

MARCELLE ALMEIDA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Eucalyptus citriodora* HOOK  
SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

Recife - PE  
2008

MARCELLE ALMEIDA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Eucalyptus citriodora* HOOK  
SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), na área de concentração em Silvicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientadora:**

Profª. Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira

**Co-orientador:**

Prof. Dr. Mauro Guida dos Santos

Recife - PE

2008

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Eucalyptus citriodora* HOOK  
SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), na área de concentração em Silvicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais.

**Dissertação defendida em: 27 de fevereiro de 2008**

**Orientadora:**

---

Profa. Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira– UFRPE

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Marco Antônio Amaral Passos

---

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva

---

Profa. Dra. Suzene Izídio da Silva

*Ao meu pai Mário, meu grande mestre e à  
minha avó Maria de Jesus “in memorian”,  
eternas saudades meus grandes amores.*

***Ofereço***

*A minha Mãe Silvia, meu avô José,  
meu marido Valter , minha irmã  
Danielle e meu sobrinho João Mario.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, razão de tudo em minha vida, por me dar a oportunidade de existir e conhecer o seu amor.

À Profa. Dra. Rejane J. Mansur Custodio Nogueira pela forma carinhosa que me acolheu, pela orientação científica, pelo apoio, confiança, incentivo e oportunidade.

À Profa. Dra. Suzene Izidio da Silva, “Mãe científica”, por me tornar o que sou hoje e pela incondicional amizade e confiança.

À Elizamar, que sempre esteve presente nos momentos mais difíceis compartilhando de seus ensinamentos e sabedoria na elaboração desse trabalho.

Aos amigos Márcio e Eric pela amizade, paciência ajuda na condução do experimento e pelas horas de descontração que compartilhamos.

À minha “pãe” pai e mãe Silvia pessoa mais importante de toda minha existência.

Ao meu marido Manoel “Valter” pelo amor e enorme paciência durante este período.

A André Dias de Azevedo Neto “Deco”, pela ajuda, amizade e paciência na elaboração dos gráficos.

Ao Prof. Dr. Aleixo pela amizade e paciência nas análises estatísticas.

À Marília pelo carinho e amizade no final desta jornada.

À minha irmã Fernanda “velhota”, pela amizade e paciência nas horas de desabafo.

À Roberta, pelo estímulo, amizade e confiança que construímos ao longo destes quatro anos de convivência.

Às criaturas nefastas Pai Gilo, Fernanda, Juliana “Jubiléia”, Aurenívia “Auresvânea”, Claudia “Biri”, João, Dani Dark, Luiggi, Manoel, Kirley, Ise e Vó Maria pelos grandes momentos de relax em que passamos juntos.

Ao pesquisador do IPA, Dr. Américo, pela concessão das mudas.

À amiga Alice, pela paciência e ajuda na condução do experimento.

A Frank, o secretário mais organizado da Rural.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Biologia pela dedicação, amizade ou pelo convívio que fizeram presente nesta conquista.

À CAPES pelo suporte financeiro.

À minha família, pela compreensão, ajuda e carinho a mim dispensados neste período tão difícil.

À todos, e não só alguns, que compõem o Laboratório de Fisiologia Vegetal, Elizamar, Eric, Marcio, Alice, Hugonildo, Érika, Danubia, Cinthya, Hugolino, Marcelo, Ana, Marcos, Nilson, Helton e Manuela pela amizade, ajuda e agradável convivência.

## RESUMO GERAL

Com o objetivo de estudar a influência do déficit hídrico nas trocas gasosas, potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água e crescimento de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., foi desenvolvido uma pesquisa em casa de vegetação e no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, entre os meses de abril a julho de 2007, com período experimental de 75 dias. Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., propagadas sexuadamente, produzidas pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA (Estação Experimental de Itapirema – PE). As mudas foram cultivadas em vasos de polietileno contendo 5,5 kg de solo. O delineamento experimental foi constituído de seis tratamentos hídricos (100% da capacidade de pote (CP); 75% da CP; 50% CP; 25% CP e Suspensão de Rega (SR) e intervalo de 15 dias entre rega) com seis repetições. Foram avaliadas quinzenalmente a transpiração (E), resistência difusiva ( $r_s$ ), temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), déficit de pressão de vapor (DPV), potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e conteúdo relativo de água (CRA). As variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule), foram mensuradas semanalmente. Ao final do experimento, as plantas tiveram seus órgãos separados em folhas, caule e raiz. Em seguida pesou-se a matéria seca das folhas (MSF), caule (MSC) e das raízes (MSR), de posse desses dados foi calculada a matéria seca total (MST) e a relação raiz/parte aérea (R/Pa). Com os dados da matéria seca foi calculada a alocação da biomassa das folhas (ABF), caule (ABC) e raiz (ABR). Além disso, também foi calculada área foliar, área foliar específica e razão de área foliar. As variáveis E,  $r_s$ ,  $\Psi_w$  e CRA não sofreram diferenças significativas em função da baixa disponibilidade hídrica no solo (25% CP). Para as variáveis de crescimento também foram constatadas diferenças significativas na altura, número de folhas e diâmetro do caule, matéria seca das folhas, caules e raízes e total. Na alocação de biomassa as plantas aumentaram apenas a alocação para as folhas e para o caule e reduziram a relação raiz/parte aérea. A área foliar e a área foliar específica não diferiram estatisticamente entre nenhum dos tratamentos hídricos. Os dados sugerem que plantas de *E. citriodora* são tolerantes a baixos níveis de umidade do solo (25% da CP). Plantas com 75% da CP se desenvolvem melhor quando comparadas aos demais tratamentos hídricos. Os dados sugerem que plantas de *E. citriodora* são tolerantes a seca.

Palavras-chave: Trocas gasosas, resistência difusiva, relações hídricas, crescimento.

## ABSTRACT

In order to study the influence of water deficit on gas exchange, leaf water potential, relative water content, and growth in young eucalyptus plants (*Eucalyptus citriodora* Hook, a research was performed in greenhouse conditions at the Laboratory of Plant Physiology belonging to Departamento de Biologia of the Universidade Federal Rural de Pernambuco, from April to July, 2007, in a 75-days experimental period. Seedlings of *Eucalyptus citriodora* Hook. sexually propagated came from Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA (Estação Experimental de Itapirema – PE) were used. The seedlings were cultivated in vases containing 5.5 kg of soil. A randomized experimental design was used with six water treatments (100% of field capacity (FC); 75% FC; 50% FC; 25% FC, withholding water (WW), and 15-days intervals between watering, with six replicates. Transpiration (E), diffusive resistance ( $r_s$ ), air temperature ( $T_{air}$ ), relative humidity (RH), photosynthetically active radiation (PAR), vapor deficit pressure (VDP), leaf water potential ( $\Psi_w$ ), and relative water content (RWC) were evaluated biweekly. Plant height, number of leaves and stem diameter were measured weekly. At the end of the experimental period the leaves, stem, root and total dry matter, and root to shoot ratio were determined. Biomass allocation to the shoot (BAS) and root (BAR), as much as leaf area (LA), specific leaf area (SLA) and leaf area ratio (LAR) were calculated. The low water availability (25% FC) did not significantly affect E,  $r_s$ ,  $\Psi_w$  and RWC. There were significant differences to plant height, number of leaves, stem diameter, leaves, stem, root and total dry matter also. Biomass allocation increased to the leaves and stem and decreased root to shoot ratio. There were no significant differences among water treatment to leaf area and to specific leaf area. Data suggest that *E. citriodora* plants are tolerant to low soil humidity levels (25% FC). Plants cultivated under 75% FC showed a better development in comparison to the other water treatments. The results suggest that *E. citriodora* is drought-tolerant.

Key words: gas exchange, diffusive resistance, water relations, growth.

**LISTA DE ABREVIATURAS**

ABC	Alocação de Biomassa do Caule
ABF	Alocação de Biomassa da Folha
ABR	Alocação de Biomassa da Raiz
CP	Capacidade de Pote
AF	Área Foliar
AFE	Área Foliar Especifica
CRA	Conteúdo Relativo de Água
CR	Ciclo de Rega
DAD	Dias após Diferenciação
DPV	Déficit de Pressão de Vapor
E	Transpiração
MSC	Matéria Seca Caule
MSF	Matéria Seca Folha
MSR	Matéria Seca Raiz
MST	Matéria Seca Total
PAR	Radiação Fotossinteticamente Ativa
RAF	Razão de Área Foliar
R/Pa	Razão Raiz/Parte aérea
rs	Resistência Difusiva
SR	Sem Rega
Tar	Temperatura do ar
UR	Umidade Relativa
$\Psi_w$	Potencial Hídrico Foliar
$\Psi_{md}$	Potencial Hídrico do meio-dia
$\Psi_{pd}$	Potencial Hídrico Pre-dawn

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1:** Curso diário do comportamento estomático (transpiração (E) e resistência difusiva (rs) do vapor d'água em plantas jovens de (*Eucalyptus citriodora* Hook.) cultivadas em casa de vegetação..... 33

### Capítulo 2

**Figura 1:** Valores médios e desvios-padrão da matéria seca das folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) de plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a diferentes regimes hídricos..... 56

**Figura 2:** Alocação de biomassa da folha (ABS), do caule (ABC), da raiz (ABR) de plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a diferentes regimes hídricos. \*Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey..... 57

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1:</b> Valores obtidos do Teste de Esfericidade de Mauchly para as variáveis analisadas.....	36
<b>Tabela 2:</b> Transpiração (E) em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.....	38
<b>Tabela 3:</b> Resistência difusiva ( $r_s$ ) em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água .....	39
<b>Tabela 4:</b> Potencial hídrico e ao meio-dia $\Psi_{pd}$ em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água .....	41
<b>Tabela 5:</b> Potencial hídrico pre-dawn $\Psi_{pd}$ em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água .....	42
<b>Tabela 6:</b> Potencial hídrico ao meio-dia ( $\Psi_{md}$ ) e potencial pre-dawn ( $\Psi_{pd}$ ) em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> submetidas à suspensão de rega comparada com as plantas do tratamento controle aos 15 e 30 dias após a diferenciação – DAD .....	42
<b>Tabela 7:</b> CRA das plantas de <i>Eucalyptus citriodora</i> submetidas a déficit hídrico (100%, 75%, 50% e 25% da CP) em plantas sob suspensão total de rega e plantas sob intervalos quinzenais de rega nas diferentes épocas de avaliação.....	44

### Capítulo 2

<b>Tabela 1:</b> Altura (cm) de plantas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	53
<b>Tabela 2:</b> Número de folhas de plantas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	54
<b>Tabela 3:</b> Diâmetro do caule (cm) de plantas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	54
<b>Tabela 4:</b> Razão raiz/parte aérea (R/Pa) em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> cultivadas por um período de 75 dias em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.....	58
<b>Tabela 5:</b> Área foliar, área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) em plantas de <i>Eucalyptus citriodora</i> submetidas a déficit hídrico.....	59

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1- INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2- REVISÃO DE LITERATURA .....	16
2.1 Considerações sobre o gênero.....	16
2.2 Estresse hídrico .....	17
2.3 Os efeitos do déficit hídrico nas trocas gasosas e relações hídricas.....	17
2.4 Os efeitos do déficit hídrico no crescimento dos vegetais.....	20
2.5 Análise estatística.....	22
2.6 Medidas repetidas ao longo do tempo .....	22
3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
4 - CAPÍTULO 1 - Avaliação das trocas gasosas do potencial hídrico foliar e do conteúdo relativo de água em mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> HOOK. submetidas a diferentes tratamentos hídricos .....	29
RESUMO .....	30
ABSTRACT .....	30
INTRODUÇÃO .....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
Transpiração e Resistência difusiva .....	36
Potencial hídrico foliar e conteúdo relativo de água.....	40
CONCLUSÕES .....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
5 - CAPÍTULO 2 - Efeito de diferentes tratamentos hídricos no crescimento de mudas de <i>Eucalyptus citriodora</i> HOOK. em casa de vegetação.....	48
RESUMO .....	49
ABSTRACT .....	49
INTRODUÇÃO .....	50

	xiii
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
Altura, número de folhas e diâmetro do caule .....	52
Matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR) .....	55
Alocação de biomassa da folha (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) e a relação raiz parte aérea (R/Pa) .....	57
Área foliar (AF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) .....	59
CONCLUSÕES .....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
7 - APÊNDICE.....	63
8 - ANEXOS.....	70
Normas para publicação de artigos na Revista <i>Árvore</i> .....	71
Normas para a Publicação de Artigos na Revista <i>Cerne</i> .....	73

## 1- INTRODUÇÃO GERAL

Pertencente à família Myrtaceae, ordem Myrtales das Angiospermas, o gênero *Eucalyptus* detém cerca de 750 espécies e variedades endêmicas em todo País de origem (PRYOR, 1976; LIMA, 1993).

São plantas madeireiras, sempre verdes, que ocupam diversos ambientes, desde áreas pantanosas até muito secas, com ocorrência de espécies em solos de baixada, de alta fertilidade e até em solos arenosos muito pobres (ASSIS, 1986).

Sua diversidade em espécies confere ao gênero *Eucalyptus* uma grande fonte de madeira que varia de acordo com suas características físicas e mecânicas. Seu uso se destina à fabricação de papel e celulose, carvão vegetal, estacas, mourões, postes entre outros (BOLAND et al., 1994).

Além dos usos tradicionais, há uma forte tendência na utilização de madeiras para fins mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste pela falta de opção de espécies nativas decorrente do desmatamento (DRUMOND, 2006).

Diante disto, o setor florestal brasileiro, constituído principalmente pelas indústrias de celulose e papel, produção de carvão vegetal, madeira serrada, chapas e aglomerados, vêm ocupando lugar de destaque na economia nacional (SILVEIRA et al., 2001). Em 2002, o setor florestal brasileiro disponibilizou dois milhões de empregos dos quais 500 mil foram de empregos diretos nas plantações. Neste mesmo ano o Brasil foi a 8ª maior nação a exportar produtos florestais participando com 3,73% do total mundial, contribuindo com US\$ dois bilhões em impostos e participando com 4% no PIB nacional (LEITE e ANDRADE, 2002).

Com a crescente utilização do eucalipto para diversos fins, faz-se necessário um maior número de informações sobre seu cultivo, inclusive sobre sua fisiologia, principalmente em relação à disponibilidade de água no “substrato”, o qual tem sido observado em diversas espécies florestais, inclusive em espécies do gênero *Eucalyptus*. (FERREIRA et al., 1999; LOPES et al., 2005).

Segundo Larcher (2000), quando a disponibilidade de água no solo é menor que a requerida pela planta, todos os processos de desenvolvimento do vegetal são afetados, ocorrendo à queda da pressão de turgescência e conseqüentemente provocando o murchamento das folhas, cessando a ação mecânica da água para o aumento do volume celular, reduzindo e interrompendo seu completo crescimento.

A redução ou a interrupção completa do crescimento é considerada a primeira e mais

séria consequência fisiológica para as plantas ao déficit hídrico, uma vez que compromete toda fisiologia da planta (CAIRO, 1995; HOPKINS, 1995; LARCHER, 2000).

De acordo com Pimentel (2004), o estresse hídrico, seja ele deficiência ou excesso da disponibilidade de água, provoca respostas específicas em cada espécie e vai depender da intensidade e velocidade em que o estresse for aplicado e suas respostas devem ser investigadas para que se obtenham informações necessárias para o cultivo e produção das espécies de interesse.

De maneira geral, torna-se de grande importância o estudo dos mecanismos e fatores empregados nesses processos, para o esclarecimento das estratégias de sobrevivência que permitem o desenvolvimento e reprodução das plantas em seu ambiente natural (MATTOS, 1992).

Muitos trabalhos têm sido realizados com eucalipto visando avaliar a competição das plantas daninhas pela água do solo (SILVA et al., 2000b; SILVA et al., 2004), a absorção de nutrientes (SILVA et al., 2000a), as relações hídricas e trocas gasosas (FERREIRA et al., 1999). Em adição, a Embrapa Semi-Árido, através do Programa Nacional de Pesquisa Florestal no Semi-Árido brasileiro, implantou diversos experimentos em diferentes localidades (municípios dos estados da Bahia: Caetité, Contendas do Sincorá, Brumado, Euclides da Cunha, de Pernambuco: Trindade e Petrolina; da Paraíba: Umbuzeiro e Souza, do Rio Grande do Norte: Pedro Avelino e, do Ceará: Barbalha) com o objetivo de selecionar espécies do gênero *Eucalyptus* potenciais para a região Semi-Árida do Brasil. (DRUMOND e OLIVEIRA, 2006).

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento, trocas gasosas e as relações hídricas de mudas de *Eucalyptus citriodora* HOOK. submetidas a diferentes tratamentos hídricos.

## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Considerações sobre o gênero

O gênero *Eucalyptus* possui uma grande plasticidade e dispersão mundial, desenvolvendo-se satisfatoriamente em grande amplitude edafoclimática sendo amplamente utilizada em plantios agroflorestais e reflorestamentos. São plantas madeireiras, sempre verdes, que ocupam diversos ambientes, desde áreas pantanosas até muito secas, com ocorrência de espécies em solos de baixada, de alta fertilidade e até em solos arenosos muito pobres (ASSIS, 1986; ELDRIDGE, 1975). Cresce numa velocidade impressionante, mas nem por isso deixa de formar uma madeira forte e bastante resistente (TAVARES et al., 1970; CARVALHO, 1971; LIMA et al., 1979).

De acordo com Rocha e Santos (2007), além disso, algumas espécies de *Eucalyptus* possuem propriedades medicinais. Elas são ricas em tanino e óleos essenciais, tendo emprego no uso popular para doenças de chagas, úlceras e outras enfermidades do tecido epitelial. São utilizadas na produção de xaropes, loções e pastilhas peitorais para combater resfriados e afecções das vias respiratórias.

Na indústria de pasta para papel de fibra curta, é conhecida a importância crescente das pastas de eucalipto para o fabrico de uma vasta gama de papéis, de impressão, escrita, sanitária e doméstica (SANTOS et. al., 2004).

Entre os anos de 1975 a 1984 a produção nacional de *Eucalyptus* foi estimada em torno de 340 toneladas, destes, 60 toneladas eram de *E. globulus*, 80 toneladas de *E. staigeriana* e 200 toneladas eram de *E. citriodora*. Neste mesmo período, a produção de óleo de *E. citriodora* no Brasil foi estimada em 900 toneladas ao ano (VITTI e BRITO, 2003).

Os óleos essenciais são substâncias orgânicas voláteis e muito conhecidas pelo cheiro que caracteriza certas plantas como no caso do mentol das hortelãs, da mesma forma o cheiro do eucalipto é dado pelo eucaliptol. O aroma das plantas que possuem óleos essenciais é feito da combinação de diversas frações. Podem estar em um só órgão vegetal ou em toda planta onde atuam atraindo polinizadores, regulando a transpiração e intervindo na polinização (MARTINS et. al, 2003).

O óleo de eucalipto comercializado é destinado a fabricação de produtos farmacêuticos, estimulantes da secreção nasal, produtos de higiene bucal, e ainda sendo usado para dar sabor e aroma aos medicamentos. Os óleos também são utilizados na indústria de

perfumes, porém são mais usados nos produtos de limpeza como sabão e desinfetante (ROCHA e SANTOS, 2007).

## **2.2 Estresse hídrico**

A água é substância fundamental a vida, sendo uma das primeiras substâncias a serem procuradas como indício da possibilidade de vida em outros planetas (PIMENTEL, 2004). Ela é essencial ao metabolismo das plantas, portanto, seria esperado que em ambientes mais úmidos a produção de princípios ativos fosse maior (SILVA et al., 2002).

É ela o principal constituinte do vegetal, representando 50% da massa fresca nas plantas lenhosas e cerca de 80 a 95% nas plantas herbáceas, sendo necessário para o transporte de solutos e gases, como reagente no metabolismo vegetal, na turgescência celular e na abertura do poro estomático (FIGUEIRÔA et al., 2004).

Segundo Munns (2002), em condições de baixa disponibilidade hídrica no solo, o metabolismo das plantas pode ser influenciado por vários processos, como o fechamento estomático, o decaimento na taxa de crescimento, o acúmulo de solutos e antioxidantes e a expressão de genes específicos do estresse.

As respostas das plantas ao déficit hídrico podem ser classificadas geralmente como mecanismos para escapar, evitar ou tolerar o estresse. O escape pode ser alcançado através do rápido crescimento e desenvolvimento da plasticidade, pelo qual a coincidência de estágios críticos de desenvolvimento com períodos de seca é evitado. Evitar o estresse hídrico envolve mecanismos para reduzir a perda de água ou aumentar a absorção da mesma. A tolerância ao estresse implica na habilidade de sobreviver a longos períodos de déficit hídrico e deve envolver mecanismos como o ajustamento osmótico (LAWN, 1982; LARCHER, 2000).

Parâmetros devem ser estabelecidos para que se possa indicar a tolerância a estresses abióticos em plantas e assim melhorar a produção e ajudar a selecionar material genético mais resistente e produtivo (NOGUEIRA e SILVA, 2002).

A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial (SANTOS e CARLESSO, 1998).

## **2.3 Os efeitos do déficit hídrico nas trocas gasosas e relações hídricas**

Segundo Pimentel (2004) as folhas devem manter a comunicação entre as células e a atmosfera, que contem o dióxido de carbono necessário à nutrição vegetal. O inevitável

resultado disto é o processo de perda de água conhecido como transpiração e, se a transpiração excede a absorção de água, a planta murcha ou mesmo morre.

Taiz e Zeiger (2004) explicam que a transpiração é uma forma eficaz do calor ser dissipado e que este calor dissipa-se porque as moléculas de água que escapam para a atmosfera têm energia maior que a média, o que causa a quebra das ligações que seguram o líquido. Larcher (2006) traduz a transpiração como sendo o vapor d'água que escapa do tecido da planta por um processo de difusão e por meio de um fluxo em massa devido à diferença de pressão de vapor entre os espaços intercelulares e o ambiente.

Dada a sua importância, a transpiração além de influenciar no processo de absorção e distribuição de água e sais minerais, contribui para o resfriamento da planta, em especial da folha, devido a constante renovação de água em seu interior (ODUM, 1986; CAIRO, 1995; PIMENTEL, 2004), e que a perda dessa água através da transpiração pode ser controlada através do fechamento estomático.

Esse processo de fechamento estomático eleva a temperatura foliar (LUTTGE, 1997), concorrendo para a perda da turgescência dos tecidos. Na ausência de transpiração, a temperatura da folha pode chegar a um nível letal (LAMBERS et al., 1998).

Se o fluxo de água do solo para a planta não atender à demanda atmosférica, poderá haver um declínio temporário da transpiração. Sendo assim, a perda total de água por transpiração depende de fatores relacionados ao clima, à planta e ao solo (FERRI, 1979).

De acordo com Larcher (2000) na medida em que há alteração na diferença de pressão de vapor entre a superfície da planta e o ar que a envolve, ocorre alteração na transpiração, que se intensifica com a diminuição da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar.

Segundo Ferri (1979), o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos é consequência da diferença de turgescência entre as células-guarda e as células da epiderme adjacentes. Se a turgescência das células-guarda torna-se maior do que a das células subsidiárias, os estômatos se abrem e, se a situação é inversa, eles se fecham (LARCHER, 2000; LARCHER 2006),

Nogueira e Silva (2002) encontraram reduções acentuadas na transpiração de plantas de baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), submetidas a estresse moderado e severo, quando comparadas com as plantas do tratamento controle. Em adição Silva et al., (2003), trabalhando com três espécies lenhosas em condições controladas, constataram que houve redução na transpiração em todas as espécies cultivadas sob deficiência hídrica.

Em condições de estresse hídrico, muitas plantas utilizam o fechamento parcial ou

total dos estômatos como uma forma de diminuir a perda de água e, por conseguinte assegurarem a sua sobrevivência em situação adversa.

Alguns autores têm observado que o decréscimo da disponibilidade de água no solo causa a diminuição do potencial da água na folha, o que leva a perda de turgescência e ao fechamento estomático (MANSUR e BARBOSA, 2000).

A resposta das plantas ao potencial de água no solo tem sido estudada por muitos pesquisadores, entretanto, o potencial de água no solo não indica de maneira geral as condições de déficit ou excesso de água na profundidade do solo explorado pelo sistema radicular nas plantas (CARLESSO, 1995).

Dessa forma, Carlesso (1995) faz restrição ao uso do potencial de água do solo para caracterizar a intensidade de ocorrência de déficit hídrico. Plantas resistentes à seca possuem uma alta velocidade de transpiração, o que favorece a retirada de água do solo (JAMES, 1967).

O nível interno de água em uma planta dependerá do balanço entre as quantidades de água eliminada e absorvida, essa variável como o potencial hídrico no interior da planta oscila entre valores máximos e mínimos. Essa variação interna dos potenciais constitui uma resposta da planta a influência da demanda evaporativa da atmosfera sendo também uma consequência de uma redução gradativa da disponibilidade de água no solo (CAIRO, 1995). Portanto, é natural que durante o dia, o potencial hídrico foliar diminua bastante em relação ao potencial hídrico do solo.

Perez (1998), avaliando o potencial hídrico foliar em algarobeiras cultivadas em solo do cerrado, verificou que a resistência à seca aumentou com a idade da planta. De modo semelhante, Perez e Fanti (1999), estudando *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., observaram que na presença de estresse hídrico, as plantas com 90 dias após emergência (DAE) demonstraram mais resistência à seca do que as plantas com 30 dias após emergência (DAE).

Em conjunto com o potencial hídrico foliar, o TRA (Teor Relativo de Água) é uma variável de fácil mensuração que demonstra o grau do estresse em que a planta se encontra. Segundo Pimentel (2004), o TRA, apesar de ser uma medida de fácil mensuração, pode ser um melhor indicador da intensidade do estresse por seca, principalmente em plantas que não fazem o ajuste osmótico.

O TRA de uma folha precisa ser entendido como um indicativo do grau de turgescência celular, enquanto o potencial hídrico foliar é um parâmetro que dá idéia de fluxo energético (CAIRO, 1995).

Quando a disponibilidade de água no solo diminui e a planta precisa continuar a absorver água, um dos mecanismos de tolerância à seca, sob baixo conteúdo de água, é o acúmulo ativo de solutos osmoticamente ativos na célula. Como foi dito anteriormente, com a desidratação severa, há um acúmulo de açúcares solúveis e aminoácidos, que podem ser úteis para o ajuste osmótico (PIMENTEL, 2004).

Taiz e Zeiger (2004) ressaltam que o ajuste osmótico é um aumento do líquido celular e que este independe das mudanças de volume resultantes da perda de água.

Com o ajustamento osmótico a planta consegue extrair mais água e perder menos água para meio, desta forma podendo manter seus estômatos abertos e assim continuar assimilando CO<sub>2</sub>, pois os solutos acumulados neste período de deficiência hídrica como o carbono e o nitrogênio poderão ser reaproveitados, após a reidratação, para a produção de biomassa (PIMENTEL, 2004).

Diante desse acontecimento, vem-se realizando vários estudos sobre a fenologia de diversas espécies arbóreas (BARBOSA et al., 1989), germinação de sementes e desenvolvimento de mudas (FELICIANO, 1989), os aspectos morfo-fisiológico durante períodos úmidos e de estresse hídrico (CAMPOS, 1991), a morfologia e o poder germinativo dos frutos (SOUTO, 1996), a florística e a fitossociologia (NASCIMENTO, 1998), as relações alométricas e a estimativa de biomassa aérea (SILVA, 1998), como também estudos relacionados às trocas gasosas e crescimento face ao estresse hídrico (NOGUEIRA et al., 1998a; NOGUEIRA et al., 1998b; NOGUEIRA e BARBOSA, 2000; BARBOSA et al., 2000; NOGUEIRA e SILVA, 2002; SILVA et al., 2003).

## **2.4 Os efeitos do déficit hídrico no crescimento dos vegetais**

A característica marcante das plantas é que elas crescem continuamente durante toda a vida. A vida de qualquer organismo iniciasse por meio de um processo reprodutivo e esse processo é seguido por um desenvolvimento vegetativo, incluindo o crescimento e a formação dos órgãos (LARCHER, 2006).

A análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética, e que o restante vem da absorção de nutrientes minerais do solo (BENINCASA, 1988).

Com isso, plantas submetidas à deficiência hídrica estabelecem estratégias para minimizar as necessidades fisiológicas e conseguir sobreviver com o mínimo do seu conteúdo líquido (SANTIAGO et al., 2001).

Geralmente as plantas desenvolvem modificações ou adaptações morfológicas e/ou fisiológicas que permitem a captação da água tão necessária a sua sobrevivência em ambientes hídricos deficitários, em função das mudanças climáticas que ocorrem durante um período estacional e diário. Esses mecanismos de ajuste consistem no fechamento estomático, na redução da área foliar, no aprofundamento das raízes, na senescência e abscisão das folhas (FERRI, 1979; SUDZUKI, 1992; SANTOS e CARLESSO, 1998), em modificações na quantidade e posição dos estômatos na superfície da folha, na orientação vertical das folhas para minimizar o recebimento direto da radiação solar e no revestimento de pêlos nas folhas (CRAWLEY, 1989; LARCHER, 2000).

O efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento dos vegetais depende tanto da intensidade e duração do estresse hídrico como da capacidade genética das plantas em responderem às mudanças ambientais (SILVA, 2003).

Segundo Santos e Carlesso (1998), quando as plantas são expostas ao déficit hídrico exibem respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores.

A seca tanto pode ocasionar enfraquecimento das funções vitais como pode estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de déficit hídrico (PEREZ, 1995).

Uma variável que permite prever a translocação orgânica, facilitando a compreensão do comportamento vegetal em termos de produtividade, é a distribuição de matéria seca (BENINCASA, 1988), que tem sido utilizado por muitos pesquisadores com o objetivo de determinar quantitativamente o crescimento de espécies vegetais utilizadas em programas de reflorestamento em áreas de regiões semi-áridas (BARBOSA e PRADO, 1991; BARROS e BARBOSA, 1995; BARBOSA et al., 2000).

O aumento da matéria seca nos vegetais está intimamente correlacionado com o saldo do balanço de CO<sub>2</sub>. A taxa de crescimento aumenta quando há um maior ganho de CO<sub>2</sub>, correlacionado com a capacidade fotossintética do vegetal (LARCHER, 2000).

Durante o ciclo fenológico os vegetais consomem uma grande quantidade de água, sendo que cerca de 98% do total transitado pela planta é perdido pelo processo de transpiração, dependendo da espécie vegetal e dos fatores externos. Este fluxo, entretanto, é necessário para o completo desenvolvimento dos vegetais e quaisquer alterações poderão provocar danos irreparáveis na produção dos mesmos (CANTO, 1966; ODUM, 1986).

Santiago (2001), avaliando os efeitos do estresse hídrico sobre o crescimento do sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), verificou que as plantas submetidas à deficiência

hídrica mais severa reduziram o número de folhas e a área foliar, bem como a matéria seca dos diversos órgãos das plantas. Porém não encontrou diferença significativa na relação raiz/parte aérea, nem na alocação de biomassa para as mesmas.

Figueirôa et al., (2004), trabalhando com mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), observaram que os tratamentos hídricos administrados provocaram reduções significativas no crescimento das plantas quando estas se encontravam sob baixa disponibilidade hídrica.

A primeira consequência fisiológica para as plantas submetidas a déficit hídrico é a diminuição ou interrupção dos ritmos de crescimento, uma vez que a deficiência de água prejudica o alongamento celular (CAIRO, 1995).

O estresse hídrico provoca um decréscimo na produção de matéria seca, que ocorre, principalmente, pela diminuição da taxa assimilatória líquida e da área foliar, que são consequências da inibição da atividade fotossintética causada pelo fechamento dos estômatos (DINIZ, 1999).

Silva (2003), trabalhando com quatro espécies lenhosas da caatinga analisou a produção de fitomassa seca em termos de alocação de fotoassimilados nas folhas, caule, raiz e relação parte área raiz e constatou que *Mimosa caesalpinifolia* e *Tabebuia áurea* alocaram mais recursos nas folhas e caules do que nas raízes, o que pode ser comprovada pela relação de quase 3:1 e 2:1 respectivamente na relação parte área raiz. Já para a *Prosopis juliflora* numa proporção 3,5:1, apresentaram 47,58 dos fotoassimilados no caule. A literatura salienta que plantas quando submetidas à deficiência hídrica no solo tendem a aumentar o sistema radicular (SANTOS e CARLESSO, 1998), diferentemente dos resultados encontrados por Silva (2003), apenas as plantas de *Enterobium contortisiliquum* apresentaram sistema radicular espesso, alocando mais de 50% dos recursos na raiz, numa proporção 0,6:1, demonstrando que essa planta possui vantagem em ambiente com baixa disponibilidade. Diante do exposto, faz-se necessário o conhecimento das relações da água com a planta e os efeitos que esta causa no crescimento das plantas quando estão sujeitas a uma baixa disponibilidade hídrica.

## **2.5 Análise estatística**

### ***2.5.1 Medidas repetidas ao longo do tempo***

Para estudos nos quais a mesma variável resposta é mensurada, na mesma unidade experimental, ao longo do tempo, ou quando a mesma unidade experimental recebe vários

tratamentos em diferentes tempos, surgem algumas pressuposições que devem ser consideradas com respeito à forma de realizar a análise de variância, que poderá ser univariada ou multivariada (LYRA, 2002).

Quando a análise é feita de forma univariada, o usual é empregar um delineamento básico, inteiramente aleatório ou blocos casualizados, arranjos em parcelas subdivididas, em que as mensurações ao longo do tempo são analisadas como sendo subparcelas. Nesse caso, são feitas as pressuposições de que o erro da parcela que envolve os tratamentos, bem como o erro das subparcelas em que ocorrem o tempo e a interação tempo versus tratamento, possuam distribuição normal, sejam independentes e identicamente distribuídos, com variâncias constantes ( $\sigma^2$ ) e que a matriz de covariância possua a propriedade de simetria composta, isto é, a variável aleatória seja igualmente correlacionada e possua variâncias iguais ao longo do tempo. Quando ocorre a violação de um pressuposto, o teste de F é tendencioso (COLE e GRIZZLE, 1966; FERNANDEZ, 1991; STUKER, 1996).

Desta forma, como alternativa para a análise de medidas repetidas no tempo, tem-se a análise multivariada, que pode apresentar menor poder em seus testes e, as vezes, indicar diferença significativa onde realmente não existem. Porém, esses riscos podem ser minimizados se garantindo que os erros tenham distribuição normal multivariada. Por esse motivo, segundo Singer e Andrade (1986) e Pimentel Gomes (1994), a análise multivariada, também conhecida com análise multivariada de perfis, é uma solução natural para dados de medidas ao longo do tempo, nas mesmas unidades experimentais.

### 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T. F. **Melhoramento genético do eucalipto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 36-46 set. 1986.
- BARBOSA, D. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. & MELO FILHO, P. A. Comparative studies of growth in three espécies of “caatinga” submitted to water stress. **Phyton**, 69: 45-50, 2000.
- BARBOSA, D. C. A. et al. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha-PE). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 03, n. 02, p. 109--117, 1989.
- BARBOSA, D.C.A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae - Mimosoideae). **Phyton**, Vicente López v.52, n.1, p. 51-62, jul.1991.
- BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, em casa de vegetação. **Phyton**, Vicente López, v.57, n.2, p.79-191,1995.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal:FUNEP, 1988. 42p.
- BOLAND, D.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 4. ed. Melbourne: CSIRO, 1994. p. 193-194.
- CAIRO, P. A. R. **Curso Básico de Relações Hídricas de Plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32p.
- CAMPOS, M. A. L. **Aspectos morfo-fisiológico de plantas da caatinga, durante períodos úmidos e de estresse hídrico**. 1991. 129 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- CANTO, M. L. **Botânica II**. Fisiologia – crescimento e movimentos. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1966. 88p.
- CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraiável e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1.p. 183-188, 1995.
- CARVALHO, G. H.de. **Contribuição para a determinação da reserva madeireira do Sertão Central do Estado de Pernambuco**. Boletim de Recursos Naturais, Recife, v. 9, p. 289-312, jan/fev. 1971.
- COLE, J.W.L.; GRIZZLE, J.E. Applications of multivariate analysis of variance to repeated measurements experiments. **Biometrics**. Carolina do Norte: The Biometrics Society, p. 810-828. 1966.
- CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. London: Blackwell Scientific Publications, 1989. 496p.
- DINIZ, M. C. M. M. **Desenvolvimento e rebrota da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob estresse hídrico, em associação com fungos micorrízicos-*Bradyrhizobium***. 1999. 78f.
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. **Seleção de espécies procedências do gênero *Eucalyptus* potenciais para o semi-árido do Brasil**. Disponível em: [www.iufro.org/uploads/media/t3-drumond-et-al.doc](http://www.iufro.org/uploads/media/t3-drumond-et-al.doc). Acesso em 24 nov. 2006.

ELDRIGE, K.G. **An annotated bibliography of genetic variation in *E. camaldulensis*** Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1975. 9 p.

FELICIANO, A. L. P. **Estudo da germinação de sementes e desenvolvimento de muda, acompanhada de descrições morfológicas, de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido nordestino.** 1989. 114 p. Tese (Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

FERNANDEZ, G.C.J. Repeated measure analysis of line-source sprinkler experiments. **HortScience**, Alexandria, VA-USA, v.26, n.4, p.339-342. 1991.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v.5, n.2, p. 095-104, 1999.

FERRI, M. G. **Transpiração nos principais ecossistemas brasileiros e em espécies cultivadas no Brasil**, In: \_\_\_\_\_. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: E. P. U., 1979, p.25-73.

FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodron urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n.3, p573-580.2004.

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

JAMES, O. W. **Introducción a la fisiologia vegetal**. 6. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1967. 328p.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução Carlos Henrique P. A. Prado. São Carlos:RIMA, 2000. 531p.

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

LAWN, R. J. Responses of four grain legumes to water stress in South-Eastern Queensland. I Physiological Response Mechanisms. **Australian Journal of Agricultural Research**. Collingwood, v. 33, p. 481-96, 1982.

LEITE, H.G., ANDRADE, V.C.L. de. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v. 26, n.3, p.321-328, 2002.

LIMA, P. C. F.; DRUMOND, M. A.; SOUZA, S. M.de; LIMA, J. L. S. de. Inventário Florestal da Fazenda Canaã. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Silvicultura**, São Paulo, n. 14, p. 398-399, 1979. Edição Especial. anais... v. 2.

LIMA,W.P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2 ed. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 301p.

- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia forestalis**, n. 68, p. 97-106. 2005.
- LUTTGE, U. Interacion of Stress Factors and the Midday-Depression in Plants with C<sub>3</sub>-Photosynthesis. In: \_\_\_\_\_. **Physiological Ecology of Tropical Plants**. New York: Springer, 1997. p.122-124.
- LYRA, M. R. C. C. **Qualidade de águas subterrâneas em solos fertirrigados com vinhaça**. 2002. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- 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**, 68: 97-106. 2000.
- MARTINS, E.R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas Medicinais**. 5ª reimpressão, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, p.15-183, 2003
- MATTOS, E. A. **Trocas Gasosas em folhas de três espécies arbóreas do cerradão da fazenda Canchim, São Carlos-SP**. 1992. 156f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.
- NASCIMENTO, C. E. S. **Estudo florístico e fitossociológico de um remanescente de caatinga à margem do rio São Francisco, Petrolina-PE**. 1998. 84 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. & SILVA, E. C. da. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 57, n. 1, p.31-38. 2002.
- 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, p. 37-46. 1998a.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies da caatinga. **Ecosistema**. v. 23, p. 73-77. 1998b.
- NOGUEIRA, R.J. M.C. et al. Comportamiento estomático Y tensión de água em el xilema de dos genótipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivadas bajo estrés hídrico. **Investigación Agrária**, v.15,n.3,p.213-225,2000.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. México:Interamericana, 1986, 442p.
- PEREZ, S. C. J. G. A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 3, p.287-294, 1998.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C. Crescimento e resistência à seca de leucena em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.933-944, 1999.

- PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**, Piracicaba: POTAFOS, 160p. 1984.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica,RJ: Edur. 2004.191 p.
- PRYOR, L. O. **Biology of *Eucalyptus***. London: E. Arnold, 1976. 82 p. (Studies in Biology, 61.)
- ROCHA, M.E.N.; SANTOS, C. L. O uso comercial e popular do Eucalipto *Eucalyptus globulus* LABILL-Myrtaceae. **Saúde e ambiente em revista**, Duque de Caxias, v.2, n.2, p. 23-34,2007.
- SANTIAGO, A.M.P.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LOPES, E.C. Cresciemnto em plantas jovens de *Mimosa cesalpiniifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Revista Ecosystema**. V. 26, n.1,p.23-30, 2001.
- SANTOS , R.F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológicos das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SANTOS, A.; SIMÕES, R.;PEREIRA, H.; ANJOS, O. Alternative species for the forest industry as forms of Diversity the Landscape. **II Simpósio Iberoamericano the gestion y economia Florestal**, Barcelona, Espanha, p. 1-11, 2004.
- SILVA, E. C. da et al. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasalica**. v. 17, n. 2. p. 231-246, 2003.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, n.288,p.203-217,2003.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, E. A. **Comportamento estomático e potencial da agua da folha em mudas enxertadas de quatro acessos de umbuzeiro cultivados sob estresse hídrico**. In: Reunião Nordestina de Botânica: Potencialidades e desafios, 2004, Petrolina PE. Anais ...Recife: XXVII Reunião Nordestina de Botânica: Potencialidades e desafios, 2004.
- SILVA, G. C. **Relações alométricas de dez espécies vegetais e estimativas de biomassas aéreas da caatinga**. 1998. 163 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- SILVA, S.R.S.; DEMUNER, A. J. BRBOSA, L.C. A; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368. 2002.
- SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A.; CARDOSO, A. A. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n. 1, p. 147-159, 2000a.
- SILVA, W.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, L.H. L. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*, submetidos a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*. **Floresta**, v. 27,n.1/2, p. 3-16,2000b.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGRABI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja doutor de seu eucalipto. **Arquivo do Agrônomo**, São Paulo, n. 12, p. 1-32, 2001.

SINGER, J.M.; ANDRADE, D.F. Análise de dados longitudinais. **In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA**, 7. Campinas, 106p. 1986.

SOUTO, M.S. **Caracteres morfológicos de frutos e sementes, poder germinativo (e crescimento) de plantas jovens de 6 espécies de leguminosae da caatinga de Alagoinha – PE. 1996.** 109 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

STUKER, H. **Análise multivariada para dados onde à característica observada é subdividida em k classes.** 1996. 92 f. Dissertação (Mestrado), Escola superior de Agronomia Luiz de Queiroz, São Paulo.

SUDZUKI, F. **Resistência à Seca e Eficiência no Uso da Água.** In: SIMPÓSIO SOBRE ALGARROBA. 1. 1992. Anais... outubro, 1992.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Artmed Editora, RS.2004.719p.

TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de; CARVALHO, G. H. de e LIMA, J. L. S.de. **Inventário florestal de Pernambuco - estado preliminar das matas remanescentes dos municípios de Ouricuri, Bodocó, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina.** Boletim de Recursos Naturais, Recife, v. 8, p. 149-193, 1970.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. **Óleo essencial de Eucalipto.**IPEF, Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, Documentos Florestais, n.17, p.2-25,2003.

#### **4- CAPÍTULO 1**

---

**Avaliação das trocas gasosas do potencial hídrico foliar e do conteúdo relativo de água em muda de *Eucalyptus citriodora* HOOK. submetidas a diferentes tratamentos hídricos\***

---

\*Manuscrito a ser enviado para publicação na Revista *Árvore*.

**Avaliação das trocas gasosas do potencial hídrico foliar e do conteúdo relativo de água em mudas de *Eucalyptus citriodora* HOOK. submetidas a diferentes tratamentos hídricos**

Marcelle Almeida da Silva<sup>1</sup>, Rejane Jurema Mansur Custodio Nogueira<sup>2</sup>, Mauro Guida dos Santos<sup>3</sup>.

**RESUMO** – Este trabalho teve como objetivo avaliar a transpiração (E) a resistência difusiva ( $r_s$ ) o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e o conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. submetidas a diferentes tratamentos hídricos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos hídricos (100%, 75%, 50%, 25% da capacidade de pote, suspensão de rega (SR) e intervalo de 15 dias entre regas) e seis repetições. As avaliações da E e  $r_s$  foram realizadas às 11h00min, em cinco épocas de avaliação (15, 30, 45, 60 e 75 dias após diferenciação). O  $\Psi_w$  pre-dawn e meio-dia e o CRA ao meio-dia foram avaliados nas mesmas épocas. O tratamento Suspensão de Rega (SR) só pode ser avaliado em duas épocas (15 e 30 dias após diferenciação), devido à morte das plantas. As variáveis E,  $r_s$ ,  $\Psi_w$  e CRA não apresentaram diferenças significativas nas plantas cultivadas até níveis de 25% CP. Entretanto, aquelas cultivadas sob suspensão da rega demonstraram diferença significativa quando comparadas aos demais tratamentos impostos. Os resultados sugerem que as plantas de *E. citriodora* submetidas até níveis de 25% da CP são tolerantes a baixa disponibilidade hídrica.

**Palavras-chave:** Transpiração, resistência difusiva, relações hídricas e déficit hídrico.

**Evaluation of gas exchange, leaf water potential, and relative water content in young plants of *Eucalyptus citriodora* Hook. under different water treatments.**

**ABSTRACT** - This work was performed aiming to evaluate the transpiration (E), diffusive resistance ( $r_s$ ), leaf water potential and relative water content (RWC) in young plants of *Eucalyptus citriodora* Hook. submitted to different water treatments. A randomized experimental design was used with six water treatments (100% of field capacity (FC); 75% FC; 50% FC; 25% FC, withholding water (WW), and 15-days intervals between watering, with six replicates. Transpiration and diffusive resistance were evaluated in five times (15, 30, 45, 60 and 75 days after treatments) at 11h am.  $\Psi_w$  (pre-dawn and noon) and RWC (noon) were evaluated at the same times. Withholding water treatments were evaluated only in two times (15 and 30 days after differentiation) due to plants death. E,  $r_s$ ,  $\Psi_w$  and RWC did not show significant changes in plants submitted to 25% FC. However, plants cultivated with withholding water showed differences in comparison with the other treatments. The results suggest young plants of *E. citriodora* tolerate low water availability.

**KEY WORDS:** Transpiration, diffusive resistance, water relations, water deficit

## INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, é uma árvore exótica originalmente australiana que ocupa diversos ambientes (LIMA, 1993).

Sua importância econômica tem crescido bastante nos últimos anos por suas diversas finalidades, como produção de celulose, papel, postes, energia, chapas, lâminas, compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada e móveis; além de outros produtos como óleos essenciais e mel.

Devido a uma grande demanda por recursos florestais decorrentes da expansão industrial o eucalipto apresenta-se como uma espécie promissora, pois esta tem rápido crescimento e alta produtividade (TAVARES et al., 1970; CARVALHO, 1971; LIMA et al., 1979). Devido a crescente utilização do eucalipto para diversos fins e dada a sua importância econômica, faz-se necessário um maior número de informações sobre seu crescimento e desenvolvimento (SIF, 2006).

Muitos são os fatores ambientais que afetam o desenvolvimento dos vegetais, como a intensidade da luz, a umidade do ar, a temperatura das folhas, a concentração de CO<sub>2</sub> e a disponibilidade hídrica, sendo este último considerado o fator de maior efeito, uma vez que é ele quem determina a distribuição dos vegetais nos diversos ambientes (KUDREV, 1994; PIMENTEL, 2004).

Os efeitos causados pelo déficit hídrico sobre o desenvolvimento dos vegetais dependem tanto da intensidade, duração do estresse, fenologia e capacidade genética da planta, podendo ocasionar diversas alterações, tais como a diminuição da turgescência celular, e redução na área foliar, o desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo e o fechamento estomático (LI et al., 2000; CHAVES et al., 2004; LARCHER, 2004 PIMENTEL 2004).

Quando expostas ao déficit hídrico algumas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, categorizados como escape à seca (as plantas completam o seu ciclo de vida durante a estação úmida, antes do início da estação seca); tolerância à seca com baixo potencial hídrico (as plantas acumulam solutos compatíveis em suas células a fim de diminuir seu potencial hídrico para continuar absorvendo água do solo) e tolerância à seca com alto potencial hídrico (as plantas possuem a habilidade de evitar a desidratação através do fechamento dos estômatos, nas horas de maior demanda evaporativa para manter o *status* hídrico) (NOGUEIRA et al., 2005).

O fechamento estomático é a primeira linha de defesa dos vegetais ao déficit

hídrico, uma vez que a resistência difusiva do aparato estomático impede a saída do vapor de água e diminui a transpiração (NOGUEIRA et al., 1998b, NOGUEIRA e SILVA, 2002). A transpiração ocorre devido à existência de um gradiente de potencial entre a folha e o ar atmosférico, sendo, portanto, mais intensa quanto maior for esse gradiente (CAIRO, 1995). Devido à perda de água por transpiração as plantas raramente estão com plena hidratação (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O potencial hídrico foliar é um parâmetro que indica o *status* hídrico da planta, e descreve um indicativo relativo do estresse hídrico ao qual a planta esta submetida (TAIZ e ZEIGER, 2004). Quando a planta esta sob baixa disponibilidade hídrica, o potencial hídrico tende a diminuir, ocasionando a desidratação dos tecidos e com conseqüente fechamento estomático (PIMENTEL, 2004; NOGUEIRA et al., 2005).

Larcher (2006) considera a redução do potencial hídrico foliar como fator de grande relevância para o acúmulo de solutos orgânicos de baixo peso molecular, contribuindo mais decisivamente para o ajustamento osmótico.

O ajustamento osmótico é um mecanismo de grande importância na tolerância à seca, pois permite a manutenção da turgescência, os processos de crescimento, divisão celular e fotossíntese (CAIRO, 1995).

O conteúdo relativo de água na folha (CRA) apesar de simples, pode ser um melhor indicador da intensidade do estresse por seca do que o potencial da água, principalmente em plantas que não realizam ajustamento osmótico (PIMENTEL, 2004), pois o CRA deve ser entendido como um indicativo do grau de turgescência celular, enquanto o potencial hídrico foliar é um parâmetro que da idéia de fluxo energético.

Diante injurias das causadas pelo déficit hídrico, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas, o potencial hídrico foliar e o conteúdo relativo de água em mudas de *Eucalyptus citriodora* HOOK. submetidas a diferentes tratamentos hídricos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV) – Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), entre os meses de abril a julho de 2007, com período experimental de 75 dias.

Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., produzidas pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA (Estação Experimental de Itapirema – PE),

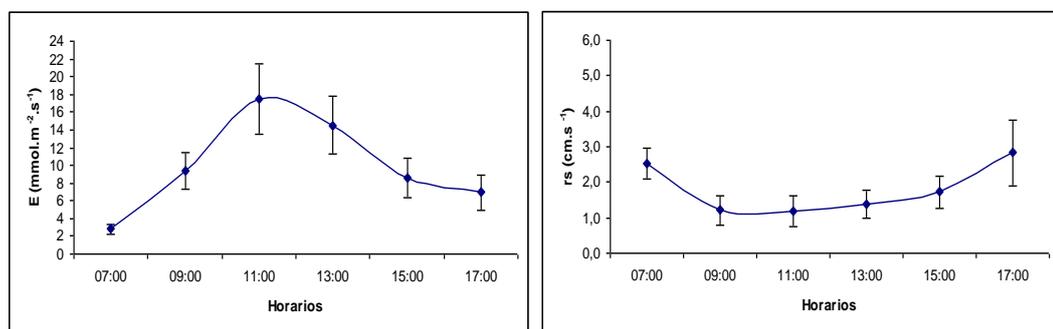
propagadas sexuadamente em tubetes plásticos. As mudas com 17 dias de idade, quatro pares de folhas e aproximadamente 12 cm, estas foram mantidas nos tubetes por 11 dias, logo em seguida transferidas para vasos de polietileno com 20 cm de diâmetro e 40 cm de altura contendo 5,5 kg de substrato. A análise do substrato foi realizada pelo Departamento de Agronomia – Laboratório de Física do Solo da UFRPE. E foi classificado como sendo do tipo franco-arenoso.

O delineamento experimental foi constituído de seis tratamentos hídricos (100% da capacidade de pote (CP); 75% CP; 50% CP; 25% CP, Suspensão Rega (SR) e intervalo de 15 dias entre rega), com seis repetições cada tratamento.

Durante o período de aclimação de 30 dias, os vasos foram mantidos na capacidade de pote (100%) determinada previamente pelo método gravimétrico, segundo Souza et al. (2000). Após esse período foram realizadas as diferenciações dos tratamentos hídricos.

A superfície dos vasos foi coberta com circunferências de plástico branco para evitar a perda de água do solo por evaporação. Foi feita a reposição da água transpirada diariamente através do método da pesagem dos vasos de acordo com cada tratamento hídrico. Para esse procedimento foi utilizada uma balança da marca Filizola com capacidade para 10 kg.

A avaliação das trocas gasosas foi realizada quinzenalmente às 11h00min horas, horário de maior demanda evaporativa previamente verificada através de um curso diário do comportamento estomático, avaliado a cada duas horas (Figura 1), utilizando o Porômetro de Equilíbrio Dinâmico da LICOR (modelo LI-1600).



**Figura 1:** Curso diário do comportamento estomático (transpiração (E) e resistência difusiva (rs) do vapor d'água em plantas jovens de (*Eucalyptus citriodora* Hook.) cultivadas em casa de vegetação.

Foram avaliadas a transpiração (E) e a resistência difusiva (rs) aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a diferenciação, em folhas maduras e completamente expandidas, localizadas no terço médio superior das plantas, utilizando-se o mesmo porômetro descrito anteriormente.

Simultaneamente foram registrados os valores de umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar (Tar) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), sendo estes últimos através de termopares e sensores quânticos acoplados ao equipamento. Os dados da umidade relativa do ar (UR%) e da Temperatura do ar (Tar) da casa de vegetação foram registrados por um termohigrômetro digital da Incoterm (modelo 7429). Com estes dados, foi calculado o déficit de pressão de vapor (DPV), para os mesmos horários, segundo metodologia descrita por Vianello e Alves (1988).

O potencial da água da folha ao meio-dia ( $\Psi_{md}$ ) foi medido em cinco épocas (15, 30, 45, 60 e 75 dias após diferenciação (DAD)), já o potencial da água da folha pre-dawn ( $\Psi_{pd}$ ) em quatro épocas (30, 45, 60 e 75 DAD) utilizando-se a câmara de pressão de Scholander, seguindo a metodologia descrita por Scholander et al., (1965). As folhas utilizadas foram cortadas na inserção do pecíolo e, a fim de minimizar a perda da água no momento da coleta, foram envoltas em filme plástico e acondicionadas em recipiente térmico devidamente refrigerado. Imediatamente após a coleta, as folhas foram levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal para realização das medidas.

O conteúdo relativo de água (CRA) também foi avaliado aos, 15, 30, 45, 60 e 75 dias após diferenciação e foram utilizadas as mesmas folhas retiradas para a avaliação do potencial hídrico foliar ao meio-dia. Foram retirados seis discos de mesmo diâmetro de cada folha, esses foram pesados e se obteve a matéria fresca. Em seguida os discos foram colocados em placa de Petri com papel de filtro contendo 5ml de água deionizada por 48h. Após esse período os discos foram novamente pesados e se obteve a massa túrgida. Estes por sua vez foram colocados em sacos de papel e levados a estufa de ar forçado a 65°C e após 3 dias foram pesados adquirindo-se desta maneira o peso da matéria seca. De posse desses dados, pode-se calcular o CRA das plantas segundo metodologia de Cairo (1995).

A análise estatística foi realizada por classes de tratamentos hídricos, tempo e tratamentos\*tempo.

O modelo matemático para medidas repetidas foi o seguinte:

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

Em que:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$H_{03}$  = as curvas de tempo ou tendências são paralelas para todos os tratamentos (não existe interação envolvendo níveis hídricos e tempo), correspondendo aos denominados perfis paralelos.

Para comparação de média de tratamentos X tempo se usou o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos em relação ao teste de Esfericidade de Mauchly, demonstrando que não houve simetria entre as amostras implicando na condição de que a variável aleatória não foi igualmente correlacionada e as variâncias não foram consideradas iguais nos cinco períodos de avaliação. Os resultados para todas as variáveis mostraram que a condição de esfericidade foi violada, isto é, que a hipótese de que a distribuição dos dados é normal com variáveis independentes não correlacionadas não foi aceita. Os resultados do teste encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Valores obtidos do Teste de Esfericidade de Mauchly para as variáveis analisadas.

Variável	Critério de Mauchly	Qui-Quadrado( $\chi^2$ )	Pr > $\chi^2$
E	0.1140688	61.691272	<0.0001
R <sub>s</sub>	0.0047007	152.31454	<0.0001
$\Psi_{md}$	0.0187047	41.447702	<0.0001
$\Psi_{pd}$	0.3176205	12.297296	0.0309
CRA	0.4334098	18.741938	0.0275

### Transpiração e Resistência difusiva

Durante o período experimental a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) variou em média de 388,3  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a 607,9  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ; a umidade relativa (UR) variou de 76,6% a 39,6%; a temperatura do ar de 27,2 °C a 35,6 °C e o déficit de pressão de vapor (DPV) variou em média de 0,685 kPa a 3,487 kPa.

Ocorreram variações na transpiração (E) e na resistência difusiva (rs) das plantas de *E. citriodora* em função da baixa disponibilidade hídrica do solo.

Com base na análise estatística pode-se constatar através dos testes de hipóteses de Lambda Willks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, o não aceite para o teste de não efeito do tempo e não efeito do tratamento\*tempo. Interações altamente significativas foram encontradas nas médias das transpirações para estes fatores (Apêndice 01, Tabela A1).

Através da análise de medidas repetidas se testou a igualdade do tratamento (regimes hídricos), igualdade do efeito tempo (épocas de avaliação) e interação entre o tratamento e o tempo (regimes hídricos e épocas de avaliação). Todas as hipóteses foram rejeitadas, confirmando que existiram diferenças altamente significativas no efeito tratamento e na interação tratamento\*tempo (Apêndice 01, Tabela A2).

Como se observou que ocorreram diferenças significativas entre os fatores tempo e tempo\*tratamento, aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Nos primeiros 15 dias de estresse foram observadas reduções na E das plantas do tratamento 50% da CP, intervalos de 15 dias entre rega e nas plantas submetidas à suspensão de rega (SR), essas reduções foram na ordem de 51%, 74% e 88% respectivamente, quando comparadas às plantas do tratamento controle (Tabela 2).

Aos 30 DAD, não houve diferença significativa nos tratamentos hídricos 100%, 75%, 50% e 25% da CP. Entretanto, esses diferiram significativamente das plantas submetidas ao tratamento ciclo de rega em intervalos de 15 dias e daquelas em que houve a

suspensão da rega. Além disso, estes últimos diferiram entre si, apresentando os mais baixos valores de  $E$  ( $1,459 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e  $0,340 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , respectivamente).

O tratamento controle, apresentou aos 45 dias, taxas de transpiração inferiores aos demais tratamentos, assemelhando-se estatisticamente às plantas que receberam regas em intervalo quinzenais. Esse comportamento atípico seria esperado se as mesmas tivessem sofrido algum tipo de dano, o que não ocorreu, pois estavam vigorosas. É possível que essa redução brusca nas trocas gasosas do vapor d'água esteja relacionada com a taxa de crescimento em altura que neste mesmo período também reduziu (Tabela 2). Mesmo havendo água disponível no solo, houve redução na exigência hídrica das plantas.

As plantas do tratamento sob suspensão de rega não resistiram e morreram aos 35 dias de tratamento. Aos 75 DAD, não foram verificadas diferenças significativas para nenhum tratamento hídrico até níveis de 25% da CP, exceto para as plantas do tratamento ciclo de rega que apresentou média de  $1,077 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ .

As plantas do tratamento 25% da CP mantiveram seus estômatos abertos até o final do período experimental. Segundo a literatura, a deficiência hídrica afeta primeiro o aparato estomático, provocando o fechamento parcial ou total dos estômatos. Dessa forma, a perda excessiva de vapor de água pelo processo de transpiração é evitado (NOGUEIRA et al., 1998b, NOGUEIRA e SILVA, 2002). Plantas que toleram a seca com baixa disponibilidade hídrica podem desenvolver mecanismos de tolerância e/ou resistir a períodos prolongados de seca (LARCHER, 2006).

Silva (2000c), avaliando as trocas gasosas em dois clones de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*) em três níveis de umidade do solo (26, 23 e 20%), observou que as plantas tiveram uma taxa de transpiração mais elevada quando submetidas às condições ótimas de água (26%) e sem interferência de ervas daninhas. As plantas submetidas a 20% de umidade do solo reduziram sua taxa transpiratória. Desta mesma forma, Lopes et. al. (2005) trabalhando com *E. grandis* em diferentes lâminas de irrigação, também observaram que quanto maior a lâmina de irrigação maiores as taxas transpiratórias.

**Tabela 2:** Transpiração (E) em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

Tratam. (% CP)	Épocas de Avaliação				
	15 DAD	30 DAD	45 DAD	60 DAD	75 DAD
100%	10,103 a	7,069 a	1,385 c	3,037 a	2,971 a
75%	7,583 b	6,784 a	5,429 a	1,841 bc	2,478 a
50%	6,189 b	6,859 a	5,111 b	1,561 c	3,004 a
25%	7,109 b	6,883 a	6,553 ab	2,613 ab	2,792 a
SR	0,843 d	0,340 c	-	-	-
CR	2,611 c	1,459 b	1,048 c	0,288 d	1,077 b

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DAD: dias após diferenciação; CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Pereira et. al. (2006) observaram reduções na transpiração em plantas de *E. urograndis* submetidas a déficit hídrico mais severo (-1,5 MPa) no solo. No presente trabalho, as plantas submetidas a 25%CP (estresse severo) com um potencial de água da folha em média de -1,43 MPa, não diferiram das cultivadas com 100%CP. Apenas aquelas submetidas a ciclos de intervalos de 15 dias entre rega e suspensão de rega reduziram sua transpiração.

Silva (2007), trabalhando com mudas de aroeira (*Schinus terebintifolius* Raddi), espécie arbórea do litoral nordestino, observou que aos 11 dias após aplicação dos tratamentos hídricos as plantas submetidas a estresse severo (25% da CP) reduziram sua transpiração (0,46 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) e que após reirrigação recuperaram sua transpiração (5,5 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) e mantiveram seus estômatos abertos até o final do período experimental ou seja por mais 60 dias.

Ferreira et al., (1999) trabalhando com plantas de *E. citriodora* e cinco frequências de irrigação, constatou que houve decréscimo nas taxas transpiratórias com o decorrer da aclimação para todos as frequências de irrigação, sendo este decréscimo foi mais acentuado nas plantas irrigadas 1,2 e 3 vezes ao dia.

Com relação à resistência difusiva (rs), a análise estatística constatou através dos testes de hipóteses de Lambda Willks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, que o fator não efeito do tempo e não efeito do tratamento\* tempo, foi rejeitado demonstrando que ocorreram modificações altamente significativas nas médias das resistências difusivas (Apêndice 02, Tabela A3).

Da mesma forma, através da análise de medidas repetidas, também foi observada a rejeição das hipóteses de igualdade do efeito tratamento (regimes hídricos), do efeito tempo (épocas de avaliação) e interação entre tratamento\*tempo (épocas de avaliação e regimes hídricos) (Apêndice 02, Tabela A4).

Como se observou que ocorreram diferenças significativas entre os fatores aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3).

Nos primeiros 15 DAD, não foram observadas diferenças significativas nos tratamentos hídricos até níveis de 25% da CP. Entretanto, nas plantas sob suspensão de rega e aquelas que receberam rega em intervalos quinzenais se pode constatar diferença significativa.

**Tabela 3:** Resistência difusiva (rs) em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

Tratam. (% CP)	Épocas de Avaliação				
	15 DAD	30 DAD	45 DAD	60 DAD	75 DAD
100%	1,048 c	1,063 c	3,318 b	1,984 b	2,630 c
75%	1,270 c	1,194 bc	1,548 b	4,555 b	3,718 bc
50%	1,658 c	1,148 c	1,806 b	5,622 b	3,725 bc
25%	1,380 c	1,138 c	1,325 b	3,260 b	4,034 b
SR	14,425 a	31,400 a	-	-	-
CR	3,755 b	8,530 b	10,752 a	30,366 a	10,645 a

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAD: dias após diferenciação; CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Na segunda avaliação (30 DAD), foram constatadas diferenças expressivas nas plantas sob suspensão total de rega com valor médio de 31,40 s.cm<sup>-1</sup>. Este diferiu significativamente dos tratamentos 100%, 50% e 25% da CP, das plantas cultivadas a 75% da CP e daquelas que receberam rega em intervalos quinzenais, tendo estes dois últimos tratamentos se assemelhado. Aos 45 DAD não foi possível avaliar as plantas sob suspensão de rega, pois, estas não resistiram ao estresse e morreram. Apenas as plantas submetidas a intervalos entre rega mostraram diferença significativa nesta ocasião quando comparadas aos demais tratamentos (100%, 75%, 50% e 25% da CP). Aos 60 DAD, os resultados para resistência entre os tratamentos permaneceram estatisticamente semelhantes aos da avaliação anterior (45 DAD), contudo, o valor médio para resistência difusiva nas plantas do tratamento intervalo entre regas elevaram bastante seu valor médio (30,36 s.cm<sup>-1</sup>). Ao final do período experimental (75 DAD), as plantas de 100% 75% e 25% da CP, assemelharam-se entre si e diferiram das demais (Tabela 3).

De modo semelhante, trabalhos como o de Pereira et. al., (2006) avaliando a resistência difusiva em clones de *Eucalyptus* sp. observaram que estes também apresentaram os maiores valores para resistência estomática em plantas submetidas a restrições hídricas.

Silva e Nogueira (2003) também constataram em mudas de *Schinopsis brasiliensis*, que a resistência difusiva aumentava com o prolongamento do estresse variando em média de

1,98 s.cm<sup>-1</sup> a 2,24 s.cm<sup>-1</sup> nas plantas controle, e de 5,56 s.cm<sup>-1</sup> a 8,61 s.cm<sup>-1</sup> nas plantas submetidas a estresse moderado se mostrando mais pronunciada nas plantas com suspensão da irrigação (19,77 s.cm<sup>-1</sup>).

Em adição Nogueira et al. (2001) avaliando cultivares de aceroleiras em casa de vegetação sob suspensão da irrigação, verificou que o déficit hídrico no solo também provocou um acréscimo na resistência difusiva e que este aumentava com o prolongamento do estresse.

Em espécies lenhosas sempre-verdes do campo-sujo e cerradão de Brasília, Naves & Barbiero et al., (2000) observaram um forte controle estomático ao longo do dia no final da estação seca, isto porque as plantas não conseguem absorver água do solo em quantidades necessárias para suprir a alta demanda evaporativa da atmosfera.

### **Potencial hídrico foliar e conteúdo relativo de água**

Para o potencial hídrico foliar avaliado ao meio-dia, os testes de hipótese de não efeito do tempo e não efeito do tratamento\*tempo através dos testes de Lambda de Willks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, foram rejeitados (Apêndice 03, Tabela A5).

Pela análise de medidas repetidas também não se rejeitou o fator tratamento e interação tratamento\*tempo, por outro lado o fator tempo avaliado sozinho foi aceito, denotando que o tempo não afetou de forma significativa os tratamentos na avaliação do potencial hídrico ao meio-dia (Apêndice 03, Tabela A6).

Como se constatou que havia diferenças entre os tratamentos dentro de tempos, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 4).

A baixa disponibilidade hídrica não afetou significativamente o potencial hídrico foliar na avaliação no horário do meio-dia nas plantas de *E. citriodora* cultivadas com níveis de até 25% da CP e intervalo de 15 dias entre rega na primeira e segunda época de avaliação (15 e 30 DAD). Apenas as plantas sob suspensão da rega diferiram dos demais tratamentos apresentando sintomas visuais de perda de turgescência e valores médios de potencial entre -2,57 MPa e -3,01 MPa, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4:** Potencial hídrico e ao meio-dia  $\Psi_w$  em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

Tratam. (% CP)	Épocas de Avaliação									
	15 DAD		30 DAD		45 DAD		60 DAD		75 DAD	
100%	-1,433	a	-0,825	a	-1,200	a	-1,283	a	-1,760	a
75%	-1,383	a	-1,616	a	-1,550	a	-1,396	a	-1,836	a
50%	-1,650	a	-1,400	a	-1,400	a	-1,380	a	-1,796	a
25%	-1,283	a	-1,400	a	-1,500	a	-1,213	a	-1,786	a
SR	-2,575	b	-3,016	b	-2,900	b	-2,783	b	-2,186	a
CR	-1,433	a	-0,825	a	-1,200	a	-1,283	a	-1,760	a

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DAD: dias após diferenciação; CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Aos 45 DAD, o potencial hídrico foliar ao meio-dia para as plantas do tratamento ciclo de rega, apresentaram reduções significativas, (-2,50 MPa) e diferindo dos demais tratamentos que foram considerados estatisticamente semelhantes entre si. Aos 60 DAD esta redução foi ainda mais pronunciada (-2,78 MPa). Ao final do período experimental as plantas deste tratamento mostraram uma sensível recuperação, se assemelhando estatisticamente a todos os demais que não diferiam entre si (Tabela 4).

Pereira et al. (2006), trabalhando com clones de *Eucalyptus* observou redução significativa no potencial de água da folha nos horários mais quentes do dia (em torno de -1,5 MPa), corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

De modo semelhante, Silva et. al., (2003) avaliando o potencial hídrico foliar entre 9 e 10h, em três espécies lenhosas da caatinga (*Mimosa caesalpiniiifolia*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia aurea*), sob deficiência hídrica, constaram que houve reduções no potencial em termos percentuais de 155%, 86% e 40% respectivamente.

Aos 30 DAD além do potencial hídrico foliar do meio dia também foi realizado o potencial hídrico pre-dawn.

Pela análise estatística de não efeito do tempo e não efeito do tratamento\*tempo, houve rejeição dos testes Lambda de Wilks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, (Apêndice 04, Tabela A7), na avaliação do potencial hídrico pre-dawn.

Pela análise de medidas repetidas se observou que as hipóteses do fator tratamento e tratamento \* tempo também foram rejeitadas confirmando a interação entre estes (Apêndice, Tabela A8).

Constatando-se que havia interação entre os fatores, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 5). Independente dos tratamentos hídricos estudados, o potencial hídrico foliar ao meio-dia foi mais reduzido do que o potencial pre-dawn. No

presente trabalho, o  $\Psi_{pd}$  só demonstrou diferenças significativas para o tratamento ciclo de rega aos 75 DAD (Tabela 5).

**Tabela 5:** Potencial hídrico pre-dawn  $\Psi_{pd}$  em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

Tratam. (% CP)	Épocas de Avaliação			
	30 DAD	45 DAD	60 DAD	75 DAD
100%	-0,466 a	-0,546 a	-0,533 a	-0,753 a
75%	-0,616 a	-0,640 a	-0,483 a	-0,780 a
50%	-0,483 a	-0,560 a	-0,683 a	-0,933 a
25%	-0,500 a	-0,526 a	-0,383 a	-0,620 a
CR	-0,710 a	-0,640 a	-0,650 a	-1,800 b

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAD: dias após diferenciação; CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Este resultado era esperado, uma vez que o potencial hídrico pre-dawn é uma medida realizada antes do amanhecer quando a transpiração das plantas é quase nula. Com base nesta análise muitos autores fazem referência ao conceito pre-dawn (pouco antes do amanhecer), que corresponde ao momento em que teoricamente, o potencial hídrico foliar é considerado igual ao potencial hídrico do solo. É importante ressaltar que esta informação obtida neste horário, pode-nos dar uma idéia das condições de umidade do solo e das possibilidades de sobrevivência das plantas nele instaladas (CAIRO, 1995).

As plantas submetidas à suspensão da rega, só foram avaliadas uma vez, pois estas não resistiram e morreram aos 35 dias de tratamento.

Quando comparados os tratamentos (controle e SR), com os potenciais hídricos (meio-dia e pre-dawn), observa-se que não houve recuperação das plantas para o potencial ante-manha (Tabela 6).

**Tabela 6:** Potencial hídrico ao meio-dia ( $\Psi_{md}$ ) e potencial pre-dawn ( $\Psi_{pd}$ ) em mudas de *Eucalyptus citriodora* submetidas à suspensão de rega comparada com as plantas do tratamento controle aos 15 e 30 dias após a diferenciação - DAD.

Tratam. (% da CP)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$\Psi_{pd}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)
	15 DAD	30 DAD	30 DAD
Controle	-1,43 b	-0,47 b	-0,82 b
SR	-2,57 a	-3,03 a	-3,01 a

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAD: dias após diferenciação; CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega.

Reduções nos valores do potencial hídrico foliar foram encontradas por Gindaba et al., (2005) em plantas de *Eucalyptus* submetidas à deficiência hídrica tanto nos horários de meio-dia como pre-dawn.

Em adição, Chaves (2004), avaliando clones de *Eucalyptus* sob baixa disponibilidade hídrica também observou reduções no potencial hídrico pre-dawn, diferindo dos resultados encontrados no presente trabalho.

De acordo com Ferreira et al., (1999), as variações temporais do potencial de água na folha no eucalipto ocorrem ao amanhecer e da condutância estomática máxima em torno do meio-dia, demonstrando que as plantas de eucalipto exercem controle estomático eficiente em condições de suprimento limitado de água no solo.

O conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) pode esclarecer os resultados encontrados na avaliação do potencial hídrico foliar. Este parâmetro indica a quantidade de água de um tecido vegetal que confrontada com a quantidade máxima de água que ele pode reter funciona como um indicador do grau de turgescência celular (CAIRO, 1995).

Com base na análise estatística, pode-se observar que através dos testes de Lambda de Wilks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, houve rejeição para todos os testes aqui analisados (Apêndice 05, Tabela 09) demonstrando que houve diferença significativa entre o tempo e o tratamento\*tempo.

Pela análise de medidas repetidas se rejeitou a igualdade do efeito dos tratamentos (diferentes níveis hídricos), igualdade do efeito tempo (época de avaliação) e da correlação entre tratamento\*tempo (época de avaliação e diferentes níveis hídricos) (Apêndice 05, Tabela 10).

Como se constatou que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos e tratamentos\*tempo foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 7).

Aos 15 e 30 DAD, só foram verificadas reduções significativas nas plantas do tratamento suspensão total de rega. Este tratamento reduziu em termos percentuais seu CRA em 26% e 27%, quando comparados às plantas do tratamento controle respectivamente. As plantas submetidas a intervalos de 15 dias entre rega assemelharam-se estatisticamente as plantas do tratamento controle nas quatro primeiras avaliações (15, 30, 45 e 60 DAD) (Tabela 6).

Ao final do período experimental as plantas dos tratamentos 75% da CP e ciclo de rega diferiram dos demais tratamentos (considerados semelhantes entre si).

Do mesmo modo, Lopes et al., (2005), trabalhando com *Eucalyptus grandis* cultivadas sob diferentes laminas de irrigação verificou que o conteúdo relativo de água havia

sido alterado no estresse hídrico mais severo, lamina de irrigação de 8 mm.dia<sup>-1</sup>, sendo esta redução em termos percentuais de 28% quando este foi comparado ao tratamento controle, lamina de irrigação de 14mm.dia<sup>-1</sup>.

Nogueira (1997), trabalhando com aceroleiras submetidas a 20 dias de suspensão de rega verificou um CRA abaixo de 50% e concluiu que as plantas não conseguiam tolerar uma maior desidratação, pois já mostravam sinais rigorosos de murcha. Em contrates, Ferreira et. al. (1999), não observaram alteração no conteúdo relativo de água em plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a diferentes níveis hídricos.

**Tabela 7:** CRA das plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a déficit hídrico (100%, 75%, 50% e 25% da CP) em plantas sob suspensão total de rega e plantas sob intervalos quinzenais de rega nas diferentes épocas de avaliação.

Tratam. (% da CP)	Épocas de Avaliação				
	15 DAD	30DAD	45DAD	60DAD	75DAD
100% CP	81,12 a	81,79 a	85,93 a	84,85 a	83,67 ab
75% CP	84,90 a	79,86 a	81,11 a	84,37 a	84,85 a
50% CP	80,80 a	82,30 a	81,30 a	84,32 a	79,27 ab
25% CP	81,62 a	77,55 a	81,33 a	84,95 a	82,01 ab
SR	60,84 b	59,40 b	-	-	-
CR	82,98 a	83,42 a	85,37 a	81,52 a	76,47 b

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAD: dias após diferenciação; CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Os resultados do CRA, encontrados no presente trabalho, são considerados críticos para as plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas à suspensão total da rega por 30 dias. Por outro lado, plantas sob estresse de até 25% da CP (nível considerado crítico para algumas plantas) mantiveram a turgescência celular, durante todo o experimento evidenciando que estas não sofreram com o estresse aplicado, e confirmando assim, os dados do potencial hídrico foliar.

## CONCLUSÕES

1. Níveis de água de até 25% da CP não afetaram a transpiração, resistência estomática e potencial hídrico nas épocas avaliadas;
2. Um período de 15 dias de suspensão de rega provoca fechamento estomático e queda no potencial hídrico foliar;
3. Plantas de *E. citriodora* submetidas a intervalos quinzenais de rega recuperam sua turgescência celular após reirrigação;

4. Os resultados sugerem que o *E. citrodora* é uma espécie que pode ser cultivada com níveis de até 25% da CP;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAIRO, P. A. R. **Curso Básico de Relações Hídricas de Plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32p.

CARVALHO, G. H.de. **Contribuição para a determinação da reserva madeireira do Sertão Central do Estado de Pernambuco**. Boletim de Recursos Naturais, Recife, v. 9, p. 289-312, jan/fev. 1971.

CHAVES, J.H.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; NEVES, J.C.L.; PEZOPANNE, J.E.M.; POLLI, H.Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubete. **Revista Árvore**, v. 28, n.3, p. 333-341, 2004.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. **Seleção de espécies procedências do gênero *Eucalyptus* potenciais para o semi-árido do Brasil**. Disponível em: [www.iufro.org/uploads/media/t3-drumond-et-al.doc](http://www.iufro.org/uploads/media/t3-drumond-et-al.doc). Acesso em 24 nov. 2006.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citrodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v.5, n.2, p. 095-104, 1999.

GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two Eucalyptus and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**, n. 205, p. 127-138. 2005.

KUDREV, T. G. **Água: vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994. 178p.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Revisão técnica. São Carlos-SP: Rima 2004.531p.

LI, C.; BERNINGER, F.; KOSKELA, J.; CONNINEN, E. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.27, n.3, p 231-238, 2000.

LIMA, P. C. F.; DRUMOND, M. A.; SOUZA, S. M.de; LIMA, J. L. S. de. Inventário Florestal da Fazenda Canaã. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Silvicultura**, São Paulo, n. 14, p. 398-399, 1979. Edição Especial. anais... v. 2.

LIMA, W.P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2 ed. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 301p.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia forestalis**, n. 68, p. 97-106. 2005.

- NAVES-BARBIERO, C. C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 2, p.119-134, 2000.
- NOGUEIRA, J. M. C. R.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies da caatinga. **Ecosistema**. v. 23, p. 73-77. 1998b.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. & SILVA, E. C. da. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 57, n. 1, p.31-38. 2002.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. & SILVA, E. C. da. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 57, n. 1, p.31-38. 2002.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, E. F.; LEDERMAN, I. E.; BURITY, H. A.; SANTOS, V. F. Comportamiento estomático y tensión de água em el xilema de dos genótipos de pianga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. **Investigacion Agrária: Production y Proteccion Vegetal**, v. 15, n.3, p.49-61. 2000.
- NOGUEIRA, R.J.M.C. Expressões Fisiológicas da Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) sob Condições Adversas. 1997. 205f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)-Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.
- 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.
- PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R.; SOUZA, R. A.; FONSECA, N. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, v. 11, n. 4, p. 518-531. 2006.
- PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica,RJ: Edur. 2004.191 p.
- PRYOR, L. O. **Biology of Eucalyptus**. London: E. Arnold, 1976. 82 p. (Studies in Biology, 61.)
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v. 148, p. 339-346, 1965.
- SIF, Sociedade de Investigação Florestal. O eucalipto felizmente existe. **Jornal SIF-Edição especial**. Universidade Federal de Viçosa-UFV-MG. 2006.
- SILVA, E. C. da et al. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasalica**. v. 17, n. 2. p. 231-246, 2003.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, n.288,p.203-217,2003.

SILVA, M. A. V. **Avaliação fisiológica da aroeira (*Schinus terebinthifolius Raddi*) sob déficit hídrico visando reflorestamento**. 2007. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

SILVA, W.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; FIRMINO, L. E. Taxa transpiratória de mudas de eucalipto em resposta a níveis de água no solo e a convivência com Braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 923-928. 2000c.

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.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artmed Editora, RS.2004.719p.

TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de; CARVALHO, G. H. de e LIMA, J. L. S.de. **Inventário florestal de Pernambuco - estado preliminar das matas remanescentes dos municípios de Ouricuri, Bodocó, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina**. Boletim de Recursos Naturais, Recife, v. 8, p. 149-193, 1970.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, p.449,1991.

XAVIER, L. H. Modelos univariados e multivariados para análise de medidas repetidas e verificações da acurácia do modelo univariado por meio de simulação. 2000. 91 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo.

## 5- CAPÍTULO 2

---

**Efeito de diferentes tratamentos hídricos no crescimento de mudas de *Eucalyptus citriodora* HOOK., em casa de vegetação\***

---

\*Manuscrito a ser enviado para publicação na Revista Cerne.

**Efeito de diferentes tratamentos hídricos no crescimento de mudas de *Eucalyptus citriodora* HOOK., em casa de vegetação**

Marcelle Almeida da Silva<sup>1</sup>, Rejane Jurema Mansur Custodio Nogueira<sup>2</sup>, Mauro Guida dos Santos<sup>3</sup>

**RESUMO** – O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos do déficit hídrico no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus citriodora* Hook. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos hídricos (100%, 75%, 50%, 25% da capacidade de pote, sem rega e intervalo de 15 dias entre rega). Foram avaliadas semanalmente altura, número de folhas e diâmetro do caule. Ao final do experimento, as plantas tiveram seus órgãos separados em folhas, caule e raiz. Em seguida pesou-se a matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR) e total (MST). Com os dados da matéria seca foi calculada a alocação da biomassa das folhas (ABF), do caule (ABC) e das raiz (ABR) e a razão raiz/ parte aérea R/Pa . Além disso, também foi calculada área foliar, área foliar específica e razão de área foliar. O déficit hídrico não provocou diferença significativa na maioria das variáveis avaliadas até 25% da CP. Entretanto o estresse aplicado reduziu a altura, número de folhas e diâmetro do caule nos tratamentos mais severos (suspensão de rega e intervalo de 15 dias entre rega). Também foram observadas reduções na matéria seca das folhas, do caules, das raízes e total. Na alocação de biomassa as plantas aumentaram apenas a alocação para as folhas e para o caule e, reduziram para a raiz e para relação raiz/parte aérea para os tratamentos sob suspensão da rega e intervalo de 15 dias entre rega. Para os demais tratamentos não foram verificadas diferença significativa. As plantas de *E. citriodora* cultivadas com níveis de 75% da CP desenvolvem-se melhor quando comparadas aos demais tratamentos hídricos. Os dados sugerem que o *E. citriodora* é tolerante ao déficit hídrico até níveis de 25% da CP.

**PALAVRAS-CHAVES:** Matéria seca, alocação de biomassa e estresse hídrico e área foliar.

**Water deficit effects in the growth of young plants of *Eucalyptus citriodora* Hook.**

**ABSTRACT-** This work was developed with the objective of evaluating the effects of the water deficit in the growth of young plants of *Eucalyptus citriodora* Hook. A randomized experimental design was used with six water treatments (100% of field capacity (FC); 75% FC; 50% FC; 25% FC, withholding water (WW), and 15-days intervals between watering) and six replicates. Height, number of leaves and diameter of the stem were evaluated weekly. At the end of the experiment, dry matter of the leaves, shoots, roots, root to shoot ratio and biomass allocation were determined. Leaf area, specific leaf area and leaf area ratio were calculated too. Water deficit did not cause significant difference in almost all the evaluated variables up to 25% of FC. However, the applied stress reduced the height, number of leaves and diameter of the stem in the most severe treatments (withholding water and 15-days intervals). Reductions were observed in the leaves, stems, roots and total dry matters. In the biomass allocation, the plants increased the allocation for leaves and stem and reduced for the root and the root to shoot ratio for the treatments withholding water and 15-days intervals. We can conclude *E. citriodora* can be cultivated with 75% of FC with good production and the data suggest that this specie is tolerant to the water deficit up to 25% of FC.

**KEY WORDS:** Dry matter, biomass allocation, water stress, leaf area

## INTRODUÇÃO

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são regulados tanto por fatores externos com fatores internos. As plantas são organismos integrados, quando ocorre algum problema na planta vários mecanismos de controle são acionados buscando ajustar outros processos para tentar manter o equilíbrio (HSIAO e ACEVEDO, 1974).

Diversos são os fatores que afetam o desenvolvimento dos vegetais, dentre esses a disponibilidade hídrica é considerada o fator de maior relevância, uma vez que é ela quem determina a distribuição das espécies nos diferentes ambientes (PIMENTEL, 2004).

De acordo com Tatagiba et al. (2007), quando o déficit hídrico apresenta evolução suficientemente lenta para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, o estresse tem vários efeitos sobre o crescimento. Dentre os efeitos do déficit hídrico uma das partes mais afetadas é a aérea, pois a expansão foliar é um dos processos mais sensíveis à falta da água (PIMENTEL, 2004), uma vez que o fechamento estomático é a primeira linha de defesa dos vegetais ao déficit hídrico.

Segundo Santiago (2001), plantas submetidas à deficiência hídrica buscam estratégias para minimizar as necessidades fisiológicas e conseguir sobreviver com perda mínima do seu conteúdo líquido.

Todos os aspectos de desenvolvimento e crescimento são afetados pelo déficit hídrico nos tecidos. Como consequência se tem uma redução do volume celular, um incremento na concentração de solutos e gradativa desidratação do protoplasto, sendo o processo de crescimento o primeiro a ser afetado (NOGUEIRA et al., 2005).

A análise de crescimento é uma ferramenta imprescindível para o melhor conhecimento das plantas, sendo possível a partir de tais determinações realizadas na fase jovem das plantas detectarem efeitos de deficiência do meio possibilitando a correção dos mesmos e evitando com isso prejudicar a produção final (BENINCASA, 1988).

O interesse pela planta em estudo deve-se ao seu rápido crescimento, alta produtividade, ampla diversidade de espécies e grande capacidade de adaptação. Sendo esta aplicada em diferentes processos e com diversas finalidades, como produção de celulose, papel, postes, energia, chapas, lâminas, compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada e móveis; além de outros produtos como óleos essenciais e mel, alcançando grande importância econômica para o país (SILVEIRA et al., 2001; IPEF, 2004; SIF, 2006).

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus citriodora* HOOK. submetidas a diferentes déficits hídricos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV) – Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), entre os meses de abril a julho de 2007, com período experimental de 75 dias.

Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., produzidas pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA (Estação Experimental de Itapirema – PE), propagadas sexuadamente em tubetes plásticos. As mudas com 17 dias de idade, quatro pares de folhas e aproximadamente 12 cm, estas foram mantidas nos tubetes por 11 dias, logo em seguida transferidas para vasos de polietileno com 20 cm de diâmetro e 40 cm de altura contendo 5,5 kg de substrato. A análise do substrato foi realizada pelo Departamento de Agronomia – Laboratório de Física do Solo da UFRPE, que foi classificado como do tipo franco-arenoso.

O delineamento experimental adotado foi constituído de seis tratamentos hídricos (100% da capacidade de pote (CP); 75% CP; 50% CP; 25% CP, Suspensão Rega (SR) e intervalo de 15 dias entre rega), com seis repetições.

Durante o período de aclimação de 30 dias, os vasos foram mantidos na capacidade de pote (100%) determinada previamente pelo método gravimétrico, segundo Souza et al. (2000). Após esse período foram realizadas as diferenciações dos tratamentos hídricos.

A superfície dos vasos foi coberta com circunferências de plástico branco para evitar a perda de água do solo por evaporação. Foi feita a reposição da água transpirada diariamente através do método da pesagem dos vasos de acordo com cada tratamento hídrico. Para esse procedimento foi utilizada uma balança da marca Filizola com capacidade para 10 kg.

Avaliou-se semanalmente a altura das plantas (AP), com o auxílio de uma trena, o número de folhas (NF) e o diâmetro do caule (DC) por meio de um paquímetro e, ao final do experimento, as plantas tiveram seus órgãos separados, pesadas, colocados em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65°C até atingirem peso constante. Em seguida pesou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR). Com os dados da matéria seca foi calculada a alocação da biomassa para a parte aérea (ABPA) e raiz (ABR), segundo Benincasa (1988).

Ao final do experimento a área foliar também foi medida. Durante o desmonte foram retiradas todas as folhas das plantas de cada repetição, em seguida estas eram imediatamente pesadas e logo após eram feitos três cortes de 1cm<sup>3</sup> na folha, pesados em balança analítica e feita a média dos três segmentos. Deste modo a área foliar total foi obtida por rega de três. Com os dados de matéria seca se pode calcular ainda razão de área foliar (RAF) e a área foliar específica (AFE), segundo Benincasa (1988).

Os dados foram submetidos à análise multivariada (MANOVA) com auxílio do software SAEX. Os dados de número de folha foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$  (ZAR, 1999) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Altura, número de folhas e diâmetro do caule**

Com base na análise estatística os testes Lambda Willks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, constataram que a hipótese de não efeito do tempo e não efeito do tratamento\*tempo para a altura foi rejeitado (Apêndice 06, Tabela 11A).

Pela análise de medidas repedidas também se rejeitou todas as hipóteses de igualdade dos efeitos (Apêndice 06, Tabela 12A), confirmando que existiu correlação do tempo e dos tratamentos com o tempo.

Como se constatou que havia interações entre os tratamentos e os tratamentos\*tempo aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1).

Os tratamentos controle e 25% da CP foram os que apresentaram os melhores valores de altura em relação aos demais tratamentos hídricos aplicados. Comparados ao controle os tratamentos 75%, 50% e CR não apresentaram reduções altamente significativas.

Apenas as plantas sob suspensão total de rega mostraram reduções altamente significativo para a altura nas e essa reduções em termo percentual foi na ordem de 29% quando compradas as plantas do tratamento controle (Tabela 1).

Com relação ao número de folhas, a análise estatística através dos testes de Lambda Willks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, mostraram que a hipótese de não efeito do tempo e não efeito do tratamento\*tempo não foi aceita (Apêndice 07, Tabela 13A).

Através da análise de medidas repedidas também não se aceitou as hipóteses de igualdade dos efeitos (Apêndice 07, Tabela 14A), confirmando que existiu correlação do

tempo e dos tratamentos com o tempo.

Constatando-se as interações entre os tratamentos e os tratamentos\*tempo aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2)

O número de folhas mostrou os melhores valores para as plantas dos tratamentos controle e 75% da CP.

Diferenças significativas para o número de folhas foram observadas aos 42 dias após diferenciação apenas nas plantas sob suspensão de rega e ciclo de rega, apresentado reduções de 31% e 26%, respectivamente, quando comparadas às plantas do tratamento controle. Aos 49 dias após diferenciação essa redução persistiu para as plantas sob suspensão de rega, evidenciando paralisação na emissão de folhas. Já as plantas do tratamento ciclo de rega, mostraram recuperação emitindo folhas novas, mas ainda pouco suficiente quando comparadas as plantas do controle (Tabela 2).

O diâmetro do caule analisado estatisticamente através dos testes de Lambda Willks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy, indicaram que a hipótese de não efeito do tempo e não efeito do tratamento\*tempo não foi rejeitada (Apêndice 08, Tabela 15A).

A análise de medidas repedidas rejeitou as hipóteses de igualdade dos efeitos tratamentos e tratamentos\*tempo (Apêndice 08, Tabela 16A), confirmando que existiram correlações.

Como se constatou que havia interação entre os tratamentos e os tratamentos\*tempo aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3)

O primeiro órgão a sofrer com a baixa disponibilidade hídrica foi o caule. Aos 28 foi verificada redução significativa, sendo de 25% nas plantas do tratamento suspensão de rega quando comparadas às plantas do tratamento controle. Os tratamentos hídricos até níveis de 25% da CP não apresentaram diferenças significativas entre si. Ao final do período experimental (49 DAD) para o tratamento suspensão de rega esta redução foi ainda mais elevada 29% em relação à planta do controle (Tabela 3).

As plantas do tratamento ciclo rega apresentaram uma pequena recuperação ao final do período experimental, mas não tão suficiente para mostrar valores semelhantes ou superiores as plantas dos demais tratamentos.

**Tabela 1:** Altura (cm) de plantas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.

Dias após diferenciação						
Tratam. (% CP)	1	7	14	21	28	35
100%	26,67 a	31,58 a	37,75 a	42,33 a	46,08 a	51,08 a
75%	27,58 a	32,42 a	39,42 a	43,25 a	47,08 a	52,25 a
50%	28,00 a	33,67 a	37,33 a	40,58 a	43,33 a	48,25 a
25%	30,08 a	35,25 a	40,17 a	45,08 a	50,33 a	55,83 a
SR	35,33 a	40,83 a	41,00 a	43,17 a	43,50 a	43,67 a
CR	33,67 a	38,33 a	40,33 a	42,00 a	41,17 a	46,17 a
Dias após diferenciação						
Tratam. (% CP)	42	49	56	63	70	
100%	54,33 a	58,17 ab	59,75 a	63,42 a	66,17 a	
75%	55,00 a	57,75 ab	57,75 a	63,00 a	64,00 a	
50%	50,75 a	54,50 ab	54,75 a	59,42 a	62,42 a	
25%	57,50 a	60,92 a	62,33 a	64,75 a	65,42 a	
SR	42,83 a	41,67b	-	-	-	
CR	46,67 a	49,33 ab	50,33 a	50,83 a	52,00 a	

Letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

**Tabela 2:** Número de folhas de plantas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.

Dias após diferenciação						
Tratam. (% CP)	1	7	14	21	28	35
100%	4,270 a	5,079 a	5,663 a	6,308 a	7,113 a	7,932 a
75%	4,520 a	5,384 <sup>a</sup>	5,975 a	6,591 a	7,311 a	7,966 a
50%	4,890 a	5,701 a	5,948 a	6,092 a	6,606 a	7,220 a
25%	4,260 a	5,047 a	5,391 a	5,754 a	6,383 a	6,913 a
SR	4,750 a	5,325 a	5,272 a	5,333 a	5,732 a	6,140 a
CR	4,290 a	4,875 a	5,045 a	5,298 a	5,454 a	6,284 a
Dias após diferenciação						
Tratam. (% CP)	42	49	56	63	70	
100%	8,360 a	8,847 ab	9,127 ab	9,446 ab	9,715 a	
75%	8,312 a	9,338 a	9,431 a	9,731 a	9,932 a	
50%	7,428 ab	8,051 abc	8,069 ab	8,452 ab	8,753 ab	
25%	7,319 ab	7,928 abc	8,108 ab	8,243 ab	8,436 ab	
SR	6,140 b	6,140 c	-	-	-	
CR	6,492 ab	6,569 bc	6,695 b	6,719 b	6,816 b	

Letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

**Tabela 3.** Diâmetro do caule (cm) de plantas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.

Tratam. (% CP)	Dias após diferenciação					
	1	7	14	21	28	35
100%	0,303 a	0,319 a	0,368 a	0,435 a	0,494 ab	0,572 a
75%	0,340 a	0,359 a	0,404 a	0,459 a	0,514 ab	0,579 a
50%	0,331 a	0,352 a	0,369 a	0,417 a	0,462 abc	0,541 ab
25%	0,341 a	0,361 a	0,409 a	0,477 a	0,528 a	0,557 ab
SR	0,333 a	0,349 a	0,383 a	0,373 a	0,374 c	0,406 c
CR	0,365 a	0,377 a	0,349 a	0,399 a	0,414 bc	0,438 bc

Tratam. (% CP)	Dias após diferenciação					
	42	49	56	63	70	
100%	0,608 a	0,641 ab	0,680 a	0,704 ab	0,725 ab	
75%	0,626 a	0,658 a	0,684 a	0,707 a	0,738 ab	
50%	0,574 ab	0,603 ab	0,621 ab	0,655 ab	0,670 ab	
25%	0,617 a	0,684 a	0,703 a	0,732 a	0,753 a	
SR	0,412 c	0,399 c	-	-	-	
CR	0,449 bc	0,461 bc	0,465 b	0,479 b	0,493 b	

Letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

A paralisação do crescimento é considerada a primeira e mais séria consequência fisiológica do déficit hídrico para as plantas, uma vez que esta afeta o alongamento celular, o número de folhas e crescimento cambial das mesmas (LARCHER, 2000).

Santiago et al., (2001), avaliando o crescimento de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. submetidas a diferentes regimes hídricos (100%, 50% e 25% da CP) e duas épocas de avaliação (25 e 50 dias), constatou que o estresse imposto afetou negativamente a altura e o número de folhas apenas na segunda época de avaliação e este foi mais acentuado nas plantas com 25% da CP.

Silva et al. (1997) encontraram reduções na altura e diâmetro do caule de plantas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* submetidas a estresse hídrico de 20% da umidade do solo.

Estes resultados diferem dos encontrados por Chaves (2001), quando também trabalhando com clones de *Eucalyptus* sob deficiência hídrica não constatou redução na altura e nem diâmetro do caule.

Tatagiba et al. (2007) estudando seis clones de *Eucalyptus* e três regimes hídricos (sem déficit hídrico, déficit hídrico de 45 dias com posterior retomada da irrigação até o final do experimento e déficit de 100 dias sem retomada da irrigação até o final do experimento), observou que tanto a altura como o diâmetro do caule dos clones do tratamento mais severo

reduziram em termos percentuais de 36% e 29% respectivamente em relação às plantas sem déficit hídrico.

No presente trabalho pode ser verificado que as plantas do tratamento ciclo de rega recuperaram seu crescimento. Resultados semelhantes também foram verificados por Tatagiba (2007), quando depois de retomar a irrigação após 45 dias de estresse os clones de *Eucalyptus* sp. recuperaram seu crescimento em altura e diâmetro do caule.

### **Matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR)**

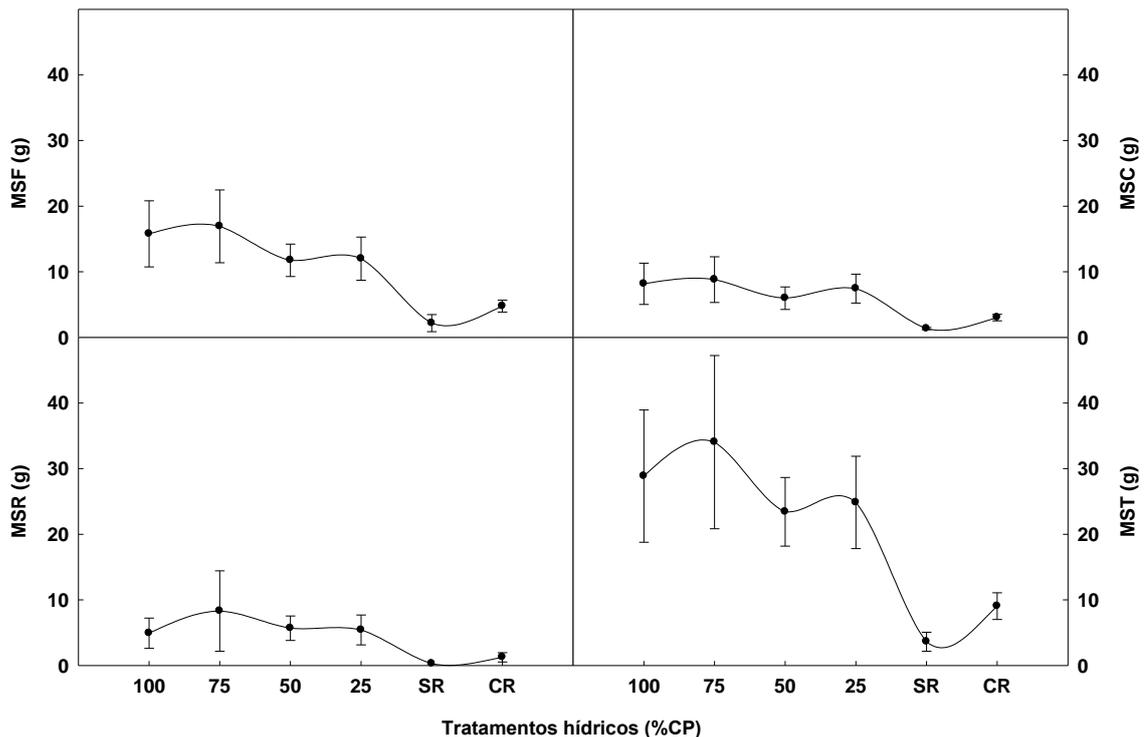
O déficit hídrico imposto provocou um menor acúmulo na MSF nos tratamentos SR (2,18g) e ciclo de rega (4,77g) representando um decréscimo de 86% e 70% em relação às plantas do tratamento controle (100% da CP), não houve diferença significativa para os demais tratamentos.

A MSC mostrou que o tratamento 75% da CP obteve o melhor resultado (8,81g), diferindo estatisticamente apenas dos tratamentos SR e ciclo de rega com valores médios de 1,35 e 3,03g e respectivamente, não havendo diferença significativa nos demais tratamentos (Figura 1).

Com relação à MSR, de modo semelhante à matéria seca do caule apenas as plantas do tratamento 75% CP (8,30g) diferiram estatisticamente das plantas SR (0,097), não havendo diferença para o restante dos tratamentos. Já para a MST, os maiores valores foram 34,03 e 28,86g para as plantas de 100% e 75% da CP respectivamente. As plantas do tratamento 50% CP (23,42g) e 25% CP (24,85), tiveram comportamento semelhante (Figura 1). Os menores valores observados foram para as plantas do tratamento SR e ciclo de rega com médias de 3,62 e 9,05g respectivamente. De modo geral, pode-se perceber que as plantas do tratamento 75% CP produziram mais matéria seca que os demais tratamentos.

De modo semelhante, Silva (2007) trabalhando com plantas jovens de aroeira submetidas a quatro regimes hídricos (100%, 75%, 50% e 25% CP) observou maior acúmulo de matéria seca nas plantas do tratamento 75% da CP em relação aos demais tratamentos aplicados. Em adição, Figueirôa et al. (2004) também verificaram maiores incrementos na matéria seca das plantas do tratamento 75% da CP.

Taiz e Zeiger (2004) ressaltam que um estresse moderado pode vir a beneficiar o desenvolvimento das plantas favorecendo o crescimento e a produção de biomassa como constatado no presente trabalho nas plantas do tratamento 75% CP.

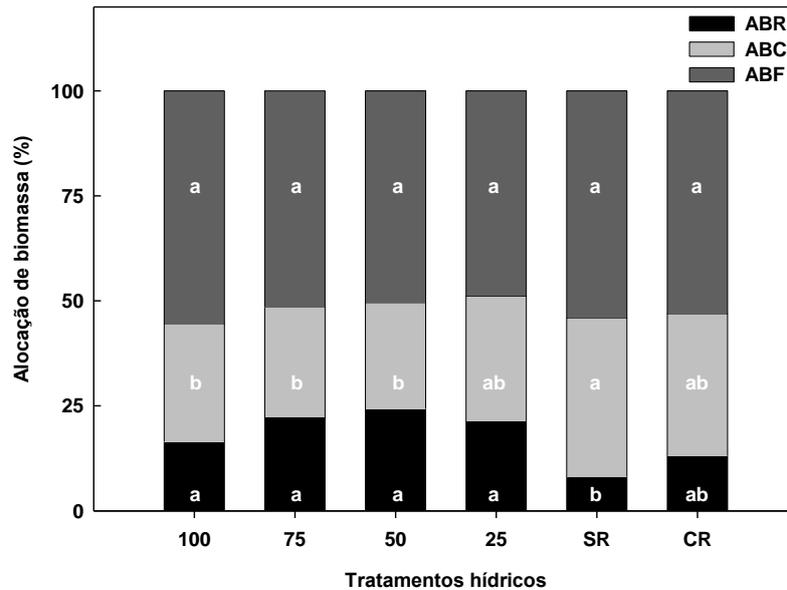


**Figura 1:** Valores médios e desvios-padrão da matéria seca das folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) de plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a diferentes regimes hídricos.

### **Alocação de biomassa da folha (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) e a relação raiz parte aérea (R/Pa)**

Analisado a produção de biomassa para folhas (ABF), caules (ABC), raízes (ABR) e a razão da raiz parte aérea (R/Pa), observou-se que *E. citriodora* alocou mais biomassa nas folhas e no caule do que nas raízes. Em relação à ABF não foi verificada diferença significativa em nenhum dos tratamentos, com os melhores resultados para o tratamento SR (57,2%), seguido pelo tratamento 100% com média de 55,4%.

Para a alocação de biomassa do caule (ABC), mais uma vez as plantas do tratamento SR continuaram alocando mais biomassa 41% assemelhando-se estatisticamente as plantas do tratamento ciclo de rega com média de 33,9%. Não havendo diferença entre os demais tratamentos. Já para a alocação de biomassa da raiz (ABR), não foi constatada diferença estatística entre os tratamentos hídricos aplicados, exceto para as plantas do tratamento SR que apresentaram reduções em termos percentuais de 89% em comparação com as plantas controle (Figura 2).



**Figura 2:** Alocação de biomassa da folha (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) de plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a diferentes regimes hídricos. \*Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Reduções na biomassa da folha, do caule e da raiz de plantas de *Prosopis argentina* e *Prosopis alpacata* foram encontradas por Villagra e Cavagnaro (2006), quando estas foram submetidas à deficiência hídrica.

Nas plantas submetidas ao tratamento ciclo de rega foi observada uma forte tendência a investir mais na parte aérea como forma de recuperação ao período de estresse, como pode ser observado nos percentuais encontrados para ABF (53%), ABC (33,9%).

Silva e Nogueira (2003), trabalhando com quatro espécies lenhosas em casa de vegetação (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong., *Prosopis juliflora* DC e *Tabebuia áurea* (Manso) Benth & Hook.) e dois níveis de rega (100% e 50% da CP) observaram que não houve diferença significativa na alocação de biomassa das folhas, caule, raiz e razão raiz/ parte aérea em nenhum dos tratamentos impostos.

De modo semelhante, Santiago (2001), avaliando o crescimento de mudas de sábia em casa de vegetação verificou que a baixa disponibilidade hídrica não provocou diminuição na alocação de biomassa e nem na relação raiz/parte aérea.

Deste modo, a razão raiz/parte aérea encontrada no presente trabalho demonstrou que as plantas submetidas à suspensão da rega diminuíram sua razão raiz/parte aérea em 71% em relação às plantas do tratamento controle. Nos demais tratamentos hídricos aplicados não houve diferença estatística. No entanto, pode ser observado que houve tendência das plantas de 75%, 50% e 25% CP a elevarem essa razão (Tabela 4).

**Tabela 4:** Razão raiz/parte aérea (R/Pa) em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas por um período de 75 dias em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

Tratamentos (% CP)	R/Pa
100	0,200 ab
75	0,306 a
50	0,325 a
25	0,274 a
SR	0,058 c
CR	0,154 ab

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Contudo, observa-se que a suspensão total da irrigação afetou negativamente este parâmetro, apesar da literatura reportar que em condições de seca as plantas tendem a aprofundar e espessar seu sistema radicular em detrimento a parte aérea, pois esta precisa absorver água nas regiões mais profundas do solo (BARBOSA et al., 2000; e SILVA e NOGUEIRA, 2003).

O mesmo foi observado por Tatagiba et al. (2007), quando trabalhando com clones de *Eucalyptus*, constaram que houve diminuição da relação raiz/parte aérea das plantas submetidas a suspensão de rega quando estas foram comparadas as plantas do tratamento controle.

Avaliando-se as plantas do tratamento ciclo rega, observou-se que estas diferiram estatisticamente dos tratamentos 75%, 50% e 25% CP assemelhando-se apenas as plantas do tratamento 100% CP e SR. Estes resultados levam a acreditar que tais plantas preferiram alocar mais recursos na parte aérea do que na raiz.

#### **Área foliar (AF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE)**

A baixa disponibilidade hídrica não foi suficiente para demonstrar alteração na área foliar e área foliar específica de nenhum dos tratamentos hídricos aplicados. Já para a razão de área foliar o tratamento ciclo de rega apresentou redução significativa de 77% em relação ao tratamento controle, com comportamento estatístico semelhante às plantas do tratamento 50% da CP. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si para a razão de área foliar.

Todos os tratamentos alocaram mais biomassa na parte aérea do que na raiz. Entretanto as plantas do tratamento ciclo de rega não demonstraram recuperação para variável área foliar, mesmo tendo o comportamento semelhante às plantas do tratamento controle.

As plantas do tratamento SR não puderam ser avaliadas nos parâmetros acima mencionados, devido à falta de material vegetal adequado para que as análises fossem

realizadas.

**Tabela 5:** Área foliar, área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) em plantas de *Eucalyptus citriodora* submetidas a déficit hídrico.

Tratamentos (% CP)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> MS)	RAF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> MS)
100	3468,42 a	206,69 a	14,58 a
75	3332,42 a	203,09 a	15,31 a
50	2410,17 a	198,23 a	11,04 a
25	2267,92 a	193,15 a	11,15 a
CR	828,67 b	332,74 a	3,37 c

Letras iguais minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
CP: capacidade de pote; SR: suspensão de rega; CR: ciclo de rega.

Quando avaliadas em conjunto, as variáveis de área foliar e do crescimento observa-se que as plantas de *E. citriodora* cultivadas com até 25% CP não sofreram com o estresse imposto, mantendo sua área foliar e área foliar específica chegando ao final do período experimento com comportamento semelhante aos do tratamento controle. Apenas as plantas do tratamento ciclo de rega demonstraram reduções significativas

A expansão foliar é o processo mais sensível a falta d'água e a diminuição da área foliar é uma resposta mais freqüente a deficiência hídrica, que afeta não só o potencial fotossintético mas também a produtividade da planta, em especial nos estudos feitos em potes (PIMENTEL, 2004). Tais reduções atuam como estratégias de defesa para sobrevivência da planta. Porém tal fato não se verificou no material testado, indicando que este é resistente à baixa disponibilidade hídrica.

## CONCLUSÕES

1. As mudas de *E. citriodora* se desenvolvem melhor com níveis de água de 75% CP;
2. O estresse severo induz a uma maior alocação de biomassa para a parte aérea em detrimento da raiz;
3. Plantas submetidas a ciclo de rega de 15 dias reduzem a área foliar e a matéria seca, podendo estes serem usados como parâmetros para avaliar o grau de suscetibilidade das plantas ao déficit hídrico;
4. Os resultados sugerem que o *E. citriodora* é uma espécie tolerante à seca, e que pode ser cultivada com níveis de água de até 25% da CP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, D. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. & MELO FILHO, P. A. Comparative studies of growth in three espécies of “caatinga” submitted to water stress. **Phyton**, 69: 45-50, 2000.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal:FUNEP, 1988. 42p.
- CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2001. 106f. Dissertação de mestrado em ciências florestais – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- 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 Brasilica**, v. 18, n.3, p573-580.2004.
- GONÇALVES, M.R.; & PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.
- HSIAO, T.C. & ACEVEDO, E. Plant responses to water deficits water-use efficiency, and drought resiatence. **Agriculture Meteorologic**, v. 59, p. 59-84, 1974.
- IPEF, **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2004**. Piracicaba/SP Disponível em: [ipef@ipef.br](mailto:ipef@ipef.br) . Acesso em 16 de Novembro 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução Carlos Henrique P. A. Prado. São Carlos:RIMA, 2000. 531p.
- 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.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica,RJ: Edur. 2004.191 p.
- SANTIAGO, A.M.P.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LOPES, E.C. Cresciemnto em plantas jovens de *Mimosa cesalpiniiifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Revista Ecosistema**. V. 26, n.1,p.23-30, 2001.
- SIF, Sociedade de Investigação Florestal. O eucalipto felizmente existe. **Jornal SIF-Edição especial**. Universidade Federal de Viçosa-UFV-MG. 2006.
- SILVA, E. C. & NOGUEIRA, R.J.M.C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, n.288,p.203-217,2003.
- SILVA, M. A. V. **Avaliação fisiológica da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico visando reflorestamento**. 2007. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- SILVA, W.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, T. & FREITAS, L.H.L. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*, submetidas a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*. **Floresta**, Minas Gerais, v. 27. n. 1/2, p. 3-16, 1997.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGRABI, F. & MUNIZ, M. R. A. Seja doutor de seu eucalipto. **Arquivo do Agrônomo**, São Paulo, n. 12, p. 1-32, 2001

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.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artmed Editora, RS.2004.719p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, E.M. & REIS, E. F. Avaliação do crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, v. 13, n.1, p. 1-9, 2007.

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

ZAR, J.H. **Biostatistical Analyses**. 4<sup>a</sup> ed. 1999. 663p.

## 6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente utilização do eucalipto para diversos fins e dada a sua importância econômica, faz-se necessário um maior número de informações sobre seu cultivo e produtividade.

Os resultados dos experimentos de trocas gasosas, potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água e crescimento apontam que o *Eucalyptus citriodora* Hook., apresentou comportamento inverso, demonstrando ser bastante tolerante a escassez de água no solo. O experimento realizado mostrou alterações fisiológicas apenas nas plantas do tratamento sob suspensão de rega, onde ocorreram reduções da abertura estomática, diminuição do potencial hídrico foliar, redução no conteúdo relativo de água e diminuição da matéria seca. Em condições de seca total as plantas de *E. citriodora* não foram capazes de promover alterações na distribuição de fotoassimilados, apresentando perda de turgescência foliar com posterior abscisão destas e diminuição da raiz.

Entretanto quando as plantas passam por períodos de seca, estas tendem a desenvolver mecanismos de tolerância ao estresse. Isto pode ser percebido nas plantas cultivadas com níveis de água de 25% da CP, quando estas comparadas as plantas controle não apresentaram diferença significativa em nenhum das variáveis analisadas neste estudo.

Os resultados encontrados neste trabalho permitem afirmar que o *E. citriodora* é uma espécie que apresenta tolerância ao estresse hídrico. E que níveis de 75% da CP promovem uma maior produtividade da espécie.

## APÊNDICE

---

### Apêndice 01. Transpiração (E)

**Tabela A1** - Teste multivariado para transpiração em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0063	1048.99	< 0,0001
Traço de Pillai	0.9936	1048.99	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	155.4058	1048.99	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	155.4058	1048.99	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0009	32.79	< 0,0001
Traço de Pillai	2.6486	11.76	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	50.8775	66.12	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	40.9105	245.46	< 0,0001

**Tabela A2** – Análise de medidas repetidas para transpiração em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	706.7690	141.3538	775,52	<0.0001
Resíduo	30	5.4680	0.1822		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	4	481.3244	120.3311	386.77	<0.0001
Tratam. x Tempo	20	269.7483	13.4874	43.35	<0.0001
Resíduo	120	37.3344	0.3111		

### Apêndice 02. Resistência difusiva (rs)

**Tabela A3** - Teste multivariado para resistência difusiva em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.4174	9.42	< 0,0001
Traço de Pillai	0.5825	9.42	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	1.3952	9.42	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	1.3952	9.42	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0031	21.25	< 0,0001
Traço de Pillai	1.9913	5.95	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	87.7163	114.00	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	85.9370	515.62	< 0,0001

**Tabela A4** – Análise de medidas repetidas para resistência difusiva em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	2964.8509	592.9701	20.99	<0.0001
Resíduo	30	847.4563	28.2485		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	4	1332.9075	333.2267	11.55	<0.0001
Tratam. x Tempo	20	7941.3508	397.0675	13.77	<0.0001
Resíduo	120	3460.9895	28.8415		

### Apêndice 03. Potencial Hídrico ao meio-dia ( $\Psi_{md}$ )

**Tabela A5** - Teste multivariado para o potencial hídrico ao meio-dia em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.3022	5.19	0.0190
Traço de Pillai	0.6977	5.19	0.0190
Traço de Hotelling-Lawley	2.3086	5.19	0.0190
Maior Raiz de Roy	2.3086	5.19	0.0190
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0042	6.45	< 0,0001
Traço de Pillai	2.1481	2.78	0.0190
Traço de Hotelling-Lawley	36.4624	14.97	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	32.6727	78.41	< 0,0001

**Tabela A6** – Análise de medidas repetidas para o potencial hídrico foliar ao meio-dia em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	9.6932	1.9386	7.28	0.0024
Resíduo	30	3.1934	0.2661		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	4	1.2166	0.3041	2.33	0.0695
Tratam. x Tempo	20	28.5647	1.4282	10.93	<0.0001
Resíduo	48	6.2720	0.1306		

#### Apêndice 04. Potencial Hídrico predawn ( $\Psi_{pd}$ )

**Tabela A7** - Teste multivariado para o potencial hídrico predawn em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.1146	25.74	< 0,0001
Traço de Pillai	0.8853	25.74	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	7.7230	25.74	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	7.7230	25.74	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0094	8.26	< 0,0001
Traço de Pillai	1.9121	4.22	0,0002
Traço de Hotelling-Lawley	23.0499	14.29	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	19.7105	47.31	< 0,0001

**Tabela A8** – Análise de medidas repetidas para o potencial hídrico pre-dawn em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	2.0644	0.4128	11.58	0,0003
Resíduo	12	0.4279	0.0356		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	3	3.0072	1.0024	22,93	<0,0001
Tratam. x Tempo	15	20.951	1.3967	31,94	<0,0001
Resíduo	36	1.5740	0.0437		

#### Apêndice 05. Conteúdo Relativo de Água (CRA)

**Tabela A9** - Teste multivariado para o conteúdo relativo de água em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0944	50.31	< 0,0001
Traço de Pillai	0.9055	50.31	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	9.5824	50.31	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	9.5824	50.31	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0113	10.11	< 0,0001
Traço de Pillai	1.6506	3.37	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	37.2374	37.27	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	36.0771	173.17	< 0,0001

**Tabela A10** – Análise de medidas repetidas para o conteúdo relativo de água em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	39824.4614	7964.8922	289.07	<0,0001
Resíduo	24	661.2852	27.5535		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	4	4509.1584	1127.2896	51.76	<0,0001
Tratam. x Tempo	20	17585.2347	879.2617	40.37	<0,0001
Resíduo	96	2090.9452	21.7806		

#### Apêndice 06. Altura

**Tabela A11** - Teste multivariado para a altura das mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0181	81.13	< 0,0001
Traço de Pillai	0.9818	81.13	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	54.0886	81.13	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	54.0886	81.13	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0008	5.27	< 0,0001
Traço de Pillai	2.8115	2.44	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	76.3888	21.07	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	71.8662	136.55	< 0,0001

**Tabela A12** – Análise de medidas repetidas para a altura das mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	11403.2280	2280.6456	5.32	0,0020
Resíduo	24	10279.2121	428.3005		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	10	15161.3967	1516.1396	207.27	<0,0001
Tratam. x Tempo	50	22630.0636	452.6012	61.88	<0,0001
Resíduo	240	1755.5378	7.3147		

### Apêndice 07. Número de folhas

**Tabela A13** - Teste multivariado para o número de folhas das mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0070	210.20	< 0,0001
Traço de Pillai	0.9929	210.20	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	140.1327	210.20	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	140.1327	210.20	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0008	5.29	< 0,0001
Traço de Pillai	2.5416	1.96	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	130.5012	34.80	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	127.0916	241.47	< 0,0001

**Tabela A14** – Análise de medidas repetidas para o número de folhas das mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	355.1970	71.0394	9.02	<0,0001
Resíduo	24	189.0857	7.8785		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	10	291.0435	29.1043	117.75	<0,0001
Tratam. x Tempo	50	412.0494	8.2409	33.34	<0,0001
Resíduo	240	59.3188	0.2471		

### Apêndice 08. Diâmetro do caule

**Tabela 15** - Teste multivariado para o diâmetro do caule das mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0187	78.41	< 0,0001
Traço de Pillai	0.9812	78.41	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	52.2731	78.41	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	52.2731	78.41	< 0,0001
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>			
<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Lambda de Wilks	0.0015	4.51	< 0,0001
Traço de Pillai	2.4390	1.81	< 0,0001
Traço de Hotelling-Lawley	76.0081	20.97	< 0,0001
Maior Raiz de Roy	72.2245	137.23	< 0,0001

**Tabela A16** – Análise de medidas repetidas para o diâmetro do caule das mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em casa de vegetação sob diferentes níveis de água.

<b>FATOR TRATAMENTO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	5	2.3643	0.4728	12.15	<0,0001
Resíduo	24	0.9336	0.0389		
<b>FATOR TRATAMENTO*TEMPO</b>					
<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Tratamento	10	2.1029	0.2102	120.48	<0,0001
Tratam. x Tempo	50	2.4056	0.0481	27.56	<0,0001
Resíduo	240	0.4189	0.0017		

## ANEXOS

---

## 8. ANEXOS

### 8.1 Normas para a Publicação de Artigos na Revista *Árvore*

#### INSTRUÇÕES AOS AUTORES

##### Escopo e política

A Revista *Árvore* publica, bimestralmente, trabalhos originais de contribuição científica, no campo da Ciência Florestal e áreas afins. Cada trabalho submetido (conforme normas), inicialmente, é avaliado pelos editor-adjunto e editor-chefe e, posteriormente, submetido a três revisores especialistas, em nível de doutorado na área pertinente, que, após as devidas avaliações, enviam seus pareceres para, finalmente, a comissão editorial fazer uma avaliação para sua aprovação ou não.

**Atenção** - Para publicar artigos na Revista *Árvore*, pelo menos um dos autores deverá ser seu assinante ou revisor e incluir no mínimo dois artigos da revista nas referências).

##### Forma e preparação de manuscritos

##### **PRIMEIRA ETAPA** (exigida para submissão do artigo)

O texto 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 antecidos da palavra Figura mais o seu número de ordem. Os títulos dos quadros deverão aparecer na parte superior e antecidos 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 e clicar em **ARTIGOS** e depois **SUBMETTER 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.

**Obs.: Os artigos que não se enquadrarem nas normas acima descritas, na sua totalidade ou em parte, serão devolvidos e perderão a prioridade da ordem seqüencial de publicação.**

## 8.2 Normas para a Publicação de Artigos na Revista Cerne

### 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 a 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.