas antinutricionais, que agem como uma proteína inativadora atuando na mucosa gastrointestinal, inibindo outra enzima, a tripsina que é necessária à boa digestão das proteínas (MARQUES; FERRARI, 2008). Quanto à produção de óleos, a extração de suas sementes é bastante promissora, justamente por apresentarem 53 a 79 % do peso do fruto e com um teor de óleo alto, que varia entre 33 a 38 % (ARRUDA et al., 2004).

Outra utilidade para esta espécie é a sua utilização como cerca viva, uma vez que os animais evitam tocá-lo por causa do seu látex cáustico, no consórcio com pastagens, na recuperação de áreas degradadas, no controle de erosão e como adubo verde; e nos consórcio com culturas de ciclo anual, como o feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, na medicina alternativa, uma vez que seu

látex tem função cicatrizante, servindo também como purgante, e sendo ainda muito utilizado nas áreas rurais como inseticidas (PEIXOTO, 1973).

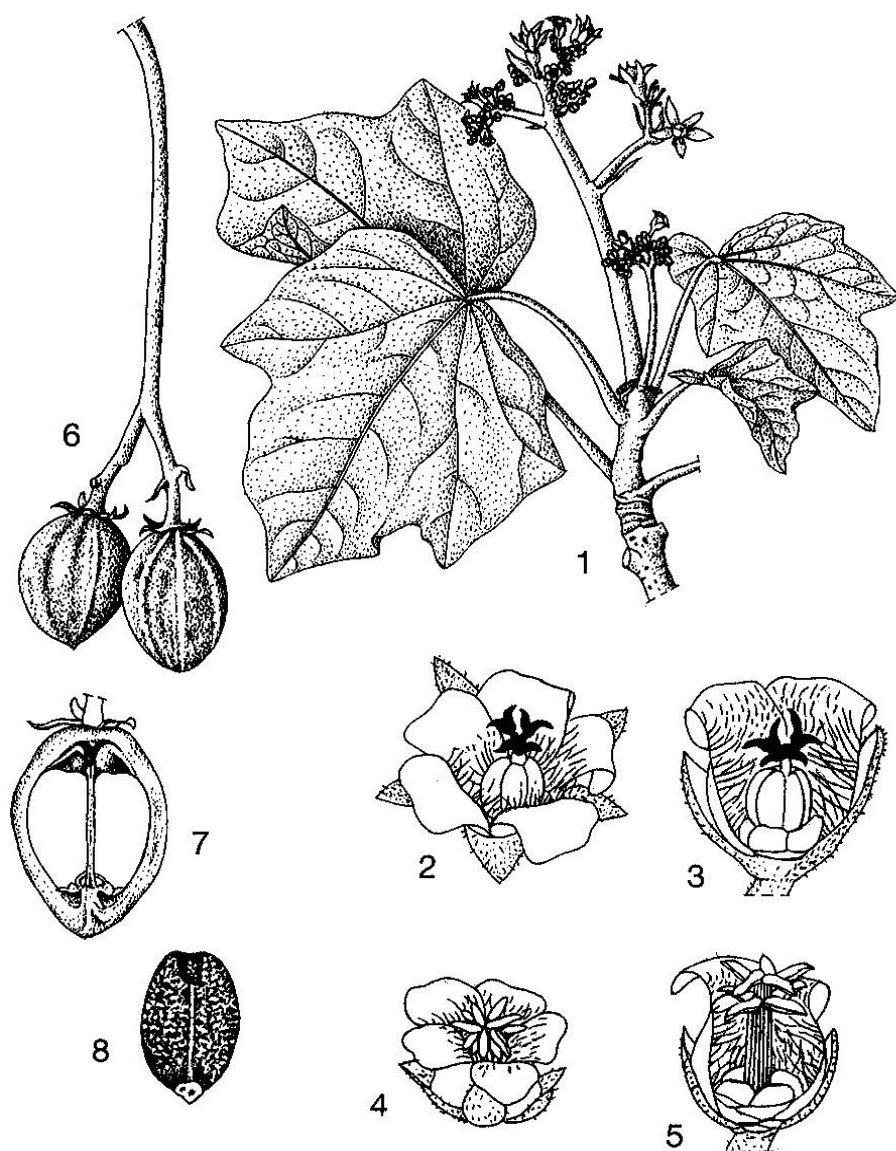
As raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são utilizadas para combater doenças de pele. São eficientes nos tratamentos contra o reumatismo e possui poder anti-sifilítico. As sementes são utilizadas como purgativo possuindo algumas propriedades tóxicas nas sementes entre eles compostos como a globulina, a curcasina e o ácido jatrófico impedindo a ingestão das mesmas (PEIXOTO, 1973).

### **3.2 Características Botânicas**

O pinhão-mansão é uma planta arbustiva, de rápido crescimento, que pode atingir mais de 5 m de altura, com um diâmetro do tronco de 20 cm, variando de acordo com as condições ambientais. Possui raízes do tipo pivotante, curtas e pouco ramificadas; caule liso com escamas, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; xilema pouco resistente e floema com longos canais que se estendendo até as raízes (OPENSHAW, 2000).

Seu tronco é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, que ressurgem após as primeiras chuvas (CORTESÃO, 1956; BRASIL, 1985; SATURNINO et al., 2005). As folhas são de coloração verde-brilhante, largas e alternadas, em forma de palma, com três a cinco lóbulos e pecioladas, as nervuras são esbranquiçadas e salientes na face inferior (Figura 1).

Possui estômatos distribuídos na fase abaxial e adaxial. É uma planta monóica, isto é, possui flores de sexo separado, porém na mesma planta, as flores são pequenas de coloração amarelo-esverdeadas, pentâmeras, unissexuais em panículas terminais ou axilares. As flores masculinas são em maior número, estando localizadas nas extremidades superiores das ramificações, enquanto que as flores femininas são menos numerosas, e se encontram nas ramificações (CORTESÃO 1956; BRASIL, 1985; ARRUDA et al., 2004).



**Figura 1.** Morfologia da *Jatropha curcas* L. 1- caule, 2- flor, 3- flor aberta, 4- flor masculina, 5- flor masculina aberta, 6- fruto, 7- fruto em secção longitudinal, 8- sementes. Fonte: [www.globinmed.com/.../detail.aspx?id=BOT00048](http://www.globinmed.com/.../detail.aspx?id=BOT00048)

Seu fruto é uma cápsula ovóide com diâmetro de 1,5 a 3,0cm, trilocular com uma semente escura em cada loco, que inicialmente é esverdeado, passando a coloração amarela, em seguida castanha e, por fim, preto, quando atinge o estágio de maturação. É formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, lisa, dentro das quais se encontra uma amêndoa branca e rica em óleo.

Este fruto contém aproximadamente 53 a 62% de sementes que são relativamente grandes e quando secas medem de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a

1,3 cm de largura. Tem o tegumento rígido, quebradiço, de fratura resinosa, cuja casca corresponde de 38 a 47% do fruto, que no geral pesam 1,53 a 2,85 g. Apresenta uma película branca cobrindo a amêndoa, bem abaixo do invólucro. Tem albúmen abundante, de coloração branca, oleaginosa, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados (CORTESÃO 1956; BRASIL, 1985).

### **3.3 Importância econômica**

No Brasil alguns estudos estão sendo realizados sobre os empregos de novas fontes renováveis energia, através do cultivo de espécies oleaginosas como a soja, dendê, palma, mamona, babaçu, caroço de algodão, girassol, canola, amendoim e pinhão manso. Isto se deve à diminuição das reservas petrolíferas e a crescente problemática ambiental decorrente da emissão de gases de efeito estufa.

Desta forma há uma motivação crescente na domesticação de espécies vegetais que sejam rentáveis, sustentáveis e que forneçam matéria-prima, na expectativa de garantir alta produtividade de óleo (SATURNIMO et al., 2005). Estima-se que pinhão manso produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare/ano (CARNIELLI, 2003).

Neste contexto, a *J. curcas* pode ser uma alternativa viável para a produção de biodiesel, já que a espécie apresenta grande potencial comercial e ambiental, devido a sua diversidade de utilização, seu rápido crescimento vegetativo e sua facilidade de regeneração, além de sua resistência à seca (KIILL; DRUMOND, 2001).

O óleo obtido de suas sementes contém poucos compostos químicos, além de ser inodoro e de queimar sem emitir fumaça. Sendo por isso interessante para o processo de transesterificação (SATURNINO et al., 2005). A produção do pinhão manso nas condições ambientais favoráveis pode chegar até cinco vezes superior em toneladas por hectare que a mamona, tornando essa cultura competitiva economicamente frente às outras oleaginosas (MIRAGAYA, 2005).

### **3.4 Tolerância ao déficit hídrico em angiospermas**

A água tem importante função no desenvolvimento de todos os organismos vivos. Nos vegetais ela é imprescindível na manutenção da integridade das moléculas, das células e tecidos. Desempenha a função de solvente, que permite a entrada de gases, minerais e outros solutos nas células e sua movimentação dentro da planta (MARENCO; LOPES, 2005).

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, sendo que a entrada de água na célula é responsável pela manutenção da turgescência, crescimento e pela forma estrutural dos tecidos. As influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da quantidade de água disponível no solo e da demanda evaporativa, uma vez que quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O movimento da água do solo para a atmosfera através da planta depende muito das características físicas do solo. A deficiência hídrica é uma característica marcante dos solos sob fisionomia de Caatinga, onde observa-se que em solos argilosos que apresenta textura mais fina a capacidade de retenção de água é bem maior do que em solos de textura arenosa, devido à maior área superficial e a poros menores entre partículas em que as espécies vegetais são submetidas (TAIZ; ZEIGER, 2004; TROVÃO et al., 2004).

As plantas, no seu processo evolutivo, desenvolveram estratégias fisiológicas e morfológicas, para lidar com o estresse hídrico que negativamente afeta o crescimento e o desenvolvimento de muitas culturas, podendo severamente limitar sua produção até mesmo comprometendo a sobrevivência da espécie (LEVITT, 1980). As plantas que habitam regiões de clima predominantemente semi-árido respondem ao déficit hídrico de diversas formas, algumas espécies vegetais nas condições de estresse usam mecanismos que lhes garantem tolerância a seca (PIMENTEL, 2004; ARAÚJO, 2005).

Segundo Nogueira et al. (2005), os vegetais respondem aos efeitos causados pela deficiência hídrica por meio de vários processos adaptativos bastante complexos. Por não haver um mecanismo universal de resistência à seca, as plantas apresentam certos tipos de adaptações ecofisiológicas dentro de cada grupo que as permitem tolerar a longos períodos de estiagem.

As plantas podem tolerar a deficiência hídrica por três categorias, escape, tolerância sob o alto potencial hídrico e tolerâncias sob o baixo potencial hídrico. Algumas espécies reduzem o potencial hídrico interno das suas células, através do acúmulo de solutos compatíveis que favorecem a absorção de água do solo, ou simplesmente fecham os estômatos nos horários de maior demanda evaporativa para manter o equilíbrio hídrico dentro da célula (PIMENTEL, 2005; NOGUEIRA et al., 2005).

Sob condições de baixa disponibilidade hídrica, ocorre uma queda no potencial de água das folhas, levando à perda de turgescência e à redução da condutância estomática. É essa redução na condutância estomática que constitui uma das primeiras estratégias utilizadas pelas plantas para diminuir a taxa de transpiração para manter a turgescência celular. Isso ocorre porque a planta pode vir a perder água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte. Com isso, o potencial hídrico da folha diminui, ocorrendo o fechamento dos estômatos e conseqüente diminuição da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004; PIMENTEL, 2004; CAVALCANTE, 2006; MARENCO; LOPES, 2005; NOGUEIRA et al. 1998).

Neste contexto a seca pode provocar diversos efeitos nos vegetais, como alterações nas propriedades das membranas, acréscimo na respiração, fechamento dos estômatos, inibição da fotossíntese, abscisão das folhas, baixa fertilidade, senescência prematura e redução da produção da matéria seca total (LARCHER, 2006). Vale salientar que as plantas quando submetidas a ambientes com restrição de água, elas apresenta alterações nas respostas fisiológicas, as quais ocorrem bem antes que os sintomas possam ser percebidos visualmente.

### **3.5 Efeitos do déficit hídrico na produção de compostos orgânicos**

Segundo Ashraf e Foolad (2007), solutos orgânicos são compostos de baixo peso molecular, altamente solúvel e que não apresentam toxicidade em altas concentrações no interior das células. Quando as plantas são expostas ao déficit hídrico elas podem promover a conversão do amido em carboidratos solúveis tais como sacarose, glicose, frutose, podendo está associado ao ajustamento osmótico, visando o equilíbrio da célula (SOUZA; SILVA et al ., 1987).

Uma das mais bem documentadas respostas fisiológicas ao déficit hídrico em plantas é a habilidade de algumas espécies de ajustarem osmoticamente suas células. A concentração de carboidratos solúveis e insolúveis encontrada nos tecidos de crescimento do vegetal podendo ser controlada tanto pela fotossíntese quanto pela respiração (PIMENTEL, 2004).

Outro exemplo é o acúmulo de prolina, um aminoácido que contribui para o processo de osmorregulação (BATES 1973; SILVA et al., 2004). O acúmulo de prolina durante o período em que a planta encontra-se sob deficiência hídrica pode ser um indicador potencial de tolerância à seca em cultivares de trigo



(HEERDEN;VILLIERS, 1996). Algumas pesquisas relatam que grande concentração de prolina é um forte indicador de tolerância à seca em plantas (CAIRO, 1995). No entanto ainda existem dúvidas se o acúmulo desse composto nos tecidos das plantas pode proporcionar vantagens adaptativas para a espécie (HARE; CRESS, 1997).

A redução no potencial osmótico ocorre pelo aumento na concentração de solutos presentes na célula túrgida (NEPOMUCENO et al 2001). Alguns autores retratam o ajustamento osmótico em consequência do déficit hídrico sendo observado em gramíneas tropicais (WILSON; LUDLOW, 1983; JALES FILHO; SEFAPHI, 2001), assim como para sorgo e girassol (TURNER et al., 1978) e trigo (MORGAN, 1984).

A deficiência hídrica pode afetar a fotossíntese devido a instabilidade das clorofilas frente a diversos fatores ambientais, a citar o estresse hídrico, promove alterações no pH, a luminosidade reduzida, as alterações enzimáticas, a temperatura e o aumento do etileno, podem servir como indicadores de informações sobre as adaptabilidades da planta ao seu ambiente luminoso (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em plantas os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas *a* e *b* e os carotenóides (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em condições estressantes podem manifestar modificações morfológicas e estruturais bem como à concentração de clorofilas *a* e *b* em suas folhas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas que crescem em ambientes com muita luz apresentam, geralmente, características estruturais e químicas que reduzem a quantidade de luz que chega ao cloroplasto. Por outro lado, uma maior proporção relativa de clorofila *b* em plantas sombreadas é uma característica importante, pois possibilita a captação de energia de outros comprimentos de onda e transferência para uma molécula específica de clorofila *a*, que efetivamente toma parte das reações fotoquímicas da fotossíntese (ENGEL; POGGIANI, 1991).

Os fatores que influenciam a fotossíntese podem ser externos e internos ao organismo. Como fatores internos, podem ser citados: as estruturas das folhas e dos cloroplastos, o teor de pigmentos, o acúmulo de produtos da fotossíntese no interior do cloroplasto, a concentração de enzimas e a presença ou a ausência de nutrientes. Enquanto que os fatores externos são a intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO<sub>2</sub> e a umidade do solo (MARENCO; LOPES, 2005).

Nogueira; Silva Júnior (2001) avaliando os teores de clorofila em genótipos de gravioleira na estação seca observaram diferenças significativas entre os genótipos,

apenas para os teores de clorofila *b*, sendo a variedade Comum, mais eficiente fotossinteticamente por minimizar a degradação desse pigmento pela incidência de luz.

### **3.8 Efeitos do déficit hídrico no crescimento dos vegetais**

Alguns fatores ambientais influenciam no crescimento das plantas, dentre eles, a disponibilidade de água, luz e nutrientes, os quais são de grande importância para um bom desenvolvimento dos vegetais (VALLIYODAN; NGUYEN, 2006). Estes efeitos podem ser evidentes, desde a germinação, passando pelo seu desenvolvimento até a produtividade do mesmo, o que leva a necessidade de uma avaliação desses efeitos na fisiologia do crescimento das espécies com grande potencial econômico e ecológico (CABRAL et al., 2004).

A deficiência hídrica afeta todos os aspectos do crescimento da planta, incluindo a anatomia, a fisiologia e a bioquímica (KRAMER 1995). Estudos revelam que, quando os vegetais são afetados pelo déficit hídrico, uma das primeiras reações é o fechamento estomático, pois são os estômatos os responsáveis em controlar a perda de vapor de água, em resposta a um declínio da turgescência foliar (YORDANOV et al., 2003). A turgescência de células e tecidos, além de ser responsável pela forma e estrutura dos órgãos também é essencial para o crescimento dos vegetais (FIGUEIRÔA et al., 2004, NOGUEIRA et al. 2005).

Inicialmente quando uma planta sofre um estresse hídrico ela apresenta uma redução na área foliar como uma linha de defesa, essa redução faz com que a planta transpire menos conservando assim, o suprimento de água limitado no solo por um período mais longo, além disso, as folhas também são responsáveis pela captação de energia solar e produção de matéria orgânica, através da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Em adição, estudos realizados por SANTOS; CARLESSO (1998), a área foliar é um importante fator da produção e determinação do aparato fotossintético e um sinalizador da deficiência de água no solo. Como o crescimento vegetal resulta da acumulação de material produzido na fotossíntese líquida e é considerada bastante sensível ao estresse hídrico, esta deve ser considerada altamente importante para a análise de crescimento, pelo fato de que, aproximadamente 90% da matéria seca total acumulada pelo vegetal ao longo do tempo são resultantes da atividade fotossintética (BENINCASA, 1988).

Estudos com crescimento de plantas jovens de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Leguminosae – Mimosoideae) sob condições de casa de vegetação com 100% de capacidade de campo (CP), 50% de CP e sem suprimento hídrico, foi constatado que a proporção raiz/caule foi de 2:1, nas plantas sem suprimento hídrico e de 1:1 com suprimento hídrico. O maior crescimento da raiz em relação ao caule é considerado uma característica de adaptabilidade, comum às plantas submetidas a estresse hídrico (BARROS; BARBOSA, 1995).

Santiago (2000), avaliando os efeitos do estresse hídrico sobre o crescimento de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Leguminosae – Mimosoideae), verificou que as plantas submetidas a um estresse hídrico mais severo atingiram altura inferior às testemunhas, reduziram o número de folhas e a área foliar. Barbosa (1980) trabalhando com plantas jovens de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae – Mimosoideae) quando submetidas ao déficit hídrico, em condições de casa de vegetação, verificou que o crescimento radicular dessas plantas obteve uma relação raiz/parte aérea de 3:1, após cinco meses de avaliação.

Com o propósito de se verificar os efeitos do estresse hídrico por deficiência e por excesso (hipoxia) na mamoneira (*Ricinus communis* L.), na fase inicial do crescimento, em condições de casa de vegetação, em três épocas de avaliação e duas modalidades de estresse hídrico (deficiência e excesso), foi verificado que a mamoneira apresentou-se muito mais sensível ao estresse por hipoxia do que pela deficiência, independente do período do estresse, evidenciado pela redução na altura de planta e na fitomassa total. (BELTRÃO et al., 2003).

A redução nas taxas de crescimento nos vegetais quando submetidas ao déficit hídrico pode ser considerada uma característica adaptativa para a sua sobrevivência em ambientes desfavoráveis (SAUSEM, 2007). Essa redução está associada ao desenvolvimento foliar, com a redução no tamanho das folhas individualmente ou com a menor produção das mesmas (SILVA, 2002).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no período de dezembro de 2008 a junho de 2009. As mudas foram provenientes de sementes coletadas no campo experimental, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, no Município de Rio Largo, (AL), (09° 27'57,3''S e 35° 49'57,4''W).

As sementes foram colocadas para germinar em bandejas com capacidade para 17 kg de solo, contendo como substrato areia lavada. Após a germinação quando as plântulas apresentaram de quatro a seis folhas verdadeiras, foram selecionadas quanto a uniformidade de tamanho e sanidade e transferidas para vasos de polietileno com capacidade para 11kg de solo, classificado como Neossolo Regolítico, procedente da Estação Experimental do IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), no município de Caruaru/PE, coletado nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, colocados nos vasos em camadas sobrepostas.

Para simular as condições naturais da Caatinga, optou-se por não adubar o solo. A análise físico-química do solo (Tabela 1) foi realizada no Departamento de Agronomia, Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Os vasos foram colocados em casa de vegetação. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, que consistiu de quatro tratamentos hídricos e seis repetições.

Tabela 1. Características químicas do Neossolo Regolítico coletado na estação Experimental de Caruaru-IPA, usado no experimento.

| Profundidade (cm) | pH<br>Água-1:2,5 | P<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>+2</sup> +Mg <sup>+2</sup><br>(cmol/dm <sup>3</sup> ) | Ca <sup>+2</sup> | Al <sup>+3</sup> |
|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------|----------------|---|------------------|------------------|
| 0-20              | 5,90             | 7                          | 2,65            | 0,07           | 7,8   | 1,4              | 0,1              |
| 20-40             | 6,50             | 9                          | 1,47            | 0,06           | 6,35  | 1,35             | 0,1              |

Após o período de aclimação foi feita a diferenciação dos tratamentos hídricos: 100%, 80%, 60% e 40% da capacidade de pote (CP), segundo a metodologia proposta por (SOUSA et al., 2000). As plantas foram regadas diariamente e a manutenção dos diferentes níveis de água foi efetuada pela pesagem dos vasos e reposição da água

perdida pela transpiração das plantas. A superfície do vaso foi coberta com plástico para evitar a excessiva evaporação da água do solo.

### ***Relações Hídricas***

O potencial hídrico foliar foi avaliado em três épocas (60, 90 e 120 dias após a diferenciação) em dois horários de avaliação na antemanhã (4h) e ao meio-dia (12h), as avaliações foram feitas nas folhas completamente expandidas localizada no terço médio da planta com o uso da Câmara de Pressão de Scholander, segundo (SCHOLANDER et al. 1965). Com modificações por Nogueira (2010) por se tratar de uma planta com látex e possuidora de pecíolo longo, os mesmos foram cortados e unificados quanto ao comprimento de aproximadamente 4 cm. Após a colocação da folha no cilindro, utilizou-se algodão levemente pressionando no local da incisão, para extrair o excesso de látex. Posteriormente, foi injetado o gás no cilindro para induzir a saída da seiva bruta e registrar a pressão exercida para essa saída ( $\Psi_w$ ).

O teor relativo de água (TRA) foi mensurado nos mesmos horários acima citados, seguindo a metodologia (WEATHERLEY 1950). Para tal, foram retirados seis discos foliares com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro nas mesmas folhas utilizadas para o potencial hídrico.

Os discos foram pesados para a determinação do peso da massa fresca e em seguida, os mesmos foram colocados em placas de Petri, imersos em água deionizada. Após 24h, foram novamente pesados para a obtenção do peso da massa túrgida e, logo depois acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de circulação forçada de ar a 65°C para determinação do peso da massa seca. De posse dos dados de peso da matéria fresca (PF), matéria túrgida (PT) e matéria seca (PS)], foi calculado o teor relativo de água de acordo com a fórmula  $TRA = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$ .

### ***Solutos orgânicos***

Foram coletadas amostras de folhas nas três épocas de avaliação (60, 90 e 120 dias) para a quantificação de solutos orgânicos. Para tal foi retirado 1g do limbo foliar

das mesmas folhas utilizadas para a determinação do potencial hídrico e no final do experimento foi retirado 1g da raiz.

A concentração de carboidratos foi determinada a 490 nm, pelo método do fenol-ácido sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) utilizando-se D-(+)-glucose como padrão e as concentrações foram expressas em  $\text{mmol.g}^{-1}$  matéria fresca. A concentração de prolina livre foi determinada pelo método da ninhidrina e ácido fosfórico (BATES et al., 1973), utilizando-se a prolina como padrão e as concentrações foram expressas em  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  matéria fresca.

Com relação à determinação de proteína, foram realizadas pelo método da ligação ao corante coomassie brilliant blue (BRADFORD, 1976), utilizando-se como padrão albumina sérica bovina e as concentrações foram expressas em  $\text{mg.g}^{-1}$  matéria fresca. Os aminoácidos foram analisados pelo método de ninhidrina (YEMM; COCKING, 1955), utilizando-se glicina como padrão. As concentrações foram expressas em  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  matéria fresca.

### ***Pigmentos fotossintetizantes***

O teor de clorofila das folhas foi estimado por um aparelho portátil, SPAD-502 (Minolta, Japão) nas mesmas folhas utilizadas para avaliação das trocas gasosas. Para tanto foram feitas oito leituras por planta.

Paralelamente o teor de clorofilas *a*, *b* e carotenóides foram quantificados de acordo com a metodologia de Lichtenthaler; Buschamann (2001) nos comprimentos de onda 664 nm, 648 nm e 470 nm, com o uso do espectrofotômetro Biospectro, modelo SP-220. Foram cortados 100 mg de matéria fresca de folhas de cada repetição e em seguida colocadas em tubos de ensaio rosqueados, cobertos com papel alumínio para evitar passagem de luz, contendo 10 mL de álcool a 95%. Os dados foram calculados pelas fórmulas descritas abaixo e, os resultados expressos em miligrama de clorofila por grama de tecido fresco ( $\text{mg.g}^{-1}$ ).  $\text{Cl}_{\text{total}} (\text{mg/l}) = 17,3 \times A_{648,6} + 7,18 \times A_{664,1}$ ,  $\text{Cl}_a (\text{mg/l}) = 13,36 \times A_{663,1} - 5,19 \times A_{648,6}$ ,  $\text{Cl}_b (\text{mg/l}) = 27,43 \times A_{648,6} - 8,12 \times A_{664,1}$  Carotenóides ( $\text{mg/l}) = (1000 \times A_{470} - 2,13 [\text{Cl } a] - 97,64 [\text{Cl } b]) / 209$ ).

## *Crescimento*

Para avaliar o crescimento, foram realizadas quinzenalmente medidas da altura das plantas, contagem do número de folhas completamente expandidas e diâmetro do caule. A altura da planta foi expressa em centímetro e medida a partir da base do caule até a inserção da última folha, no ápice do mesmo, enquanto que o diâmetro foi determinado, distando 1 cm do solo, com auxílio do paquímetro digital da marca Diginess. Todas as medidas foram tomadas no mesmo horário.

A biomassa seca foi avaliada ao final do período experimental (120 dias após a diferenciação dos tratamentos hídricos), onde as plantas foram separadas em folhas, caules e raízes, pesadas para obter matéria fresca e acondicionadas em sacos de papel e levados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, onde permaneceram até atingirem peso constante.

Esses órgãos foram novamente pesados para obter o peso da matéria seca das folhas (MSF) dos caules (MSC) e raízes (MSR). Com estes valores foram calculados a alocação de biomassa nas folhas (ABF), nos caules (ABC) e nas raízes (ABR) e a relação raiz: parte aérea (R/Pa) (BENINCASA, 1988).

A área foliar teve como base a metodologia de Mielke et al. (1995), com pequena modificação: Foram retirados de uma única planta, de cada tratamento três quadrados de 1 cm de folha, correspondentes as partes da planta (apical, mediana e basal). Essas amostras frescas foram pesadas e colocadas na estufa para secar em seguida pesadas para obter o peso seco. E esses dados foram calculados em regra de três, juntamente com os dados da matéria seca das folhas para estimar a área foliar total.

Para as análises estatísticas foram usados a função “REPEATED”, presente nos procedimentos da ANOVA do SAS (Statistical Analysis System). Este comando torna possível a análise de experimentos nos quais exista a medição de uma mesma unidade experimental, quando a medida é feita diversas vezes ao longo do tempo o que caracterizou uma análise multivariada de medidas repetidas, adotou-se o modelo estatístico:

Modelo matemático para parcelas subdivididas foi o seguinte;

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \xi_{ij} + \gamma_j + \tau\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Modelo matemático para medidas repetidas foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ij}$  = valor observado para variável resposta no  $i$ -ésimo tratamento (tratamento hídrico) no  $j$ -ésimo, na  $k$ -ésima repetição;

$\mu$  = constante inerente a todas as observações, média geral;

$\tau_i$  = efeito do  $i$ -ésimo tratamento (níveis hídricos);

$\xi_{ij}$  = erro aleatório a nível de parcela;

$\gamma_j$  = efeito do  $j$ -ésimo tempo;

$\tau\gamma_{ij}$  = efeito da interação entre o  $i$ -ésimo tratamento com  $j$ -ésimo tempo;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório a nível de sub-parcelas.

Para o delineamento de medidas repetidas as seguintes hipóteses foram testadas:

$H_{01}$  = não existe diferença tempo tratamento (níveis hídricos), que corresponde a hipótese de perfis coincidentes.

Para verificar se a população possui variâncias iguais e correlações nulas, aplicou-se o teste de esfericidade de Mauchly. E para comparação de médias dos tratamentos utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

$H_{02}$  = existe igualdade do efeito de tempos, que corresponde a perfis horizontais.

$H_{03}$  = as curvas de tempo ou tendência são paralelas para todos os tratamentos (não existe interação envolvendo níveis hídricos e tempo), correspondendo aos denominados perfis paralelos. Para comparação de médias de tratamentos x tempo se usou o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1• Relações hídricas, solutos orgânicos e pigmentos fotossintetizantes em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos.

Os resultados do potencial hídrico foliar nas três épocas de avaliação foram submetidos ao teste de Esfericidade Mauchly a fim de testar a simetria da amostra (Tabela 2). Na condição que a variável aleatória seja igualmente correlacionada e tenha variâncias iguais considerando as três épocas de avaliação.

**Tabela 2.** Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para o Potencial hídrico foliar ao meio dia (12h) e antemanhã (4h) em mudas de *Jatropha curcas* submetida ao diferentes regimes hídricos.

| Variável                | Crítérios de Mauchly | Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) | Pr > $\chi^2$ |
|-------------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
| $\Psi_f$ antemanhã (4h) | 0.0069               | 54.794                    | <.01          |
| $\Psi_f$ meio dia (12h) | 0.0033               | 62.714                    | <.01          |

O teste de esfericidade de Mauchly revela que a condição de esfericidade foi violada com um nível de significância de 0,001, implicando que a análise estatística deverá ser uma multivariada com medidas repetidas. Entretanto com base nas análises estatísticas pode ser constatado através dos testes de hipótese Lambda de Wilks, Traço de Pillai's, Traço de Hotelling- Lawley e Maior Raiz de Roy (Tabelas 3 e 4) o não efeito tempo e o não efeito tempo x tratamento não se encontrou evidências para a rejeição da hipótese de nulidade para as interações.

**Tabela 3.** Teste de hipótese de não efeito tempo para o potencial hídrico ao meio-dia em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F      | Pr > F |
|----------------------------|-------|--------|--------|
| Lambda de Wilks            | 0.007 | 732.27 | <.01   |
| Traço de Pillai's          | 0.992 | 732.27 | <.01   |
| Traço de Hotelling- Lawley | 1.331 | 732.27 | <.01   |
| Maior Raiz de Roy          | 1.331 | 732.27 | <.01   |

**Tabela 4.** Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o potencial hídrico ao meio-dia em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F     | Pr > F |
|----------------------------|-------|-------|--------|
| Lambda de Wilks            | 0.146 | 5.93  | <.08   |
| Traço de Pillai's          | 0.930 | 3.48  | <.01   |
| Traço de Hotelling- Lawley | 5.327 | 9.44  | <.04   |
| Maior Raiz de Roy          | 5.228 | 20.91 | <.01   |

ns. não significativo (aceita a hipótese de esfericidade).

Na análise de medidas repetidas o fator tempo e fator tempo x tratamento afetou de forma significativa os tratamentos visto na tabela 5.

**Tabela 5.** Análise das medidas repetidas para o potencial hídrico ao meio-dia em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO         |    |        |       |         |        |
|--------------------------|----|--------|-------|---------|--------|
| Fonte de variação        | GL | SQ     | QM    | F       | Pr > F |
| Tratamento               | 3  | 3.547  | 1.18  | 61.27   | <.01   |
| Resíduo                  | 12 | 0.231  | 0.02  |         |        |
| FATOR TEMPO E TRATAMENTO |    |        |       |         |        |
| Fonte de variação        | GL | SQ     | QM    | F       | Pr > F |
| Tempo                    | 2  | 21.320 | 10.66 | 1535.69 | <. 01  |
| Tempo x Tratamento       | 6  | 0.868  | 0.145 | 20.86   | <. 01  |
| Resíduo                  | 24 | 0.166  | 0.007 |         |        |

As análises estatísticas evidenciaram diferenças significativas no potencial hídrico foliar ao longo do tempo. De uma forma geral, o déficit hídrico induziu reduções no potencial hídrico foliar nas três épocas de avaliação. As plantas cultivadas sob 80, 60 e 40% CP apresentaram reduções significativas no  $\Psi_f$  em relação às plantas do tratamento controle no período da antemãhã a partir dos 60 dias de avaliação (Figura 2).

Ao meio-dia, verificaram-se valores mais negativos do  $\Psi_f$  em todos os tratamentos hídricos avaliados. Porém as plantas com 60 e 40% CP apresentaram aos 60

dias de deficiência hídrica valores médios -1,6 e -1,4 MPa respectivamente em comparação as do tratamento controle -1,3 MPa.

Aos 90 dias de avaliação os tratamentos hídricos com 60 e 40% CP mantiveram seu potencial hídrico foliar mais negativos em relação ao tratamento controle, apresentando valores de -2,4, -2,5 MPa respectivamente. Na medida em que se prolongou o estresse hídrico aos 120 dias, foi observada uma contínua redução no  $\Psi_f$  ao meio-dia. Em adição a esses valores aos 120 dias de diferenciação hídrica as plantas com 60 e 40 % CP mostraram sintomas visuais de perda de turgescência apresentando valores -3,3 e -3,5 MPa respectivamente.

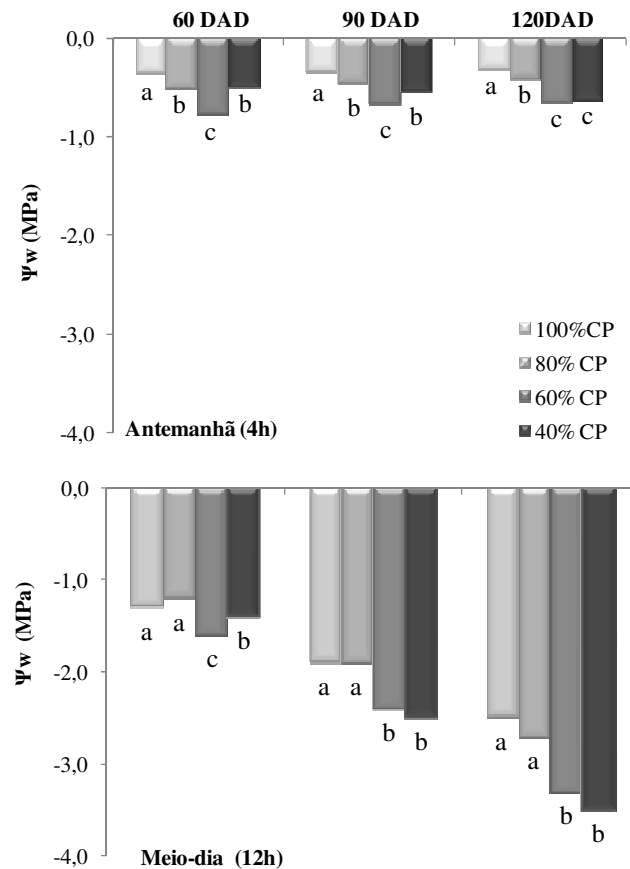
De maneira geral, os resultados comprovam a importância de avaliar o potencial hídrico foliar no horário da antemãhã porque a planta não está transpirando, a temperatura do ar é baixa e a umidade é alta mostrando a real situação das plantas nos tratamentos hídricos. As 12 horas os tratamentos hídricos são influenciados pelos fatores ambientais.

A literatura reporta que valores iguais ou abaixo de -1,5 MPa no solo as plantas entra num processo chamando de murcha permanente. Porém existem algumas espécies que apresenta um alto grau de tolerância a falta de água podendo chegar a -6,0 MPa o que representa um potencial letal para a espécie (PIMENTEL, 2004).

Alguns autores têm demonstrado variações no potencial hídrico foliar, Silva et al., (2003), avaliando o potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico observaram uma redução na ordem de 155% para *Mimosa caesalpiniiifolia*, 86% *Enterolobium contortisiliquum* e 40% *Tabebuia áurea*. A espécie *Mimosa caesalpiniiifolia* apresentou valores de -0,34 MPa nas plantas controle e -0,87 MPa nas plantas sob estresse no intervalo das 9 as 10h.

Quando o potencial hídrico fica mais negativo é porque ocorreu uma redução no potencial osmótico, essa redução pode ser devida ao aumento da concentração de solutos osmoticamente ativos e de íons no vacúolo para manter o potencial hídrico e a turgescência da célula próxima do nível ótimo (NEPOMUCENO et al., 2001).

Segundo Pimentel (2004) na medida em que o suprimento de água diminui, a planta passa por alguns estádios de desidratação, dentre eles de manter a transpiração até que o suprimento de água no solo seja reduzido a 50% e a absorção de água não mais se iguale a demanda da transpiração.



**Figura 2.** Potencial hídrico foliar em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico as 4h (antemanhã) e as 12h (meio dia). Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Com a diminuição da disponibilidade hídrica no solo, geralmente aliada à perda de turgescência, ocasiona queda no potencial da água da folha, acúmulo de ácido abscísico (ABA) e fechamento estomático, conseqüentemente a transpiração diminui e começa a haver um fechamento estomático, e toda a perda de água da planta para a atmosfera passa a ocorrer pela cutícula, para algumas espécies a sua sobrevivência nesses estágios vai depender da tolerância a dessecação.

Pinto (2006), avaliando o potencial hídrico foliar em plantas de gergelim e mamona aos 55 dias de estresse hídrico observou que as plantas apresentaram valores médios para o regime seco de -1,68 e -0,76 MPa, para gergelim e mamona, com reduções em valores absolutos em relação a controle de -1,33 MPa e -0,56 MPa respectivamente, para gergelim e mamona. Essas reduções mostram o status hídrico do vegetal, além de ser uma ferramenta importante para o monitoramento da

disponibilidade de água no solo e da necessidade de irrigação (PEDRO JUNIOR et al., 2007).

Resultados obtidos por Souza (2008) em três cultivares de algodoeiro herbáceo mostraram que com o prolongamento do estresse aos 45 dias de diferenciação hídrica ocorreu uma diminuição maior do  $\Psi_f$  nos dois horários de avaliação (antemanhã e ao meio dia), atingindo valores mais altos -1,08 MPa para as cvs. 7MH e CEDRO com 100% da CP e mais baixos -3,05 MPa para cv. CEDRO com 25% da CP. De acordo com Pimentel (2004) o algodoeiro de forma geral está classificado como “plantas mais tolerantes à falta d’água”, podendo atingir  $\Psi_f$  de até -3,5 MPa.

Resultados semelhantes foram encontrados em duas cultivares de *Hevea brasiliensis* aos 35 dias de tratamentos hídricos em duas épocas de avaliação, um período seco e chuvoso. Os valores mais negativos foram observados no período seco apresentando valores de -1,80 MPa para a cultivar RRIM 6000, e de - 1,70 MPa para Fx 3864, neste período os estômatos não estavam fechados completamente (CAVALCANTE; CONFORTO, 2006).

Pesquisas feitas em cafeeiro (*Coffea arabica*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes sistemas de cultivos apresentaram valores maiores que -1.0 MPa na antemanhã, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca. Ao meio dia os menores valores apresentados foram observados no cafeeiro nas duas estações com valores de - 3,0 MPa (MEIRA et al., 2006).

## **TEOR RELATIVO DE ÁGUA.**

O teor relativo de água nas plantas do pinhão manso cultivadas em casa de vegetação variou de 76,2% a 98,8% durante o período experimental de 120 dias. Diferenças significativas entre os tratamentos hídricos só foram verificados a partir dos 120 dias de diferenciação no horário das 12 h no tratamento com 40% CP. Neste tratamento verificou-se uma redução significativa na ordem de 22,29% em relação às plantas controle. (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teor relativo de água (TRA) em plantas de *J. curcas* submetidas à déficit hídrico, com 60 , 90 e 120 dias, cultivadas em casa de vegetação.

| TRA (%) | Dias após a diferenciação |        |        |         |        |         |
|---------|---------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|
|         | 60 DAD                    |        | 90 DAD |         | 120DAD |         |
|         | 4h                        | 12h    | 4h     | 12h     | 4h     | 12h     |
| 100%    | 89,6 a                    | 91,1 a | 92,8 a | 89,8 a  | 90,8 a | 98,8 a  |
| 80%     | 92,4 a                    | 90,3 a | 92,0 a | 83,3 ab | 95,0 a | 94,4 ab |
| 60%     | 91,5 a                    | 88,2 a | 91,4 a | 84,2 a  | 79,2 a | 88,9 ab |
| 40%     | 92,6 a                    | 91,6 a | 93,5 a | 76,2 ab | 85,5 a | 76,8 b  |
| CV %    | 5.12                      | 5.11   | 5.05   | 12.34   | 12.70  | 12.89   |

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05).

Jales Filho e Seraphin (2001) analisando o teor relativo de água (TRA) em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum*) espécie típica da vegetação do cerrado brasileiro, tem demonstrado, nas pesquisas resistência a seca. Em consoante a essa espécie, avaliações foram feitas aos 210 dias de tratamentos hídricos. Verificando que não houve diferença significativa no teor relativo de água no tratamento controle e estresse, apresentando 92,85% no tratamento controle e 90,64% para as plantas com 40% CP de restrição hídrica.

Queiroz et al. (2002), avaliando o TRA em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All constatou 89% do teor relativo de água no tratamento submetido à irrigação diária e 61,8% no tratamento sob estresse. Ocorrendo semelhança entre os tratamentos com 6h após a reidratação de 85,4% e após 54 h de reidratação 89,2% do TRA. Para alguns autores a avaliação mais confiável do status hídrico de um vegetal é o teor relativo de água (TRA) e o potencial hídrico foliar por ser uma variável indicadora de estresse, além de ser facilmente mensurada (CAIRO, 1995; ANGELOCPI, 2002).

Pinto (2006) analisando o TRA em duas cultivar gergelim e mamona, submetidos a dois ciclos de deficiência hídrica, observou diferença significativa no TRA entre as espécies estudadas. O gergelim apresentou valores de 81,61% no Teor relativo de água no tratamento controle e 59,64% para o tratamento sob estresse hídrico. Para a mamona esses valores foram de 86,79% nas plantas controle e 68,97% nas plantas estressadas.

Ribeiro (2004) avaliando duas cultivares de algodoeiro 7H e 7MH, constatou aos 12 dias após a aplicação do estresse que a cultivar 7H submetida ao estresse hídrico reduziu 4,6% o TRA em relação ao controle o mesmo não correndo para a cultivar 7MH que mantiveram seu nível de turgescência.

Tendo em vista que o potencial hídrico foliar do pinhão manso tenha reduzido nas três épocas de avaliação e o teor relativo de água nas folhas não tenha reduzido, ou seja, mantiveram a sua turgescência celular. Isso pode ser explicado pelo acúmulo de solutos orgânicos compatíveis, capazes de provocar redução no potencial osmótico, sem, contudo, perder água para o meio.

Para Taiz e Zeiger (2004) o ajustamento osmótico é definido como sendo aumento líquido no conteúdo de solutos por célula e independe das mudanças de volume resultantes da perda de água. Beeg e Turner (1976) referem-se ao ajustamento osmótico como sendo uma resposta da planta em nível de adaptação e tem grande importância na manutenção do crescimento, aumentando a sobrevivência das mesmas durante o período de seca. Segundo Nepomuceno et al, (1991) o ajustamento osmótico é uma das mais bem sucedidas estratégia das plantas durante o período de seca.

## **AMINOÁCIDOS, PROTEÍNAS, CARBOIDRATOS E PROLINA EM FOLHAS E RAIZES DE PINHÃO MANSO.**

### ***Aminoácidos***

Em relação ao acúmulo de solutos orgânicos as plantas de *J. curcas* submetida a deficiência hídrica apresentaram uma redução nos teores de aminoácidos e carboidratos na medida que o estresse foi mais intenso, enquanto que os teores de proteínas e prolina não apresentaram diferenças significativas. No entanto os dados obtidos durante as épocas de avaliação foram submetidos ao teste de Esfericidade Mauchly para testar a simetria composta da amostra (Tabela 7).

O teste de Esfericidade de Mauchly indicou que a condição de esfericidade não foi violada para as variáveis em estudo, ou seja, para os aminoácidos e proteínas foram menor ou igual a 0,05 se aceita que a diferenças entre os níveis dos fatores (VIEIRA et, al. 2007).

**Tabela 7.** Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para os teores de aminoácidos, carboidratos, proteínas e prolina em folhas de *J. curcas* submetida a diferentes regimes hídricos.

| Variável     | Crítérios de Mauchly | Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) | Pr > $\chi^2$ |
|--------------|----------------------|---------------------------|---------------|
| Aminoácidos  | 0.37                 | 10.80                     | 0.04          |
| Carboidratos | 0.82                 | 2.11                      | 0.34          |
| Proteínas    | 0.32                 | 12.28                     | 0.02          |
| Prolina      | 0.08                 | 4.21                      | 0.12          |

No entanto, foram observados através dos testes de hipótese Lambda de Wilks, Traço de Pillai's, Traço de Hotelling- Lawley e Maior Raiz de Roy o não efeito tempo e o não efeito tempo x tratamento (Tabela 8 e 9). Os testes apresentaram um alto grau de significância indicando que existe dependência sucessiva ao longo do tempo.

**Tabela 8.** Teste de hipótese de não efeito tempo para os teores de aminoácidos em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F    | Pr > F |
|----------------------------|-------|------|--------|
| Lambda de Wilks            | 0.38  | 9.01 | 0.48   |
| Traço de Pillai's          | 0.62  | 9.01 | 0.48   |
| Traço de Hotelling- Lawley | 1.63  | 9.01 | 0.48   |
| Maior Raiz de Roy          | 1.64  | 9.01 | 0.48   |

**Tabela 9.** Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para os teores de aminoácidos em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F    | Pr > F |
|----------------------------|-------|------|--------|
| Lambda de Wilks            | 0.29  | 3.05 | 0.03   |
| Traço de Pillai's          | 0.89  | 3.24 | 0.02   |
| Traço de Hotelling- Lawley | 1.71  | 3.02 | 0.04   |
| Maior Raiz de Roy          | 1.13  | 4.53 | 0.02   |

ns. não significativo (aceita a hipótese de esfericidade).



**Tabela 10.** Análise das medidas repetidas para os teores de aminoácidos em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO         |    |      |      |       |        |
|--------------------------|----|------|------|-------|--------|
| Fonte de variação        | GL | SQ   | QM   | F     | Pr > F |
| Tratamento               | 3  | 0.06 | 0.02 | 8.24  | 0.003  |
| Resíduo                  | 12 | 0.03 | 0.02 |       |        |
| FATOR TEMPO E TRATAMENTO |    |      |      |       |        |
| Fonte de variação        | GL | SQ   | QM   | F     | Pr > F |
| Tempo                    | 2  | 0.08 | 0.04 | 11.38 | 0.30   |
| Tempo x Tratamento       | 6  | 0.06 | 0.01 | 2.84  | 0.31   |
| Resíduo                  | 24 | 0.08 | 0.03 |       |        |

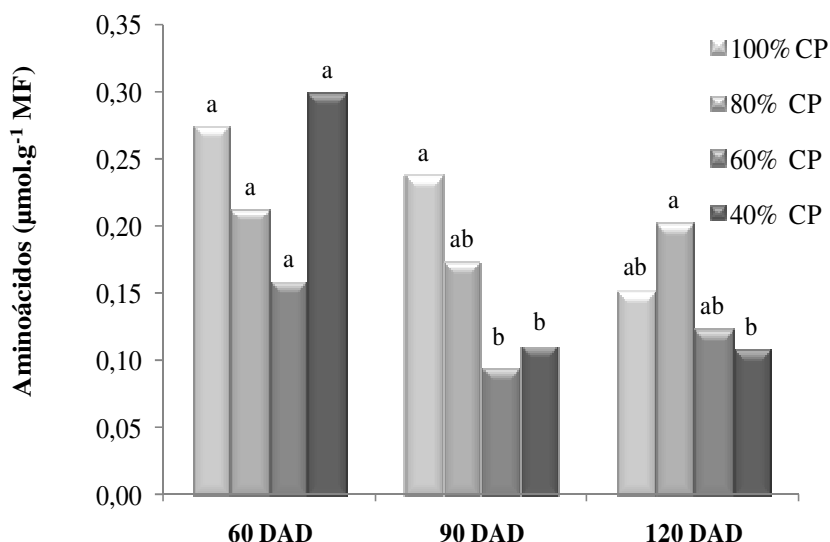
Aos 60 dias de diferenciação hídrica as concentrações de aminoácidos nas folhas de *Jatropha* variaram de 0,15 a 0,29  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  MF. Porém, nesta época de avaliação não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos. Os valores médios obtidos aos 60 dias de avaliação foram 0,27; 0,21; 0,15 e 0,29  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  MF para os tratamentos com 100%, 80% 60% e 40% CP respectivamente.

Com o prolongamento do estresse os tratamentos com 60 e 40% apresentaram uma redução nos teores de aminoácidos aos 90 e 120 dias de diferenciação. Segundo Luiz (2009), os aminoácidos além de constituírem as unidades fundamentais das proteínas, participam em grande parte do metabolismo celular. Quando ocorre um aumento nos teores de aminoácidos, possivelmente houve uma inibição da síntese de proteínas, aumentando a hidrólise da mesma e um decréscimo do uso de aminoácidos quando a célula sofre algum tipo de estresse.

Carvalho (2005), estudando plantas jovens de *Schizolobium amazonicum* (paricá) e *Schizolobium parahyba* (guapuruvu) submetidas a dois ciclos de deficiência hídrica em casa de vegetação, constatou que o déficit hídrico induziu o aumento dos teores de aminoácidos para ambas as espécies, havendo diferenças significativas entre os tratamentos estudados. O autor sugere que o acúmulo dos aminoácidos e açúcares livres pode estar relacionado com a síntese de proteínas.

Os teores de aminoácidos nos tratamentos com 60% e 40% CP aos 90 dias de diferenciação hídrica apresentaram valores médios 0,110 e 0,094  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  MF respectivamente. Enquanto que o tratamento com 100% CP apresentou 0,23  $\mu\text{mol.g}^{-1}$

MF. Os tratamentos com 60% e 40% CP apresentaram uma redução de 60,3%; 53% respectivamente em relação ao tratamento controle (Figura 3).



**Figura 3.** Valores médios dos teores de aminoácidos em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Aos 120 dias de diferenciação hídrica foi observada uma redução de 46% nos teores de aminoácidos no tratamento com 40% CP em relação a controle (Figura 3).

Resultados semelhantes foram observados em pinhão manso submetido a 18 dias de estresse hídrico. Na medida em que se prolongava o estresse os níveis de aminoácidos diminuíram nas plantas estressadas 24% em relação ao controle (LUIZ, 2009). Resultados contraditórios foram encontrados por Lechinoski et al. (2007), que estudando teores de aminoácidos solúveis totais em folhas de *Tectona grandis* L. constatou aumentos nos teores de aminoácidos nas plantas estressadas. O autor relaciona o aumento nos teores de aminoácidos com o aumento nas enzimas proteases, que quebram as proteínas na medida em que se prolonga o estresse. Os aminoácidos estão envolvidos com o metabolismo secundário da planta que atuam como sinalizadores quando as mesmas estão sofrendo algum tipo de estresse enviando uma resposta de defesa (BUCHANAM et al., 2000).

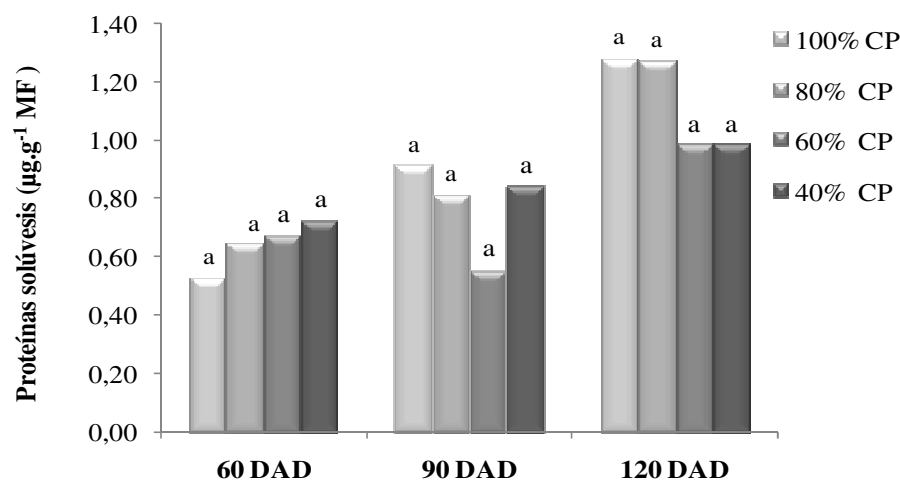
Mediante esses resultados, foram feitas análises estatísticas de medidas repetidas na qual observou um nível de significância no fator tratamento, no fator tempo e tempo

x tratamento. Tais resultados evidenciam que as variáveis estudadas apresentaram um alto grau de significância (Tabela 10).

### ***Proteínas***

Avaliando os teores de proteínas em folhas de *J. curcas* submetida a deficiência hídrica, observou-se que não houve diferenças significativas nos teores de proteínas nas folhas entre os tratamentos hídricos estudados nas três épocas de avaliação, entretanto para o teste de esfericidade de Mauchly foi significativo a 5% de probabilidade visto na tabela 7. Os tratamentos hídricos variaram de 0,529 a 0,721  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MF aos 60 dias de diferenciação, aos 90 dias variam 0,554 a 0,914  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MF e aos 120 dias de 0,979 a 1,283  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MF (Figura 4).

Luiz (2009) avaliando teores de proteínas em plantas de pinhão manso, constatou aos 18 dias de tratamentos que as plantas controle apresentaram 22,75  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MF e 19,75  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MF no tratamento sob estresse hídrico. O autor refere-se a essa queda nos níveis de proteínas com a hidrólise das mesmas quando submetidas a estresse. Resultados foram encontrados em planta de gergelim quando submetidos a 16 dias de deficiência hídrica na qual não apresentou diferenças significativas para as proteínas (SOUZA et al., 2000).



**Figura 4.** Valores médios dos teores de proteínas em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

No entanto, com os resultados obtidos foram feitas uma análise de comparação de medidas repetidas para observar a interação das variáveis estudadas ao longo do tempo (Tabela 11).

**Tabela 11.** Análise das medidas repetidas para os teores de proteínas em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO  |    |      |      |      |        |
|-------------------|----|------|------|------|--------|
| Fonte de variação | GL | SQ   | QM   | F    | Pr > F |
| Tratamento        | 3  | 0.25 | 0.08 | 1.56 | 0.25   |
| Resíduo           | 12 | 0.64 | 0.05 |      |        |

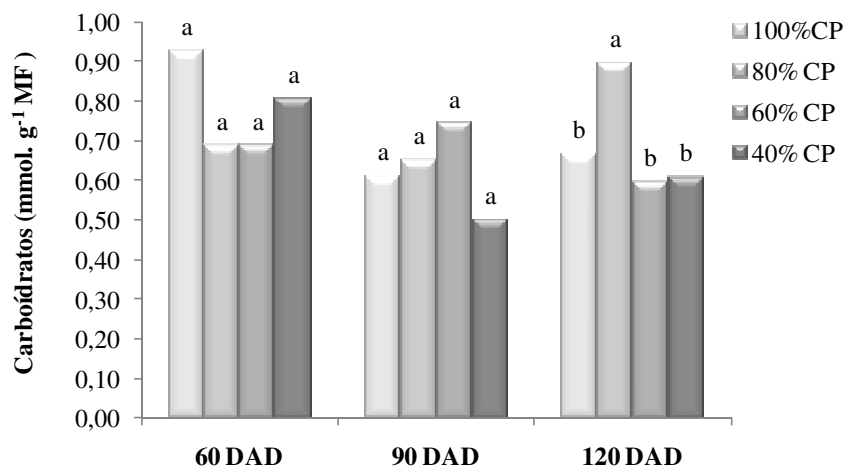
| FATOR TEMPO E TRATAMENTO |    |      |      |       |         |
|--------------------------|----|------|------|-------|---------|
| Fonte de variação        | GL | SQ   | QM   | F     | Pr > F  |
| Tempo                    | 2  | 2.01 | 1.01 | 37.80 | <.0001* |
| Tempo x Tratamento       | 6  | 0.48 | 0.08 | 3.04  | 0.0235* |
| Resíduo                  | 24 | 0.63 | 0.03 |       |         |

Observou-se que no fator tratamento não foi significativo, mas, o fator tempo e tempo x tratamento mostraram um alto grau de significância.

## Carboidratos solúveis

Os resultados das análises do teste de esfericidade de Mauchly para os teores de carboidratos visto na tabela 7, não foi violada com um nível de significância de 0,1. Implica dizer que a análise estatística não deverá ser uma multivariada com medidas repetidas.

Avaliando o acúmulo de carboidratos totais nas folhas de *J. curcas* nas três épocas de avaliação constataram-se aos 60 e 90 dias de diferenciação os tratamentos hídricos não apresentaram diferenças significativas, ocorrendo diferenças aos 120 dias nos tratamentos com 80% CP. Aos 60 dias o maior valor encontrado foi no tratamento com 100% CP 0,9 mmol. g<sup>-1</sup> MF e o menor no tratamento com 80% CP 69,0 mmol. g<sup>-1</sup> MF. Aos 90 dias de avaliação os teores de carboidratos variaram de 50,5 a 74,7 mmol. g<sup>-1</sup> MF. Com 120 dias de diferenciação hídrica os maiores valores apresentados nos tratamentos com 80% CP de 0,90 mmol. g<sup>-1</sup> MF e os menores teores apresentaram no tratamento com 60% CP valores de 0,60 mmol. g<sup>-1</sup> MF (Figura 5).



**Figura 5.** Valores médios dos teores de carboidratos em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Segundo Kerbaury (2004) o aumento dos teores de carboidratos solúveis totais pode está relacionado com o nível de hidratação das folhas que induz o ajustamento osmótico na planta, mantendo o equilíbrio das células. Souza (2008) avaliando os teores de carboidratos em três cultivares 7H, 7MH e CEDRO de algodoeiro submetidos a deficiência hídrica verificou que houve pouco acúmulo de carboidratos na cultivar 7H

submetida a 25% CP, as demais cultivares 7MH e CEDRO apresentaram um maior acúmulo de carboidratos nos tratamentos com boas condições hídricas (100% da CP), de 45,63% e 75,84% respectivamente.

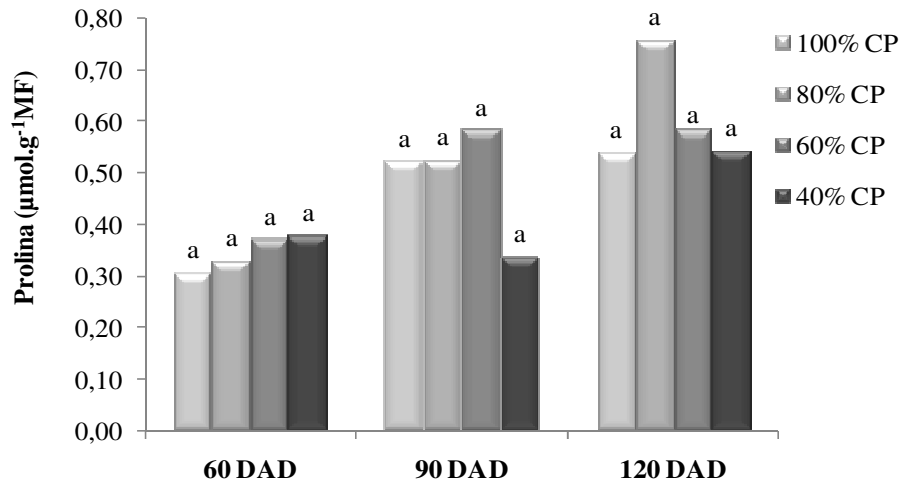
O déficit hídrico pode afetar a utilização de carboidratos, por alterar, basicamente, a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas na planta. O déficit hídrico ocasiona mudanças na partição dos carboidratos no interior da planta, condicionando as plantas desenvolver mecanismos de adaptação e resistência (SANTOS; CARLESSO 1998).

### ***Prolina***

Os teores de prolina nas folhas de *J. curcas* foram submetidos ao teste de esfericidade Mauchly que testa a simetria da amostra, no entanto a condição de esfericidade não foi violada a nível de ( $<0,1$ ) de significância, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos nas três épocas de avaliação. Aos 60 dias de diferenciação hídrica os teores de prolina livres nas folhas de *J. curcas* variaram de 0,306 a 0,379  $\mu\text{mmol.g}^{-1}/\text{MF}$ , havendo um acréscimo médio aos 90 dias de 0,337 a 0,581  $\mu\text{mmol.g}^{-1}/\text{MF}$  entretanto não apresentando diferenças significativa. Aos 120 dias de diferenciação dos tratamentos hídricos os teores de prolina livre variou de 0,542 a 0,759  $\mu\text{mmol.g}^{-1}/\text{MF}$  (Figura 6).

Carvalho (2005) avaliando plantas jovens de *Schizolobium amazonicum* (paricá) e *Schizolobium parahyba* (guapuruvu) com dois ciclo de (irrigado e não irrigado) observou que a deficiência hídrica promoveu um acúmulo de aminoácidos livres entre os tratamentos hídricos não irrigado ( $p < 0,01$ ) e que ambas as espécies foram afetadas de maneira semelhante ( $p = 0,709$ ).

Resultados semelhantes foram descritos por Ribeiro (2004) avaliando os teores de prolina em dois cultivares de algodoeiro 7MH e 7H, constatando um aumento significativo nas duas cultivares a medida que se prolongava o estresse.



**Figura 6.** Valores médios dos teores de prolina foliares em plantas jovens de *Jatropha curcas* submetida ao déficit hídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si nos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Carvalho et al., (2005) estudando teores de prolina em plantas de *Tanacetum parthenium* (L.) desenvolvidas em substrato com vários teores de umidade, observou uma variação nos tratamentos com 100%, 90% e 70% CP de 9 a 14 µg.g de massa fresca, enquanto que nas plantas mantidas em substratos a 50% da capacidade de campo apresentaram valores de 27 a 32 µg.g /MF.

De forma geral, o déficit hídrico não influenciou no acúmulo de solutos orgânicos nas folhas. No entanto, as raízes de *J. curcas* apresentaram significativamente um maior acúmulo desses solutos nos tratamentos com 60% e 40% CP, mostrando valores maiores nas concentrações de carboidratos, proteínas solúveis e aminoácidos nas plantas mais estressadas. Na tentativa de tolerar a deficiência hídrica no solo, dando continuidade ao seu desenvolvimento (Tabela 12). O tratamento hídrico que apresentou maior acúmulo de carboidratos foi com 60% CP. Para a concentração de proteínas os maiores valores foram encontrados no tratamento com 60% CP apresentando valores médios de 19,7 mmol.MF e 13,3 mmol.MF para o controle.

Em relação aos teores de aminoácidos foram encontrado valores mais altos no tratamento mais severo com 40% CP apresentando valores de 5,8 µmol.gMF reduzindo no tratamento com 100% CP para 3,3 µmol/gMF. O mesmo não é visto para os teores de prolina nas raízes do pinhão manso, na qual não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Hanson (1980) afirma que o teor de prolina livre em plantas

submetidas à deficiência hídrica é maior nas plantas cultivadas sob estresse, podendo aumentar de 20 a 100 vezes na concentração desse aminoácido em plantas estressadas.

**Tabela 12.** Teores de aminoácidos livres, proteínas solúveis, carboidratos solúveis totais e prolina livre em raízes de *J. curcas* cultivada submetidas à deficiência hídrica.

| Tratamentos Hídricos | Carboidratos (mmol/gMF) | Proteínas (mg/gMF) | Aminoácidos ( $\mu\text{mol/gMF}$ ) | Prolina ( $\mu\text{mol/gMF}$ ) |
|----------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 100% CP              | 13,71 bc                | 13,28 b            | 3,27 ab                             | 0,31 a                          |
| 80% CP               | 11,19 c                 | 14,34 ab           | 1,40 b                              | 0,33 a                          |
| 60% CP               | 32,12 a                 | 19,71 a            | 5,62 ab                             | 0,37 a                          |
| 40% CP               | 19,25 b                 | 16,35 ab           | 5,84 a                              | 0,37 a                          |

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

Segundo Subbarão et. al., (2000) o acúmulo dos aminoácidos e açúcares livres em folhas e raízes, pode ser decorrente da restrição à síntese de proteínas e da hidrólise das reservas de amido, bem como de distúrbios causados pela deficiência de água nos tecidos do floema, reduzindo a sua translocação para outros órgãos. As plantas tenta se ajustar osmoticamente acumulando solutos orgânicos nas suas raízes que pode ser explicado pelo baixo potencial hídrico foliar da mesma.

Esses compostos, além de proporcionarem vantagens, do ponto de vista do baixo potencial osmótico e da manutenção da turgescência, servem de reservas de carbono e nitrogênio para a imediata retomada do crescimento, uma vez que as tensões ambientais sejam aliviadas (NILSEN e ORCUTT, 1996; SZEGLETES et al., 2000).

## PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E ESTIMATIVA DE CLOROFILA PELO ÍNDICE SPAD

Os dados obtidos pela quantificação dos pigmentos fotossintetizantes foram submetidos primeiramente ao teste de Esfericidade Mauchly para testar a simetria composta da amostra o que implica na condição de que a variável aleatória seja igualmente correlacionada e tenha variâncias iguais considerando as variáveis ao longo do tempo. Esse teste foi realizado para todas as variáveis analisadas e os resultados encontram-se na Tabela 13.



**Tabela 13.** Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para os teores de clorofila *a*, *b*, relação *a/b*, carotenóides e índice de SPAD em mudas de *J. curcas* submetida ao diferentes regimes hídricos.

| Variável             | Critérios de Mauchly | Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) | Pr > $\chi^2$ |
|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
| Clorofila <i>a</i>   | 0.001                | 123.92                    | <. 0001       |
| Clorofila <i>b</i>   | 0.429                | 9.29                      | 0.0096 ns     |
| Clorofila <i>a/b</i> | 0.114                | 23.82                     | <. 0001       |
| Clorofila total      | 0.590                | 5.78                      | 0.05 ns       |
| Carotenóides         | 0.680                | 4.23                      | 0.12 ns       |
| SPAD                 | 0.693                | 4.03                      | 0.13 ns       |

ns. não significativo (aceita-se a hipótese de esfericidade)

O déficit hídrico não afetou de forma significativa os pigmentos fotossintéticos nas três épocas de avaliação. Os valores médios variaram de 0,64 a 1,20 mg/g MF para a clorofila *a* de 0,27 a 0,91 mg/g MF para a clorofila *b*.

No entanto, aos 60 e 90 dias o teor de clorofila *a* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos hídricos avaliados. Aos 120 dias notou-se um aumento da clorofila *a* nas plantas com 60 e 40% CP. Para a clorofila *b* o teste de esfericidade de Mauchly não foi significativo, implicando que não houve diferenças entre os tratamentos. Apresentando valores médios de clorofila *b* de 0,27 mg.g MF a 0,42 mg.g MF aos 60 dias. Da mesma forma ocorrendo aos 90 e 120 dias de diferenciação hídrica (Tabela 14).

A relação da clorofila *a/b* foi significativa, isso implica na condição que a esfericidade foi violada a 0,1. Os valores médios variaram aos 60 dias 2,33mg.g MF a 2,67 mg.g MF, aos 90 dias 2,0 mg.g MF a 2,7 mg.g MF e ao 120 dias de 0,97 mg.g MF a 0,50 mg.g MF. No entanto, para o teste de hipótese de não-efeito tempo na Tabela 15 e 15 não apresentou níveis de significância, mas, para o efeito não tempo x tratamento o teste de hipótese Maior Raiz de Roy encontrou significância. Implica dizer que para o efeito tratamentos não houve significância, mas, para o efeito tempo x tratamento houve.

**Tabela 14** - Teores de clorofila *a*, *b*, *a/b*, carotenóides, clorofila total e índice de determinação do SPAD em plantas *J. curcas* cultivada em casa de vegetação no período de 120 dias submetidas à deficiência hídrica.

|                   |                          | Teor de Clorofila |             |               |        |          |          |
|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------|----------|
| Dias de Avaliação | Tratamentos Hídricos (%) | Cl <i>a</i>       | Cl <i>b</i> | Cl <i>a/b</i> | Carot. | Cl total | SPAD     |
| 60 DAD            | 100% CP                  | 0,73 a            | 0,27 a      | 2,67 a        | 0,32 a | 1,02 a   | 28,90ab  |
|                   | 80% CP                   | 0,65 a            | 0,27 a      | 2,49 a        | 0,29 a | 0,92 a   | 27,50 ab |
|                   | 60% CP                   | 0,72 a            | 0,28 a      | 2,58 a        | 0,32 a | 1,01 a   | 26,30 b  |
|                   | 40% CP                   | 0,91 a            | 0,42 a      | 2,33 a        | 0,39 a | 1,33 a   | 30,90 a  |
| 90 DAD            | 100% CP                  | 0,73 a            | 0,27 a      | 2,72 a        | 0,28 a | 1,02 a   | 27,20 b  |
|                   | 80% CP                   | 0,65 a            | 0,34 a      | 2,47 a        | 0,33 a | 1,15 a   | 26,70 b  |
|                   | 60% CP                   | 0,72 a            | 0,42 a      | 2,76 a        | 0,38 a | 1,45 a   | 34,50 a  |
|                   | 40% CP                   | 0,91 a            | 0,91 a      | 2,00 a        | 0,55 a | 2,49 a   | 29,50 ab |
| 120 DAD           | 100% CP                  | 0,51 b            | 0,74 a      | 1,86 a        | 0,32 a | 1,24 a   | 27,07 b  |
|                   | 80% CP                   | 0,54 b            | 0,61 a      | 0,97 a        | 0,29 a | 1,40 a   | 26,10 b  |
|                   | 60% CP                   | 1,20 a            | 0,30 a      | 4,00 a        | 0,32 a | 1,51 a   | 24,55 b  |
|                   | 40 % CP                  | 1,02 a            | 0,32 a      | 5,06 a        | 0,39 a | 1,34 a   | 32,75 a  |

Medias seguida de mesmas letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 15.** Teste de hipótese de não efeito tempo para os teores de clorofila *a/b* em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F    | Pr > F  |
|----------------------------|-------|------|---------|
| Lambda de Wilks            | 0.93  | 0.41 | 0.67 ns |
| Traço de Pillai's          | 0.06  | 0.41 | 0.67 ns |
| Traço de Hotelling- Lawley | 0.07  | 0.41 | 0.67ns  |
| Maior Raiz de Roy          | 0.07  | 0.41 | 0.67 ns |

**Tabela 16.** Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para os teores de clorofila *a/b* em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F    | Pr > F  |
|----------------------------|-------|------|---------|
| Lambda de Wilks            | 0.46  | 1.78 | 0.16 ns |
| Traço de Pillai's          | 0.56  | 1.58 | 0.19 ns |
| Traço de Hotelling- Lawley | 1.11  | 1.97 | 0.14 ns |
| Maior Raiz de Roy          | 1.05  | 4.22 | 0.02    |

ns. não significativo (aceita a hipótese de esfericidade).

Com base nos dados das médias repetidas observou que o fator tratamento e o fator tempo não apresentaram significância, mas, o fator tempo x tratamento foram significativo (Tabela 17).

**Tabela 17.** Análise das medidas repetidas para os teores de clorofila *a/b* em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO         |    |       |      |      |        |
|--------------------------|----|-------|------|------|--------|
| Fonte de variação        | GL | SQ    | QM   | F    | Pr > F |
| Tratamento               | 3  | 11.44 | 3.81 | 1.98 | 0.17   |
| Resíduo                  | 12 | 23.15 | 1.92 |      |        |
| FATOR TEMPO E TRATAMENTO |    |       |      |      |        |
| Fonte de variação        | GL | SQ    | QM   | F    | Pr > F |
| Tempo                    | 2  | 2.36  | 1.18 | 0.74 | 0.49   |
| Tempo x Tratamento       | 6  | 32.90 | 5.48 | 3.40 | 0.01   |
| Resíduo                  | 24 | 38.70 | 1.61 |      |        |

Os teores da clorofila total nas mudas de *J. curcas* não apresentaram diferenças significativas entre as épocas e tratamentos. Diferentemente da clorofila total os carotenóides aos 120 dias de diferenciação hídrica apresentaram significância. O tratamento controle deferiu 49,8% em relação ao tratamento com 60% CP. Os valores apresentado pelos carotenóides aos 120 dias foram 0,227; 0,268, 0,427 e 0,311 mg.g MF para os tratamentos com 100, 80, 60 e 40% CP respectivamente. Os carotenóides são encontrados em todos os organismos fotossintéticos e a luz que absorvem é transferida para as clorofilas *a* e *b* na fase luminosa da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Luiz (2009) avaliando os teores de clorofila em plantas de *J. curcas* aos 18 dias de diferenciação hídrica, observou uma redução de 19,7% do teor clorofila *a* nas plantas estressadas em relação ao controle. A clorofila *b* não apresentou diferenças significativas tanto no controle quanto no tratamento sob estresse, apresentando valores médios de 0,36 e 0,37g kg<sup>-1</sup>MF no controle e estresse respectivamente. A relação clorofila *a/b* foi altamente significativa para a espécie o pinhão manso submetido ao estresse hídrico, apresentando valores médios de 3,69 no controle e 2,99 para o estresse.

As análises dos teores de clorofilas em plantas de pinhão manso indica que essa espécie nessas condições de deficiência hídrica os pigmentos fotossintéticos não foram afetados.

Avaliando os teores de clorofila pelo índice SPAD aos 60 dias constatou-se que os tratamentos hídricos 100% CP (28,92) e 80% CP (27,50), não diferiram significativamente, mas, houve um aumento de 6,55% na unidade SPAD no tratamento com 60% CP em relação ao controle. Aos 90 dias os tratamentos com 60 e 40% CP apresentaram maiores valores (52 e 29,67) estimados pelo índice SPAD.

Aos 120 dias os tratamentos hídricos avaliados apresentaram valores de 27,07; 26,10; 24,55 e 32,75 para os tratamentos 100; 80; 60 e 40% CP respectivamente. O tratamento com 40% CP destacou-se por apresentar valores mais elevados de clorofila em relação ao controle. Muitos fatores podem estar relacionados ao aumento dos pigmentos fotossintetizantes durante a fase de estresse dentre eles a oxidação dos pigmentos.

## 5.2. Avaliação do crescimento em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos.

Os dados foram submetidos primeiramente ao teste de Esfericidade de Mauchly onde foi testada a simetria composta da amostra o que implica na condição de que a variável aleatória seja igualmente correlacionada e tenha variâncias iguais considerando as variáveis de crescimento ao longo do tempo. Esse teste foi realizado para todas as variáveis analisadas e os resultados encontram-se na tabela 17.

**Tabela 17.** Valores obtidos do teste de Esfericidade de Mauchly para variáveis, número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Variável          | Critérios de Mauchly | Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) | Pr > $\chi^2$ |
|-------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
| Nº de Folhas      | 5.216                | 465,25                    | <.0001        |
| Altura            | 4.738                | 759.78                    | <.0001        |
| Diâmetro do Caule | Det=0                | -                         | - ns          |

ns. Não significativo (se aceita a hipótese de esfericidade)

O teste de esfericidade de Mauchly indicou que a condição de esfericidade foi violada no nível de significância de 0, 0001 (Tabela 1), ou seja, a hipótese de que a distribuição dos dados seja normal com as variáveis independentes não correlacionadas e com variâncias constantes aos 120 dias de tratamentos não foi aceita, evidenciando que a análise estatística deverá ser uma multivariada com medidas repetidas.

### ***Número de folhas***

Durante o período experimental o número de folhas das plantas de pinhão manso cultivadas em solo de caatinga por um período de 120 dias, sob diferentes regimes hídricos, variou de 5,0 a 12,33. Também verificou-se que o déficit hídrico reduziu a emissão de novas folhas aos 35° dias de avaliação o tratamento com 40% CP (Figura 7). O número de folhas no tratamento com 40% CP em relação ao controle reduziu 38,7%. Aos 49 dias de tratamentos hídricos as plantas com 60% CP reduziram 31% em relação ao tratamento controle.

Santos (2008), avaliando a altura de *Jatropha curcas* L. em duas estações do ano (seca e chuvosa), observou-se que os períodos em que a espécie apresentou um crescimento lento, correspondiam ao das estações secas, nos dois anos de estudo.

**Tabela 18.** Teste de hipótese de não efeito tempo para o número de folhas em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Statística                 | Valor | F     | Pr > F |
|----------------------------|-------|-------|--------|
| Lambda de Wilks            | 0.01  | 20.17 | 0.0051 |
| Traço de Pillai's          | 0.98  | 20.17 | 0.0051 |
| Traço de Hotelling- Lawley | 85.71 | 20.17 | 0.0051 |
| Maior Raiz de Roy          | 85.71 | 20.17 | 0.0051 |

**Tabela 19.** Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o número de folhas em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F     | Pr > F  |
|----------------------------|-------|-------|---------|
| Lambda de Wilks            | 0.001 | 1.96  | 0.0949  |
| Traço de Pillai's          | 2.58  | 2.19  | 0.0350* |
| Traço de Hotelling- Lawley | 28.47 | 1.49  | 0.2861  |
| Maior Raiz de Roy          | 17.59 | 20.17 | 0.0051  |

Com base nas análises estatísticas, pode-se observar através dos testes de hipótese Lambda de Wilks, Traço de Pillai's, Traço de Hotelling- Lawley e Maior Raiz de Roy o não efeito tempo e o não efeito do tempo x tratamento evidenciando desta forma que houve rejeição da hipótese de nulidade para as interações analisadas (Tabela

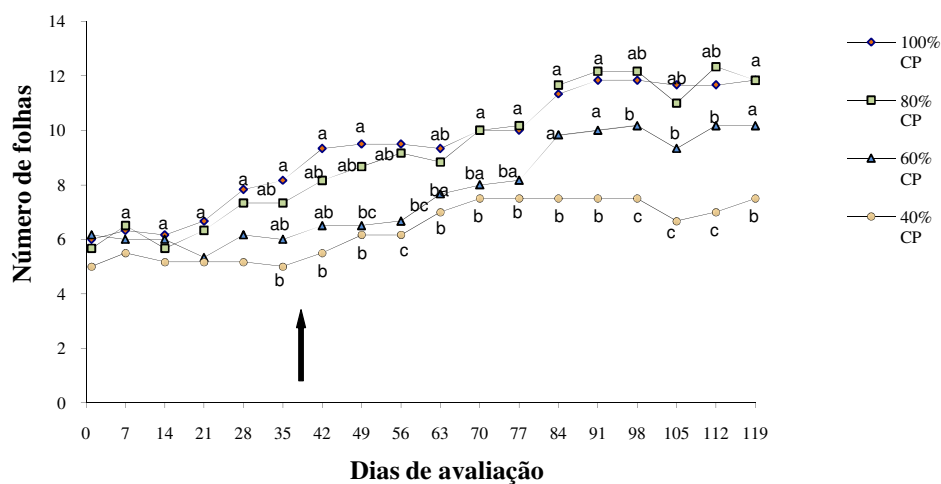
20). Diferentemente do teste de hipótese de igualdade para o efeito tratamento (regimes hídricos) que apresentou alto grau de significância.

**Tabela 20.** Análise multivariada das medidas repetidas para o número de folhas em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO  |    |           |           |       |        |
|-------------------|----|-----------|-----------|-------|--------|
| Fonte de variação | GL | SQ        | QM        | F     | Pr > F |
| Tratamento        | 3  | 643.61111 | 214.53703 | 13.07 | <.0001 |
| Resíduo           | 20 | 328.24074 | 16.412037 |       |        |

| FATOR TEMPO X TRATAMENTO |     |            |         |       |        |
|--------------------------|-----|------------|---------|-------|--------|
| Fonte de variação        | GL  | SQ         | QM      | F     | Pr > F |
| Tempo                    | 17  | 1280.46296 | 75.3213 | 70.21 | <.0001 |
| Tempo x Tratamento       | 51  | 170.22222  | 3.337   | 3.11  | <.0001 |
| Resíduo                  | 340 | 364.7592   | 1.072   |       |        |



**Figura 7.** Valores médios do número de folhas de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ). A seta indica a diferença entre os tratamentos estudados.

Pinto (2006) Trabalhando com mudas de gergelim (*Sesamum indicum* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) submetidas a dois ciclos de deficiência hídrica (controle e estresse) constatou reduções para o número de folhas nas cultivares de gergelim na ordem de 28,7 no tratamento controle e 21,0 para as estressadas. O mesmo ocorrendo para a mamona na qual apresentou valores de 11,2 nas plantas controle e 7,7 nas plantas

estressadas. Os resultados obtidos para as duas espécies citadas demonstraram que para a cultura de gergelim o uso eficiente de água foi reduzido em resposta à deficiência hídrica o mesmo não acontecendo com a mamona.

Os resultados obtidos para o não efeito tempo e não efeito tempo x tratamentos hídricos para o número de folhas encontra-se nas tabelas 18 e 19.

### ***Altura da Planta***

Para a variável altura, diferenças significativas foram encontradas entre os tratamentos hídricos estudados. Pode-se observar que o estresse hídrico afetou significativamente a altura das plantas de pinhão manso cultivadas em solo de caatinga com diferenças a partir dos 84 dias de diferenciação dos tratamentos hídricos. Os dados de altura das plantas foram submetidos ao teste de Mauchly (Figura 1) e o resultado obtido mostrou-se altamente significativo para a variável analisada, indicando que a condição de esfericidade foi violada ao nível de significância de 0, 0001. A *J. curcas* sob diferentes níveis de água no período experimental, a altura da planta variou de 11,25 cm a 19, 41 cm. Os resultados obtidos para o não efeito tempo e não efeito tempo x tratamentos hídricos para a variável altura da planta encontra-se nas (Tabelas 21e 22).

**Tabela 21.** Teste de hipótese de não efeito tempo para a altura da plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor  | F     | Pr > F  |
|----------------------------|--------|-------|---------|
| Lambda de Wilks            | 0.009  | 23.79 | 0.0037* |
| Traço de Pillai's          | 0.990  | 23.79 | 0.0037* |
| Traço de Hotelling- Lawley | 101.11 | 23.79 | 0.0037* |
| Maior Raiz de Roy          | 101.11 | 23.79 | 0.0037* |

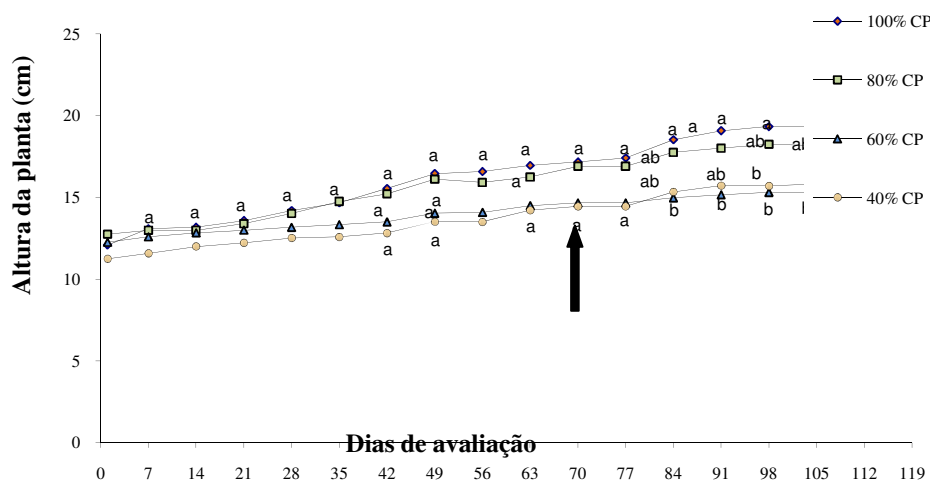
\*apresenta altamente significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 22.** Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para a altura da plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Estatística                | Valor | F     | Pr > F  |
|----------------------------|-------|-------|---------|
| Lambda de Wilks            | 0.002 | 1.57  | 0.1905  |
| Traço de Pillai's          | 2.24  | 1.05  | 0.4728  |
| Traço de Hotelling- Lawley | 49.54 | 2.59  | 0.0768  |
| Maior Raiz de Roy          | 45.70 | 16.13 | 0.0012* |

ns. não significativo (aceita a hipótese de esferecidade)

Semelhante aos resultados dos números de folhas pode-se observar para a variável altura através dos testes de hipótese Lambda de Wilks, Traço de Pillai's, Traço de Hotelling- Lawley e Maior Raiz de Roy o não efeito tempo rejeitando tal hipótese. Esse efeito tempo quando apresenta significância é porque indica que existe dependência sucessiva ao longo do tempo tabela 5.



**Figura 8.** Valores médios da altura de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ). A seta indica a diferença entre os tratamentos estudados.

As maiores injúrias ocorreram em plantas submetidas a 40% da CP. O crescimento em altura dessas plantas em relação ao tratamento controle apresentou uma redução de 19,19%. Aos 98 dias de diferenciação hídrica as plantas com 60% CP apresentaram uma redução 20,81% em relação ao tratamento controle.



Segundo Cairo (1995) 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.

Resultados semelhantes foram observados por Santos (2008), quando 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. Em adição, Souza et al. (2000), avaliando o crescimento inicial em plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.), submetida a períodos de estresse hídrico apresentaram uma redução na altura das plantas, quantificada aos 48 dias, 68 dias, 85 dias e 98 dias após a semeadura, com decréscimo de 33,73% aos 98 dias embora o rendimento da cultura não tenha sido afetado significativamente.

Santiago et al. (2001), avaliando o crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpiniofolia* por um período de 50 dias observaram reduções na altura das plantas em função da disponibilidade de água no solo. Plantas mantidas sob boas condições hídricas apresentaram altura média superior a 55,0 cm, e aquelas cultivadas sob estresse severo obtiveram altura média de 39,27 cm.

Cabral et al. (2004), trabalhando com plantas jovens de *Tabebuia aurea*, submetidas a três tratamentos hídricos (100%, 50% e 25% da CP) por um período de 120 dias, verificaram reduções significativas no crescimento da parte aérea em apenas 90 dias de tratamento, para plantas cultivadas com 50% da CP.

O mesmo ocorreu com a mamona, quando cultivada com suspensão da irrigação e baixa disponibilidade de água no solo. As reduções no crescimento da parte aérea, causada pelo déficit hídrico, vieram acompanhadas de redução na área foliar, espessura do caule e aumento da razão entre biomassa da raiz e parte aérea (SAUSEN, 2007). Silva e Nogueira (2003) avaliando o crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas em casa de vegetação observaram um decréscimo na área foliar e produção de biomassa quando as mesmas foram submetidas à deficiência hídrica no solo.

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

período submetidos ao tratamento com 75% CP apresentavam altura média de 28,76cm e 12, 60cm para o tratamento com 25% CP.

Entretanto, para a interação do não efeito tempo x tratamento não se encontrou evidências para a rejeição da hipótese de nulidade para as interações conforme a Tabela 6 apenas para um único teste, no caso da Maior Raiz de Roy, encontrou-se significância ao nível de 0,01 nas interações tempo x tratamento. Diferentemente do teste de hipótese de igualdade do tratamento (regimes hídricos) no qual apresentaram altamente significativos tabela 23. Igualdade do efeito tempo (épocas de avaliação) e interação entre tempo e tratamento (épocas de avaliação e regimes hídricos).

**Tabela 23.** Análise das medidas repetidas para a altura da plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO  |    |        |           |       |        |
|-------------------|----|--------|-----------|-------|--------|
| Fonte de variação | GL | SQ     | QM        | F     | Pr > F |
| Tratamento        | 3  | 643.61 | 214.53703 | 13.07 | <.0001 |
| Resíduo           | 20 | 328.24 | 16.412037 |       |        |

| FATOR TEMPO E TRATAMENTO |     |         |       |       |        |
|--------------------------|-----|---------|-------|-------|--------|
| Fonte de variação        | GL  | SQ      | QM    | F     | Pr > F |
| Tempo                    | 17  | 1280.46 | 75.32 | 70.21 | <.0001 |
| Tempo x Tratamento       | 51  | 170.22  | 3.33  | 3.11  | <.0001 |
| Resíduo                  | 340 | 364.75  | 1.07  |       |        |

### ***Diâmetro do Caule***

Avaliando o diâmetro do caule em plantas de *J. curcas* submetidas à deficiência hídrica num período de 120 dias de observação, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos hídricos, variando de 7,8mm a 22,7 mm. Só foram verificadas as diferenças a partir do 49º dia de submissão ao déficit hídrico Figura 9. As maiores injúrias ocorreram em plantas submetidas a 40% da CP.

**Tabela 24.** Teste de hipótese de não efeito tempo para o diâmetro do caule em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

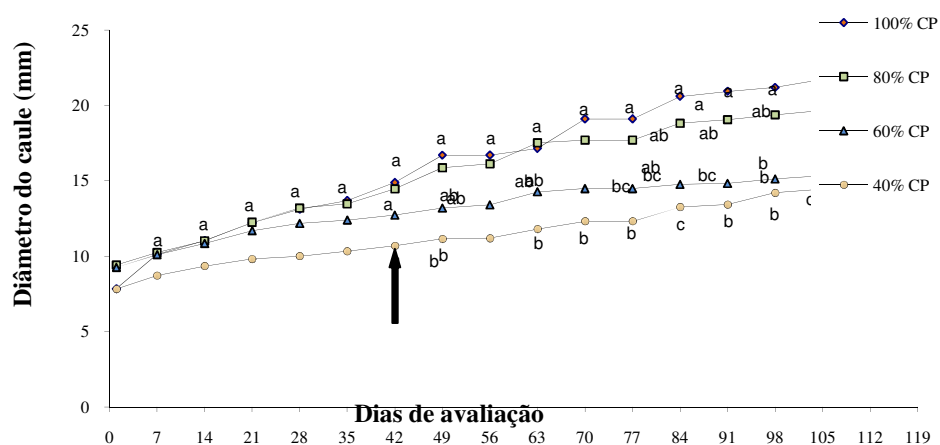
| Statística                 | Valor | F     | Pr > F  |
|----------------------------|-------|-------|---------|
| Lambda de Wilks            | 0.019 | 15.65 | 0.0033* |
| Traço de Pillai's          | 0.98  | 15.65 | 0.0033* |
| Traço de Hotelling- Lawley | 50.08 | 15.65 | 0.0033* |
| Maior Raiz de Roy          | 50.08 | 15.65 | 0.0033* |

**Tabela 25.** Teste de hipótese de não efeito tempo x tratamento para o diâmetro do caule em plantas de *J. curcas* cultivada em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| Statística                 | Valor | F    | Pr > F    |
|----------------------------|-------|------|-----------|
| Lambda de Wilks            | 0.003 | 1.94 | 0.0767 ns |
| Traço de Pillai's          | 2.40  | 1.05 | 0.0792 ns |
| Traço de Hotelling- Lawley | 27.37 | 2.61 | 0.1186 ns |
| Maior Raiz de Roy          | 21.65 | 9.48 | 0.0029 *  |

ns. não significativo (aceita a hipótese de esfericidade).

O diâmetro do caule no tratamento com 40% CP apresentou uma redução de 33,2% em relação ao tratamento controle. Aos 84 dias de tratamentos hídricos as plantas com 60% CP apresentaram uma redução de 28,3%. Os tratamentos com 80% CP não diferiram estatisticamente das plantas controle ao longo do período experimental.



**Figura 9.** Valores médios do diâmetro do caule de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesma letra não

diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ). A seta indica a diferença entre os tratamentos estudados.

Resultados semelhantes podem ser descrito por Pinto, (2006) quando avaliou o diâmetro do caule em duas cultivares de mamona, Mirante e Nordestina submetidos a dois ciclos de deficiência hídrica, observou que não houve diferença significativa no diâmetro do caule entre as variedades, ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos hídricos, controle 0,99 cm e estresse 0,62cm.

Zhang et al. (2006) avaliando espécies de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) quando submetidos à deficiência hídrica, constaram mudanças no diâmetro do caule. Essas alterações estão relacionadas ao estado da planta e da água disponível concomitantemente como a transpiração que diminui a perda de água do caule, principalmente a partir tecidos do floema.

De acordo com as análises repetidas para o não efeito tempo e o não efeito tempo x tratamentos na tabela 26 pode-se constatar, que através dos testes de hipótese Lambda de Wilks, Traço de Pillai's, Traço de Hotelling- Lawley e Maior Raiz de Roy não houve evidências de rejeição de hipótese de nulidade para a interação.

**Tabela 26.** Análise das medidas repetidas para o diâmetro do caule em plantas de *J. curcas*, cultivadas em casa de vegetação sob diferentes regimes hídricos.

| FATOR TRATAMENTO         |     |         |        |        |          |
|--------------------------|-----|---------|--------|--------|----------|
| Fonte de variação        | GL  | SQ      | QM     | F      | Pr > F   |
| Tratamento               | 3   | 1705.33 | 568.44 | 4.90   | <.0,0104 |
| Resíduo                  | 20  | 2322.08 | 116.10 |        |          |
| FATOR TEMPO E TRATAMENTO |     |         |        |        |          |
| Fonte de variação        | GL  | SQ      | QM     | F      | Pr > F   |
| Tempo                    | 17  | 228.27  | 228.13 | 141.12 | <.0001   |
| Tempo x Tratamento       | 51  | 494.53  | 9.69   | 6.00   | <.0001   |
| Resíduo                  | 340 | 549.63  | 1.61   |        |          |

Resultados semelhantes foram verificados por Barbosa (1991), quando estudou o crescimento em plantas jovens de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosaeae - Mimosoideae), cultivadas em casa de vegetação durante 150 dias, com e sem suprimento hídrico. A autora observou uma redução significativa no crescimento

do caule das plantas cultivadas sem o suprimento hídrico, a partir dos 90 dias de submissão hídrica ao respectivo tratamento.

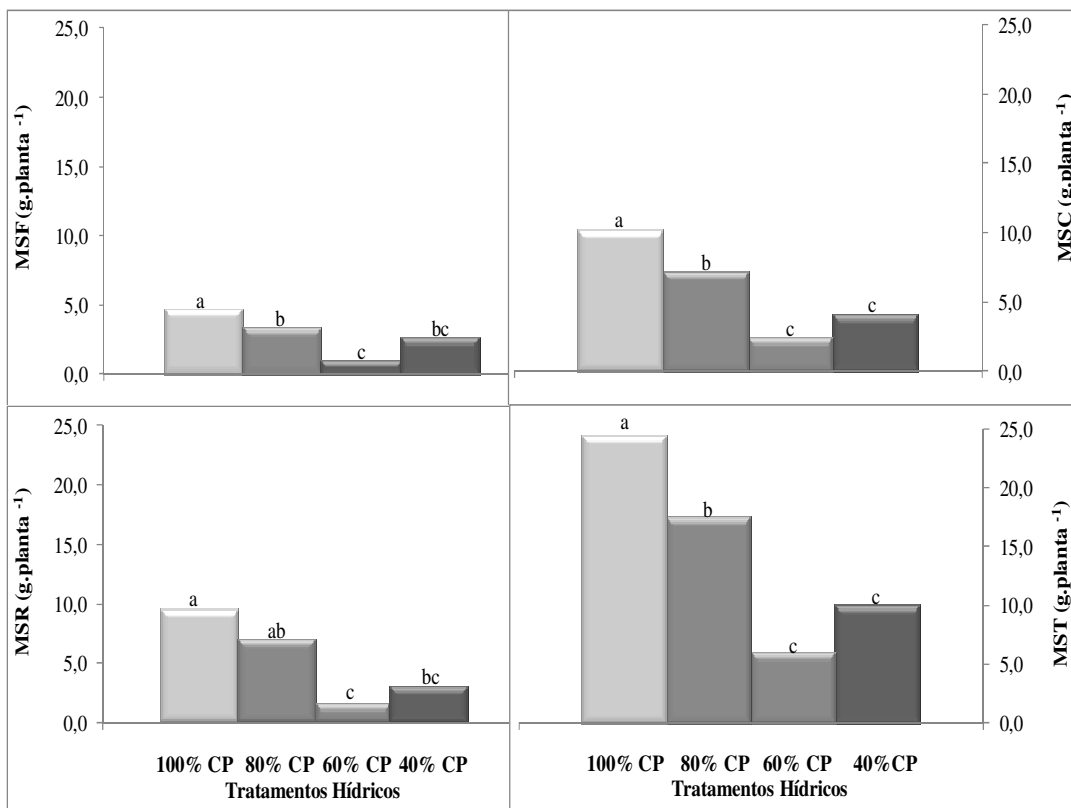
Entretanto para as análises de medidas repetidas encontrou-se significância ao nível de 0,01 no fator tempo e 0,0001 no fator tempo x tratamento, tais resultados mostram um alto grau de significância demonstrando que existe uma dependência entre os tratamentos estudados ao longo do tempo.

Durante o período experimental todas as variáveis estudadas foram afetadas pela deficiência hídrica, as maiores injúrias ocorreram nos tratamentos submetidos a 60 e 40% CP.

Verificou-se que o número de folhas do pinhão manso reduziu a partir do 35º dias de diferenciação hídrica no tratamento submetido a 40% CP. Aos 49º dias o diâmetro do caule nas plantas com 40% CP também apresentaram reduções significativas e aos 84º dias a altura da planta diferenciou em relação ao tratamento controle. Esse comportamento sugere que os números de folhas, e possivelmente a superfície foliar total da *J. curcas* é uma das variáveis mais sensíveis ao estresse hídrico, o que corrobora a tese de que a diminuição da área foliar funciona como mecanismo de tolerância ao estresse hídrico.

#### ***Avaliação da matéria seca e alocação de biomassa***

No final do período experimental foi avaliada a biomassa seca do pinhão manso, na qual constatou diferenças significativas entre as variáveis estudadas, Ocorrendo reduções na ordem de 28; 62 e 42,0% MSF nos tratamento com 80; 60 e 40 % CP respectivamente em relação às plantas controle. Foram verificadas também reduções na MSC de 29,23; 76,0 e 73 6% nos tratamentos com 80%, 60% e 40 % CP em relação ao controle respectivamente. A deficiência hídrica reduziu o acúmulo de MSR no tratamento com 60% e 40% CP em relação à planta controle. Vale salientar que o somatório de todas as variáveis estudadas, representadas na matéria seca total (MST) apresentou diferenças significativas nos tratamentos 80%, 60% e 40% CP em relação as plantas com 100% CP observado na (Figura 10).

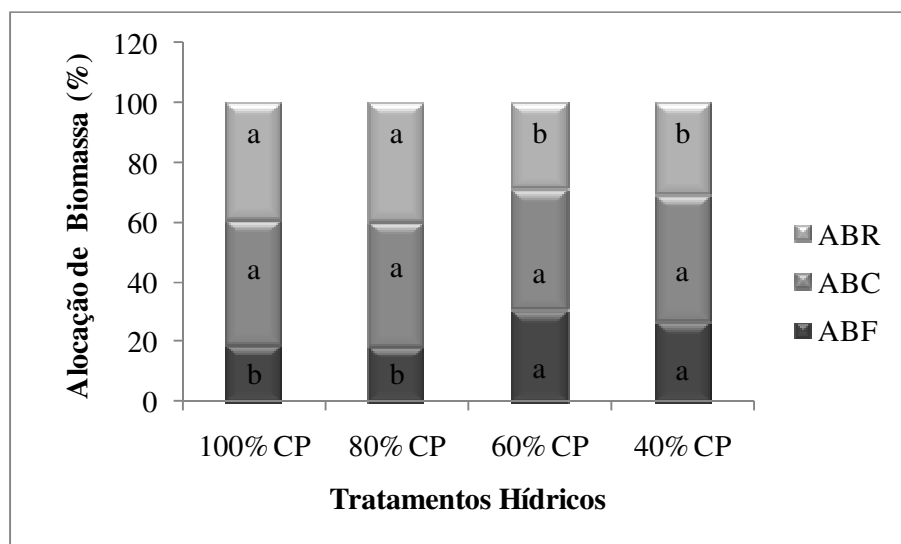


**Figura 10.** Matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC) da raiz (MSR), matéria seca total (MST) em plantas de *J. curcas* cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Valores semelhantes foram observados para *Schinus terebinthifolius*, popularmente chamada de aroeira vermelha quando submetida a diferentes regimes hídricos, apresentando valores na MSF das plantas submetidas a 75% CP (9,72 g.planta<sup>-1</sup>) representando um acréscimo de 60% em relação ao tratamento 100% CP (5,73 g.planta<sup>-1</sup>) (SILVA et al., 2008).

Pesquisas feitas com amendoim e gergelim apresentaram uma redução na matéria seca da raiz, parte aérea e matéria seca total em plantas de amendoim na ordem de 38,2 % e gergelim de 20,8% quando submetidos a dois ciclos de deficiência hídrica (PINTO, 2006).

Não houve diferenças significativas para as variáveis de ABC nos tratamentos estudados, mas, ABF e ABR apresentaram diferenças nos tratamentos 60 % e 40 % CP em relação às plantas controle (Figura 11).



**Figura 11.** Alocação de biomassa da folha, caule e raiz em plantas de *J. curcas* cultivadas em casa de vegetação com diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Quanto à relação raiz:parte aérea os resultados mostraram uma redução de 35% nos tratamentos 60 e 40% CP em relação às plantas controle (Tabela 27). O estresse hídrico aplicado aos tratamentos diminuiu a área foliar total na ordem de 53% no tratamento com 60 % CP e 55% nas plantas com 40 % CP quando comparadas com o tratamento controle. Segundo Pimentel (2004) algumas culturas podem se beneficiar com o déficit hídrico moderado, favorecendo o seu crescimento e produção de biomassa.

**Tabela 27.** Valores médios da relação raiz/parte aérea (R/Pa) de mudas de *J. curcas* sob diferentes regimes hídricos.

| Tratamentos Hídricos | R/Pa   | AF (cm <sup>2</sup> ) |
|----------------------|--------|-----------------------|
| 100% CP              | 0,63 a | 6131,13 a             |
| 80% CP               | 0,68 a | 6207,70 a             |
| 60% CP               | 0,41 b | 4001,84 b             |
| 40% CP               | 0,41 b | 2740,84 c             |

Médias seguidas de mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Essa redução na área foliar pode favorecer a *Jatropha curcas* sobreviver em ambientes sob condições de estresse por apresentarem características desejáveis para a adaptação à desidratação sob baixo conteúdo de água.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos, percebe-se que o pinhão manso não necessita de muita água para seu estabelecimento, porém um estresse mais severo retarda o seu desenvolvimento. Diante das variáveis estudadas a prolina não foi uma boa indicadora de estresse hídrico nestas condições para *Jatropha curcas*.

As plantas submetidas ao estresse mais severo embora não paralisando seu crescimento, apresentaram uma redução na altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule e matéria seca, podendo ser usados como parâmetros para avaliar a tolerância da planta quando submetida à deficiência hídrica.

Dessa forma, os dados sugerem que a *Jatropha curcas* pode ser cultivada com 40% CP, pois as mesmas desenvolveram mecanismos para tolerar ambientes sob restrições hídricas.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCPI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: L. R. AngeloCPi, 2002. 272p.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 59, p.206-216, 2007.

ARAÚJO, E.L. Estresses abióticos como força, modeladora das dinâmicas de populações vegetais da caatinga. In: Nogueira et al. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, 2005. 500p

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

AUGUSTUS, G. D. P. S.; JAYABALAN, M.; SEILER, G. J. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. **Biomass & Bioenergy**, Oxford, v. 23, p. 161-164, 2002.

BARBOSA, D. C. A. **Estudos ecofisiológicos em *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. Aspectos da germinação e crescimento**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1980.

BARBOSA, D. C. A. **Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. (Leguminosae-mimosoideae)**. **Phyton**, Buenos Aires, v 52, n. 1, p. 51-62, 1991.

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. em casa de vegetação. **Phyton**, Buenos Aires, v. 57, n. 2, p. 179-191, 1995.

BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTOS, J. W. Estresse hídrico (deficiência e excesso) e seus efeitos no crescimento inicial da mamoneira, cultivar BRS 188 Paraguaçu. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 7, n. 2/3, p. 735-741, 2003.

BENINCASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy** San Diego v.28, p,161-217, 1976.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A.O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985, 364p. (Documentos, 16).

CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex. S. Moore. **Acta Botanica Brasílica**, Brasília, v. 17, n. 4, p. 609-617, 2004.

CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Jaboticabal: FUNEP. 1998, 42p.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bul1413>>. Acesso em: 23. abr. 2008.

CARVALHO, C. J. R. **Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [S. parahyba var. amazonicum] E *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.907-914, 2005.

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D. ; SOUZA, M. A.; LUIZ , C. A.; PAULO, R. C. **Crescimento, teor de partenólídeo e de prolina em plantas de *tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip crescidas em substrato com diferentes teores de umidade.** Acta. Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 27, no. 1, p. 151-157, 2005

CAVALCANTE, J.R., CONFORTO, E.C. Fotossíntese e relações hídricas de duas cultivares jovens de seringueira. Revista Brasileira de Botânica. São Paulo v.29, n. 4, p. 701-708, 2006.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1-16, 1991.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas:** Lisboa: Clássica, 1956.

DRUMOND, L. H. P; KIILL, P. C. F.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; CAVALCANTI, J. **Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga.** Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável, **Petrolina, 2000.** Disponível em: [http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/relatorios/uso\\_sustentavel.pdf](http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/relatorios/uso_sustentavel.pdf) >. Acesso em: 23. Abril. 2008.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, v.28 p. 350-356, 1956.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

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

JALES FILHO, T. C.; SERAPHIN, E. S., Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) em resposta ao estresse hídrico. Revista Brasileira de Botânica. São Paulo v.24, n.2, p. 199-204, 2001.

GUBITZ, G. M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M., Explortation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresoure Tecnology**, USA [BERA], v. 67, p. 73-82, 1999.

HARE, P. D.; CRESS, W. A. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. Plant Growth Regulation, Dordrecht, v. 21, p. 79-102, 1997.

HEERDEN, P. D. R.; VILLIERS, O. T. Evaluation of proline accumulation as an indicator of drought tolerance in spring wheat cultivars. South African Journal of Plant and Soil, Pretoria, v. 13, p. 17-21, 1996.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L.** - promonting the conservations and use of underutilized and neglected crops. InSTITUTE OF Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetc Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy, v. 1, 1996. 66 p.

HSIAO, T. C. Plant responses to wate stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570. 1973

KERBAUY, G.B. Fisiologia Vegetal. Guanabara koogan AS. Rio de Janeiro, 2004, 457.

KILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae – Papilionoidae) na região de Petrolina, Pernambuco. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 597-601, 2001.

KRAMER, P. J, BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils.** San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.

JÚNIOR, P. A. V.; NETO, D. D.; OLIVEIRA, R. F.; PERES, L. E. P.; MARTIN, T. N.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÈRE, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico Acta Sci. Agron. Maringá, v. 29, n. 4, p. 555-561, 2007

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal** - revista técnica. São Carlos – SP: Rima, 2006. 532 p.

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

LECHINOSK, A., FREITAS, J. M. N., CASTRO, D. DA S., LOBATO, A. K. da S., NETO, C. F. de O., CUNHA. R. L. M. **Influência do Estresse Hídrico nos Teores de Proteínas e Aminoácidos Solúveis Totais em Folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.)** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 927-929, 2007.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress. II: Water radiation, Salt and other stress**. New York: Academic Press, 1980, 606 p.

LUIZ, 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 2009.

MAES, W.H; ACHTEN, W.M.J; REUBENS, B; RAES, D. SAMSON, R; MUYS B. Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Journal of Arid Environments**, v. 73 p. 877–884, 2009.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral, Editora UFV. Viçosa, MG, 2005. 451p.

MARQUES, D.A.; FERRARI, R.A. O Papel das novas biotecnologias no melhoramento genético do pinhão manso. *Biológico*, São Paulo, v.70, n.2, p.65-67, 2008

MCPREE, K. J.; FERNANDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 353-360, 1989.

MEIRA, C.R.O., BARBOSA, J.P.R.A.D., SOARES, A.M., MACEDO, R.L.G., Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e Seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivos na Região de Larvas, MG. Revista *Árvore*, Viçosa, n. 002. p. 197-206. 2006.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido**, Fortaleza: SEMAGE, 1997. 108p.

MIRAGAYA, J.C.G. Biodiesel tendências no mundo e no Brasil **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229,p.7-13, 2005.

MORGAN, J.M.. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* Palo Alto, v.35:289-319, 1984

NAPOLEÃO E. M. B. **Considerações gerais sobre o pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica para esta planta nas condições brasileiras**. Campina Grande, Paraíba, 2006. 2 p.

NAUIYAL, P. C., RAVINDORA, V., ZALA, P. V., JOSHI, Y. C. Enhancement of yield in groundnut following the imposition of transient soil-moisture-deficit stress during the vegetative phase. **Experimental Agriculture**, v.35, p.371-385, 1999.

NILSEN, E.T.; ORCUTT, D.M. **Physiology of plants under stress: abiotic factors**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p.689.

NEPOMUCENO AL, OOSTERHUIS DM, STEWART JM (1998) Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by polyethyleneglycol. *Envir. Exper. Botany*, 40:29-41.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas de caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (Orgs.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. 1 ed. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2005, v. 1, p. 22-31.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A. P. V. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas à deficiência de água. **Revista Phytton**, Buenos Aires, v. 62, n. 1/2, p. 37-46, 1998.

OPENSHAW, K. **A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise**. Alternative Energy Development Inc., Silver Spring, MD, USA, Biomass and Bioenergy, v. 19, p. 1-15, 2000.

PEIXOTO, A. R. **Plantas Oleaginosas Arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284p.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. **Seropédica**, Rio de Janeiro educ. 2004. 19p.

PINTO, C. de M. Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em agronomia/fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

PORTO, M. C. , Mecanismos fisiológicos de resistência de plantas à seca. In: Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional. p. 149-159, 1986.

QUEIROZ, C.G.S., GRACIA, Q.S., LEMOS FILHO, J.P. Atividade fotossintética e peroxidação em plantas de aroeira do sertão sob estresse hídrico e após reidratação. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 14 (1), 59-63. 2002.

RAO, G. R.; KORWAR, G. R.; SHANKER, A. K.; RAMAKRISHNA, Y. S. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. **Trees-Structure and Function**, New York v. 22, p. 697-709, 2008.

RIBEIRO, L.G. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois cultivares de algodão submetidos a déficit hídrico.** 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

SANTIAGO, A. M. P. **Aspectos do crescimento do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em função da disponibilidade de água no solo.** 2000. 64f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

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

SANTOS, C. M. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas.** 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2008.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Relações Água, solo, planta-atmosfera – enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Bodocongó, v. 3, n. 1, p.1-6, 1999.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R.; Déficit Hídrico e os processos Morfológicos e Fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Bodocongó, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. P.; 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.

SAUSEM, T. L., Respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução na disponibilidade de água no solo. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.



SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, n.3668, p.339-346, 1965

SILVA, E. C. **Ecofisiologia de quatro espécies lenhosas ocorrentes no Nordeste submetidas a estresse hídrico**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, 50 (288): 203-217, 2003.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial de água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 171-324, 2005.

SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v, 4, n.3, p. 338-342. 2000.

SOUZA, J. G.; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica **Rev. oleaginosa. fibros.**, Campina Grande, v.4, n.3, p.163-168, 2000.

SOUZA, E. B.; Indicadores fisiológicos para seleção de plantas de algodão herbáceo tolerantes à seca. 2008. 93f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da Partitioning of carbohydrates in annual and perennial cotton ( *Gossypium hirsutum* L.) *Journal Experimental Botany*, v.38, n.132, p.1211-1218, 1987.

SUBBARAO, G.V. et al. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water stress. **Journal of Plant Physiology**, v.157, n.6, p.651-659, 2000.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Pacto Nordeste: ações estratégicas para um salto do desenvolvimento regional**. Recife, 1996. 77 p.

SZEGLETES, Z. et al. Accumulation of osmoprotectants in wheat cultivars of different drought tolerance. **Cereal Research Communications**, v.28, n.4, p.403-410, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TROVÃO, D. M. B. M.; Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, 2004.

TURNER, N.C.; BEGG, J.E.; TONNET, M.L. Osmotic adjustment of sorghum and sunflower crops in response to water deficits and its influence on the water potential at which stomata close. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.5, p.597-608, 1978.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BOODEY, R. M. **Produção de biocombustível: a questão do balanço energético**. Brasília: Revista Política Agrícola. Ano XIV – n. 1, 2005.

VIEIRA, F.T.P DE A.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. ; CRUZ, M.A.O M.; FERRAZ. I.; Uma abordagem multivariada em experimento silvipastoril com *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit No Agreste de Pernambuco. *Ciência Florestal*, Santa Maria v. 17, n. 3 e 4 2007.

WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field measurements of water deficits in leaves. Oxford, **New Phytologist**, v.49, pp.81-97. 1950.

WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. Time trends of solute accumulation and the influence of potassium fertilizer on osmotic adjustment of water-stressed leaves of three tropical grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne v.10, p.523-537, 1983.

ZHANG Ji-yang, DUAN Ai-wang, MENG Zhao-jiang and LIU Zu-guj. Suitability of Stem Diameter Variations as an indicator of Water Stress of Cotton. *Agricultural Sciences in China*, v. 5 p. 356-362. 2006.

YEMM, E.W.; COCKING, E.F. The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst*, v. 80, p. 209- 213, 1955.

***ANEXO***

## ANEXO



A revista CERNE tem como objetivo publicar e fazer circular junto às comunidades científicas florestal e ambientais, nacionais e internacionais, os resultados de pesquisa de alto nível e desta forma contribuir na promoção do desenvolvimento florestal brasileiro.

### **OBJETIVOS**

**Cerne** é uma publicação do Centro de Estudos em Recursos Naturais Renováveis, vinculado ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, e tem por objetivo publicar artigos originais que contribuam para o desenvolvimento científico das Ciências Florestais e áreas afins, em português, inglês e espanhol.

A submissão do artigo implica que os autores aceitam as normas da revista, ficando implícito que o mesmo não tenha sido e não seja submetido para publicação em outro periódico. Fica também implícito que, no desenvolvimento do trabalho, os aspectos éticos e o respeito à legislação vigente do “copyright” também foram observados.

Os artigos publicados na Cerne são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os autores conservam os direitos autorais para futuras publicações; à revista, no entanto,

é permitida a reprodução dos seus artigos.

## **ANÁLISE DOS ARTIGOS**

Todos os trabalhos serão avaliados, preliminarmente, pela Comissão Editorial. Nesta pré-análise, o manuscrito pode não ser aceito para publicação e devolvido aos autores ou ser, preliminarmente, aceito e submetido a análise de, pelo menos, dois revisores (*referees*) especialistas no tema. Com base nos pareceres dos revisores, a comissão editorial decide, em última instância, sobre a conveniência ou não da publicação.

## **SUBMISSÃO**

**Originais:** arquivo digital enviado por e-mail ou gravado em CD/DVD e enviado pelo correio

**Processador de texto:** Word for Windows

**Espaçamento do texto:** duplo, margens laterais, inferiores e superiores de três centímetros

**Papel:** formato A4

**Fonte:** Times New Roman, tamanho 12

**Número de páginas:** até 16 páginas, numeradas consecutivamente, incluindo as ilustrações

**Tabelas:** devem fazer parte do corpo do artigo e ser apresentadas no módulo tabela do Word. O título deve ficar acima e, se o trabalho for redigido em português ou espanhol, deve vir também redigido em inglês, se o trabalho for redigido em inglês, o título deve

vir também redigido em português.

**Gráficos, Figuras e Fotografias:** devem ser apresentados em preto e branco ou em cores, nítidos e com contraste, inseridos no texto após a citação dos mesmos e também em um arquivo à parte, salvos em extensão “tif” ou “jpg”, com resolução de 300 dpi. Os gráficos devem vir também em excel, em arquivo à parte. Se o trabalho for redigido em português ou espanhol, os títulos das figuras e tabelas devem vir também em inglês, se o trabalho for redigido em inglês, os títulos devem vir também em português.

**Símbolos e Fórmulas Químicas:** deverão ser feitos em processador que possibilite a formatação para o programa **Page Maker**, sem perda de suas formas originais.

## **ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO**

O artigo deve ser apresentado na seguinte seqüência:

**Título:** no idioma português com, no máximo, 15 palavras em letras maiúsculas e em negrito

**Autores:** nomes completos, com chamada para nota de rodapé da primeira página, com as seguintes informações: formação, titulação e instituição a que o autor está filiado, seguido do endereço, CEP, cidade, estado e endereço de e-mail.

**Resumo:** deve condensar, em um único parágrafo, o conteúdo, expondo objetivos, materiais e métodos, os principais resultados e conclusões em não mais do que 250 palavras.

**Palavras-chave:** no mínimo de três e máximo de cinco. Não devem repetir os termos que se acham no título, podem ser constituídas de expressões curtas e não só de palavras

e devem ser separadas por vírgula.

**Título:** no idioma inglês com, no máximo, 15 palavras em letras maiúsculas e em negrito.

**Abstract:** além de seguir as recomendações do resumo, não ultrapassando 250 palavras, deve ser uma tradução próxima do resumo.

**Key words:** representam a tradução das palavras-chave para a língua inglesa.

**1. Introdução:** Deve apresentar uma visão concisa do estado atual do conhecimento sobre o assunto, que o manuscrito aborda e enfatizar a relevância do estudo, sem constituir-se em extensa revisão e, na parte final, os objetivos da pesquisa. Esta seção não pode ser dividida em subtítulos.

**2. Material e Métodos:** Esta seção pode ser dividida em subtítulos, indicados em negrito.

**3. Resultados e Discussão:** Podem ser divididas em subseções, com subtítulos concisos e descritivos.

**4. Conclusões** (opcional)

**5. Agradecimentos** (se for o caso)

**6. Referências Bibliográficas:** Devem seguir as normas para citação no texto e na seção própria.

Os itens Resumo, Palavras-Chave, Abstract e Key-Words deverão estar localizados no início da margem esquerda do texto e os demais itens centralizados. Os subitens deverão



ser precedidos de dois algarismos arábicos, iniciados por letras maiúsculas e posicionados na margem esquerda do texto.

## **CITAÇÕES NO TEXTO**

As citações de autores no texto são conforme os seguintes exemplos:

a) Pereira (1995) ou (PEREIRA, 1995)

b) Oliveira & Souza (2003) ou (OLIVEIRA & SOUZA, 2003)

c) Havendo mais de dois autores, é citado apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al. (não itálico): Rezende et al. (2002) ou (REZENDE et al., 2002)

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

As referências são normalizadas segundo a ABNT (NBR 6023). Devem ser apresentadas da seguinte maneira:

### **a) Livro**

REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001. 389p.

### **b) Capítulo de livro**

FLEURY, J. A. Análise ao nível de empresa dos impactos da automação sobre a organização da produção de trabalho. In: SOARES, R. M. S. M. **Gestão da empresa**. Brasília: IPEA/IPLAN, 1980. p. 149-159.

**c) Artigos de periódicos**

MATOS, A. P. de. Epidemiologia da fusariose do abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 130, p. 46- 49, out. 1985.

**d) Eventos (considerados em parte)**

SILVA, J. N. M. Possibilidades de produção sustentada de madeira em floresta densa de terra firme da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 39-45.

**e) Dissertação e Tese**

QUEIROZ FILHO, E. S. F. de. **Análise da indústria de beneficiamento primário de madeira do Estado do Pará**. 1983. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

**Cerne**

Departamento de Ciências Florestais

Universidade Federal de Lavras Caixa Postal 3037

37.200-000 Lavras, MG, Brasil

Fone: +55 35 3829-1706 Fax: +55 35 3829-1436

e-mail: cerne@dcf.ufla.br <http://www.dcf.ufla.br/cerne>

