

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

### **SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE HÍBRIDOS DE *EUCALYPTUS* SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

REGIANE RAMAZZOTTO

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

### **SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

REGIANE RAMAZZOTTO

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nádia Figueiredo de Paula**

**Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia  
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de  
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

**Jaboticabal-SP**

**1º Semestre/2012**

Ramazzotto, Regiane  
R166s Sobrevivência de mudas de híbridos de Eucalyptus submetidas à deficiência hídrica / Regiane Ramazzotto.— Jaboticabal : Fatec, 2012.  
28p.

Orientadora: Nádia Figueiredo de Paula

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2012.

1. Eucalipto. 2. Estresse Hídrico. 3 Mudas. I. Paula, N. F. II. Dra.

CDU 630.1.

## Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.

**AUTOR:** REGIANE RAMAZZOTTO

**ORIENTADOR(A):** PROF(a). DR (a). NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

**Prof<sup>ª</sup>. NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA**

**Prof. RINALDO CÉSAR DE PAULA**

**Prof<sup>ª</sup>. RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI**

Data da apresentação: 21 de Junho de 2011.

---

Presidente da Comissão Examinadora

É assim que funciona:  
Você é jovem até não ser mais.  
Você ama até não amar mais.  
Você tenta até não poder mais.  
Você ri até chorar.  
Você chora até rir.  
E todo mundo deve respirar  
Até o último suspiro.

On the Radio – Regina Spektor

A felicidade aparece para aqueles que choram.  
Para aqueles que se machucam.  
Para aqueles que buscam e tentam sempre.

Clarice Lispector

Dedico aos meus pais, Marina e Claudio, por me ajudarem a chegar até aqui, sempre me apoiando, aconselhando e animando nos momentos em que quis desistir.

Às minhas irmãs, Eliane, Bruna e Julia, por serem as pessoas com quem mais me preocupo e a quem quero dar bons exemplos.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pois sem seu apoio, carinho, amor e educação, nada disso seria possível.

A Prof.<sup>a</sup> Nadia por ser tão atenciosa e paciente e por ter me ajudado a desenvolver este trabalho.

Aos amigos e companheiros de curso Gustavo, Aretha, Milene e Tseng, por estarem sempre ao meu lado e por terem tornado essa jornada um pouco mais leve e divertida. Sou grata por ter a amizade e o apoio de vocês.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1. Genótipos e condições de crescimento das plantas.....	16
4.2. Características fisiológicas.....	17
4.2.1 Fotossíntese máxima, condutância estomática e transpiração.....	17
4.2.2 Conteúdo relativo de água (CRA).....	17
4.3. Análise dos dados.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5.1. Fotossíntese.....	20
5.2. Condutância Estomática.....	21
5.3. Transpiração.....	22
5.4. Conteúdo relativo de água (CRA).....	23
6. CONCLUSÕES.....	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Mudas de sete clones de <i>Eucalyptus</i> sp. recém plantadas.....	16
FIGURA 2- Mudas de clones de <i>Eucalyptus</i> , 10 dias após a suspensão da irrigação.....	19
FIGURA 3- Taxas de fotossíntese ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de sete clones de <i>Eucalyptus</i> submetidos à deficiência hídrica progressiva.....	20
FIGURA 4- Condutância estomática ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de sete clones de <i>Eucalyptus</i> submetidos à deficiência hídrica progressiva.....	21
FIGURA 5- Transpiração ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de sete clones de <i>Eucalyptus</i> submetidos à deficiência hídrica progressiva.....	22
FIGURA 6- Conteúdo Relativo de Água (%) nas folhas de sete clones de <i>Eucalyptus</i> submetidos à deficiência hídrica progressiva.....	23

## RESUMO

### SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

A expansão das áreas de plantio de *Eucalyptus* no Brasil tem ocorrido, em muitos casos, em regiões com longos períodos de estiagem, resultando em baixa disponibilidade hídrica no solo. Portanto, a seleção de mudas com alta capacidade de sobrevivência nestas condições, torna-se de suma importância. O objetivo desse trabalho foi avaliar a capacidade de sobrevivência de mudas de sete híbridos de eucalipto submetidas à deficiência hídrica, acompanhar as alterações fisiológicas ocorridas durante o período de sobrevivência e identificar os genótipos tolerantes à seca. Foram acompanhadas as taxas de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e conteúdo relativo de água nas folhas. Entre o sexto e o décimo dia após a suspensão da irrigação todos os clones apresentaram alterações nas características fisiológicas, porém os clones 3 e 2, mantiveram-nas mais constantes e conseguiram sobreviver por um tempo mais longo. O clone 1 foi o mais sensível, o clone 3 o mais tolerante. Os clones 3 e 2 podem ser indicados para plantio em regiões sujeitas à seca.

**Palavras-chave:** Eucalipto, estresse hídrico, seca.

## ABSTRACT

### **SURVIVORSHIP OF *Eucalyptus* HYBRID SEEDLINGS UNDER THE WATER DEFICIT**

The expansion of planted areas of *Eucalyptus* in Brazil, there has been, in many cases, in regions with long periods of drought and low soil water availability. Therefore, selection of seedlings able to survive under these conditions is crucial. The aim of this study was to evaluate the survivorship of seedlings of seven clones of *Eucalyptus* subjected to water deficit, monitor the physiological changes occurring during the period of survivorship and identify drought tolerant genotypes. Were evaluated the rates of photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and relative water content in the leaves. Between the sixth and tenth day after withholding water all clones showed changes in physiological characteristics, but clones 3 and 2, remained the most constant and survived for a while longer. Clone 1 was the most sensitive and clone 3 was the most tolerant. The clones 3 and 2 could be suitable for planting in areas subject to drought.

**Key words:** *Eucalyptus*, hydric stress, drought.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil corresponde a aproximadamente 4,8 milhões de hectares, sendo que 54,2% destas áreas estão localizadas na região Sudeste, tendo apresentado um crescimento de 2,5% (119.617 ha) em relação à área plantada referente a 2010. O segmento de Papel e Celulose concentra 71,2% das áreas plantadas de *Eucalyptus*, seguido pelos segmentos de Siderurgia a Carvão Vegetal (18,4%), Painéis de Madeira Industrializada (6,8%) e Produtores Independentes (3,6%). Em 2011, empresas do segmento de Papel e Celulose investiram no plantio de *Eucalyptus*, gerando uma expansão nas áreas plantadas nos Estados do Tocantins (37,8%), Mato Grosso do Sul (25,7%), Paraná (16,6%) e Maranhão (9,5%) (ABRAF, 2012). Contudo, essa expansão das áreas de plantio tem ocorrido, em muitos casos, em regiões com longos períodos de estiagem, resultando em baixa disponibilidade hídrica no solo. Assim, a obtenção de máxima produtividade em condições ambientais estressantes, têm sido um dos maiores desafios do setor florestal.

Devido aos estudos sobre mudanças climáticas que prevêem a expansão de zonas áridas na terra (PETIT et al., 1999; SLOT e POOTER, 2007), pesquisas sobre respostas de plantas ao estresse hídrico têm se tornado cada dia mais importantes. Desta forma, o entendimento dos efeitos da deficiência hídrica nas plantas é vital para a melhoria de práticas de manejo e melhoramento agrícola e florestal (CHAVES et al., 2003). No mundo todo, a deficiência hídrica, no solo e na atmosfera, altas temperaturas e radiação são citadas como as principais restrições à sobrevivência e produtividade agrônômica e florestal (BOYER, 1982; PEREIRA e PALLARDY, 1989; FLEXAS et al., 2002). Portanto, a seleção de mudas com alta capacidade de sobrevivência nestas condições é de suma importância.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a capacidade de sobrevivência dos genótipos de *Eucalyptus* sob estresse hídrico crescente, possibilitando a identificação de genótipos capazes de sobreviver por mais tempo em condições extremas de deficiência hídrica.

Acompanhar e identificar as alterações fisiológicas ocorridas durante o período de sobrevivência.

Identificar e selecionar genótipos tolerantes à seca visando à recomendação para plantio em áreas com deficiência hídrica.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

Considera-se estresse o que afeta o desenvolvimento funcional dos organismos, causando danos reversíveis ou permanentes (LARCHER, 2006). É ocasionado por fatores externos que prejudicam o crescimento e produtividade das plantas, tal como condições de solo (pH, toxidez, disponibilidade de nutrientes) e clima (radiação, precipitação, temperatura e umidade relativa), sendo que o estresse pode ser ocasionado tanto pelo excesso quanto pela escassez de recursos (PAULA et al., 2011). Plantas de diferentes espécies reagem de formas distintas aos estresses, sendo que algumas são mais tolerantes, tornando-se aclimatadas, porém, não adaptadas, visto que adaptação se refere a um nível de resistência determinado geneticamente (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Segundo Reis et al. (2006) o genótipo determina a tolerância ao estresse hídrico, fazendo com que algumas plantas tenham maior facilidade na aquisição ou conservação de água, porém, os mecanismos de adaptação geralmente resultam em menor taxa de crescimento (WIKBERG e OGREN, 2004). Para Pereira e Pallardy (1989) é provável que as plantas mais adaptadas à deficiência hídrica tenham características mais propícias à sobrevivência que ao crescimento.

Um dos fatores estressantes de maior destaque é a deficiência hídrica, no solo e na atmosfera, que juntamente com radiação e temperatura restringem a sobrevivência e produtividade agrônoma e florestal (BOYER, 1982; PEREIRA e PALLARDY, 1989; FLEXAS et al., 2002).

Para Taiz e Zeiger (2004), a deficiência hídrica limita a dimensão e o número de folhas, as taxas de crescimento dos ramos e dos caules, durante os estágios de crescimento inicial e tardio. Os danos nas plantas são proporcionais à intensidade e duração da deficiência

hídrica, podendo gerar alterações morfológicas, fisiológicas, diminuição da turgescência, menor produção de biomassa e desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo (SANTOS e CARLESSO, 1998; PIMENTEL, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004). Há discordâncias sobre como a fotossíntese é afetada pelo estresse hídrico e salino, porém há um consenso de que a redução da difusão do CO<sub>2</sub> da atmosfera para os sítios de carboxilação reduz a fotossíntese. Essa redução da difusão da folha é resultado do fechamento dos estômatos e diminuição na condutância do mesófilo (FLEXAS et al., 2006).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), a planta precisa estar com os estômatos abertos para absorver CO<sub>2</sub> e realizar a fotossíntese. A abertura estomática varia de acordo com o estado hídrico da folha e da demanda evaporativa da atmosfera (NAVES-BARBIEIRO et al., 2000) e pode ter efeito direto no conteúdo relativo de água nas folhas, o qual expressa o grau de hidratação celular das folhas (BLUM, 2011). Para Lawlor e Cornic (2002), a fotossíntese é irreversivelmente comprometida quando o conteúdo relativo de água na folha chega a 70%. A queda da taxa de fotossíntese pode ser relacionada com altas temperaturas e altos déficits de pressão de vapor na atmosfera, sendo mais acentuada quando há ocorrência de deficiência hídrica no solo (KHAIRI e HALL, 1976; SYVERSTSEN e LLOYD, 1994; BRAKKE e ALLEN, 1995; MEDINA et al., 1998). Ao mesmo tempo ocorre transpiração de água pelas folhas, induzindo a uma tensão ou pressão negativa, gerando a força motriz para o transporte da água do solo para raiz, da raiz para as folhas e, por último, das folhas para a atmosfera (REICHARDT e TIMM, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004; VIEIRA et al., 2010). Quando os estômatos estão abertos permitem a assimilação de CO<sub>2</sub>. Fechados conservam água e reduzem o risco de desidratação (TENHUNEN et al., 1987). À medida que os estômatos se fecham, devido à baixa disponibilidade de água no solo, a taxa de transpiração diminui, evitando as perdas exageradas de água e por consequência a morte por dessecação (BARLOW, 1983). A planta não sendo capaz de repor a água perdida pela transpiração, através da absorção pelas raízes (caso o solo não disponha de água armazenada), sofrerá estresse hídrico.

As espécies do gênero *Eucalyptus* respondem de diferentes maneiras quando submetidas a regimes de deficiência hídrica. As espécies tolerantes apresentam tolerância plasmática a baixos potenciais de água. Espécies com característica de fuga à seca apresentam capacidade de passar por períodos críticos de déficit hídrico sem reduzir significativamente seu potencial de água, pois possuem mecanismos como sistema radicular profundo, eficiente controle estomático da transpiração, queda das folhas, entre outros. Há ainda espécies com baixa ou nenhuma capacidade de controle da transpiração, sendo mais vulneráveis à

deficiência hídrica que as que apresentam algum mecanismo de tolerância (LIMA, 1996).

Lima et al. (2003) ao analisarem as trocas gasosas em cinco espécies de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. torelliana* e *E. pharotrica*), submetidas ao aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e a interação com o estresse hídrico, observaram que as taxas de fotossíntese, condutância estomática e transpiração foram menores em todas as plantas submetidas à deficiência hídrica em comparação com as mesmas plantas irrigadas. O efeito do estresse hídrico no fechamento dos estômatos foi igual para várias concentrações de CO<sub>2</sub>, embora os efeitos positivos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> dentro da câmara sobre a fotossíntese e a eficiência do uso de água se mantiveram por um período comparativamente mais longo. O entendimento da adaptação e aclimatação das plantas ao déficit hídrico ajuda a avaliar o comportamento das plantas e sua tolerância, tanto em ambiente natural quanto em condições controladas, utilizando a planta como um indicador do estado hídrico (LARCHER, 2004).

Segundo White et al. (2000) *E. camaldulensis* e *E. saligna* evitam o estresse hídrico aumentando a profundidade do sistema radicular, enquanto *E. leucoxylon* e *E. platypus* apresentam baixo potencial osmótico e capacidade de ajustar ao máximo o módulo elástico das células. Reduzindo o potencial osmótico, junto com outras adaptações morfológicas, o eucalipto seria capaz de suportar o déficit hídrico (MERCHANT et al., 2007).

Ao comparar *E. argophloia* e *E. cloeziana* quando cultivadas sob condições de estresse hídrico, constatou-se redução nas taxas de crescimento de 30% e 55% respectivamente. Em *E. argophloia* observou-se maior produção de biomassa, maior eficiência de uso da água da transpiração (razão entre biomassa produzida e volume de água perdido na transpiração), menor eficiência instantânea de uso da água (razão entre fotossíntese líquida e condutância estomática e menor composição de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Sendo assim, foi concluído pelos autores que *E. argophloia* por ser mais eficiente na utilização da água, é mais adequada que *E. cloeziana* para áreas com déficit hídrico (NGUGI et al., 2003a, 2003b, 2004).

Para obter sucesso em um plantio florestal, a escolha da espécie deve ser baseada nas condições climáticas. Portanto, para locais com baixa ou irregular pluviosidade, deve-se selecionar material genético com boa tolerância a essas condições, garantindo uma produtividade satisfatória (FERRARI, GROSSI, WENDLING, 2004; REIS et al., 2006).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Genótipos e condições de crescimento das plantas

Foram plantadas 30 mudas de 7 genótipos de eucaliptos, com idade média de 100 dias, as quais foram produzidas pelo processo de miniestaquia de acordo com procedimentos operacionais adotados pela empresa (Figura 1).



FIGURA 1- Mudanças de sete clones de *Eucalyptus* sp. recém plantadas.

Foram usados vasos de plástico com capacidade para 3 litros de substrato (cerca de 5 kg de solo), os quais foram preenchidos com solo seco à sombra e peneirado, provenientes de áreas de cultivo de *Eucalyptus* localizadas no Estado do Maranhão. Este solo, após análise físico-química foi adubado de acordo com as recomendações de Gonçalves et al. (1997).

As mudas foram plantadas e mantidas com irrigação durante 10 dias. Após esse período, a irrigação foi suspensa e as características fisiológicas foram monitoradas periodicamente até a morte das plantas. No início, as avaliações ocorreram em intervalos de 3 dias, e a medida que a deficiência hídrica se intensificava, as avaliações passaram a ser feitas diariamente, até a morte das plantas.

## **4.2. Características fisiológicas**

### **4.2.1. Fotossíntese máxima, condutância estomática e transpiração**

Foram avaliadas as taxas de fotossíntese máxima ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e transpiração ( $E$ ) usando um analisador de gases por infravermelho, portátil (LCPro<sup>+</sup> SYSTEM, ADC). As avaliações foram feitas sob concentração de CO<sub>2</sub> ambiente ( $370 \pm 10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), FFFA (fluxo de fótons fotossinteticamente ativo) de  $1200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (suficiente para saturação de  $A$  de todos os genótipos). As avaliações fisiológicas foram realizadas entre 8 h e 10 h e 30 min, em folhas totalmente expandidas, e aparentemente saudáveis.

### **4.2.2. Conteúdo relativo de água (CRA)**

Paralelamente à avaliação das características fisiológicas, foram coletadas amostras de folhas para determinação do CRA. Foram utilizadas folhas recém colhidas que foram pesadas

(peso fresco), colocados em água por 24 h e pesados novamente (peso saturado). Após a pesagem, as folhas foram levadas à estufa regulada para a temperatura de 70° C por 24 h e pesados para determinação do peso seco. O CRA foi determinado como:

$$\text{CRA} = \frac{(\text{Peso Fresco} - \text{Peso Seco}) \times 100}{(\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco})}$$

### **4.3. Análise dos dados**

As avaliações de fotossíntese, condutância estomática e transpiração foram feitas com 12 repetições e o conteúdo relativo de água com 3 repetições. Os dados foram apresentados como média ± erro padrão.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas foram submetidas à deficiência progressiva. Entre o sexto e o décimo dia após a suspensão da irrigação, algumas plantas começaram a apresentar sinais de murcha. No décimo primeiro dia de avaliação restavam apenas quatro plantas do clone 1, todas já em estágio avançado de murcha. Por outro lado, no décimo quinto dia ainda havia 3 plantas do clone 3 sendo que duas delas não apresentavam-se murchas (Figura 2). Antes mesmo de analisar as características fisiológicas, essas informações visuais já sugeriam que o clone 1 é um dos mais sensíveis e o clone 3 o mais tolerante à deficiência hídrica.



FIGURA 2 -Mudas de clones de *Eucalyptus*, 10 dias após a suspensão da irrigação

## 5.1. Fotossíntese

Três dias após a suspensão da irrigação, todas as plantas apresentaram altas taxas de fotossíntese, sendo que cinco clones ficaram entre 16 e 20  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , já os clones 2 e 3 apresentaram as menores taxas (Figura 3). Até seis dias após a suspensão todas as taxas de *A* mantiveram-se constantes, porque ainda havia boa disponibilidade de água. No décimo dia, apenas os clones 2 e 3 mantiveram-se pouco alterados, os demais apresentaram uma queda brusca da fotossíntese. Observa-se na Figura 3, que o Clone 2 manteve-se praticamente inalterado até o décimo primeiro dia e, o Clone 3, até o décimo terceiro dia. Os demais reduziram drasticamente as taxas de fotossíntese entre o sexto e o décimo dia após a suspensão da irrigação

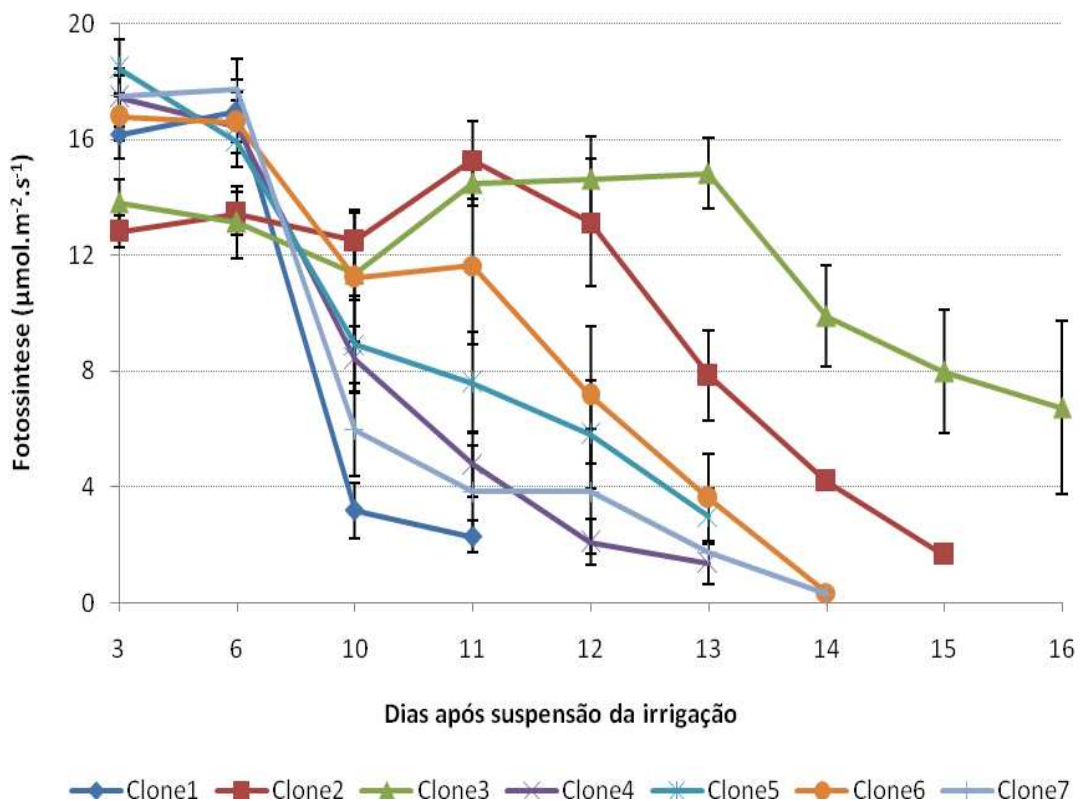


FIGURA 3 - Taxas de fotossíntese ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de sete clones de *Eucalyptus* submetidos à deficiência hídrica progressiva.

## 5.2. Condutância estomática

Os clones 2 e 3 apresentavam inicialmente as menores condutâncias estomáticas (Figura 4), as quais foram mantidas constantes ou até mesmo aumentadas até o décimo primeiro dia. Os clones 1, 4 e 7 apresentaram uma forte redução na condutância entre o sexto e o décimo dia e os clones 5 e 6 apresentaram maior redução após o décimo dia. A condutância estomática é um mecanismo fisiológico que protege a planta da desidratação. Dessa forma, à medida que reduzia a disponibilidade de água no solo, os estômatos se fechavam procurando evitar a dessecação.

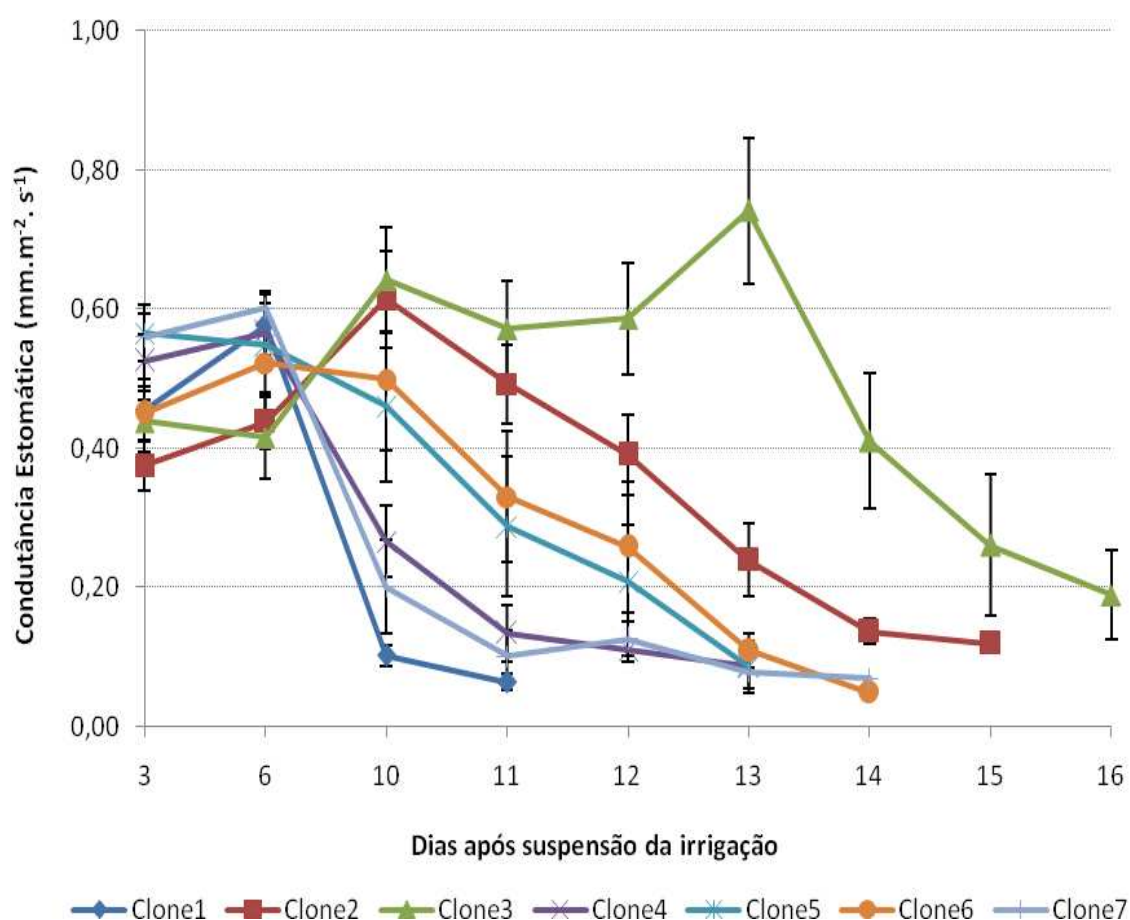


FIGURA 4 - Condutância estomática ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de sete clones de *Eucalyptus* submetidos à deficiência hídrica progressiva.

### 5.3. Transpiração

Na Figura 5, observa-se que, inicialmente todos os clones apresentavam altas taxas de transpiração. Os clones que apresentavam taxas de transpiração mais altas, foram os primeiros a morrer e aqueles que transpiravam menos foram os mais tolerantes. Todos os clones apresentaram uma leve redução na transpiração no sexto dia após a suspensão da irrigação e, entre o sexto e o décimo dia, essa redução tornou-se mais acentuada, especialmente nos clones 1 e 7 (Figura 5). Nos clones 2 e 3 a redução da transpiração ocorreu de forma gradual.

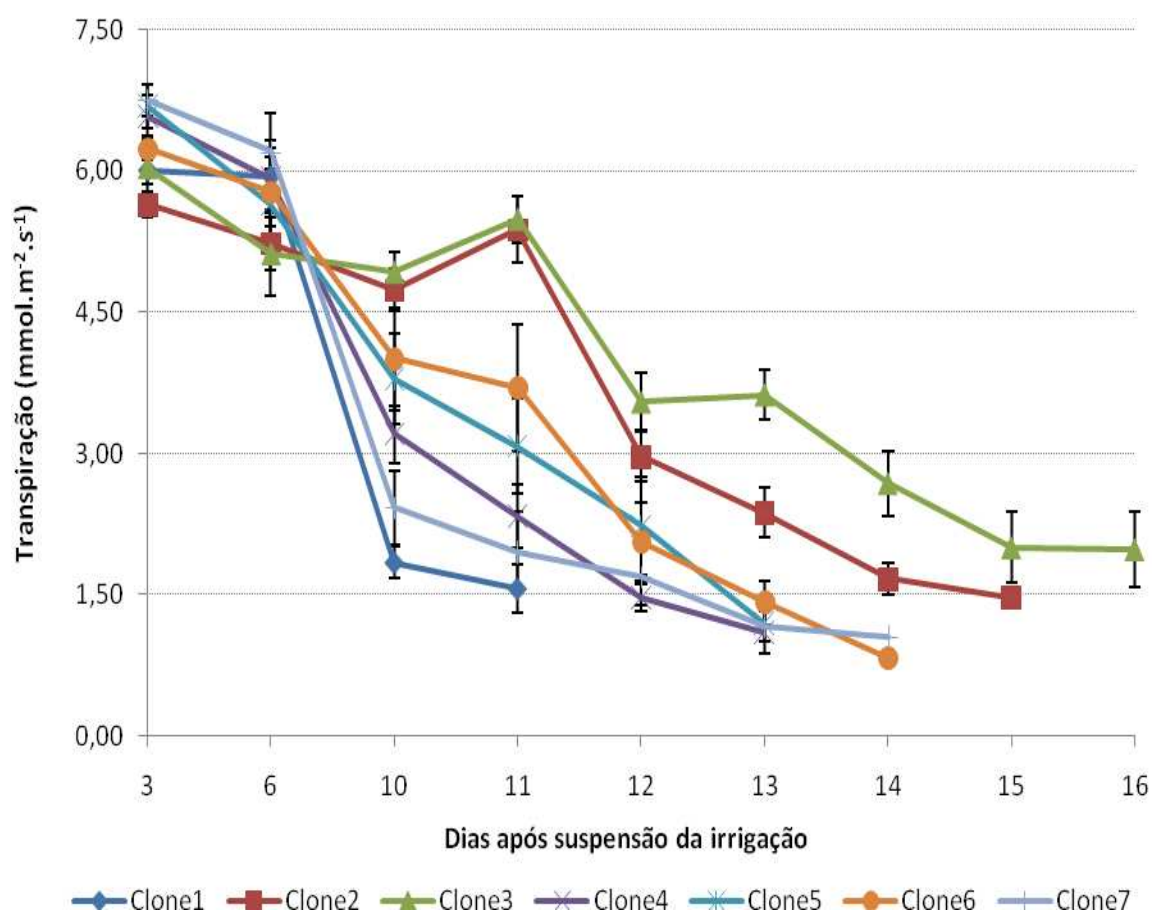


FIGURA 5 - Transpiração ( $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) de sete clones de *Eucalyptus* submetidos à deficiência hídrica progressiva.

#### 5.4. Conteúdo relativo de água (CRA)

Nos primeiros dias após a suspensão da irrigação, até o sexto dia, todos os clones apresentavam CRA entre 80 e 90% (Figura 6), ou seja, todas as folhas estavam hidratadas, próximo ao turgor máximo. No décimo dia, os clones 2, 3, 4 e 6 ainda apresentavam-se túrgidas, enquanto nos clones 1, 5, e 7 já apresentavam maior redução do CRA. Os clones 2 e 3 foram capazes de manter o CRA acima de 70% até o décimo terceiro dia. De acordo com Chaves et al. (2003), os efeitos do estresse hídrico em nível de cloroplasto ocorreriam quando CRA torna-se abaixo de 70%. Observa-se que abaixo de 70% de CRA a maioria dos clones apresentou alterações nas características fisiológicas, essas alterações tornaram-se mais acentuadas à medida que havia redução no conteúdo de água das folhas. Folhas aparentemente vivas apresentaram o CRA sempre superior a 55%. Portanto, a faixa entre 50% e 55% de água nas folhas parece ser o limite entre a sobrevivência e a morte das folhas.

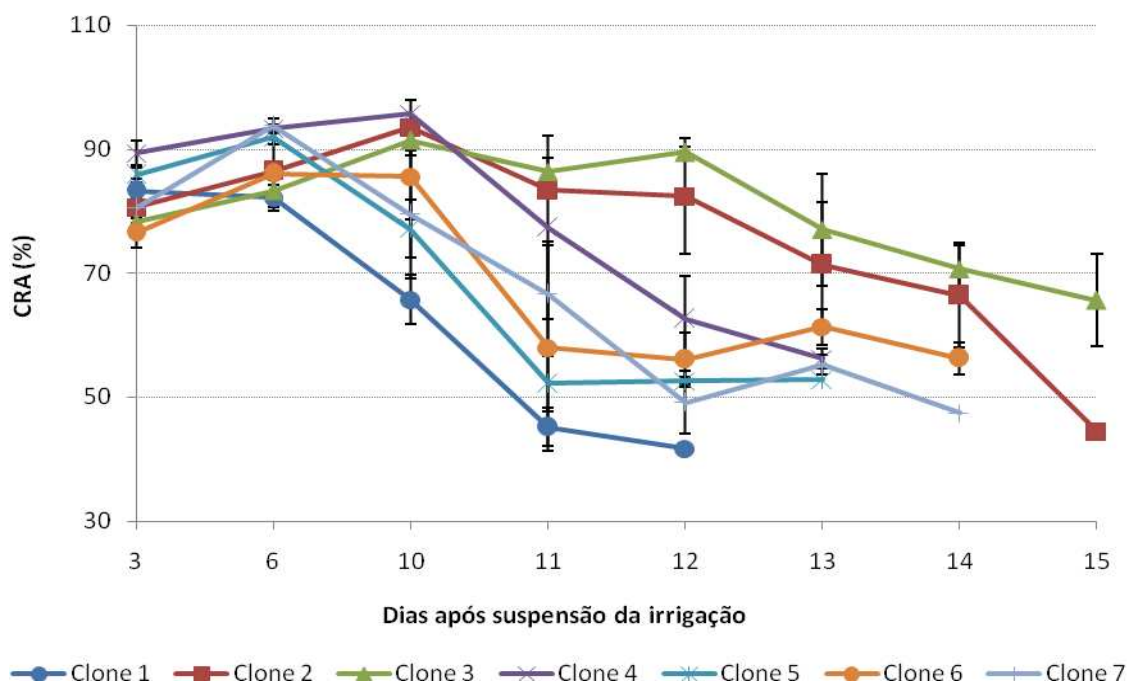


FIGURA 6 – Conteúdo Relativo de Água (%) nas folhas de sete clones de *Eucalyptus* submetidos à deficiência hídrica progressiva.

Analisando-se o conjunto de dados, observa-se que entre o terceiro e sexto dia após a suspensão da irrigação, a transpiração foi reduzida em todos os clones e as demais variáveis mantiveram-se constante, sugerindo que assim que a água tornou-se menos disponível, houve um ajustamento da abertura estomática que reduziu a perda de água, mas não impediu a entrada de CO<sub>2</sub>, pois não houve redução da fotossíntese nesse período. Todos os clones apresentaram sinais de murcha à medida que se intensificava a dessecação do solo. Essas observações sugerem que há uma correlação entre os estágios visuais de murcha com as taxas de fotossíntese e com o conteúdo relativo de água. De acordo com Slot e Pooter (2007), os estágios visuais de murcha correlacionam-se fortemente com o conteúdo de água da folha em espécies tropicais. Os autores sugerem que esta relação pode ser uma ferramenta promissora para monitorar respostas de plantas à seca. Dentre os clones avaliados, o mais sensível à seca foi o clone 1, que apresentou todos os sinais de desidratação mais cedo e portanto sobreviveu por menos tempo. Por outro lado, o clone 3 mostrou ser o mais tolerante, pois foi capaz de manter suas atividades fisiológicas mais constantes por um tempo mais longo. Assim, numa escala de tolerância à seca, os clones podem ser classificados da seguinte forma: clone 3, clone 2, clone 6, clone 7, clone 5, clone 4 e clone 1, sendo o clone 3 mais tolerante e o clone 1, o mais sensível. Desta forma, o clone 3 e o clone 2 podem ser recomendados para plantio em regiões sujeitas à seca.

## 6. CONCLUSÕES

As mudas de clones de *Eucalyptus* sobreviveram entre 10 e 15 dias sem irrigação.

Entre o sexto e o décimo dia após a suspensão da irrigação, os clones mais sensíveis apresentaram uma redução acentuada em todas as características fisiológicas.

O clone 3 mostrou-se mais tolerante à seca e o clone 1 o mais sensível.

Os clones podem ser classificados como: tolerantes (clones 3 e 2), intermediários (clones 6 e 7) e sensíveis (1, 5 e 4).

Os clones 3 e 2 são promissores para plantio em regiões secas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2012. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. 150p. Disponível em: <[www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf)> Acesso em: 28 de mai. 2012.

BARLOW, E.W.R. Water relations of the mature leaf. In: DALE, J.E.; MILTHORPE, F.L., (Ed.). **The growth and functioning of leaves**. Cambridge: University Press, 1983. p.315-345.

BLUM, A. **Plant breeding for water-limited environments**. New York: Springer, 255p. 2011.

BOYER, J. S. Plant productivity and environment potential for increasing crop plant productivity , genotypic selection. **Science**, Cambridge, v. 218, p. 443-448, 1982.

BRAKKE, M.; ALLEN, Jr., L.H. Gas exchange of Citrus seedlings at different temperatures, vapor-pressure deficits, and soil water content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, New York, v. 120, p. 497-504, 1995.

CHAVES, M. M.; MAROCO J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Function Plant Biology**, Australia, v.30, p.239-264, 2003.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 94).

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J.M; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions. **Functional Plant Biology**. Australia, v. 29, p. 461-471, 2002.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBÓ. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water. **Physiologia Plantatum**, Spain, v.127, p. 343-352, 2006.

GONÇALVES, J. L. de M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Boletim Técnico nº 100**,

Campinas, IAC/FUNDAG. 2a ed. rev. Atual. 1997. cap. 23, p. 245-258.

KHAIRI, M.M.A.; HALL, A.E. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 36, 29-34, 1976.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006. 550p.

LAWLOR, D. W; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 25, p. 275-294, 2002.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996. 301p.

LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of Eucalyptus species to elevated CO<sub>2</sub> concentration and drought stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.231-238, 2003.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; PINTOP, J. M. Fotossíntese de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v 57, p. 1-14, 1998.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. **Annals of Botany**, v. 100, p. 1507-1515, 2007.

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**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 119-134, 2000.

NGUGI, M. R.; DOLEY, D.; HUNT, M. A.; RYAN, P.; DART, P. Physiological responses to water stress in *Eucalyptus cloeziana* and *E. Argophloia* seedlings. **Trees**, Berlin, v. 18, p.381-389, 2004.

NGUGI, M. R.; HUNT, M. A.; DOLEY, D.; RYAN, P.; DART, P. Dry matter production and allocation in *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* seedlings in response to soil water deficits. **New Forests**, West Lafayette, v. 26, p. 187-200, 2003a.

NGUGI, M. R.; HUNT, M. A.; DOLEY, D.; RYAN, P.; DART, P. Effects of soil water availability on water use efficiency of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* plants. **Australian Journal of Botany**, Camberra, v. 51, p.159-166, 2003b.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F.; MARINO, C. L. Melhoramento de espécies perenes para condições de estresses abióticos. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. 1ª ed.Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011, v. , p. 227-250.

PEREIRA, J. S.; PALLARDY, S. Water stress limitations to tree productivity. In: Pereira, J.

S.; Landsberg, J.J. Ied). **Biomass production by fast-growing trees**. Dordrecht: Kluwer Academic, p 37-56, 1989.

PETIT, J.R.; JOUZEL, J.; RAYNAUD, D.; BARKOV, N.I.; BARNOLA, J.-M.; BASILE, I.; BENDER, M.; CHAPPELLAZ, J.; DAVIS, M.; DELAYGUE, G.; DELMOTTE, M.; KOTLYAKOV, V.M.; LEGRAND, M.; LIPENKOV, V.Y.; LORIUS, C.; PEPIN, L.; RITZ, C.; SALTZMAN, E.; STIEVENARD, M. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. **Nature**, v. **399**, p. 429-436 1999,

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

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

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

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SLOT, M.; POOTER, L. Diversity of tropical tree seedling responses to drought. **Biotropica**, Washington, v. 39, p.683-690, 2007.

SYVERSTEN, J. P., LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B., ANDERSEN, P.C. (Eds.) **Handbook of environmental physiology of fruits crops: Sub-tropical and Tropical**. Boca Raton: CRC Press, v. 2, p 65-101, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 3. ed., 2004. 719p.

TENHUNEN, J.D.; PEARCY, R.W.; LARANCE, O.L. Diurnal variation in leaf conductance gas exchange in natural environments. In: ZEIGER, E., FARQUHAR, G & COWAN, I (Ed.). **Stomatal function**. Stanford: Stanford University Press, 1987. p.323-351.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S. de; SANTOS, A. R. dos; SANTOS SILVA, J. dos. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis: EDUFMA, 2010. 230p.

WHITE, D. A.; TURNER, N. C.; GALBRAITH, J. H. Leaf water and stomatal behavior of four allopatric *Eucalyptus* species planted in Mediterranean southwestern Australia. **Tree Physiology**, Victoria, v. 20, p. 1157-1165, 2000.

WIKBERG, J.; ÖGREN, E. Interrelationship between water use and growth traits in biomass-producing willows. **Trees**, Berlin, v. 18, p,70-76, 2004.