

HUGO HENRIQUE COSTA DO NASCIMENTO

**CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE MUDAS DE JATOBÁ
(*Hymenaea courbaril* L.) SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro - 2009

HUGO HENRIQUE COSTA DO NASCIMENTO

CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE MUDAS DE JATOBÁ
(*Hymenaea courbaril* L.) SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural de Pernambuco, para obtenção
do título de Mestre em Ciências Florestais,
Área de Concentração: Silvicultura.

Orientadora: Profa. Dra. REJANE JUREMA MANSUR CUSTÓDIO NOGUEIRA

Co-orientadores: Prof. Dr. ANTÔNIO FERNANDO MORAIS DE OLIVEIRA
Dra. ELIZAMAR CIRÍACO DA SILVA

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro - 20097

HUGO HENRIQUE COSTA DO NASCIMENTO

CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE MUDAS DE JATOBÁ
(*Hymenaea courbaril* L.) SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO

APROVADA em 13/02/2009.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marco Antônio Amaral Passos
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais/UFRPE

Prof^a. Dr^a. Suzene Izídeo da Silva
Departamento de Biologia/UFRPE

PhD. Manoel Bandeira de Albuquerque
Embrapa/FINEP

Orientador:

Profa. Dra. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(Orientadora)

Desde criança sempre tentei ver, materializar, “coisificar” Deus
 Confesso que consigo senti-Lo, mas nunca tive a oportunidade de vê-Lo
 Quando cheguei aqui senti que algo de especial aconteceria em minha vida
 Mas não sabia onde, como, o quê e o porquê
 As coisas foram acontecendo e pouco a pouco fui conseguindo decodificar algumas
 linhas que Deus me permitiu descobrir em sua infinita misericórdia e sabedoria
 Surpreso com o presente que a Ele havia me dado passei a trilhar um caminho em busca
 de “coisas”, sinceramente não sabia nem por onde começar a procurar ou o quê procurar,
 mas de alguma forma eu sabia que essas “coisas” algum dia fariam a diferença
 Pois bem, esse é o dia e para o meu espanto
 Descobri que Deus não me mostrou nada de novo
 Apenas me ensinou a ver a vida por outro ângulo
 De cima para baixo, pois somos estrangeiros e um dia retornaremos a nossa casa “o céu”
 E com esse novo olhar tentei buscar tudo aquilo o que ansiava em minha estadia
 Foi aí que Deus em seu amor me revelou o que meus olhos nunca foram capazes de ver:
 A grandiosidade do milagre da vida, expressa no germinar de mais uma semente
 O esplendor da fotossíntese que se repete todos os dias, como um sinal de quão Deus é
 poderoso, gerando vida através de reações metabólicas no mais simples dos seres e ainda
 que dediquemos toda a nossa vida para decifrá-la sempre haverá algo novo, pois os
 milagres não se explicam e sempre haverá novas descobertas a fazer
 Descobri através dos vários cursos diários da transpiração nas mudas de jatobá e tantas
 outras espécies, que o suor dignifica o homem e que as lágrimas são o suor da alma e o
 mesmo nos confere resistência (difusiva) às intempéries da vida. Desde já agradeço a
 oportunidade de ter amigos-anjos que nunca permitiram que minha alma suasse sozinha,
 como ocorreram inúmeras vezes no LFV, no PPGCF e no MUR
 Descobri, com as flores que surgem do sonho de perpetuação da espécie e provém do
 desprendimento total dos seus progenitores, como e o porquê meus pais suportaram
 todas as abnegações, os “nãos” da vida para no máximo de seus esforços darem uma
 educação digna a mim e a meus irmãos, contrariando tudo e todos
 Descobri que as adaptações fisiomorfológicas dos vegetais em resposta aos estresses
 abióticos conferem as mesmas, tolerância, rusticidade, endurecimento que serão
 importantíssimos no longo processo de crescimento, e que comigo não seria diferente
 Descobri, na pesagem diária dos vasos para a reposição de água transpirada pelas mudas
 de jatobá, que a conversão é algo diário e que precisa ser renovada a todo o momento
 Descobri na luz do sol, na temperatura e umidade relativa do ar, na água, na terra etc,
 que Deus sorri para nós todos os dias, mesmo em dias nublados e que por mais escuras
 que as coisas possam parecer sempre haverá um mínimo vestígio de luz e as trevas
 nunca serão capazes de apagá-las
 Aprendi com meus amigos do LFV inúmeras lições que ficarão em mim, mas não posso
 deixar de comentar uma em especial: a dedicação e seriedade com que se trata um
 “amigo”. Quantas noites perdidas, quantas refeições mal feitas, porém divertidas,
 quantos finais de semanas doados em prol do outro estagiário, pesquisador, aluno de
 graduação ou pós-graduação, até mesmo pessoas de outros laboratórios
 Enfim descobri Deus em meu trabalho, confesso que é uma dádiva poder trabalhar com
 algo que você ama sendo cuidadosamente observado pelo próprio Amor!
 Te amo meu Deus e muito obrigado por essa fantástica oportunidade!

Porque dEle e por Ele, para Ele são todas as coisas
 A Ele a Glória pra sempre, Amém!

Em linhas mal escritas, H₂CN

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que nos deu a vida como dom, fez-nos livres e dotados de capacidade para entender, pensar, descobrir e criar. Não há, pois, melhor definição para seu ato que amor, nem melhor nome para chamá-lo que Pai.

À Profa. Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira, minha mãe científica, pelas orientações, paciência, incentivo, “bailes científicos” e profissionalismo com que sempre me tratou. Por tudo tenho uma profunda estima, admiração e respeito.

Aos meus irmãos José Juliano e Bruno Fernando, por serem acima de tudo meus amigos e apesar da distância sempre se fazem presente em minha vida.

À Jaqueline Mirelle, por sempre ser presença de Deus em minha vida com sua amizade, carinho e dedicação e me ensinar à força do equilíbrio e do amor, sendo fonte de estímulo para perseguir aquilo que Deus escolheu para mim. Compartilhando todos os momentos e entusiasmando-me para vencer todos os obstáculos.

A toda a minha família em especial a minha tia Josélia. Pelo apoio, preocupação e incentivo que sempre demonstraram durante toda a minha vida acadêmica.

À Elizamar, minha segunda mãe científica, pelos inúmeros ensinamentos, conselhos e orientações. Saiba que Deus se utilizou diversas vezes de você para acalmar meu coração nesses dois anos longe de casa.

A todos que compõem a família LFV, Elizamar, Marcelle, Alice, Eric, Marcio, Bandeira, Adenilda, Erika, Danubia, Cynthia, Hugo B., Marcelo, Natália, Ana, Marquinhos, Rodrigo, Rose, David, Laís, Clarissa, Rafaela, Walberto, Nilson, Helton e Diego pela ajuda na condução do experimento e pelos momentos agradáveis de convivência. Sem vocês eu não teria conseguido.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela realização do curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestas, que me acolheu durante o mestrado, me dando todo o suporte necessário para a realização do meu sonho. Foi uma honra e um prazer fazer parte desse curso.

A todos os mestres e funcionários, que direta ou indiretamente me ajudaram durante o curso.

A todos os avaliadores, pelas brilhantes contribuições, em especial a Profa. Dra. Suzene Izidio pelo profissionalismo, amizade e por acreditar em mim.

Ao CNPq, pela bolsa concedida durante o período do curso.

E de maneira especial, aos meus pais Fernando e Maria Goretti, por me ensinarem que a dignidade é uma dádiva que nenhum homem consegue destruir do coração dos que confiam no Senhor. Saibam que a conclusão desse curso é apenas mais uma pequena prova de que vocês estavam certos, mesmo quando todos os recriminavam. Tudo o que aprendi, exercitei, sofri foi por vocês! Quero expressar o meu agradecimento dizendo-lhes que os amo e que NADA FOI EM VÃO!

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Considerações sobre a espécie	18
2.2 A importância da água e os efeitos de sua falta nos vegetais.....	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
4. ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE JATOBÁ (<i>Hymenaea</i> <i>courbaril</i> L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO.....	32
RESUMO	33
ABSTRACT	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÕES.....	41
AGRADECIMENTOS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	46
5. RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E SOLUTOS ORGÂNICOS EM MUDAS DE JATOBÁ SOB DÉFICIT HÍDRICO.....	49
RESUMO	50
ABSTRACT	51

INTRODUÇÃO	52
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CONCLUSÕES.....	72
AGRADECIMENTOS.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
6. CONCLUSÕES GERAIS	78
7. APÊNDICES.....	79
APÊNDICE I	80
APÊNDICE II – Revista Árvore – Journal of Brazilian Forest Science.....	82
APÊNDICE III – Revista Cerne	86

LISTA DE FIGURAS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO

Figura 01 – Altura, número de folhas e diâmetro do caule de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). As setas indicam diferença significativa entre os tratamentos estudados e os asteriscos 47

Figura 02 – Valores médios da matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e total (MST) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$)..... 48

Figura 03 – Alocação de biomassa para as folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$)..... 48

RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E SOLUTOS ORGÂNICOS EM MUDAS DE JATOBÁ SOB DÉFICIT HÍDRICO

Figura 01. Monitoramento do peso dos vasos, em cada tratamento, durante o período experimental. As setas indicam às coletas de material vegetal realizadas durante o estudo. 56

Figura 02. Quantidade média de água (mL) adicionada em cada tratamento hídrico durante o período experimental. As setas indicam às coletas de material vegetal realizadas durante o estudo 56

Figura 03. Comportamento diário das variáveis climáticas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e o déficit de pressão de vapor (DPV), no interior da casa de vegetação, durante o período experimental 58

- Figura 04.** Valores médios do potencial hídrico foliar (MPa) em plantas jovens de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra, minúsculas relativas às avaliações antemanhã e maiúsculas ao meio dia, não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$) 61
- Figura 05.** Teor relativo de água (TRA) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$) 63
- Figura 06.** Correlação linear simples dos valores médios do potencial hídrico foliar e do teor relativo de água (TRA) de plantas jovens de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo 64
- Figura 07.** Curso diário da transpiração em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) após 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 DAD (Dias após diferenciação) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra maiúscula para os tratamentos hídricos e minúscula para os horários de avaliação, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0.05$) 68
- Figura 08.** Curso diário da Resistência difusiva (Rs) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) após 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 DAD (Dias após diferenciação) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra maiúscula para os tratamentos hídricos e minúscula para as horas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0.05$) 69

LISTA DE TABELAS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO

Tabela 01. Análise da fertilidade do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos, em casa de vegetação	46
Tabela 02. Análise física do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos, em casa de vegetação	46
Tabela 03: Valores médios da relação raiz/parte aérea (R/Pa) de mudas de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.) sob diferentes níveis de água no solo.....	46
Tabela 04: Média da área foliar, razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) em mudas de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.) sob diferentes níveis de água no solo	46

RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E SOLUTOS ORGÂNICOS EM MUDAS DE JATOBÁ SOB DÉFICIT HÍDRICO

Tabela 01. Fertilidade do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação	55
Tabela 02. Atributos físicos do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação	55
Tabela 03. Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em folhas de mudas de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.) cultivadas sob diferentes níveis de água no solo.....	72
Tabela 04. Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em raízes de mudas de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.) cultivadas sob diferentes níveis de água no solo.....	72

NASCIMENTO, HUGO HENRIQUE COSTA DO, Caracterização ecofisiológica de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico. 2009. Orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira. Antônio Fernando Morais de Oliveira e Elizamar Ciríaco da Silva.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar o crescimento, relações hídricas, trocas gasosas e a quantificação dos solutos orgânicos de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob déficit hídrico. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, entre agosto de 2007 a janeiro de 2008, com período experimental de 105 dias. As mudas foram cultivadas em vasos contendo 8 kg de solo oriundo do local de coleta das sementes. Foram utilizados blocos casualizados como delineamento experimental, com quatro tratamentos hídricos (100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de pote) e seis repetições. Semanalmente foram avaliados a altura das plantas, o número de folhas e o diâmetro do caule. Ao final do período experimental, foram determinadas a área foliar, a razão de área foliar e a área foliar específica, a produção de matéria seca das folhas, caule, raízes e total e a alocação de biomassa para as folhas, caule e raízes. O potencial hídrico foliar foi avaliado em três épocas (35, 70 e 105 dias após a diferenciação dos tratamentos) em dois horários de avaliação (antemanhã e meio-dia). O teor relativo de água foi avaliado apenas ao término do experimento, utilizando-se as folhas utilizadas nas análises do potencial hídrico de meio-dia. Diariamente foram tomadas medidas da temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação para o cálculo do déficit de pressão de vapor d'água. Também foram avaliadas, quinzenalmente, a transpiração e a resistência difusiva. Ao final do experimento foram quantificadas as concentrações de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre. O déficit hídrico afetou o crescimento das plantas quanto à altura, diâmetro do caule e produção de matéria seca para os diversos órgãos quando cultivadas em níveis a partir de 50% da CP. O número de folhas reduziu em todos os níveis de estresse, quando comparados com o tratamento 100% da CP. O padrão de alocação de biomassa, a relação raiz/parte aérea, a razão de área foliar e a área foliar específica, no entanto, não foram afetados pelo estresse. O estresse hídrico aplicado atuou nas relações hídricas das plantas, restringindo significativamente o potencial hídrico e o teor relativo de água das folhas, e os mesmos, se apresentaram altamente correlacionados. Com o aumento do estresse hídrico observaram-se reduções significativas na transpiração e conseqüente aumento na

resistência difusiva. Foram observados aumentos significativos nos teores de solutos orgânicos, de acordo com a severidade dos tratamentos, sendo a prolina o soluto orgânico que apresentou maior sensibilidade à deficiência hídrica. O número de folhas foi à variável mais sensível ao estresse. Mudanças de jatobá não paralisam o seu crescimento quando cultivadas com baixa disponibilidade de água no solo na fase inicial do desenvolvimento. No entanto, seu crescimento é severamente afetado em níveis de água abaixo de 50% da capacidade de retenção de água no solo. De forma geral, as mudas de jatobá cultivadas a 50% da CP, não evidenciam redução no potencial hídrico após 35 dias de exposição ao estresse, sugerindo que a espécie é capaz de tolerar estresses moderados, durante o referido período. Por fim, as variáveis estudadas foram boas indicadoras fisiológicas, pois facilmente refletiram diferenças entre os tratamentos estudados e sugerem que mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) toleram níveis moderados de seca.

Palavras-chave: crescimento, *Hymenaea courbaril*, relações hídricas, solutos orgânicos, trocas gasosas

NASCIMENTO, HUGO HENRIQUE COSTA DO, Ecophysiological characterization of jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) seedlings under water deficit. 2009. Adviser: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira. Comittee: Antônio Fernando Morais de Oliveira e Elizamar Ciríaco da Silva.

ABSTRACT

The objective of the present work was to analyze the growth, water relations, gas exchange and quantification of organic solutes of jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) seedlings under water deficit. The experiment was conducted in a greenhouse conditions at the Laboratory of Plant Physiology of the Universidade Federal Rural de Pernambuco, between August 2007 and January 2008, with trial period of 105 days. The plants were cultivated in vases with 8 kg of soil from where the seeds were collected. Randomized blocks were used as experimental design, with four water treatments (100%, 75%, 50% and 25% of the field capacity) and six replicates. Plant height, number of leaves and stem diameter were evaluated weekly. At the end of the experimental period, leaf area, leaf area ratio, specific leaf area, leaves, stem, root and total dry matter production and the biomass allocation to the several organs were determined. The leaf water potential was evaluated in three times (35, 70 and 105 days after differentiation) in two hours of evaluation (antemanhã and midday). The relative water content was measured only at the end of the experiment, using the leaves used in the analysis of midday leaf water potential. Temperature and relative humidity measures were taken daily inside the greenhouse for the calculation of the water deficit pressure. Transpiration and diffusive resistance were evaluated fortnightly. At the end of the experiment were measured the concentrations of soluble carbohydrates, soluble proteins and free proline. The water deficit affected the plant growth reducing plant height, stem diameter and dry matter production of all organs when cultivated in water levels with less than 50% of the field capacity. The number of leaves decreased in all stress levels when compared to 100% of field capacity. However, the pattern of biomass allocation, root:shoot ratio, leaf area ratio and specific leaf area were not affected by the stress. The applied water stress influenced the water relations of plants, restricting significantly the leaf water potential and relative water content, which are highly correlated. We observed significant increases in levels of organic solutes, according to the severity of the treatments, and proline, the organic solute that showed greater sensitivity to water deficit. The number of leaves was the variable more sensible to stress. Jatobá seedlings do not paralyze their growth when cultivated in soil with low water availability in their

initial development stage. However its growth is severely affected by water levels less than 50% of water retention capacity in the soil. Overall, 35 days of exposure to 50% of the field capacity, do not affect the water potential of seedlings of jatobá, suggesting that the species is able to tolerate moderate stress, during the period. Finally the variables were good physiological indicators because easily indicated differences between the treatments.

Key words: growth, *Hymenaea courbaril* L., water relations, organics solutes, gas exchange

1. INTRODUÇÃO

As espécies arbóreas brasileiras apresentam diferentes estratégias adaptativas que potencializam suas utilizações em diversas áreas da ciência. Nas Ciências Florestais, as mesmas possuem importante papel no equilíbrio ecológico dos habitats e grupos ecológicos à que pertencem, nas comunidades florestais, sendo muitas dessas indicadas a fazer parte de programas de recuperação de áreas degradadas ou sujeitas à degradação. Dentre essas espécies, o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) tem sido alvo de muitos estudos, devido a sua ampla distribuição geográfica e vasta adaptação a ambientes com diferentes características edafoclimáticas (CARVALHO, 1994; PAIVA & VITAL, 2003).

O jatobá pertence à Família Leguminosae (subfamília Caesalpinioideae), é uma árvore semidecídua oportunista (heliófita ou esciófita), seletiva xerófita, originalmente encontrada na Amazônia e Mata Atlântica, ocorrendo naturalmente desde o Piauí até o Norte do Paraná na floresta latifoliada semidecídua (RIZZINI, 1997; LORENZI, 1998, 2002; CARVALHO, 2003).

Apresenta grande potencialidade na recuperação de sub-bosques, em muitos casos desempenhando sua função ecológica no fechamento do dossel, pelo porte alto de seus indivíduos adultos (TONINI & ARCO-VERDE, 2005). Chudnoff (1984), Santos (2002) e Godoy (2007) afirmam que seu crescimento é lento e duradouro podendo crescer por dezenas de anos, comportamento típico das espécies climáticas. Tal característica propicia um acúmulo contínuo de biomassa, razão pela qual, fez do jatobá alvo de diversos estudos relacionados ao sequestro de carbono (BEERLING et al., 2001, AIDAR et al., 2002).

É importante salientar ainda que sua lentidão no crescimento favorece à fixação de elementos crivados em seu fuste, tornando sua madeira apta para construções em geral, variando desde instrumentos musicais a linhas de sustentação domiciliar (RIZZINI, 1997; LORENZI, & MATOS, 2002; CARVALHO, 2003; COSTA, 2004).

Lee & Langenheim (1975) afirmaram que o jatobá é pouco exigente em fertilidade e umidade de solo, sendo encontrado em terrenos bem drenados, fato corroborado por Lorenzi (1998) que ressaltou ainda que esta espécie apresenta uma melhor adaptação à formações florestais secas do que às formações úmidas, sendo notada sua ocorrência em áreas de caatinga nordestina (FARIAS & CASTRO, 2004,

OLIVEIRA et al., 2007) e nas chapadas sedimentares do sertão de Pernambuco (RODAL, 1998).

Sabe-se que a região semi-árida do nordeste brasileiro tem por características climáticas altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e baixos volumes pluviométricos, com precipitação média de chuvas variando entre 300 mm a 800 mm. Essas condições climáticas dificultam assim, a oferta de água para as plantas, tornando grande parte dessas áreas sujeitas à seca (ARAÚJO FILHO, 2002; SILVA & NOGUEIRA, 2003; NOGUEIRA et al., 2005).

Ainda sobre o tema Boyer (1982) afirma que a baixa disponibilidade de água no solo aliada a ocorrência de chuvas mal distribuídas são cruciais para a existência de áreas propícias a estresse hídrico, o mesmo por sua vez é capaz de influenciar de maneira significativa o crescimento, produtividade e sobrevivência das plantas. Em regiões onde ocorre secas prolongadas ou mesmo sujeitas a veranicos, isso pode constituir-se um obstáculo decisivo ao estabelecimento de mudas no campo.

De maneira geral, o estresse é um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz modificações e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem tornar-se permanentes (LARCHER, 2006). Essas mudanças dependem da severidade e da duração do estresse, da espécie em questão, do estágio de desenvolvimento, da natureza do estresse, além dos fatores edafo-climáticos (KRAMER & BOYER, 1995).

Em se tratando de estresse hídrico, Boyer (1982) assegura que o mesmo afeta a produtividade das culturas, bem como, a distribuição das espécies nos ecossistemas naturais (OSMOND et al., 1987). A maioria das modificações que ocorrem nas plantas visa manter o crescimento e a reprodução das mesmas em ambientes com limitações na disponibilidade de água (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Existem alguns trabalhos sobre o comportamento fisiológico do jatobá, sendo que a grande maioria aborda comportamento em diferentes intensidades luminosas (SILVESTRINI, 2000; CAMPOS & UCHIDA, 2002; CARVALHO FILHO et al., 2003; ALMEIDA et al., 2005), em atmosferas enriquecidas com CO₂ (AIDAR et al., 2002; COSTA 2004; GODOY, 2007) e quanto ao crescimento e relações hídricas de plântulas em função da disponibilidade de água no solo (CAIRO 1992; LELES et al., 1998). Entretanto, trabalhos objetivando o estudo mais detalhado dos mecanismos fisiológicos de adaptação à seca, com ênfase no comportamento estomático, relações

hídricas e solutos orgânicos dessa espécie, ainda são raros na literatura, merecendo o desenvolvimento de pesquisas a esse respeito.

De maneira geral, as plantas lenhosas empregam grande quantidade de assimilados na construção dos tecidos de sustentação e condutores. No primeiro ano de vida, dependendo da espécie, a fitomassa pode representar a metade do total de matéria seca da planta, quando a mesma for adulta (LARCHER, 2006). Dessa forma torna-se extremamente relevante o estudo ecofisiológico dessas espécies em sua fase inicial de crescimento, principalmente por auxiliar no estabelecimento de parâmetros fisiológicos indicativos de tolerância a estresses abióticos. Parâmetros esses que, se bem empregados e manejados, podem melhorar a produção e estabelecimento de novas mudas, além de facilitar na seleção de material genético mais resistente as condições edafoclimáticas desejadas (NOGUEIRA & SILVA, 2002).

Por essa razão, torna-se relevante o estudo do comportamento fisiológico do jatobá em resposta ao déficit hídrico, para que sejam estabelecidos métodos mais adequados de manejo voltado às condições edafoclimáticas da Região Nordeste. Uma vez que as espécies climáticas passam grande parte da vida crescendo, fazem-se necessários mais estudos sobre o crescimento inicial, o comportamento estomático e as relações hídricas, os quais auxiliarão na compreensão de formações florestais em regiões sujeitas à baixa disponibilidade hídrica.

Diante do exposto o objetivo desse trabalho foi caracterizar mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) quanto aos aspectos fisiológicos e bioquímicos quando submetidas a déficit hídrico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações sobre a espécie

As leguminosas da subfamília Caesalpinioideae integram um dos grupos mais importantes em produção de resinas e ocupam lugar de destaque nos ecossistemas equatoriais da África e América do Sul (LEE & LANGENHEIM, 1975). O gênero *Hymenaea*, a que pertence o jatobá ou jataí, é considerado particularmente interessante devido aos aspectos evolutivos registrados em âmbar produzidos pelas suas árvores, sendo que são conhecidas amostras fósseis desses âmbar datadas a partir do período Terciário (5,1 milhões de anos atrás).

Esse gênero tem provável origem nas florestas equatoriais africanas, mas sofreu radiação adaptativa para praticamente todos os ecossistemas tropicais na América do Sul e Central (COSTA, 2004; GODOY, 2007). Suas primeiras descrições datam de 1623, por Bauhin, que descreveu uma de suas plantas como *Ceratia diphyllus*. Piso, em 1642 e Marcgraf, em 1648 (apud LEE & LANGENHEIM, 1975), a descreveram com o nome de Jetaíba. Em 1703 Plumier a descreveu com o nome de Courbaril, mas em 1737 Linnaeus rejeitou esses nomes e escolheu *Hymenaea*, uma homenagem a Himeneu, o deus grego do casamento, em referência às folhas bifolioladas cujos movimentos nictitrópicos fazem com que os folíolos se unam à noite. Em 1753 Linnaeus descreveu um Jatobá (*Hymenaea courbaril*) oriundo do Brasil como espécie tipo do gênero (LEE & LANGENHEIM, 1975; COSTA, 2004).

O jatobá (*Hymenaea courbaril*) é uma árvore semidecídua oportunista (heliófita ou esciófita), seletiva xerófita. No Brasil é amplamente distribuída, apresentando boa adaptação a diferentes ambientes, por ocorrer naturalmente desde o Piauí até o Norte do Paraná, na floresta latifoliada semidecídua, percorrendo cerrados, caatingas, matas de galeria, florestas equatoriais e tropicais. Sendo o tipo de ecossistema um fator preponderante na densidade de indivíduos da espécie (RIZZINI, 1997; LORENZI, 1998, 2002; CARVALHO, 2003; COSTA, 2004).

Quando adultas suas árvores podem atingir até 20 m de altura (30 m na região Amazônica), dotadas de copa ampla e densa, com troncos retos, mais ou menos cilíndricos podendo chegar a 2 m de diâmetro, com casca cinza prateada. Possuem folhas alternas, compostas, bifolioladas de textura coriácea, medindo de 6 a 14 cm de

comprimento com estípulas e pecíolos livres do lado interno. Suas flores são brancas e vistosas; períginas com 4 sépalas, 5 pétalas, 10 estames e um pistilo, reunidas em pequenas inflorescências terminais (LORENZI, 1998, 2002). A floração geralmente ocorre durante a estação seca ou na transição para a estação chuvosa. Os frutos são vagens curtas, lenhosas, indeiscentes em formato cilíndrico (ovóides a oblongos); de cor verde quando imaturos e marrom-escuros após amadurecimento, os mesmos chegam ao seu tamanho máximo 2 meses após a fertilização, mas permanecem na árvore por cerca de 6 a 8 meses, para a maturação das sementes, que variam de 3 a 8 por fruto. Sua dispersão é zoocórica, ocorrendo em função da atividade de roedores e outros mamíferos que, em busca de uma polpa farinácea adocicada, com sabor e odor peculiares, existente no interior do fruto (ALMEIDA et al., 2005), quebram as vagens e ingerem as sementes, as quais passam pelo trato digestivo e são escarificadas pelos ácidos ali presentes (MOREIRA et al., 2007). A germinação é epígea, sendo o primeiro par de folhas, denominadas eófilas, unifoliolado e oposto, diferente das folhas subsequentes, também é característica dessa espécie a presença de um colar entre a base do hipocótilo e a raiz, junto ao solo (MELO et al., 2004).

Na sucessão florestal, o jatobá é considerado uma espécie climácica (CARVALHO, 1994, SANTOS, 2002; COSTA, 2004; GODOY, 2007), típica de dossel de floresta madura e primária (RODRIGUES et al., 1995; SANTOS, 2002; CARVALHO FILHO, et al., 2003; COSTA 2004).

A polpa farinácea que envolve as sementes do jatobá é comestível, rica em nutrientes, sendo consumida por populações rurais das regiões de origem. Além disso, há liberação de uma goma resinosa, usada para o preparo de incenso e verniz (CARVALHO, 1994, 2003).

Estudos detectaram a presença de terpenos e fenóis na resina exsudada pelo tronco e em extratos das folhas e casca. Tais substâncias apresentam várias atividades biológicas, como proteção contra infecções e ataques de insetos (TINÉ et al., 2000; SANTOS, 2002).

Rizzini (1997) afirma que o emprego desta planta na medicina é muito antigo. O primeiro registro data de 1930, quando o médico J. Monteiro da Silva a descrevia como carminativa, sedativa e adstringente, recomendando sua casca para hematúria, diarreia, dispepsia, fadiga, problemas de bexiga e hemoptise. Já sua resina, era indicada para todos os tipos de problemas do trato respiratório e cardio-pulmonares. Um extrato líquido da casca é comercializado até hoje, sendo indicado como tônico e fortificante.

2.2 A importância da água e os efeitos de sua falta nos vegetais

Para qualquer ser vivo a água é o fator mais importante que qualquer outro fator ambiental, sendo crucial para a existência, sobrevivência e perpetuação de todas as formas de vida (CAIRO, 1995; PIMENTEL, 2004). Larcher (2006) acrescenta ainda que ela é o principal constituinte dos vegetais, representando 50% da produção de massa fresca nas plantas lenhosas e cerca de 80 a 95% nas plantas herbáceas, sendo indispensável para o pleno funcionamento do transporte de solutos e gases, como reagente no metabolismo vegetal, na turgescência de células e tecidos, sendo, portanto, responsável pela forma e estrutura dos órgãos e essencial para o crescimento (FIGUEIRÔA et al., 2004, NOGUEIRA et al., 2005).

O principal fator que causa o estresse de falta de água nas plantas é a seca, que pode ser quase permanente em áreas desérticas, sazonal em áreas com estações definidas de chuva ou imprevisíveis como em climas muito úmidos (KRAMER 1980, ARAÚJO FILHO, 2002). De acordo com Larcher (2006) e Taiz & Zeiger (2004), quanto menor a quantidade de água o solo, mais negativo deve ser o potencial hídrico desenvolvido pelas raízes para assim gerar um gradiente e favorecer a absorção de água pela planta. Essa escassez de água, tanto pode enfraquecer as funções vitais como estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de déficit hídrico (SILVA et al., 2002).

Sobre tal tema Turner (1986) afirma que os vegetais em sua grande maioria apresentam adaptações quando sob restrições hídricas, sendo que o grau de adaptabilidade é diferente para cada espécie. Essas adaptações são importantes para a sobrevivência das espécies em comunidades naturais, pois conferem vantagens que permitem habitar em áreas onde há escassez hídrica.

Os mecanismos de resistência à seca das plantas são classificados em três categorias (TURNER, 1979 citado por TURNER, 1986):

- 1) **escape** - a habilidade de uma planta completar seu ciclo de vida antes ou depois de um déficit severo de água no solo e na planta, ou seja, o seu ciclo ocorre nos períodos hídricos favoráveis do ano;
- 2) **tolerância à seca com alto potencial de água nos tecidos** - manutenção da absorção de água ou redução da perda de água. As plantas evitam à seca através do fechamento dos estômatos, do aprofundamento das raízes para extração de água de camadas mais profundas do solo, da diminuição do tamanho das células,

do espessamento das paredes celulares, do aumento da cerosidade da cutícula etc., no intuito de manter suas funções fisiológicas em ordem.

3) **tolerância à seca com baixo potencial de água nos tecidos** - manutenção do turgor ou tolerância a dessecação. Acontece quando as funções das plantas são mantidas em equilíbrio durante um déficit hídrico elevado, com baixos potenciais de água na planta.

Muitos ecofisiologistas e fisiologistas estão desenvolvendo pesquisas com espécies lenhosas, especialmente pelas diferentes respostas que as mesmas apresentam ante os empecilhos ocasionados pelo estresse hídrico (NOGUEIRA et al., 1998a; MANSUR & BARBOSA, 2000).

Sobre tal comportamento, Hopkins (1995) e Silva et al. (2002) afirmam que a adaptabilidade ao estresse hídrico interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento de espécies lenhosas e que a mesma é influenciada pela duração e magnitude do estresse, além da variabilidade genética.

Para Benincasa (1988), a análise de crescimento é uma ferramenta indispensável para o melhor conhecimento das plantas e suas reações intrínsecas com os fatores ambientais.

O primeiro efeito da falta de água é o decréscimo no alongamento celular em função da redução na turgescência da célula (HSIAO, 1973; BOYER, 1982; LARCHER, 2006), resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar (LUDLOW & MUCHOW, 1990), com conseqüente decréscimo na produção e alocação de fitomassa, como observado por Silva & Nogueira (2003) no crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação, cuja área foliar e produção de biomassa foram reduzidas pela deficiência hídrica no solo.

O déficit hídrico reduz a fotossíntese, translocação de assimilados e influencia fortemente o particionamento destes entre as partes da planta. Alguns estudos evidenciam um maior favorecimento no particionamento de fotoassimilados para as raízes em detrimento da parte aérea quando as plantas são submetidas ao déficit hídrico (NILSEN & ORCUTT, 1996).

As reduções diferenciais nas percentagens de acúmulo de matéria seca das raízes, caules e folhas, dependem do estágio de desenvolvimento e da sensibilidade relativa dos diversos órgãos, podendo, em alguns casos, haver direcionamento de uma maior taxa na distribuição de fotoassimilados para as raízes do que para a parte aérea.

Uma explicação para isto é sugerida por Hsiao (1973), que afirma que as raízes podem ser superiores à parte aérea na capacidade de crescer em situações adversas, particularmente em situações de estresse hídrico, onde as mesmas tendem a crescer para as áreas mais profundas do solo em busca de água. Para Slayter (1967), isso acarreta numa maior capacidade das plantas manterem os seus potenciais hídricos foliares elevados, mesmo sob deficiência hídrica.

Outra limitação na produção de fitomassa pode ser atribuída à redução fotossintética, devido à restrição na disponibilidade de CO₂ ocasionada pelo fechamento estomático (KAISER, 1987; CHAVES, 1991, NOGUEIRA et al., 1998b), embora o estresse hídrico também afete os componentes não estomáticos da fotossíntese (LARCHER, 2006).

Perez & Fanti (1999), estudando o crescimento e resistência à seca de leucena, observaram reduções significativas no crescimento de todos os órgãos das plantas cultivadas na presença de estresse hídrico, merecendo destaque as reduções biomassa das folhas, total e área foliar a partir do 30º dia ocasionado em função da abscisão foliar.

Martins et al. (2008), trabalhando com mudas de eucalipto, analisaram que o crescimento e o desenvolvimento de mudas de eucalipto foram afetados pela deficiência hídrica, sendo o crescimento em altura e o diâmetro do caule as variáveis mais afetadas pela ação do estresse hídrico.

Já para o sistema radicular, vários relatos científicos comprovam que muitas espécies vegetais apresentam uma tendência de aumentar significativamente o crescimento radicular (partição e alocação de biomassa) quando sob situações de deficiência hídrica. Fato corroborado por Figueirôa et al. (2004), onde os autores encontraram a maior alocação de biomassa para as raízes quando comparada com os valores obtidos para os demais órgãos em plantas de *Myracrodruon urundeuva*.

Nas relações hídricas, o estresse hídrico age diretamente na redução do potencial hídrico das folhas (Ψ_f) e, de acordo com Mansur e Barbosa (2000), o mesmo é diretamente influenciado pela disponibilidade de água no solo, ocorrendo o declínio do mesmo quando o potencial hídrico do solo diminui. Porém, a relação depende da espécie, do estado vegetativo, de alterações induzidas pelo ambiente ou mesmo da intensidade do estresse imposto (BOYER, 1971).

Ainda sobre o Ψ_f , Scholander et al. (1965) afirmam que a avaliação do mesmo torna-se interessante porque é uma medida fácil de ser obtida através de uma câmara de pressão. Corroborando com tal afirmativa Silva et al. (2003), estudando o

comportamento fisiológico em plantas lenhosas jovens sob déficit hídrico, afirmam que o Ψ_f foi o indicador fisiológico que melhor expressou o comportamento de *Mimosa caesalpinifolia*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia áurea*, quando submetidas á deficiência hídrica no solo.

Outra forma de se avaliar a influencia do estresse hídrico sobre as relações hídricas nos vegetais é a determinação do Teor Relativo de Água (TRA), que consiste na medida da deficiência de água nas folhas em função do peso e a flutuação da quantidade de água nos tecidos foliares. Podendo ser utilizada como parâmetro fisiológico de indicação de status hídrico e nível de estresse hídrico enfrentado pelo vegetal (RODRIGUES, 1973). Pois expressa o déficit existente no momento da amostragem, sendo facilmente quantificado e extremamente confiável.

Segundo Cairo (1992) o declive das curvas características de água das folhas (Ψ_f x TRA) evidencia maior ou menor resistência à seca nas plantas. Fato corroborado por Denadai (1989 apud JONES, 1981) que afirmou que a menor inclinação da curva, quando dispostos o Ψ_f e o TRA, serve para indicar a maior tolerância à seca porque a uma dada diferença em Ψ_f resulta em menor mudança TRA das folhas. Esta técnica foi desenvolvida por Weatherley (1950) e desde então se tornou comum em experimentos envolvendo estresse hídrico pela praticidade e eficiência do método.

Kaufmann (1981) afirma que o Ψ_f responde a fatores edafoclimáticos e da própria planta, sendo que alterações climáticas como o Déficit de Pressão de Vapor (DPV), são as principais causas de incremento na transpiração e na redução da disponibilidade de água do solo por diminuírem o Ψ_f .

Vários autores afirmam que as trocas gasosas de espécies lenhosas são facilmente alteradas em situações de estresse hídrico. Nogueira & Silva (2002) e Silva et al. (2003), encontraram reduções acentuadas na transpiração de plantas lenhosas quando submetidas a estresse moderado e severo. Em contrapartida foram evidenciados pelos referidos autores, que quando o potencial de água na folha decresceu, a Resistência difusiva (R_s) dos estômatos aumentou, em função da diminuição da turgescência das células-guarda, aumentando a diferença de temperatura entre a folha e o ar, decorrente da redução da taxa de transpiração. Em muitos casos esse comportamento confere a capacidade ao vegetal em reduzir a perda de vapor d'água assegurando-lhe a sobrevivência em situações hídricas adversas (MANSUR & BARBOSA, 2000).

Nogueira et al. (2001) destacam que muitos vegetais quando submetidos a estresses abióticos alteram seu metabolismo, os autores ressaltam a acumulação de uma mistura complexa de ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos, a qual tem sido denominada de ajustamento osmótico.

De forma geral, o ajustamento osmótico ou osmorregulação, ocorre devido a uma alteração no potencial osmótico causado pela concentração de solutos, resultante da perda de água na composição das células das plantas superiores. Essa característica propicia em várias espécies o aumento na capacidade de tolerar períodos curtos de seca (BLUM et al., 1999, SUBBARAO, 2000; AYELE et al., 2001).

Dentre os vários solutos envolvidos nos processos osmoregulatório, vários relatos destacam a prolina como um aminoácido indicador de susceptibilidade ao estresse hídrico, sendo interessante seu estudo para a determinação de diretrizes fisiológicas confiáveis. (NOGUEIRA, 1997; HOPKINS, 1995, LARCHER, 2006).

A prolina é um soluto que está envolvido na osmorregulação e proteção celular, a mesma atua protegendo as membranas e proteínas contra os efeitos adversos da alta concentração de íons inorgânicos e temperaturas extremas. Funciona também como um livre radical sendo importante na superação de estresse hídrico e salino (AKTAS, et al. 2007).

CARVALHO et al. (2005) sugerem que a acumulação de prolina não é um indicador de resistência e sim um indicador de tolerância adquirida, visto que diversos experimentos demonstram que as células das plantas selecionadas como tolerantes ao estresse apresentam uma maior acumulação de prolina do que os não adaptados.

Entretanto, muitos autores destacam que a acumulação de prolina pode também ser interpretada como sintoma de danos causados na planta pelo estresse (KHEDR et al. 2003; LIMA et al, 2004).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C.A.; COSTA, A.C.; COSTA, P.M.F.; DIETRICH, S.M.C. & BUCKERIDGE, M.S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, p. 79-88. 2002

AKTAS, L. Y.; TÜRKYILMAZ, B.; AKÇA, H.; PARLAK, S. Role of Abscisic Acid and Proline Treatment on Induction of Antioxidant Enzyme Activities and Drought Tolerance Responses of *Laurus nobilis* L. Seedlings. **Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 28 (1):15-27, 2007.

ALMEIDA, S. M. Z.; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**. v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A. Histórico do uso dos solos da caatinga. In: ARAÚJO, Q. R. de. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Bahia: UESC, p.329-338. 2002.

AYELE, M.; BLUM, A.; NGUYEN, H. T. Diversity for osmotic adjustment and root depth in teff [*Eragrostis tef* (Zucc) Trotter]. **Euphytica**, v.121, n.3, p.237-249, 2001.

BEERLING, D. J.; OSBORNE, C. P. & CHALONER, W. G. Evolution of leaf-form in land plants linked to atmospheric CO₂ decline in the Late Palaeozoic era. **Nature**. p. 352-354. 2001.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 42. 1988.

BLUM, A.; ZHANG, JX; NGUYEN, H. T. Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. **Field Crops Research**, v.64, n.3, p.287-291. 1999.

BOYER, J. S. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. **Plant Physiology**, v.47, p.816-820, 1971

BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, v.218, p.443-448, 1982.

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

CAIRO, P. A. R. **Aspectos biofísicos e metabólicos de plantas jovens de espécies florestais associados à disponibilidade de água no solo.** Lavras: ESAL. Tese de mestrado em Fisiologia vegetal. 124p. 1992.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n 3, p. 281-288, 2002.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI; M. F.; FITZGERALD; A.; ALVES, M. S. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **CERNE**, v.9, N.1, p.109-118, 2003.

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; SOUZA, M. A.; BARBOSA, L. C. A.; CECON, P. R. 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.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** EMBRAPA – CNPF; Brasília-DF, p. 640. 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** v.1 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, p. 1039. 2003.

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

CHUDNOFF, M. **Tropical Timbers of the World.** USDA Forest Service. Ag. Handbook, Nº 8. p. 607. 1984.

COSTA, P. M. F. **Efeitos da alta concentração de CO₂ sobre o crescimento e o estabelecimento de plântulas do jatobá de mata *Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (HEYNE).** Campinas, SP. Tese de doutorado, Instituto de Biologia. UNICAMP. 2004.

DENADAI, I. A. M. **Avaliação de alguns parâmetros fisiológicos relacionados à resistência a seca em quatro cultivares de trigo.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 90p. 1989.

FARIAS, R. R. S. & CASTRO, A. A. J. F. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, PI, Brasil. **Acta botânica brasílica**. 18(4): 949-963. 2004.

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

GODOY, J. R. L. **Ecofisiologia do estabelecimento de leguminosas arbóreas da Mata Atlântica, pertencentes a diferentes grupos funcionais, sob atmosfera enriquecida com CO₂: uma abordagem sucessional.** (Tese de Doutorado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo. 113 p. 2007.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology.** New York: John Wiley & Sons, Inc., p. 464. 1995.

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

KAISER, W. M. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, **71**:142-149, 1987.

KAUFMANN, M.R. Development of water stress in plants. **Hortscience**, Alexandria, v.16, n.1, p.12-14, 1981.

KHEDR, A. H. A.; ABBAS, M. A.; WAHID, A. A. A.; QUICK, W. P.; ABOGADALLAH, G. M. Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancreatium maritimum* L. to salt-stress. *Journal of Experimental Botany*, Volume 54, Number 392, pp. 2553-2562 (10), 2003.

KRAMER, P. J. Drought, stress, and the origin of adaptations. In **Adaptation of plants to water and high temperature stress.** (N.C. Turner, J.P. Kramer, eds.).Wiley, New York, p.7-20. 1980.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils.** Academic Press, Inc., San Diego, CA. 1995.

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

LEE, Y. T. & LANGENHEIM, J. H. Systematics of the genus *Hymenaea* (Leguminosae: Caesalpinioideae, Detarieae) **University of California. Publication in Botany** **69**, 190 p. 1975.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr. produzidas sob três regimes de irrigação. **Revista árvore**. Ed. E. 1998.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. *Bragantia*, Campinas, v.63, n.3, p.335-340, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2. ed. v.1, 352 p. 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 4ªed, v.1, 384 p. 2002.

LORENZI, H. & MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 512 p, 2002.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited. **Advances in Agronomy**, v. 43, p. 107-153, 1990.

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Φ YTON**. v. 68, p. 97-106. 2000.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN F.; NAVROSKI M. C.; VIVIAN M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1297-1306, 2008.

MELO, M. G. G.; MENDONÇA M. S.; MENDES, A. M. S. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 9-14, 2004.

MOREIRA, M. A. T.; SOBRINHO, S. P.; SILVA, S. J.; SIQUEIRA, A. G. **Superação da dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n1-1996/TENYARTJ.PDF>. Acessado em 22 de outubro de 2007.

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

NOGUEIRA, R. J. M. C. **Expressões fisiológicas em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas.** Tese (Doutorado em Ciências – Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 207p. 1997.

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 a deficiência de água. **Φ YTON**, v. 62, n. 1/2, p. 37-46. 1998a.

NOGUEIRA, R. J. M.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies da caatinga. **Ecossistema**. V. 23, p 73-77. 1998b.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V., BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13(1):75-87, 2001

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* ENgl. aultivadas sob estresse hídrico. **IHERINGIA**, Ser. Bot., Porto Alegre. v. 57. n. 1, p. 31-38, jun. 2002.

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

OLIVEIRA, L. S. D.; SOARES, S. M. N. A.; SOARES, F. A. R.; BARROS, R. F. M. Levantamento Florístico do Parque Ambiental Paquetá, Batalha, Piauí. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 372-374, 2007.

OSMOND, C. B.; AUTIN, M. P.; BERRY, J. A.; BILLINGS, W. D. Stress physiology and the distribution of plants. **Bioscience**, v. 37, n.1, p. 38-57, 1987.

PAIVA, H. N.; VITAL, B.R. **Escolha da espécie florestal**. Viçosa: UFRV, (Cadernos didáticos; 93), 42p. 2003.

PEREZ, S. C. J. G. A. & FANTI S. C. Crescimento e resistência à seca de leucena em solo de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.6, p.933-944, 1999.

- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro. EDUR, 192 p. 2004.
- RIZZINI, C. M.; ADUAN, R. E.; JESUS, R. DE.; GARAY, I. Floresta pluvial de tabuleiro, Linhares, ES, Brasil: sistemas primários e secundários. **Leandra**, Rio de Janeiro, v.12, p.54-76, 1997.
- RODAL, M. J. N.; ANDRADE, K. V. A.; SALES, M. F.; GOMES, A. P. S. Fitossociologia do componente lenhoso de um refúgio vegetacional no município de Buíque, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 58, n. 3, pp. 517-526. 1998.
- RODRIGUES, J. D. **A Influência de diferentes regimes de umidade do solo em gladiólos**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 94p, 1973.
- RODRIGUES, T. J. D.; PACHECO, C. M. A.; CHAVES, M. M. Soil-plant water relations, root distribution and biomass partitioning in *Lupinus albus* L. unde drought conditions. **Journal of experimental Botany**, v. 46, n. 289, p. 947- 956, 1995.
- SANTOS, H. P. **Importância ecofisiológica da reserva de xiloglucano e o controle de sua mobilização em cotilédones de *Hymenaea courbaril* L.** Campinas, SP. Tese de doutorado, Instituto de Biologia. UNICAMP. 2002.
- 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; 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; SANTOS, V, F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta botanica Brasilica**. v. 17, n. 2. p. 231-246, 2003.
- SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368. 2002.
- SILVESTRINI, M. **Fotossíntese e acúmulo de biomassa em plantas jovens de duas espécies arbóreas de diferentes grupos ecológicos (pioneira x climática) de uma**

floresta estacional semidecidual. Tese de mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas. 153 p. 2000.

SLAYTER, R. O. **Plant water relationships.** London. Academic Press. p. 366. 1967.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 484 p. 2004.

TINÉ, M. A. S., CORTELAZZO, A. L. & BUCKERIDGE, M. S. Xyloglucan from cotyledons of *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae-Caesalpinoidea). **Plant Science** 154: 117-126. 2000.

TONINI, H. & ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 7, pp. 633-638, 2005.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology** 13:175-190. 1986.

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

**4. Capítulo 1: Análise do crescimento de mudas de jatobá
(*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo***

RevistaÁrvore

Journal of Brazilian Forest Science

**Manuscrito enviado à Revista Árvore– Journal of Brazilian Forest Science*

Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo ¹

Hugo Henrique Costa do Nascimento²; Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira³;
Antônio Fernando Moraes de Oliveira⁴; Elizamar Ciríaco da Silva⁵.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar o crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob déficit hídrico. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 8 kg de solo oriundo do local de coleta das sementes. Foram utilizados blocos casualizados como delineamento experimental, com quatro tratamentos hídricos (100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de pote) e seis repetições. Semanalmente foram avaliados a altura das plantas, o número de folhas e o diâmetro do caule. Ao final do período experimental, foram determinadas a área foliar, a razão de área foliar e a área foliar específica, a produção de matéria seca das folhas, caule, raízes e total e a alocação de biomassa para as folhas, caule e raízes. O déficit hídrico afetou o crescimento das plantas quanto à altura, o diâmetro do caule e a produção de matéria seca para os diversos órgãos quando cultivadas, em níveis a partir de 50% da CP. O número de folhas foi reduzido em todos os níveis de estresse, quando comparados com o tratamento 100% da CP. O padrão de alocação de biomassa, a relação raiz/parte aérea, razão de área foliar e área foliar específica, no entanto, não foram afetados pelo estresse. O número de folhas foi a variável mais sensível ao estresse. Mudas de jatobá não paralisam o seu crescimento quando cultivadas com baixa disponibilidade de água no solo na fase inicial do desenvolvimento. No entanto, seu crescimento é severamente afetado em níveis de água abaixo de 50% da capacidade de retenção de água no solo.

Palavras-chave: crescimento, déficit hídrico, matéria seca, relação raiz/parte aérea.

ABSTRACT

The objective of the present work was to analyze the seedling's growth of jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) under water deficit. The plants were cultivated in vases with 8 kg of soil from where the seeds were collected. Randomized blocks were used as experimental design, with four water treatments (100%, 75%, 50% and 25% of the field capacity) and six replicates. Plant height, number of leaves and stem diameter were evaluated weekly. At the end of the experimental period, leaf area, leaf area ratio, specific leaf area, leaves, stem, root and total dry matter production and the biomass allocation to the several organs were determined. The water deficit affected the plant growth reducing plant height, stem diameter and dry matter production of all organs when cultivated in water levels with less than 50% of the field capacity. The number of leaves decreased in all stress levels when compared to 100% of field capacity. However, the pattern of biomass allocation, root to shoot ratio, leaf area ratio and specific leaf area

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor com apoio financeiro do CNPq;

² Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, UFRPE;

³ Prof^a. Dr^a. Associada, Depto. Biologia, UFRPE;

⁴ Prof. Doutor Adjunto, Depto. Botânica, UFPE;

⁵ Dr^a. Depto. Biologia, UFRPE.

were not affected by the stress. The number of leaves was the variable more sensible to stress. Jatobá seedlings do not paralyze their growth when cultivated in soil with low water availability in their initial development stage. However its growth is severely affected by water levels less than 50% of water retention capacity in the soil.

Keywords: growth, water deficit, dry matter, root to shoot ratio.

INTRODUÇÃO

Com a crescente conscientização ambiental, aumenta o interesse em pesquisas com espécies arbóreas nativas, objetivando a recuperação de áreas degradadas e/ou reflorestamentos (CARNEIRO, 1995; JOSÉ, 2003; PAIVA & VITAL, 2003). Entretanto, o custo de tais pesquisas torna-se elevado diante da necessidade de replantio decorrente dos altos índices de mortalidade das mudas. Em alguns casos, isto ocorre devido à falta de conhecimento dos aspectos ecofisiológicos das mesmas; sujeitando-as a áreas propensas a estresses ambientais as quais não estão adaptadas (CARVALHO FILHO et al., 2003).

As espécies arbóreas brasileiras têm despertado o interesse de vários pesquisadores por demonstrarem comportamentos adaptativos que potencializam suas utilizações em diferentes ramos da ciência. O jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) é um bom exemplo. Existem relatos afirmando sua vasta distribuição geográfica e sua habilidade de se desenvolver bem em ambientes com diferentes características edafoclimáticas, por essa razão, vem se destacando no cenário científico nacional especialmente por apresentar estratégias adaptativas interessantes a diversas áreas como: a fisiologia e bioquímica vegetal, a biotecnologia, e o melhoramento genético de plantas (CARVALHO, 1994; PAIVA & VITAL, 2003).

Outras peculiaridades do jatobá são as baixas exigências nutricionais e hídricas requeridas pela espécie em ambientes naturais, sendo observada sua presença em terrenos que apresentam solos distróficos e bem drenados. (LEE & LANGENHEIM, 1975). Lorenzi (1992, 1998, 2002) salienta que a mesma possui uma melhor adaptação a formações florestais secas do que às formações úmidas, sendo notada sua ocorrência em áreas de caatinga nordestina. Região esta que tem como principal característica as condições edafoclimáticas adversas à sobrevivência vegetal ante a baixa oferta de água para as plantas, tornando essas áreas sujeitas à seca (ARAÚJO FILHO, 2002; SILVA et al., 2002; 2003).

Ainda sobre esse tema, Nogueira et al. (2005) afirmam que a deficiência hídrica afeta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas podendo influenciar no alongamento e diferenciação celular em função da redução na turgescência da célula, resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar, afetando a produção e translocação de fotoassimilados para as novas áreas de crescimento (LUDLOW & MUCHOW, 1990; LARCHER, 2006). Em resposta final ao estresse, observa-se a redução na produção e alocação de matéria seca por influenciar as trocas gasosas de CO₂ e sobre o balanço de carbono (NOGUEIRA et al., 1998, SILVA & NOGUEIRA, 2003).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de água no substrato sobre o crescimento e partição de fitomassa seca de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, entre agosto de 2007 a janeiro de 2008, com período experimental de 105 dias.

As mudas de plantas de jatobá foram produzidas sexuadamente, com sementes procedentes do município de Garanhuns, Agreste pernambucano, área de ocorrência da espécie. Para tanto, foi realizada escarificação mecânica das sementes, manualmente, com auxílio de uma lixa de ferro nº 36 (CARVALHO et al., 2003, MOREIRA, 2007). Em seguida, as sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo, como substrato, 17 kg de solo coletado na profundidade de 0-20 cm, oriundo do local de coleta das sementes, sendo o substrato submetido à análise fertilidade e de física (Tabelas 1 e 2). No 20º dia após a germinação, as plântulas apresentavam grande variação na altura e em média 2 pares de folhas, sendo um par de eófilos e outro de folhas definitivas. Foram selecionadas 24 plântulas uniformes, as quais foram transplantadas para vasos de polietileno contendo 8 kg do solo anteriormente citado. Os vasos foram cobertos com circunferências de plástico para evitar a perda excessiva de água do substrato por evaporação.

Os substratos foram mantidos na capacidade de pote durante 30 dias, período de aclimatadas das mudas. Após esse período, foi iniciada a diferenciação dos tratamentos hídricos. A manutenção dos tratamentos foi realizada através da pesagem diária dos

vasos e a reposição da água perdida por evapotranspiração, até atingir o peso correspondente a cada tratamento, utilizando-se uma balança de marca Filizola, com capacidade para 15 kg.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos hídricos (100%, 75%, 50% e 25% da Capacidade de Pote (CP)), e seis repetições. A capacidade de pote foi determinada pelo método gravimétrico de acordo com a metodologia descrita por Souza et al. (2000).

Durante o período experimental foram mensuradas, semanalmente, a altura das plantas (AP), com o auxílio de uma trena, medida da base previamente marcada até a inserção da última folha, o diâmetro do caule (DC), com um paquímetro digital de marca Digimess com precisão de 0.002 mm, baseando-se em uma marca indelével feita no caule, e a contagem do número de folhas (NF) completamente expandidas.

Diariamente, foram tomadas medidas da temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) no interior da casa de vegetação com o auxílio de um termohigrômetro e calculado o déficit de pressão de vapor d'água (DPV), segundo Vianello & Alves (1991). A Tar média variou de 28,02 a 34,3 °C, a UR de 38,96 a 75,59% e o DPV de 0,76 a 3,73 kPa.

Para a determinação da área foliar (AF), as folhas foram destacadas e pesadas obtendo-se o peso da matéria fresca. Imediatamente, foram retirados três quadrados de 1 cm² do limbo foliar e em seguida os mesmos foram pesados em balança analítica. De posse da média do peso fresco dos recortes, a área foliar total foi obtida por regra de três (MIELKE et al., 1995). A razão de área foliar (RAF) e a área foliar específica (AFE) foram calculadas de acordo com Benincasa (1988).

Ao final do período experimental, os órgãos (folhas, caules e raízes) das plantas foram separados, pesados, acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingirem peso constante. Com estes dados foram calculadas as alocações de biomassa para as folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR) e determinada a relação raiz/parte aérea (R/Pa).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para detectar possíveis efeitos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas (FERREIRA, 2000), utilizando-se o software ESTAT (Sistemas para análises estatísticas, UNESP - Jatobicabal) versão 2.0. Para a normalização, os dados de número de folhas foram transformadas para

$\sqrt{X + 0,5}$ (FERREIRA, 2000), sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação biométrica

As análises estatísticas evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos hídricos em todas as variáveis biométricas.

Na Figura 1 pode-se observar que o estresse hídrico afetou significativamente a altura das plantas a partir 49º dia após diferenciação. As plantas do tratamento controle (100% da CP) apresentaram os maiores valores de altura (em média 62,60 cm) quando comparadas com os demais tratamentos hídricos, contudo, não foi observada diferença estatística entre as plantas sob estresse semi-moderado e moderado (75% e 50% da CP) apresentado similaridade no crescimento (em média 51,00 cm e 49,00 cm) durante o período avaliado. Já as plantas submetidas a estresse severo (25% da CP) tiveram seu crescimento em altura reduzido em 42,17% apresentado os menores valores (em média 32,76 cm) quando comparado com o tratamento controle (Apêndice I, Tabela 1).

Quanto ao número de folhas, verificou-se que o déficit hídrico reduziu a emissão de novas folhas (Figura 1), a partir do 28º dia após a diferenciação dos tratamentos (DAD). As plantas submetidas a 100% da CP, apresentaram as maiores médias de emissão de folhas (20,40 folhas), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos 75% e 50% da CP. O déficit hídrico reduziu a emissão de folhas no tratamento 25% (7,00 folhas) em até 65,69%, diferenciando-o estatisticamente dos demais tratamentos hídricos. Esta variável, ao menos em parte, pode ser o reflexo de uma menor taxa de divisão celular, reduzindo assim o aparecimento de novas folhas, a qual aparentemente se tornou mais lenta nas plantas sob estresse hídrico severo.

Com relação ao diâmetro do caule, diferenças significativas foram observadas a partir do 49º DAD, notando-se um comportamento estatístico semelhante com os dados de altura, onde os tratamentos 100%, 75% e 50% da CP não apresentaram diferença estatística significativa entre si. Da mesma forma, o tratamento 25% não diferiu significativamente dos tratamentos 75% e 50%, diferindo-se estatisticamente apenas do tratamento 100% da CP (Figura 1). As reduções no diâmetro do caule foram de até

16,28% para 75% da CP, 20,69% para 50% da CP e 30,99% para 25% da CP, em relação às plantas cultivadas com 100% CP (Apêndice I, Tabela 1).

De forma geral, os valores biométricos encontrados corroboram com os de Carvalho Filho et al. (2003), Melo et al. (2004) e Almeida et al. (2005), estudando o crescimento de mudas da mesma espécie sob condições hídricas normais, havendo diferença apenas dos valores obtidos pelas plantas submetidas a 25% da CP encontrados na presente pesquisa, evidenciando a ação do estresse hídrico na redução da biometria dessas plantas. No presente trabalho o número de folhas foi mais afetado do que o crescimento em altura e o diâmetro do caule. Segundo Cairo (1995), a primeira consequência fisiológica para as plantas submetidas a estresse hídrico é a redução ou a interrupção dos ritmos de crescimento, devido à redução na diferenciação celular, influenciada pela restrição hídrica imposta pelo tratamento adotado (SILVA & NOGUEIRA, 2003).

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2002) trabalhando com plantas jovens de *Melaleuca alternifolia* Cheel, e Figueirôa et al. (2004), com plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, submetidas a diferentes tratamentos hídricos, os quais verificaram reduções na altura, número de folhas e diâmetro do caule das plantas estressadas.

Avaliação da matéria seca

De maneira semelhante, o estresse hídrico também afetou de forma significativa a produção de matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e total (MST).

Foi observado um comportamento similar entre os valores obtidos para MSF, MSC e MST, tendo o tratamento 100% da CP como detentor das maiores médias 6,1 g, 7,2 g e 18,6 g, respectivamente (Figura 2). Os menores valores foram observados no tratamento 25% da CP, sendo 1,4 g, 2,1 g e 5,5 g, respectivamente, obtendo reduções na ordem de 77,05%, 70,83% e 70,43% quando comparado com o tratamento 100% da CP (Apêndice I, Tabela 2). O tratamento 75% da CP não apresentou diferença significativa com nenhum outro tratamento hídrico.

Já na MSR, os maiores valores foram 5,34 g e 4,81 g nos tratamentos 100% e 75% da CP, respectivamente (Figura 2). As plantas do tratamento 50% da CP apresentaram comportamento intermediário não diferenciando estatisticamente dos

demais. Já o tratamento 25% da CP apresentou os menores valores, reduzindo sua MSR em 62,84% em relação ao tratamento 100% da CP.

Relativo a estes resultados, Costa (2004) e Almeida et al. (2005) obtiveram valores semelhantes aos da presente pesquisa utilizando plantas sob condições hídricas normais, corroborando que a produção de matéria seca pelas plantas submetidas a 100% da CP.

Já Silva e Nogueira (2003), avaliando o crescimento de *Mimosa caesalpinifolia* Bent., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong., *Prosopis juliflora* DC e *Tabebuia aurea* (Manso) Benth e Hook, sob estresse hídrico em casa de vegetação, afirmam que o estresse hídrico afetou significativamente na MSF, MSR e MST em todas as espécies avaliadas.

Griffiths e Parry (2002) sugeriram que a redução da produção de fitomassa seca, em plantas sujeitas a estresse hídrico, se torna mais visível na medida em que a exposição ao estresse é mais prolongada, como foi observado no presente trabalho.

Avaliação da alocação de biomassa e relação raiz/parte aérea

Nesse estudo, as análises estatísticas indicaram que não houve diferença significativa entre as variáveis avaliadas (ABF, ABC, ABR), comprovando que o estresse hídrico não afetou a alocação de fitomassa nos tratamentos estudados (Figura 3).

De acordo com Benincasa (1988), a alocação de biomassa para os diversos órgãos do vegetal permite inferir processos fisiológicos como a translocação orgânica e, sua análise, facilita bastante à compreensão do comportamento vegetal em termos de produtividade.

Sobre os resultados obtidos, Aidar et al. (2002) e Santos (2002) estudando *Hymenaea courbaril* var. *Stilbocarpa* encontraram valores que concordam com os encontrados nesse estudo. Os autores atribuem esse comportamento as baixas taxas de crescimento apresentadas pela espécie propiciando uma translocação e acúmulo de fotoassimilados mais eficiente, mesmo em condições adversas de luminosidade, concentração de CO₂ e deficiência hídrica.

Já Lovelock et al. (1998), estudando o crescimento de espécies arbóreas tropicais submetidas a restrições hídricas, salientam que uma das possíveis explicações para a similaridade existente na alocação de biomassa de algumas espécies florestais ocorre em

virtude das baixas taxas fotossintéticas e transpiratórias apresentadas por essas espécies. Os autores ressaltam que de acordo com o grupo sucessional que a espécie pertença, os valores de alocação de biomassa podem apresentar maior semelhança, independente dos tratamentos hídricos, principalmente nas espécies que possuem hábitos de crescimento lento, citando como exemplo as secundárias tardias e climácicas, como é o caso do jatobá que se enquadra como espécie climácica na sucessão ecológica (LORENZI, 1998; 2002; CARVALHO 2003). Sendo essa característica uma possível explicação da similaridade nos valores obtidos para alocação de biomassa no presente estudo.

Quanto à relação raiz/parte aérea, os resultados mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados (Tabela 3). Uma das razões para tal comportamento, pode estar ligada ao equilíbrio no crescimento entre a raiz e a parte aérea dessas plantas, não havendo necessidade das mesmas investirem especificamente, no seu aprofundamento radicular, fato corroborado por Cairo (1992) e Leles et al. (1998), também estudando plântulas de *Hymenaea courbaril* submetidas a diferentes disponibilidades de água no solo, e atribuíram tal equilíbrio a lentidão no crescimento apresentado pela espécie.

Avaliação da área foliar, razão de área foliar e área foliar específica

O estresse aplicado foi suficiente para causar alterações significativas na área foliar (Tabela 4). O tratamento 100% da CP apresentou a maior média com 758,63 cm², os tratamentos 75% e 50% da CP tiveram comportamento intermediário e não se diferenciaram dos demais tratamentos, já o tratamento 25% da CP teve redução significativa de 70,08% em relação ao tratamento 100% da CP (Apêndice I, Tabela 3). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Cairo (1992) e Lovelock et al. (1998) estudando espécies florestais lenhosas. Os autores afirmaram que a área foliar é extremamente afetada pela quantidade de água disponível no solo.

Já Ellsworth et al. (1995) e Van Volkenburgh (1999), afirmam que o desenvolvimento da área foliar é fundamental na determinação da quantidade de luz que a planta intercepta, do ganho de carbono, da perda de água e até da produtividade do ecossistema.

Apesar de apresentar diferenças significativas na área foliar, os valores da razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) não apresentaram diferenças significativas, sugerindo que o estresse adotado não foi o suficiente para causar

diferenças significativas entre os tratamentos, resultados corroborados por Silva & Nogueira (2003) estudando quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. Dessa forma, pode-se afirmar que a redução da área foliar deve-se, pelo menos em parte, à redução na emissão de novas folhas nos tratamentos mais severos.

Figuerôa et al. (2004) afirmam que a umidade relativa do ambiente é que determina a área foliar de uma planta, sendo maior em ambientes úmidos e menores em ambientes áridos. Esta característica é uma importante defesa contra a perda excessiva de água, e a diminuição da área foliar está entre as várias características xeromórficas que são identificadas em vegetais sob déficit hídrico (VILLAGRA & CAVAGNARO, 2006).

CONCLUSÕES

1. O número de folhas foi à variável mais sensível ao déficit hídrico.
2. Mudanças de jatobá não paralisam o seu crescimento quando cultivadas com baixa disponibilidade de água no substrato na fase inicial do desenvolvimento em casa de vegetação. No entanto, seu crescimento é severamente afetado em níveis de água abaixo de 50% da capacidade de retenção de água no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S. M. C. & BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, p. 79-88. 2002.

ALMEIDA, S. M. Z.; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**. v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A. Histórico do uso dos solos da caatinga. In: ARAÚJO, Q. R. de. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Bahia: UESC, p.329-338. 2002.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 42. 1988.

CAIRO, P. A. R. **Aspectos biofísicos e metabólicos de plantas jovens de espécies florestais associados à disponibilidade de água no solo**. Lavras: ESAL. Tese de mestrado em Fisiologia vegetal. 124p. 1992.

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

CARNEIRO, J. G. A.; **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR /FUPEF, Campos: UENF, p. 451. 1995.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI; M. F.; FITZGERALD; A.; ALVES, M. S. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **CERNE**, v.9, N.1, p.109-118, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. EMBRAPA – CNPF; Brasília-DF, p. 640. 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v.1 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, p. 1039. 2003.

COSTA, P. M. F. **Efeitos da alta concentração de CO₂ sobre o crescimento e o estabelecimento de plântulas do jatobá de mata *Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (HEYNE)**. Campinas, SP. Tese de doutorado, Instituto de Biologia. UNICAMP. 2004.

ELLSWORTH, D. S.; OREN, R.; HUANG, C., PHILLIPS, N. & HENDREY, G. R. Leaf and canopy responses to elevated CO₂ in a pine forest under free air CO₂ enrichment. **Oecologia** 104: 139-146. 1995.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 419p. 2000.

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

GRIFFITHS, H. & PARRY, M. A. J. Plant responses to water stress. **Annals of Botany**, v. 89, p. 801-802. 2002.

JOSÉ, A. C. **Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas**. (Dissertação de mestrado). 101 p. Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2003.

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

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited. **Advances in Agronomy**, v. 43, p. 107-153, 1990.

LEE, Y. T. & LANGENHEIM, J. H. Systematics of the genus *Hymenaea* (Leguminosae: Caesalpinioideae, Detarieae). **University of California. Publication in Botany** 69, 190 p. 1975.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr. produzidas sob três regimes de irrigação. **Revista árvore**. Ed. E. 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. v.1. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 384 p. 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2. ed. v.1, 352 p. 1998.

LORENZI H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 512 p. 2002.

LOVELOCK, C. E.; WINTER, K.; MERSITS, R. & POPP, M. Responses of communities of tropical tree species in water-limited. **Oecologia** 116: 207-218.1998.

MELO, M. G. G.; MENDONÇA M. S.; MENDES, A. M. S. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Acta Amazônica**, v. 34, n. 1, p. 9-14, 2004.

MIELKE, M. S.; HOFFMAN, A.; ENDRES, L.; FACHINELLO, J. C. Comparação de métodos de laboratório e de campo para estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. **Scientia agricola**, v. 52, n. 1, p. 82-88. 1995.

MOREIRA, M. A. T.; SOBRINHO, S. P.; SILVA, S. J.; SIQUEIRA, A. G. **Superação da dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n1-1996/TENYARTJ.PDF>. Acessado em 22 de outubro de 2007.

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. **Φ YTON**, v. 62, n. 1/2, p. 37-46. 1998.

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

PAIVA, H. N.; VITAL, B.R. **Escolha da espécie florestal**. Cadernos didáticos, UFV, v. 93. 42p, 2003.

SANTOS, H. P. **Importância ecofisiológica da reserva de xiloglucano e o controle de sua mobilização em cotilédones de *Hymenaea courbaril* L.** Campinas, SP. Tese de doutorado, Instituto de Biologia. UNICAMP. 2002.

SILVA, E. C; NOGUEIRA, R, J, M, C; AZEVEDO NETO, A. D; SANTOS, V, F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasílica**. v. 17, n. 2. p. 231-246, 2003.

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, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368. 2002.

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.

VAN VOLKENBURGH, E. Leaf expansion – an integrating plant behavior. Commissioned review. **Plant, Cell and Environment** 22: 1463-1473. 1999.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 433-34 p. 1991.

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

ANEXOS

Tabela 01. Análise da fertilidade do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação.

Table 01. Fertility analysis of the soil collected in Garanhuns - PE, used in the experiment in vases in greenhouse.

pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	H+Al	C.O.	M.O.
(água – 1:2,5)	(mg/dm ³)	----- (cmol _c /dm ³) -----						g/kg	
5,30	30	0,46	0,29	4,00	2,50	0,20	4,19	19,08	32,90

Tabela 02. Análise física do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação.

Table 02. Physical analysis of the soil collected in Garanhuns - PE, used in the experiment in vases in greenhouse.

Densidade (g/cm ³)	Porosidade		Composição granulométrica (%)					
<i>Solo</i>	<i>Partícula</i>	<i>Total (%)</i>	<i>Areia</i>	<i>Argila</i>	<i>Silte</i>	<i>Silte/Argila</i>	<i>Arg. Nat</i>	<i>Classif. Textural</i>
1,52	2,63	42,20	79,00	7,00	14,00	2,00	4,50	Areia franca
Grau Floc. %	Umidade (%)			Cond. Hidráulica (K=cm/h)				
35,71	<i>1/3 cc</i>	<i>15 atm</i>	<i>Água disponível</i>					
	8,48	3,48	5		26,15			

Tabela 03: Valores médios da relação raiz/parte aérea (R/Pa) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo.

Table 03: Average values of the root:shoot ratio (R:S) of jatobá seedlings (*Hymenaea courbaril* L.) under different water levels in the soil.

Tratamentos	R/Pa
100% da CP	0,461 a
75% da CP	0,657 a
50% da CP	0,566 a
25% da CP	0,550 a

Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

Averages values following by the same letter had not differed among them, by Tukey test ($P < 0.05$).

Tabela 04: Valores médios da área foliar, razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo.

Table 04: Average values of the foliar area, foliar area ratio (RFA) and specific foliar area (SFA) in jatobá seedlings (*Hymenaea courbaril* L.) under different water levels in the soil.

Tratamentos	Área foliar (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹ MS)	AFE (cm ² .g ⁻¹ MS)
100% da CP	758,63 a	30,52 a	100,00 a
75% da CP	477,05 ab	46,21 a	144,91 a
50% da CP	378,70 ab	27,98 a	82,64 a
25% da CP	226,95 b	39,53 a	125,00 a

Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

Averages values following by the same letter had not differed among them, by Tukey test ($P < 0.05$).

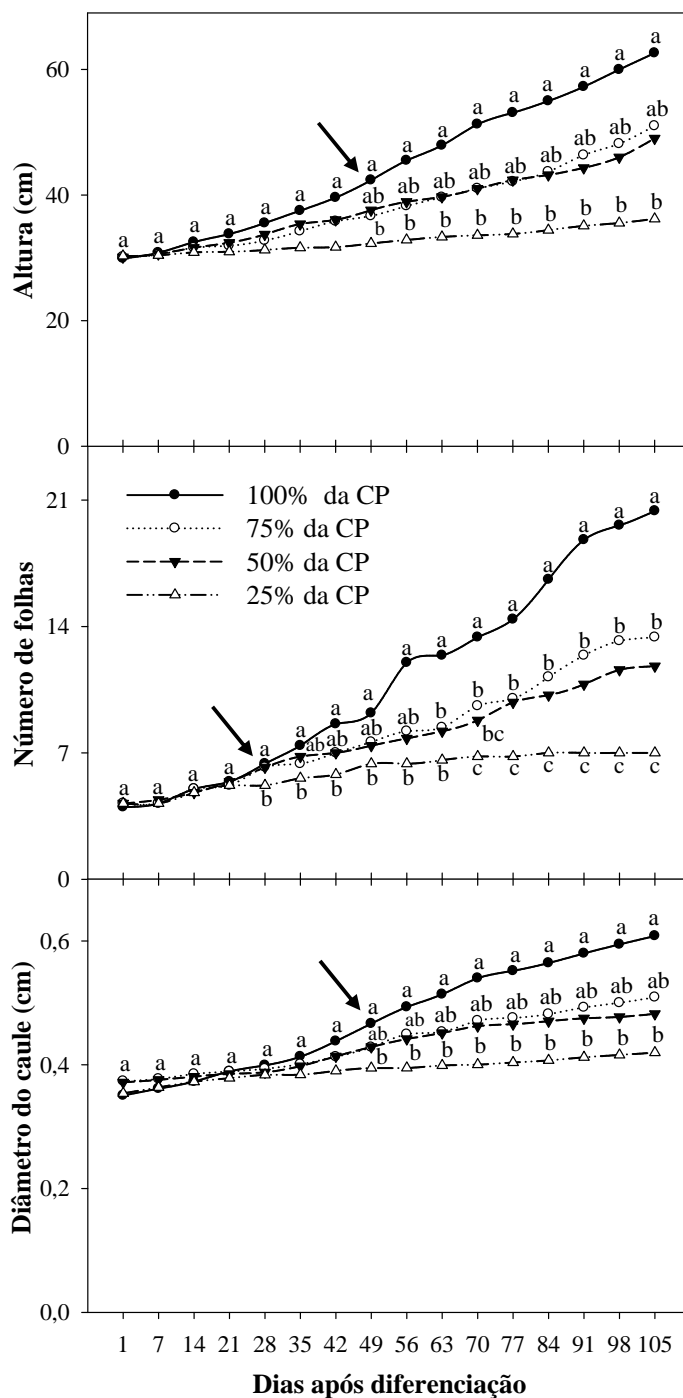


Figura 01: Altura, número de folhas e diâmetro do caule de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). As setas indicam diferença significativa entre os tratamentos estudados.

Figure 01: Plant height, number of leaves and stem diameter of jatobá seedlings (*Hymenaea courbaril* L.) under different water levels in the soil. Means followed by the same letters do not differ by Tukey test ($P < 0.05$). The arrows indicate significant difference between the studied treatments.

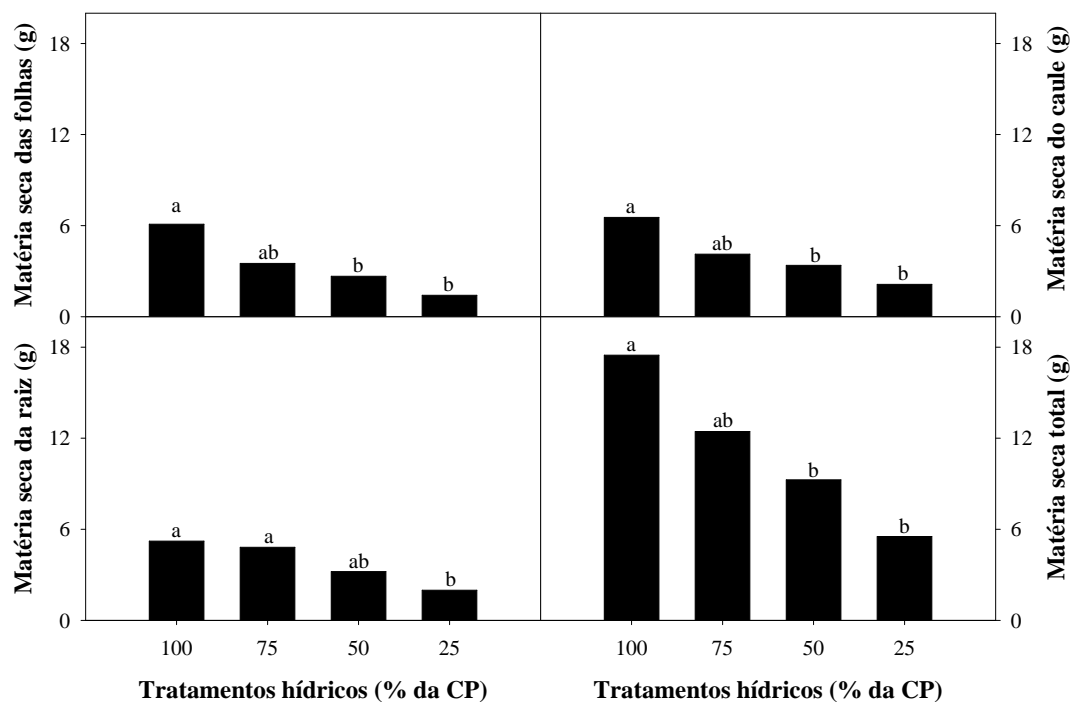


Figura 02: Valores médios da matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e total (MST) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

Figure 02: Average values of the leaf (DML), stem (DMSC), roots (DMR) and total dry matter (DMT) of jatobá seedlings (*Hymenaea courbaril* L.) under different water levels in the soil. Averages values following by the same letter had not differed among them, by Tukey test ($P < 0.05$).

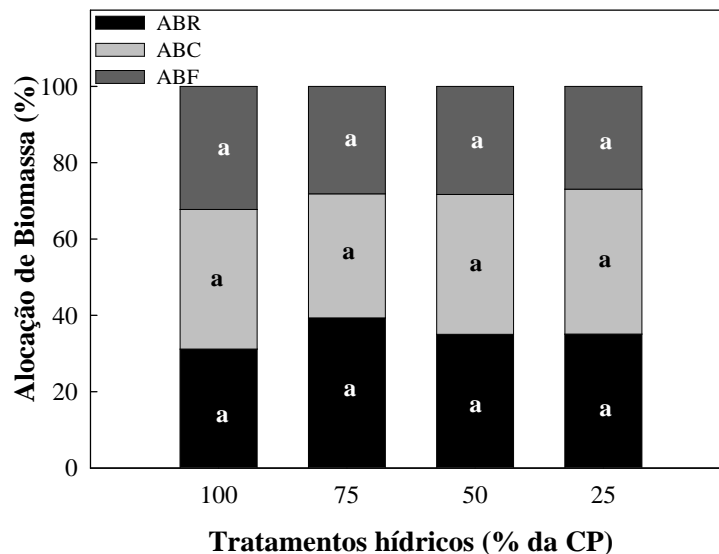


Figura 03: Alocação de biomassa para as folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

Figure 03: Biomass allocation to leaves (BAL), stem (BAS) and roots (BAR) of jatobá seedlings (*Hymenaea courbaril* L.) under different water levels in the soil. Means followed by the same letters not differer by Tukey test ($P < 0.05$).

5. Capítulo 2: Relações hídricas, trocas gasosas e solutos orgânicos em mudas de jatobá sob déficit hídrico*

**Manuscrito a ser enviado à Revista Cerne*

Revista
CERNE

RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E SOLUTOS ORGÂNICOS EM MUDAS DE JATOBÁ SOB DÉFICIT HÍDRICO

Hugo Henrique Costa do Nascimento^{6,7} e Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira⁶

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi analisar as relações hídricas, trocas gasosas e a quantificação dos solutos orgânicos em mudas de jatobá sob diferentes níveis de água no substrato. Foram utilizados blocos casualizados como delineamento experimental, com quatro tratamentos hídricos (100, 75, 50 e 25% da capacidade de pote) e seis repetições. O potencial hídrico foliar foi avaliado em três épocas (35, 70 e 105 dias após a diferenciação) em dois horários de avaliação (antemanhã e meio-dia). O teor relativo de água foi avaliado apenas ao término do experimento, utilizando-se as folhas utilizadas nas análises do potencial hídrico de meio-dia. Diariamente foram tomadas medidas da temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação para o cálculo do déficit de pressão de vapor d'água. Também foram avaliadas, quinzenalmente, a transpiração e a resistência difusiva. Ao final do experimento foram quantificadas as concentrações de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre. O estresse hídrico aplicado atuou nas relações hídricas das plantas, restringindo significativamente o potencial hídrico e o teor relativo de água das folhas e ambos se apresentaram altamente correlacionados. Com o aumento do estresse hídrico, observaram-se reduções significativas na transpiração e conseqüente aumento na resistência difusiva. Foram observados aumentos significativos nos teores de solutos orgânicos, com o aumento da severidade dos tratamentos hídricos, sendo a prolina o

⁶ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Avenida Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171- 900 Recife, PE, Brasil, www.ufrpe.br.

⁷ Autor para correspondência: h2cn@hotmail.com

soluto orgânico que apresentou maior sensibilidade à deficiência hídrica. De forma geral, a partir 35 dias de exposição a 50% da CP, não afetam o potencial hídrico de mudas de jatobá, sugerindo que a espécie é capaz de tolerar estresses moderados, durante o referido período. Por fim, as variáveis estudadas foram boas indicadoras fisiológicas, pois facilmente evidenciados diferenças em função dos tratamentos hídricos estudados.

Palavras-chave: comportamento estomático, estresse hídrico, *Hymenaea courbaril* L., potencial hídrico, teor reativo de água

WATER RELATIONS, GAS EXCHANGE AND ORGANIC SOLUTES SEEDLINGS JATOBÁ UNDER WATER DEFICIT

ABSTRACT – The objective of this study was to analyze the water relations, gas exchange and quantification of organic solutes in seedling's jatobá under different levels of water in the substrate. Randomized blocks were used as experimental design, with four water treatments (100%, 75%, 50% and 25% of the field capacity) and six replicates. The leaf water potential was evaluated in three times (35, 70 and 105 days after differentiation) in two hours of evaluation (antemanhã and midday). The relative water content was measured only at the end of the experiment, using the leaves used in the analysis of water potential of midday. Daily measures were taken the temperature and relative humidity inside the greenhouse for the calculation of the deficit of water deficit pressure. Were also evaluated, fortnightly, the transpiration and diffusive resistance. At the end of the experiment were measured the concentrations of soluble carbohydrates, soluble proteins and free proline. The water stress applied acted in water relations of plants, significantly restricting the water potential and relative water content

of the leaves, which are highly correlated made, being observed significant changes in water potential from the 35 days of differentiation. With the increase of water stress, there were significant reductions in transpiration and the consequent increase in diffusive resistance. We observed significant increases in levels of organic solutes, according to the severity of the treatments, and the proline the organic solute that showed greater sensitivity to water deficit. Overall, 35 days of exposure to 50% of the field capacity, do not affect the water potential of seedlings of jatobá, suggesting that the species is able to tolerate moderate stress, during the period. Finally, the variables were good physiological indicator because easily indicated differences between the treatments.

Key words: stomatal behavior, water stress, *Hymenaea courbaril* L., water potencial, relative water content

Introdução

É notório nos últimos anos, o interesse em pesquisas com espécies florestais de rápido crescimento nos diversos segmentos da ciência florestal. No entanto, pesquisas com espécies nativas não têm tido o mesmo desenvolvimento, principalmente quanto ao conhecimento mais aprofundado dos estágios iniciais de desenvolvimento, especialmente na fase de plântula, a mais crítica de todo o ciclo da vida (MANSUR & BARBOSA, 2000). Carvalho (2003) afirma que a sobrevivência das mudas é fundamental para o estabelecimento das plantas em programas recuperação de áreas degradadas e/ou reflorestamento.

O jatobá (*Hymenaea courbaril* L. – Caesalpinaceae) é uma árvore nativa do Brasil encontrada na Amazônia e Mata Atlântica e apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo naturalmente desde o Piauí até o Norte do Paraná na floresta latifoliada semidecídua (RIZZINI et al., 1997; LORENZI, 1992, 2002; CARVALHO, 2003). Como principal importância, o jatobá possui grande potencialidade na recuperação de sub-bosque no processo de seqüestro de carbono, por ser climácica e apresentar um acúmulo lento e contínuo de biomassa por vários anos (CHUDNOFF 1984; BEERLING et al., 2001; CARVALHO, 2003). Além de ser amplamente difundida por suas características medicinais (RIZZINI, et al., 1997; LORENZI, 2002).

Estudos desenvolvidos por Lee & Langenheim (1975) e Lorenzi (1992, 2002) comprovam que o jatobá possui grande adaptabilidade a formações florestais secas, sendo notada sua ocorrência em áreas de caatinga nordestina, esta última por sua vez, tem por característica a seca provocada pela escassez de água.

Em ampla revisão de literatura sobre as respostas adaptativas de plantas lenhosas a estresses ambientais, Kozłowski & Pallardy (2002) citaram vários relatos enfatizando os efeitos de estresses causadores de inibição de processos fisiológicos, que reduzem a produção e acarretam na mortalidade das plantas. Dentre esses, diminuição da disponibilidade hídrica é considerada crucial para a vida de muitos vegetais, podendo influenciar vários processos da planta, como o potencial hídrico da folha, resistência estomática, transpiração, fotossíntese, e murchamento da folha, refletindo diretamente na sobrevivência e desenvolvimento das plantas (NOGUEIRA et al., 1998; NOGUEIRA & SILVA 2002; SILVA et al., 2003; PIMENTEL, 2004).

De acordo com Slayter (1967), o potencial hídrico foliar expressa um valor de equilíbrio entre o potencial hídrico do solo e o da planta nas primeiras horas do dia.

Sendo o potencial hídrico das folhas, diretamente influenciado pela disponibilidade de água no solo, ocorrendo o declínio do mesmo, quando o potencial hídrico do solo diminui (NOGUEIRA, et al., 1998; MANSUR & BARBOSA, 2000).

Intimamente ligados ao comportamento do potencial hídrico das folhas, o comportamento estomático, expressa os valores atribuídos a transpiração e a resistência à difusão do vapor de água pelos estômatos, sendo o seu conhecimento importantíssimo quando se deseja estudar o comportamento fisiológico de algum vegetal sob restrições hídricas (KRAMER, 1980).

De acordo com Nogueira et al. (2001), outra variável essencial para a determinação de parâmetros fisiológicos, é a avaliação do acúmulo de solutos orgânicos, como os carboidratos livres totais, as proteínas e a prolina, que é um aminoácido indicador da sensibilidade de uma determinada espécie ao estresse hídrico.

Portanto, no presente trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de água no substrato sobre as relações hídricas, trocas gasosas e os teores dos solutos orgânicos em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, entre agosto de 2007 a janeiro de 2008, com período experimental de 105 dias.

As mudas de plantas de jatobá foram produzidas sexuadamente, com sementes procedentes do município de Garanhuns, Agreste pernambucano, área de ocorrência da espécie. Para tanto, foi realizada escarificação mecânica das sementes, manualmente, com auxílio de uma lixa de ferro nº 36 (CARVALHO, 2003; MOREIRA, 2007). Em

seguida, as sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo 17 kg de solo como substrato, coletado na profundidade de 0-20 cm, oriundo do local de coleta das sementes. A análise físico-química do solo encontra-se nas Tabelas 01 e 02. No 20º dia após a germinação, as plântulas apresentavam grande variação na altura e em média 2 pares de folhas, sendo um par de eófilos e outro de folhas definitivas. Foram selecionadas 24 plântulas uniformes, as quais foram transplantadas para vasos de polietileno contendo 8 kg do solo anteriormente citado como substrato. Os vasos foram cobertos com circunferências de plástico para evitar a perda excessiva de água do solo por evaporação.

Tabela 01. Fertilidade do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação.

pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	H+Al	C.O.	M.O.
(água – 1:2,5)	(mg/dm ³)	----- (cmol/dm ³) -----						g/kg	
5,30	30	0,46	0,29	4,00	2,50	0,20	4,19	19,08	32,90

Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo, Depto. de Agronomia/UFRPE.

Tabela 02. Atributos físicos do solo coletado em Garanhuns - PE, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação.

Densidade (g/cm ³)	Porosidade		Composição granulométrica (%)					
<i>Solo</i>	<i>Partícula</i>	<i>Total (%)</i>	<i>Areia</i>	<i>Argila</i>	<i>Silte</i>	<i>Silte/Argila</i>	<i>Arg. Nat</i>	<i>Classif. Textural</i>
1,52	2,63	42,20	79,00	7,00	14,00	2,00	4,50	Areia franca
Grau Floc. %	Umidade (%)		Cond. Hidráulica (K=cm/h)					
35,71	<i>1/3 cc</i>	<i>15 atm</i>	<i>Água disponível</i>				26,15	
	8,48	3,48	5					

Análise realizada no Laboratório de Física do Solo, Depto. de Agronomia – UFRPE.

As plantas foram mantidas na capacidade de pote e aclimatadas durante 30 dias. Após esse período, deu-se início a diferenciação dos tratamentos hídricos. A manutenção dos tratamentos hídricos foi realizada através da pesagem diária dos vasos (Figura 1) e a reposição quantidade de água adicionada por vaso (Figura 2), perdida por

evapotranspiração reposta até atingir o peso correspondente a cada tratamento, utilizando-se uma balança de marca Filizola, com capacidade para 15 kg.

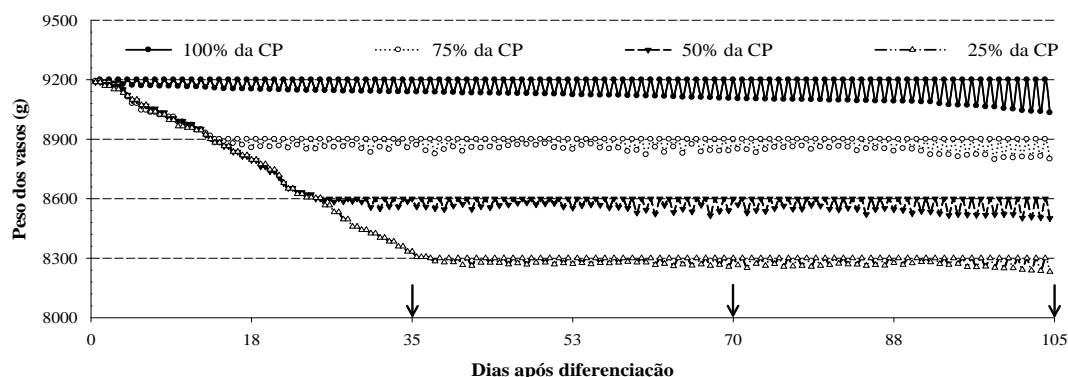


Figura 01. Monitoramento do peso dos vasos, em cada tratamento, durante o período experimental. As setas indicam às coletas de material vegetal realizadas durante o estudo.

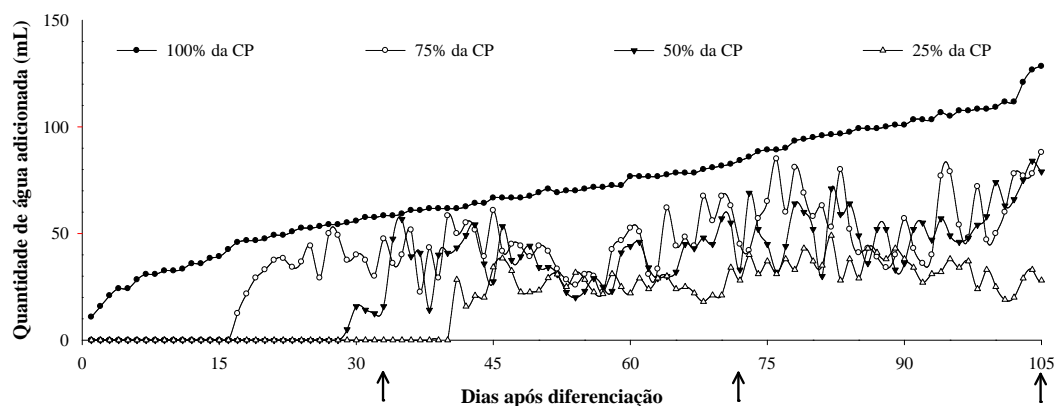


Figura 02. Quantidade média de água (mL) adicionada em cada tratamento hídrico durante o período experimental. As setas indicam às coletas de material vegetal realizadas durante o estudo.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos hídricos: 100, 75, 50 e 25% da capacidade de pote (CP), e seis repetições. A

capacidade de pote foi determinada pelo método gravimétrico de acordo com a metodologia descrita por Souza et al. (2000).

O potencial hídrico foliar (Ψ_f) foi determinado em folhas completamente expandidas, localizadas no terço médio superior da planta, utilizando uma câmara de pressão de Scholander (SCHOLANDER et al., 1965). Para tanto, as folhas foram envoltas em filme plástico e acondicionadas em isopor com gelo para evitar a perda de água. Imediatamente após as coletas, as mesmas foram levadas ao laboratório para a realização das medidas do potencial hídrico que foi avaliado em três épocas, 35, 70 e 105 dias após a diferenciação (DAD), e dois horários em cada época de avaliação, antemanhã (Am, 4h) e ao meio dia (Md, 12 h).

Ao final do período experimental, o teor relativo de água (TRA) foi determinado de acordo com o método descrito por Weatherley (1950) nas mesmas folhas utilizadas para a determinação do Ψ_f , ao meio dia. Foram tomadas amostras de seis discos foliares com aproximadamente 1 cm de diâmetro, retirados da região central do limbo sem a nervura central. Os discos foram prontamente pesados para a obtenção do peso da matéria fresca (MF). Em seguida, foram colocados em placas de Petri contendo papel de filtro saturado com 5 mL de água deionizada. As placas foram mantidas sob refrigeração por 24h, e após esse período os discos foram novamente pesados para obtenção do peso da matéria túrgida (MT). Por fim, os discos foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65°C, durante 48h até atingirem pesos constantes e pesados novamente para a obtenção do peso da matéria seca (MS). O TRA foi então calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{TRA} = \frac{\text{MF} - \text{MS}}{\text{MT} - \text{MS}} \times 100$$

Quinzenalmente, foram mensuradas a transpiração (E), a resistência difusiva (Rs) e a temperatura foliar (Tf), com um porômetro de equilíbrio dinâmico, modelo LI-1600 (LI-COR, Inc. Lincoln, NE, USA) em cursos diários da transpiração em intervalos de 2 horas. Foram utilizadas folhas completamente expandidas, localizadas no terço médio superior da planta, utilizando seis repetições de cada tratamento. Simultaneamente foram mensuradas a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), a temperatura do ar (Tar) e a umidade relativa do ar (UR) com o mesmo equipamento. Diariamente, foram tomadas medidas da temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) no interior da casa de vegetação com o auxílio de um termohigrômetro e calculado o déficit de pressão de vapor d'água (DPV), segundo Vianello & Alves (1991).

O monitoramento dos dados climáticos (Figura 01) durante o período evidenciou que a temperatura do ar (Tar) média variou de 28,46 a 34,3 °C, a umidade relativa (UR) de 38,96 a 75,59% e o DPV de 0,76 a 3,73 kPa. Além desses dados foram observados os valores da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que variou em média de 215,4 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a 758,82 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Foram realizadas análises de alguns parâmetros bioquímicos como os teores de prolina livre segundo metodologia de Bates (1973), carboidratos solúveis totais seguindo a metodologia de Dubois et al. (1956) e o teor de proteínas solúveis, de acordo com a metodologia de Bradford (1976), nas folhas e nas raízes.

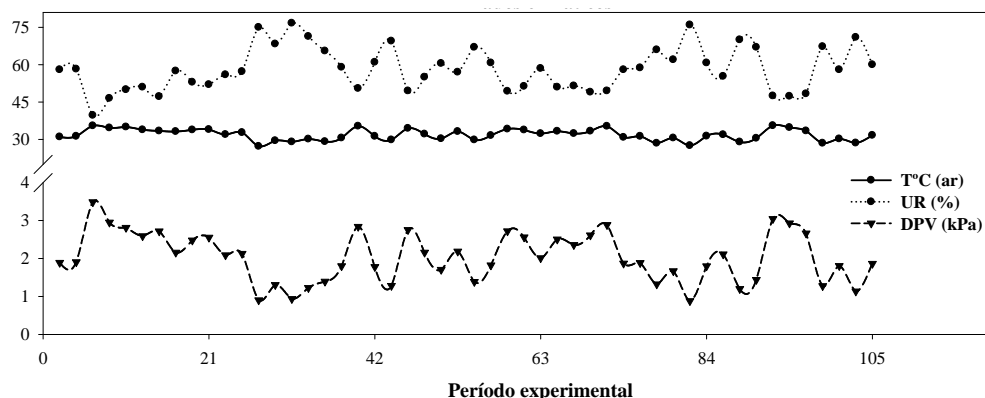


Figura 01. Comportamento diário das variáveis climáticas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e o déficit de pressão de vapor (DPV), no interior da casa de vegetação, durante o período experimental.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e em seguida à análise de variância tendo suas médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade (FERREIRA, 2000), utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.5 beta. Já os resultados obtidos nos potenciais hídricos (Am e Md) e TRA foram submetidos à correlação simples e à análise de variância.

Resultados e Discussão

Potencial hídrico foliar (Ψ_f)

As análises estatísticas mostraram que aos 30 DAD apenas as plantas sob 25% da CP (Figura 04), tiveram seu Ψ_f alterado significativamente em relação aos demais tratamentos hídricos, em ambos horários, antemanhã (Am) e ao meio dia (Md), tendo em média uma redução de 88,12 e 77,12%, respectivamente, em relação aos valores encontrados no tratamento 100% da CP (Apêndice I, Tabela 4).

Já aos 70 DAD, os efeitos do estresse hídrico se tornaram mais perceptíveis, onde todos os outros tratamentos e horários de avaliação acusaram diferença significativa, exceto no tratamento 75% da CP no potencial Am. Observaram-se reduções nos tratamentos 75, 50 e 25% da CP, no potencial Pd de 59,87, 79,62 e 122,29%, respectivamente em relação ao tratamento 100% da CP. Já no potencial Md, os tratamentos afetados foram os 50 e o 25% da CP, com reduções médias de 59,51 e 98,54%, respectivamente.

Por fim, aos 105 DAD, as análises estatísticas evidenciaram diferenças significativas em todos os tratamentos e horários avaliados. Constatando-se que o tratamento 25% da CP, foi severamente prejudicado pelo estresse hídrico, apresentado reduções de 73,13% no potencial Pd e de 59,49% no potencial ao Am.

Os resultados corroboram com os encontrados por Silva et al., (2003) estudando o potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico, e Nogueira et al. (1998) avaliando as trocas gasosas de plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga submetidas à deficiência de água. Os autores afirmaram ter encontrado decréscimo significativo no Ψ_f , principalmente quando as plantas foram expostas à ação dos estresses hídricos aplicados por mais tempo.

Outros resultados similares aos encontrados na presente pesquisa foram obtidos por Cairo (1992) e Leles et al. (1998), ambos estudando a ecofisiologia de plântulas de jatobá submetidas a estresse hídrico. Os autores asseguram que a avaliação do Ψ_f , foi o melhor indicador fisiológico que evidenciou a ação dos tratamentos hídricos.

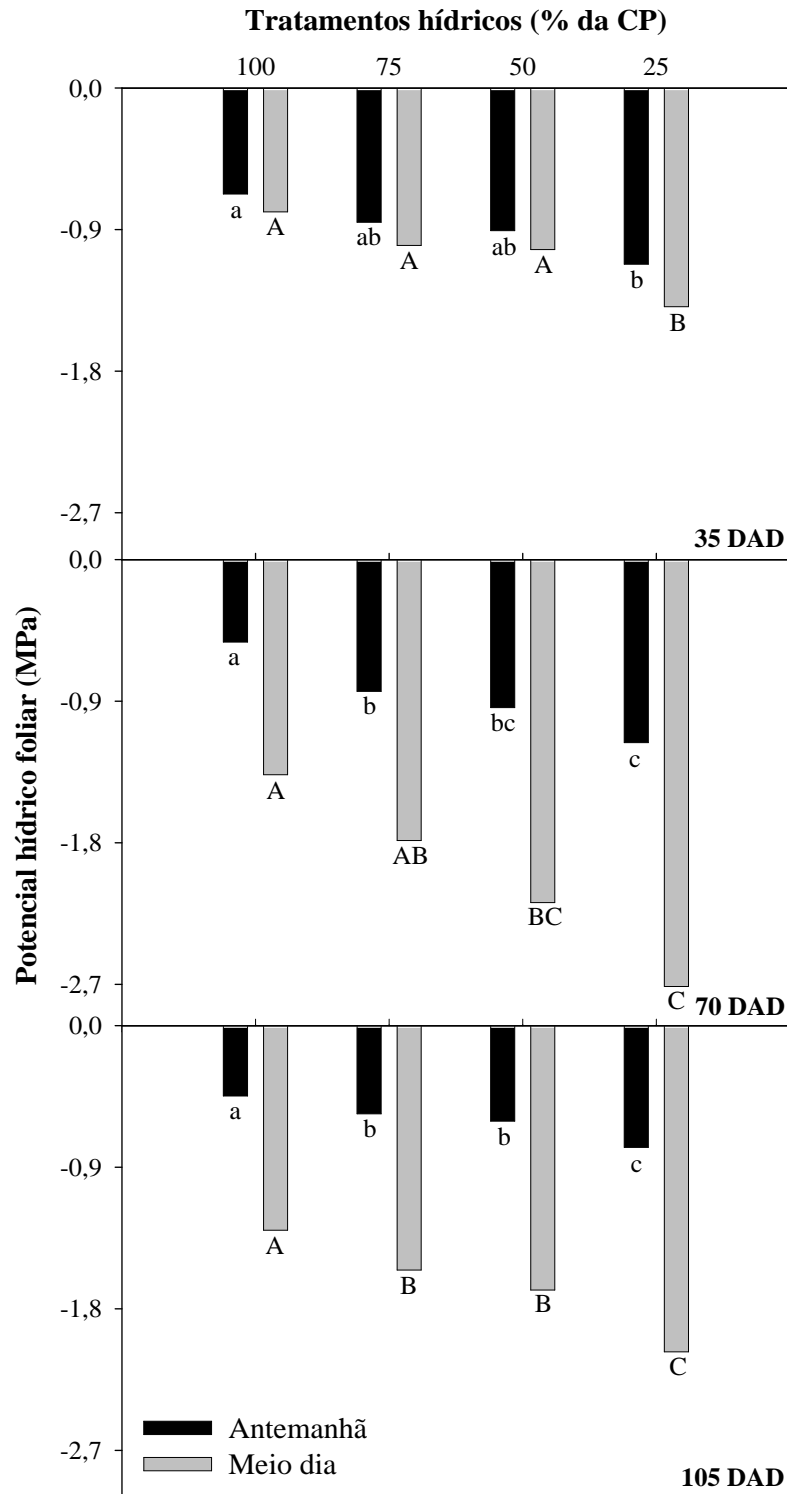


Figura 04. Valores médios do potencial hídrico foliar (MPa) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra, minúsculas relativas às avaliações antemanhã e maiúsculas ao meio dia, não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

Teor relativo de água (TRA)

De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o TRA seguiu basicamente a mesma tendência observada nos valores do potencial hídrico foliar, apresentando diferença significativa em todos os tratamentos hídricos estudados. Tendo como destaque o tratamento 100% da CP (Figura 05), que obteve a maior média dentre os tratamentos estudados, 86,22% de TRA nas folhas. Quanto aos outros tratamentos hídricos, as reduções foram de 10,96% para o 75%, 15,82% para o 50% e 19,67% para o 25% da CP (Apêndice I, Tabela 5).

De maneira geral, os resultados assemelham-se aos obtidos por Carvalho (2005), que observou reduções de 22,90% em plantas de *Schizolobium amazonicum* (*S. parahyba* var. *amazonicum*) e *Schizolobium parahyba* (*Schizolobium parahybum*) sob estresse severo. Da mesma forma, Cairo (1992) também afirmou ter encontrado valores que sugerem um comportamento similar do potencial hídrico das folhas e TRA. Cabe salientar que mesmo apresentando baixos valores de potencial hídrico e TRA, nenhuma das plantas sob 25% da CP, apresentou sinais visíveis de deficiência hídrica, seja queda de folhas, amarelecimento ou murcha, mantendo-se aparentemente saudáveis em relação às demais.

Correlação entre o Ψ_f e TRA

Na Figura 06, são apresentadas análises de correlação (r) linear simples entre os potenciais hídricos, A_m e M_d , das folhas e o TRA. Os resultados indicam que as correlações entre os potenciais, A_m e M_d , e TRA foram altamente correlacionados positivamente. Sendo a correlação do potencial P_d com o TRA de $r = 0,947$ e do potencial M_d com o TRA de $r = 0,9396$. Podendo-se afirmar que o estresse hídrico influenciou significativamente as duas variáveis analisadas e que à medida que os

valores do potencial hídrico se tornavam mais negativos, os valores do TRA, também foram reduzidos percentualmente.

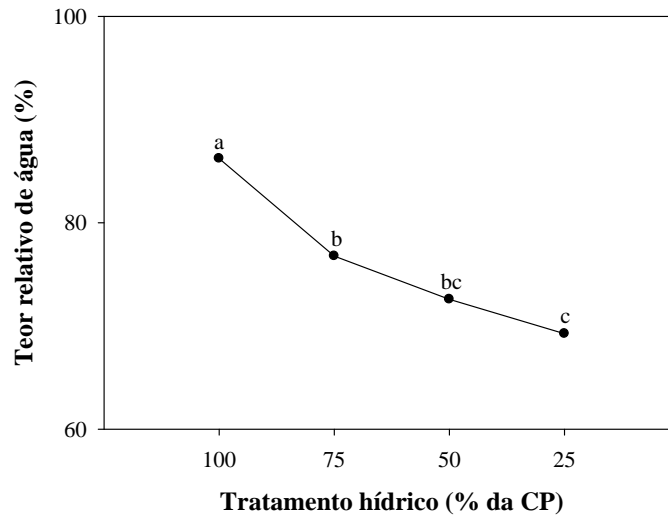


Figura 05. Teor relativo de água (TRA) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Denadai (1989 apud JONES, 1981) afirmou que quanto menor a inclinação da curva originada da relação entre o Ψ_f e o TRA, mais tolerância à seca será a espécie. Fato que explica a menor inclinação proveniente da correlação do potencial hídrico Pd e o TRA, haja vista que a inclinação responderá a diferença resultante da menor mudança TRA das folhas.

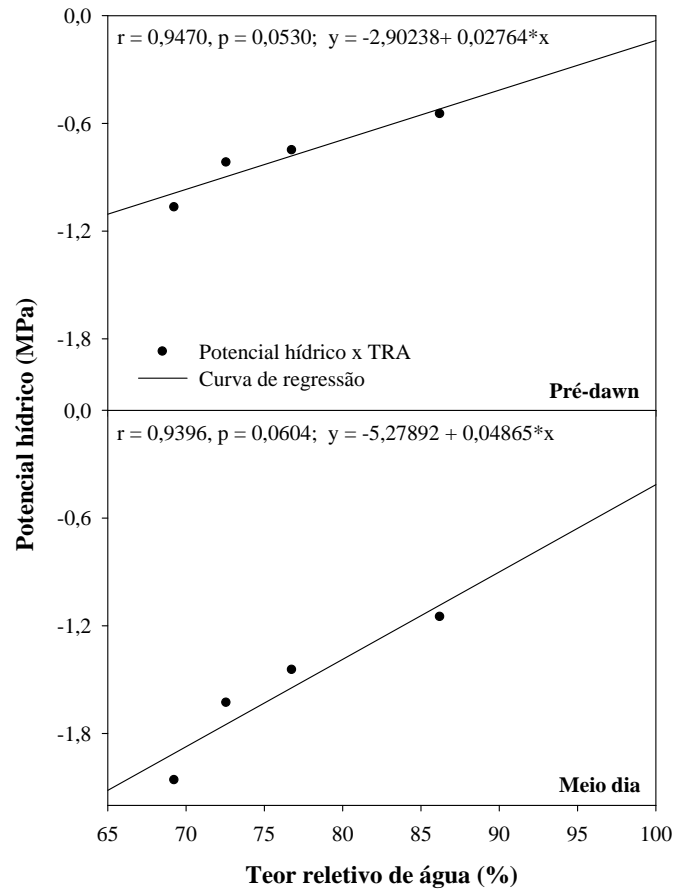


Figura 06. Correlação linear simples dos valores médios do potencial hídrico foliar e do teor relativo de água (TRA) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no solo.

Trocas gasosas

Em relação às trocas gasosas, pode-se observar que houve variações significativas nas taxas de Transpiração (E) e na Resistência Difusiva (Rs), após 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 DAD (Dias após diferenciação), em todos os tratamentos estudados (Figuras 07 e 08).

De maneira geral, o tratamento controle obteve os maiores valores de transpiração durante os oito períodos de avaliação apresentando diferença significativa

em relação aos demais tratamentos estudados a partir do 14º DAD. As maiores taxas transpiracionais ocorreram entre as 10 e as 12 horas (Figura 07) e após esse horário houve uma redução das taxas transpiratórias geralmente chegando ao equilíbrio com os demais tratamentos hídricos às 16 horas em todos os DAD, isso pode ter ocorrido em função das temperaturas amenas e radiação fotossinteticamente ativa (RAF) apresentadas nesse horário.

Quanto aos demais tratamentos hídricos, foram observadas às 12 horas, as maiores reduções (Apêndice I, Tabela 6), com 56,82% para o 75%, 62,78 % para o 50% e 81,00% para o 25% da CP, sendo o tratamento 25% da CP, detentor das menores taxas transpiratórias na maioria dos DAD.

A partir do 35º DAD, as taxas de transpiração foram extremamente reduzidas em função da diminuição do potencial hídrico da folhas imposto pela baixa disponibilidade hídrica no solo, especialmente nas horas mais quentes do dia (10 e 12 horas). Fato evidenciado nas variáveis relativas às relações hídricas como o Ψ_f e o TRA que também foram fortemente influenciados pela ação dos tratamentos hídricos impostos.

Mesmo com baixas taxas transpiracionais, as plantas do tratamento 25% da CP continuaram com os estômatos abertos. Sobre tal comportamento, Nogueira & Silva (2002) afirmam que o estresse hídrico debilita os componentes estomáticos, provocando o fechamento parcial dos estômatos e caso as injúrias provocadas pela deficiência hídrica permaneçam, haverá o fechamento total dos estômatos sendo esse fechamento uma tentativa de minimizar a perda excessiva de vapor de água.

Em suma, os resultados da presente pesquisa se assemelham aos obtidos por Nogueira et al. (1998) estudando a transpiração de três espécies da caatinga, *Senna martiana*, *Parkinsonia aculeata* e *Senna occidentalis*. Os autores observaram reduções

na transpiração das plantas submetidas a déficit hídrico em todos os níveis de estresse (moderado, semi-moderado e severo) quando comparado ao tratamento controle. Os autores atribuem essa redução aos diferentes níveis de água que estão disponíveis as plantas, acarretando diferentes respostas por parte dos vegetais, sendo o fechamento estomático uma forma de evitar a perda excessiva de água nas horas de maior demanda evaporativa.

Ainda sobre a transpiração, Vellini et al. (2008) estudando as respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação afirmaram que uma das principais causas das reduções nas taxas transpiracionais, deve-se ao fechamento estomático proveniente da grande sensibilidade dos estômatos as condições climáticas adversas e suas influências no status hídrico do vegetal. Sendo o tempo necessário para a reabertura dos estômatos, decisivo para a escolha de materiais tolerantes a estresse hídrico. Com o estômato fechado, a planta fica incapaz de realizar suas funções metabólicas essenciais como, a transpiração e a fotossíntese. E a não ocorrência desses processos podem acarretar na morte do vegetal.

Ainda sobre o tema, Chaves (1991) salienta que o controle estomático da perda de água tem sido identificado como um dos primeiros eventos na planta em resposta ao déficit hídrico sob condições de campo, levando a redução da assimilação de carbono pelas folhas.

Quanto aos valores obtidos para a resistência difusiva (Figura 08), observa-se que os resultados apresentam uma tendência inversa aos vistos na transpiração (Figura 07), sendo encontrados os maiores valores de R_s nas plantas do tratamento 25% da CP (estresse severo) em todas as épocas de avaliação. Constatou-se diferença estatística significativa entre os tratamentos estudados a partir do 14º DAD. Essa diferença foi

intensificada pela ação da magnitude e durabilidade do estresse hídrico, pois a partir do 35° DAD, os valores da R_s para o tratamento 25% da CP foram diretamente influenciados, alcançando valores máximos de 200 s.cm^{-1} as 14 e 16h, perdurando até o 63° DAD. Fato que coincide com o período de menor transpiração das plantas cultivadas sob estresse severo.

Nas primeiras horas do dia (8 e 10h) todos os tratamentos apresentam baixas taxas de R_s . Isso pode ser atribuído as condições climáticas favoráveis, normalmente temperaturas amenas e alta umidade relativa do ar, pois não oferecerem riscos dos vegetais perderem água através da abertura estomática.

Todos os tratamentos estudados, exceto o tratamento controle, tiveram incrementos na R_s , podendo-se afirmar que o estresse hídrico aumentou em média 113,43% para o 75%, 255,91 % para o 50% e 682,46% para o 25% da CP (Apêndice I, Tabela 7), quando comparados com o tratamento controle. Outro fato interessante é que em todas as épocas de avaliação a partir das 14 h, nota-se um sensível aumento na R_s , culminando com os maiores valores de R_s as 16 h.

Sobre esse comportamento estomático Silva et al. (2004) estudando os aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga, encontraram comportamento similar para a maioria das espécies estudadas, afirmando que o estresse hídrico provocou um incremento na R_s , principalmente após as 15h nas plantas submetidas a restrições hídricas no solo, concordando com os resultados encontrados no presente trabalho.

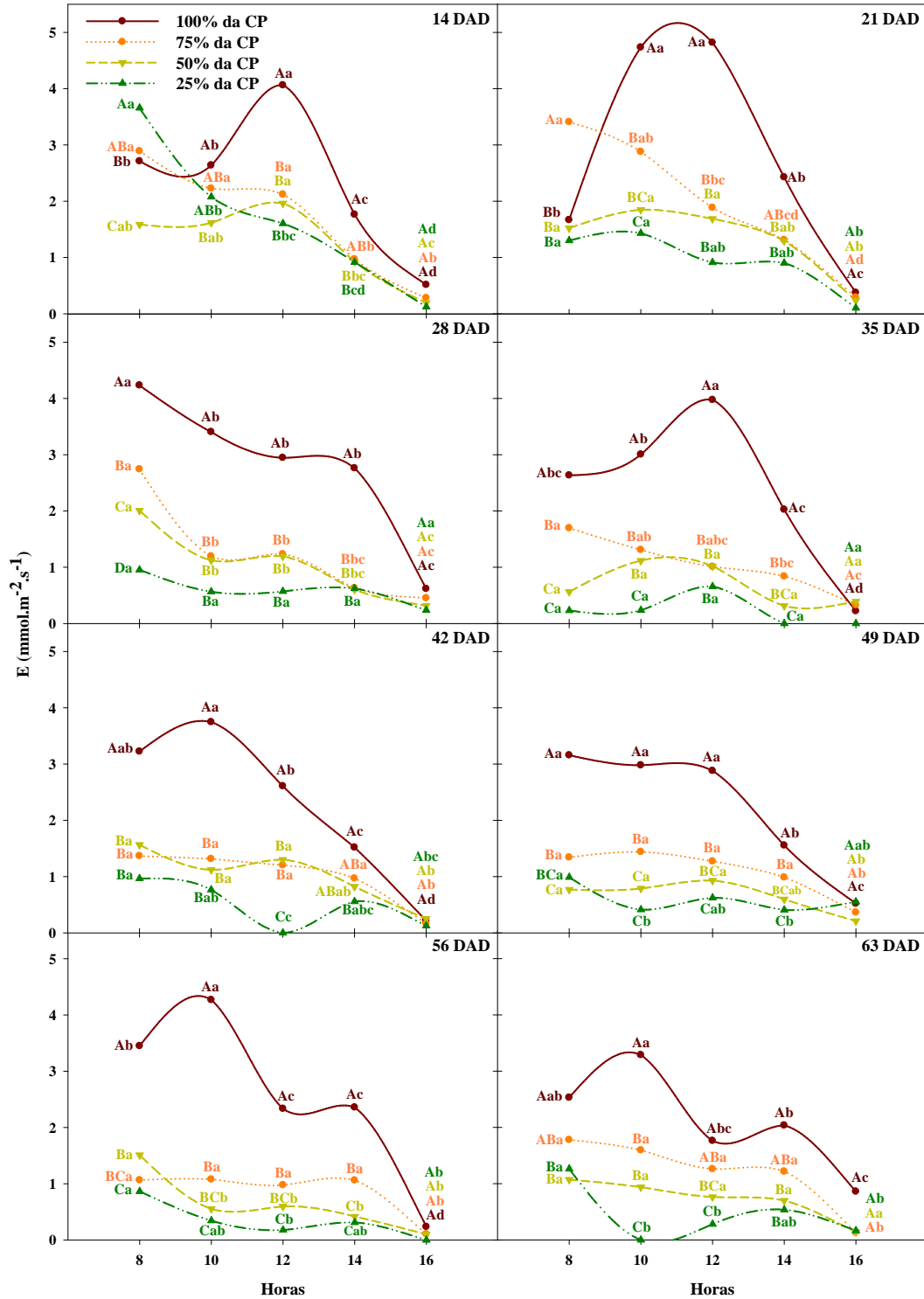


Figura 07. Curso diário de transpiração em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) após 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 DAD (Dias após diferenciação) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra maiúscula para os tratamentos hídricos e minúscula para os horários de avaliação, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0.05$).

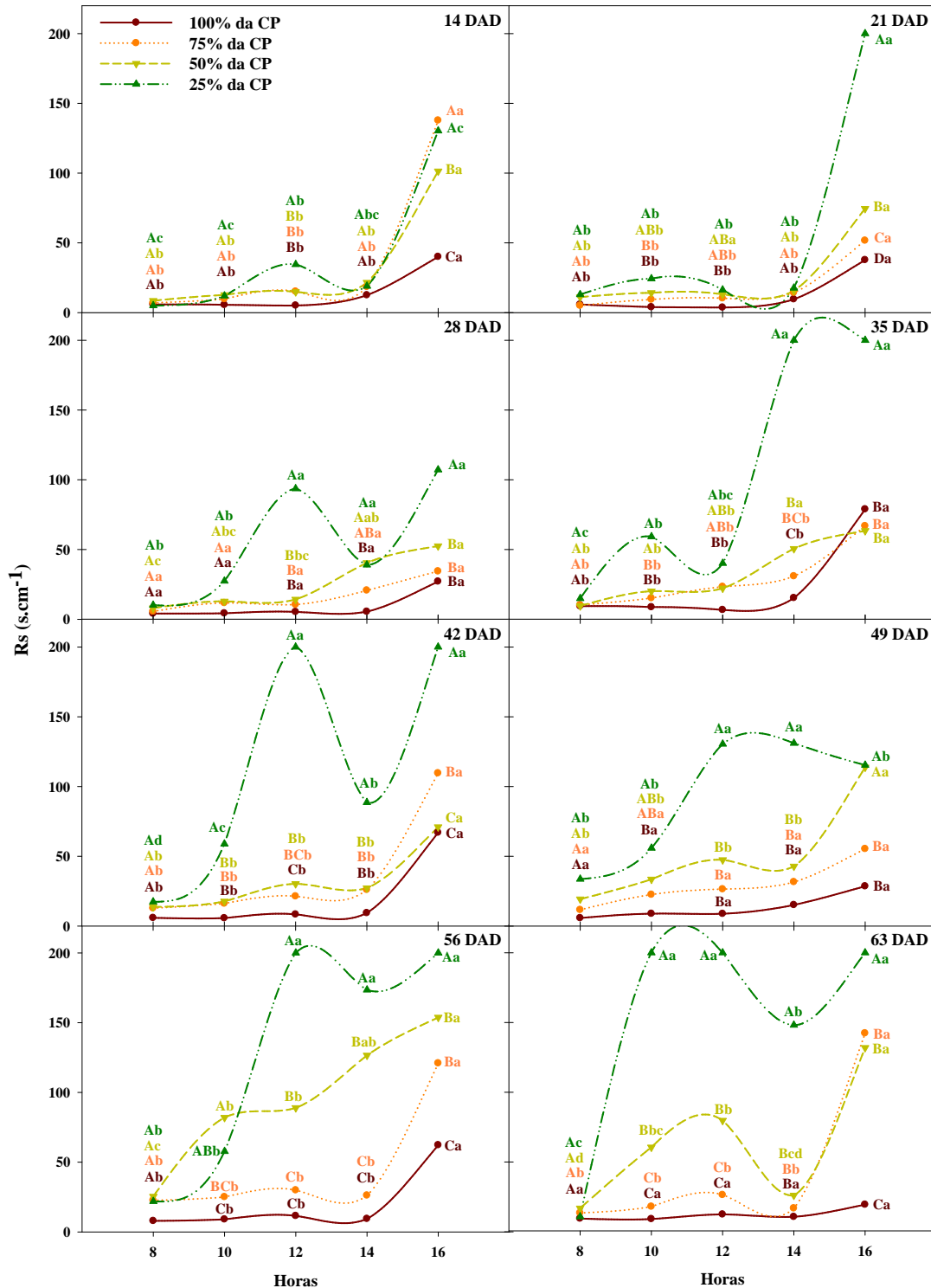


Figura 08. Curso diário da Resistência difusiva (R_s) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) após 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 DAD (Dias após diferenciação) sob diferentes níveis de água no solo. Médias seguidas de mesma letra maiúscula para os tratamentos hídricos e minúscula para as horas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0.05$).

Solutos orgânicos

De maneira geral a baixa disponibilidade hídrica afetou, significativamente, todos os valores relativos à concentração de solutos orgânicos (Tabelas 03 e 04), sendo observado um incremento nos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre nas plantas submetidas ao tratamento 25% da CP (estresse severo), tanto nas folhas quanto nas raízes, em relação aos demais tratamentos estudados.

Avaliando o teor de carboidratos solúveis, verificou-se uma maior concentração média de carboidratos nas folhas ($131,15 \mu\text{mol.g}^{-1}$ MF), comparando-se com as raízes ($41,22 \mu\text{mol.g}^{-1}$ MF). Quanto aos tratamentos, observa-se diferença significativa entre o tratamento 25% da CP e os demais, representado por um aumento de 57,64%, nas plantas sob estresse severo (Apêndice I, Tabela 8), quando comparadas com as plantas dos tratamentos controle nas folhas (Tabela 03). Já nas raízes (Tabela 4), esse incremento foi ainda maior, chegando a 94,80%, quando comparado com os tratamentos 100% da CP (Apêndice I, Tabela 9).

O teor de proteínas solúveis apresentou um comportamento semelhante aos teores de carboidratos solúveis, variando apenas os valores médios para as folhas ($700,86 \mu\text{mol.g}^{-1}$ MF) e raízes ($670,52 \mu\text{mol.g}^{-1}$ MF). Quanto aos tratamentos, observou-se incremento na ordem de 145,99% nas folhas e 101,49% nas raízes das plantas submetidas ao tratamento 25% da CP em relação ao tratamento controle.

As concentrações médias de prolina livre, nas folhas (6,96) e raízes (2,07), das plantas mais estressadas (25% da CP) foram significativamente maiores que nas menos estressadas (100% da CP). Promovendo um aumento de 1.111,38% nas folhas e 1.748,08% nas raízes (Apêndice I, Tabela 9 e 10, respectivamente), das plantas sob estresse severo em relação ao tratamento controle.

De maneira geral os resultados encontrados no presente estudo se assemelham aos obtidos por Clifford et al. (1998) que encontraram uma elevação na concentração de solutos orgânicos, em plantas de *Ziziphus mauritiana* (Lamk.) cultivadas sob diferentes níveis restrições hídricas, afirmando que o aumento na concentração de solutos ocorre em função do aumento da severidade dos tratamentos hídricos. O que pode explicar o comportamento das plantas do estudo em questão.

Larcher (2006) salienta que com a diminuição do Ψ_f , os solutos osmoticamente ativos são sintetizados de maneira diferenciada, ocorrendo na maioria dos casos, um sensível aumento nos teores desses solutos visando à diminuição do potencial osmótico celular resultando na diminuição da perda de água.

Quanto aos valores de prolina, Nogueira et al. (2001) estudando o comportamento de aceroleiras (*Malpighia emarginata*) sob déficit hídrico no solo afirmam que o prolongamento do estresse induz o aumento da concentração de prolina devido à redução de água nos tecidos foliares. Já Hanson (1980) afirma que em plantas cultivadas sem estresse hídrico a prolina apresenta valores sempre baixos, podendo variar de 1 a 5 $\mu\text{mol. g}^{-1}$ de matéria seca. O autor afirma ser comum um aumento de 20 a 100 vezes na concentração desse aminoácido em plantas estressadas, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Tabela 03. Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em folhas em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas sob diferentes níveis de água no solo.

Tratamentos (% da CP)	Carboidratos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Proteína ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Prolina ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)
100	119,16 b	514,34 b	1,23 c
75	113,51 b	497,82 b	6,08 b
50	104,10 b	526,04 b	5,62 b
25	187,84 a	1265,25 a	14,90 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 04. Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em raízes em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas sob diferentes níveis de água no solo.

Tratamentos (% da CP)	Carboidratos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Proteína ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Prolina ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)
100	39,23 b	613,58 b	0,35 c
75	20,84 b	305,62 c	0,88 b
50	28,40 b	526,60 b	0,65 b
25	76,42 a	1236,29 a	6,39 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0.05$).

Conclusões

1. O potencial hídrico e o teor relativo de água das folhas apresentaram-se altamente correlacionados, e ambos foram diretamente afetados pela ação do estresse hídrico. Sendo observadas alterações marcantes no potencial hídrico a partir do 35 dias após a diferenciação dos tratamentos hídricos.

2. De forma geral, 35 dias de exposição a 50% da CP, não afetam o potencial hídrico de plantas jovens de jatobá (*Hymenaea courbaril*), sugerindo que a espécie é capaz de tolerar estresses moderados, durante o referido período.
3. Há indícios de que mudas de jatobá podem se ajustar osmoticamente, devido à alta concentração de solutos orgânicos produzidos pelas plantas sob estresse severo em baixos níveis de potencial hídrico foliar. Entretanto são necessários estudos ecofisiológicos mais aprofundados nas sínteses e rota metabólicas desses solutos, para que essas inferências possam ser melhor compreendidas.
4. As variáveis estudadas foram boas indicadoras fisiológicas, pois facilmente indicaram diferenças entre os tratamentos estudados.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

Referência bibliográfica

AIDAR, M.P.M.; MARTINEZ, C.A.; COSTA, A.C.; COSTA, P.M.F.; DIETRICH, S.M.C. & BUCKERIDGE, M.S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, pp. 79-88. 2002.

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

BEERLING, D. J., OSBORNE, C. P. & CHALONER, W. G. Evolution of leaf-form in land plants linked to atmospheric CO₂ decline in the Late Palaeozoic era. **Nature**. pp. 352-354. 2001.

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

CAIRO, P. A. R. **Aspectos biofísicos e metabólicos de plantas jovens de espécies florestais associados à disponibilidade de água no solo**. Lavras: ESAL. Tese de mestrado em Fisiologia vegetal. 124p. 1992.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* (*S. parahyba* var. *amazonicum*) e *Schizolobium parahyba* (*Schizolobium parahybum*) à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, vol.29, n.6, pp. 907-914. 2005.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v.1 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas. 2003.

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

CHUDNOFF, M. **Tropical Timbers of the World**. USDA Forest Service. Ag. Handbook, Nº 8. 1984.

CLIFFORD, S. C.; STEFAN, K. A.; CORLETT, J. E.; SANGEETA J.; NARENDRA S.; POPP, M.; JONES, H. G. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.). **Journal of Experimental Botany**, Vol. 49, No. 323, pp. 967–977, 1998.

DENADAI, I. A. M. **Avaliação de alguns parâmetros fisiológicos relacionados à resistência à seca em quatro cultivares de trigo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 93 f. 1989.

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.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL. 2000.

HANSON, A. D. Interpreting the metabolic responses of plants to water stress. **HortScience**, Alexandria, 5:623-629, 1980.

KOZLOWSKI, T. T. & PALLARDY, S. G. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. **The Botanical Review**, v.68, n.2, p.270-334. 2002.

KRAMER, P.J. Drought, stress, and the origin of adaptations. In **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. (N.C. Turner, J.P. Kramer, eds.).Wiley, New York, p.7-20. 1980.

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

LEE, Y.T. & LANGENHEIM, J.H. Systematics of the genus *Hymenaea* (Leguminosae: Caesalpinioideae, Detarieae). **University of California. Publication in Botany** 69. 1975.

LELES, P. S. S., CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr. produzidas sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 11-19. 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. v.1. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 1992.

LORENZI H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2002.

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **PHYTON**, v. 68, pp. 97-106. 2000.

MOREIRA, M. A. T.; SOBRINHO, S. P.; SILVA, S. J.; SIQUEIRA, A. G. Superação da dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). <http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n1-1996/TENYARTJ.PDF>. (Acessado em 22.10.2007).

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 a deficiência de água. **PHYTON**, v. 62, n. 1/2, pp. 37-46. 1998.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V., BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13(1):75-87, 2001

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* ENgl. aultivadas sob estresse hídrico. **IHERINGIA**, Ser. Bot., Porto Alegre. v. 57. n. 1, pp. 31-38. 2002.

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

RIZZINI, C. M.; ADUAN, R. E.; JESUS, R. DE.; GARAY, I. Floresta pluvial de tabuleiro, Linhares, ES, Brasil: sistemas primários e secundários. **Leandra**, Rio de Janeiro, v.12, p.54-76, 1997.

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

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R, J, M, C; AZEVEDO NETO, A. D; SANTOS, V, F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasílica**. v. 17, n. 2. pp. 231-246. 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**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004

SLAYTER, R. O. **Plant water relationships**. London. Academic Press. 1967.

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, pp. 338-342. 2000.

VELLINI, A L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V. SCARPANATI E. A. PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, ago. 2008

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 433-34 p. 1991.

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

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse hídrico provocado pela deficiência de água no substrato, em mudas de jatobá, demonstrou ser capaz de alterar o comportamento fisiológico das plantas. Quanto às variáveis de crescimento, no presente estudo, observou-se que as plantas não paralisam seu crescimento quando cultivadas com baixa disponibilidade de água no substrato, na fase inicial de crescimento. No entanto, seu crescimento foi severamente afetado em níveis de água abaixo de 50% da CP. Outro fato importante é que a principal característica do jatobá, em situações de estresse hídrico, é reduzir o número de folhas, sendo essa variável indicada como parâmetro de avaliação desta espécie sob déficit hídrico.

De maneira geral, os resultados relativos ao crescimento corroboram com os obtidos nas relações hídricas e trocas gasosas, onde as plantas submetidas a 50% da CP apresentaram comportamento estatístico semelhante às plantas do tratamento 75% da CP para a maioria das variáveis estudadas nesse estudo.

Outro fato que merece destaque é a superioridade na concentração dos teores de solutos orgânicos nas plantas submetidas ao tratamento 25% da CP, tanto nas folhas quanto nas raízes. Existe, então, a possibilidade de mudas de jatobá se ajustarem osmoticamente quando submetidas à seca, entretanto, para tal inferência torna-se necessários estudos complementares que viabilizem uma melhor compreensão desse comportamento.

De posse desses resultados, sugere-se ao produtor cultivar mudas de jatobá a níveis de 50% da CP sem haver o comprometimento severo do crescimento, relações hídricas e trocas gasosas das mesmas, porém ao cultivá-las abaixo desse valor, a deficiência hídrica poderá comprometer o desenvolvimento normal das plantas.

7. APÊNDICES

APÊNDICE I

Tabela 1. Valores médios e reduções das medidas biométricas de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	Altura (cm)	Redução %	Número de folhas	Redução %	Diâmetro do caule (cm)	Redução %
100	62,60	0,00	20,40	0,00	0,608	0,000
75	51,00	18,53	13,40	34,31	0,509	16,283
50	49,00	21,73	11,80	42,16	0,482	20,691
25	36,20	42,17	7,00	65,69	0,420	30,987

Tabela 2. Valores médios e reduções da avaliação da matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e total (MST) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	MSF	Redução %	MSC	Redução %	MSR	Redução %	MST	Redução %
100	6,10	0,00	7,20	0,00	5,34	0,00	18,60	0,00
75	3,51	42,44	4,12	42,80	4,81	9,91	12,44	33,12
50	2,67	56,30	3,38	53,01	3,21	39,84	9,26	50,21
25	1,40	77,05	2,10	70,83	1,98	62,84	5,50	70,43

Tabela 3. Valores médios e reduções da área foliar (cm²) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	Área foliar (cm ²)	Redução %
100	758,63	0,00
75	477,05	37,12
50	378,7	50,08
25	226,95	70,08

Tabela 4. Valores médios e reduções do potencial hídrico foliar (Ψ_f) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	Ψ_f (35 DAD)			
	Ψ_f (MPa) (pré-down)	Redução %	Ψ_f (MPa) (Meio-dia)	Redução %
100	-0,67	0,00	-0,79	0,00
75	-0,85	-26,73	-1,00	-27,12
50	-0,91	-34,65	-1,03	-30,51
25	-1,27	-88,12	-1,39	-77,12
Tratamentos (% da CP)	Ψ_f (70 DAD)			
	Ψ_f (MPa) (pré-down)	Redução %	Ψ_f (MPa) (Meio-dia)	Redução %
100	-0,52	0,00	-1,37	0,00
75	-0,84	-59,87	-1,79	-30,61
50	-0,94	-79,62	-2,18	-59,51
25	-1,16	-122,29	-2,71	-98,54
Tratamentos (% da CP)	Ψ_f (105 DAD)			
	Ψ_f (MPa) (pré-down)	Redução %	Ψ_f (MPa) (Meio-dia)	Redução %
100	-0,45	0,00	-1,30	0,00
75	-0,56	-25,37	-1,55	-19,49
50	-0,61	-35,82	-1,68	-29,23
25	-0,77	-73,13	-2,07	-59,49

Tabela 5. Valores médios e reduções do Teor Relativo de Água (TRA) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	TRA (%)	Redução %
100	86,22	0,00
75	76,77	10,96
50	72,58	15,82
25	69,25	19,67

Tabela 6. Valores médios e reduções do curso diário da Transpiração (E) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	E ($\mu\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$)									
	8h	Red.%	10h	Red.%	12h	Red.%	14h	Red.%	16h	Red.%
100	2,95	0,00	3,51	0,00	3,17	0,00	2,06	0,00	0,45	0,00
75	2,04	31,00	1,63	53,53	1,37	56,82	1,00	51,43	0,26	40,78
50	1,32	55,10	1,14	67,54	1,18	62,78	0,71	65,52	0,23	48,52
25	1,28	56,69	0,73	79,22	0,60	81,00	0,53	74,16	0,16	63,39

Tabela 7. Valores médios e reduções do curso diário da Resistência difusiva (Rs) do vapor d'água em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	Rs (s.cm^{-1})									
	8h	Red.%	10h	Red.%	12h	Red.%	14h	Red.%	16h	Red.%
100	6,78	0,00	6,92	0,00	7,75	0,00	10,94	0,00	45,12	0,00
75	11,03	-62,69	15,96	-130,70	20,42	-163,52	23,10	-111,13	89,84	-99,13
50	14,06	-107,35	31,71	-358,47	38,85	-401,42	43,89	-301,06	95,29	-111,21
25	15,82	-133,26	61,93	-795,24	114,37	-1376,04	102,10	-832,95	169,09	-274,78

Tabela 8. Valores médios e reduções dos solutos orgânicos em folhas de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	Carboidratos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Inc%	Proteína ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)		Prolina ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	
			Inc%	Inc%	Inc%	Inc%
100	119,16	0,00	514,34	0,00	1,23	0,00
75	113,51	-4,74	497,82	-3,21	6,08	394,31
50	104,10	-12,64	526,04	2,27	5,62	356,91
25	187,84	57,64	1265,25	145,99	14,90	1111,38
Média	131,15	--	700,86	--	6,96	--

Tabela 9. Valores médios e reduções dos solutos orgânicos em raízes de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob diferentes níveis de água no substrato.

Tratamentos (% da CP)	Carboidratos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Inc%	Proteína ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)		Prolina ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	
			Inc%	Inc%	Inc%	Inc%
100	39,23	0,00	613,58	0,00	0,35	0,00
75	20,84	-46,88	305,62	-50,19	0,88	155,55
50	28,40	-27,61	526,59	-14,18	0,65	86,46
25	76,42	94,80	1236,29	101,49	6,40	1748,08
Média	41,22	--	670,52	--	2,07	--

APÊNDICE II

RevistaÁrvore

Journal of Brazilian Forest Science

ISSN 0100-6762 versão impressa

ISSN 1806-9088 versão online

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Escopo e política](#)
- [Forma e preparação de manuscritos](#)
- [Envio de manuscritos](#)

Escopo e política

A Revista *Árvore* é um veículo de divulgação científica publicado pela Sociedade de Investigações Florestais - SIF (CNPJ 18.134.689/0001-80). Ela publica, bimestralmente, trabalhos originais de contribuição científica, no campo da Ciência Florestal: áreas de Silvicultura, Manejo Florestal, Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais e Meio Ambiente e Conservação da Natureza, Ciências Biológicas. O artigo submetido tem seu conteúdo avaliado pelo Editor-Executivo, seu mérito científico avaliado por um dos editores-científico e a seleção dos revisores, especialistas e com doutorado na área pertinente, realizada pelo Editor-Chefe. Ao final do processo, se aprovado pelos três revisores, a comissão editorial fará a avaliação final para sua aprovação ou não.

Política editorial

Manter elevada conduta ética em relação à publicação e seus colaboradores; rigor com a qualidade dos artigos científicos a serem publicados; selecionar revisores capacitados e ecléticos com educação ética e respeito profissional aos autores e ser imparcial nos processos decisórios, procurando fazer críticas sempre construtivas e profissionais.

Público Alvo

Comunidade, nacional e internacional, de professores, pesquisadores, estudantes de pós-graduação e profissionais dos setores públicos e privado da área de Ciência Florestal.

Forma e preparação de manuscritos

Primeira Etapa (exigida para submissão do artigo)

Para publicar artigos na Revista *Árvore*, pelo menos um do(s) autor(es) deverá ser assinante ou revisor e incluir no mínimo dois artigos da revista nas referências. Não é permitido a inclusão de novo(s) autor(es) no artigo a "posteriori".

- O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade desta revista e não representam necessariamente as opiniões da Sociedade de Investigações Florestais (SIF), sendo o autor do artigo responsável pelo conteúdo científico do mesmo.

- Ao submeter um artigo, o(s) autor(es) deve(m) concordar(em) que seu copyright seja transferido à Sociedade de Investigações Florestais - SIF, se e quando o artigo for aceito para publicação.

O Artigo deverá apresentar as seguintes características: espaço 1,5; papel A4 (210 x 297 mm), com margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5 cm; fonte Times New Roman 12; e conter no máximo 16 laudas, incluindo quadros e figuras. Artigos com mais de 16 laudas terão os custos adicionais cobertos pelo(s) autor(es), na base de R\$40,00/página.

Na primeira página deverá conter o título do trabalho, o resumo e as Palavras-Chaves. Nos artigos em português, os títulos de quadros e figuras deverão ser escritos também em inglês; e artigos em espanhol e em inglês, os títulos de quadros e figuras deverão ser escritos também em português. Os quadros e as figuras deverão ser numerados com algarismos arábicos consecutivos, indicados no texto e anexados no final do artigo. Os títulos das figuras deverão aparecer na sua parte inferior antecedidos da palavra Figura mais o seu número de ordem. Os títulos dos quadros deverão aparecer na parte superior e antecedidos da palavra Quadro seguida do seu número de ordem. Na figura, a fonte (Fonte:) vem sobre a legenda, à direita e sem ponto-final; no quadro, na

parte inferior e com ponto-final. As figuras deverão estar exclusivamente em tons de cinza e, no caso de coloridas, será cobrada a importância de R\$100,00/página.

O artigo em PORTUGUÊS deverá seguir a seguinte seqüência: TÍTULO em português, RESUMO (seguido de Palavras-chave), TÍTULO DO ARTIGO em inglês, ABSTRACT (seguido de key words); 1. INTRODUÇÃO (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIAL E MÉTODOS; 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO; 4. CONCLUSÃO (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 5. AGRADECIMENTOS (se for o caso); e 6. REFERÊNCIAS, alinhadas à esquerda.

O artigo em INGLÊS deverá seguir a seguinte seqüência: TÍTULO em inglês; ABSTRACT (seguido de Key words); TÍTULO DO ARTIGO em português; RESUMO (seguido de Palavras-chave); 1. INTRODUCTION (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIAL AND METHODS; 3. RESULTS AND DISCUSSION; 4. CONCLUSIONS (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 5. ACKNOWLEDGEMENTS (se for o caso); e 6. REFERENCES.

O artigo em ESPANHOL deverá seguir a seguinte seqüência: TÍTULO em espanhol; RESUMEN (seguido de Palabra-llave), TÍTULO do artigo em português, RESUMO em português (seguido de palavras-chave); 1. INTRODUCCIÓN (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIALES Y METODOS; 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES; 4. CONCLUSIONES (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 5. RECONOCIMIENTO (se for o caso); e 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Os subtítulos, quando se fizerem necessários, serão escritos com letras iniciais maiúsculas, antecedidos de dois números arábicos colocados em posição de início de parágrafo.

O resumo deverá ser do tipo informativo, expondo os pontos relevantes do texto relacionados com os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões, devendo ser compostos de uma seqüência corrente de frases e conter, no máximo, 250 palavras.

No texto, a citação de referências bibliográficas deverá ser feita da seguinte forma: colocar o sobrenome do autor citado com apenas a primeira letra maiúscula, seguido do ano entre parênteses, quando o autor fizer parte do texto. Quando o autor não fizer parte do texto, colocar, entre parênteses, o sobrenome, em maiúsculas, seguido do ano separado por vírgula. As referências bibliográficas utilizadas deverão ser

preferencialmente de periódicos nacionais ou internacionais de níveis A/B do Qualis. A Revista *Árvore* adota as normas vigentes da ABNT 2002 - NBR 6023. Citar pelo menos dois artigos da Revista *Árvore* e incluir as citações bibliográficas na discussão e metodologia.

Para submeter um artigo à Revista, o(s) autor(es) deverá(ão) entrar no site <www.revistaarvore.ufv.br> e clicar em ARTIGOS e depois SUBMETER ARTIGO.

A Revista *Árvore* publica artigos em português, inglês e espanhol. No caso das línguas estrangeiras, será necessária a declaração de revisão lingüística de um especialista.

Segunda Etapa (exigida para publicação)

Depois do artigo ter sido analisado pelos editores, ele poderá ser devolvido ao (s) autor (es) para adequações às normas da Revista ou simplesmente negado por falta de mérito ou perfil. Quando aprovado pelos editores, o artigo será encaminhado para três revisores, que emitirão seu parecer científico. Caberá ao(s) autor(es) atender às sugestões e recomendações dos revisores; caso não possa (m) atender na sua totalidade, deverá (ão) justificar ao Comitê Editorial da Revista.

Envio de manuscritos

O artigo a ser submetido à publicação deverá ser encaminhado unicamente através do Sistema de Submissão Eletrônica de Artigos da Revista *Árvore* no endereço: www.revistaarvore.ufv.br.

APÊNDICE III



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

OBJETIVOS:

Cerne é um periódico de divulgação científica do Centro de Estudos em Recursos Naturais Renováveis, em parceria com o Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras. A revista publica, trimestralmente, artigos originais de contribuição científica em Ciência Florestal 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.

Manuscritos submetidos em desacordo com as normas não serão considerados.

ANÁLISE DOS ARTIGOS

Os manuscritos submetidos são avaliados, preliminarmente, por um dos editores científicos da área pertinente. Nesta pré-análise, o manuscrito pode não ser aceito para publicação, sendo devolvido aos autores, ou ser preliminarmente aceito, sendo submetido à análise de, pelo menos, dois revisores (referees) especialistas no tema e em

nível de doutorado. Com base nos pareceres dos revisores, a comissão editorial decide, em última instância, sobre a conveniência ou não da publicação.

SUBMISSÃO

Originais: quatro vias impressas e uma via em disquete 3,5" ou CD, com texto e ilustrações. Das vias impressas apenas uma deve conter os nomes dos autores.

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, nítidos e com contraste, escaneados, 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 de uma das quatro vias do manuscrito, com as seguintes informações: 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.

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.

ENCAMINHAMENTO DOS ARTIGOS

A carta de encaminhamento deve ser assinada por todos os autores.

Revista 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@ufla.br <http://www.dcf.ufla.br/cerne>

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.