

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

### **CRESCIMENTO DE MUDAS DE GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

**JOSELI ALVES FERREIRA ZANATO**

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

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

**Jaboticabal – SP  
2º Semestre/2012**

Zanato, Joseli Alves Ferreira

Z27c Crescimento de mudas de genótipos de *Eucalyptus* submetidas a diferentes regimes hídricos / Joseli Alves Ferreira Zanato.— Jaboticabal : Fatec, 2012.  
41p.

Orientador: Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula

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

1. Crescimento vegetal. 2. Madeira. 3 Disponibilidade hídrica. I. Paula, Nádia Figueiredo. II. Título.

CDU 630.1



CENTRO PAULA SOUZA

## Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** CRESCIMENTO DE MUDAS DE GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS.

**AUTORA:** JOSELI ALVES FERREIRA ZANATO

**ORIENTADORA:** PROFa. DRa. 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.

  
NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

RINALDO CESAR DE PAULA

MARCELO HENRIQUE ARMOA

Data da apresentação: 19 de dezembro de 2012.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente da Comissão Examinadora

Dedico aos meus pais Antônia e Osvaldo, que sempre me incentivaram nos estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por tornar todas as coisas possíveis.

Ao meu namorado Fabricio pelo apoio, ajuda e compreensão.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nádia Figueiredo de Paula pela orientação e dedicação em todas as etapas deste trabalho.

Aos membros da banca Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula e Prof. Dr. Marcelo Henrique Armoa pelas correções e sugestões que tanto engrandeceram este trabalho.

Aos colegas da turma pela convivência durante o curso, especialmente Angela pela amizade.

## RESUMO

### CRESCIMENTO DE MUDAS DE GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

O trabalho teve por objetivo a seleção de genótipos de eucalipto com melhor desempenho em função de diferentes condições de disponibilidade hídrica do solo. Foram avaliados 13 genótipos de eucalipto cujas mudas foram plantadas em vasos de plástico e acondicionadas em casa de vegetação. Os tratamentos foram estabelecidos em termos de capacidade máxima de retenção de água pelo solo, sendo eles: R1 (60%, testemunha), R2 (45%) e R3 (30%). Foram avaliados altura, diâmetro do coleto, número de folhas, área foliar, massa seca de folhas, massa seca de caules e massa seca de raízes de mudas no início e ao final do experimento. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial 13 x 3 (13 clones e 3 níveis de umidade do solo), com cinco repetições de uma planta, totalizando 195 plantas e, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR. Considerando que para a cultura do eucalipto o interessante é a produção de madeira o clone que mais se destacou para produção da mesma tanto com maior ou menor disponibilidade hídrica foi o clones 5, pois apresentou as melhores médias para os incrementos relativos em altura, matéria seca de caule e matéria seca total simultaneamente. Enquanto que o clone 8 se destacou pelo menor desempenho. Os clones estudados revelaram diferenças entre si, em relação às características avaliadas, independentemente do regime hídrico, além disso, menor disponibilidade hídrica afeta na maioria das vezes negativamente as características de crescimento de clones de eucalipto.

Palavras-chave: crescimento vegetal.madeira.disponibilidade hídrica.

## **ABSTRACT**

### ***GROWTH OF Eucalyptus' SEEDLINGS GENOTYPES UNDER DIFFERENT WATER SCHEMES***

*The work aimed at the selection of genotypes with improved performance due to different conditions of soil water availability. It was evaluated 13 eucalyptus' genotypes whose seedlings were planted in plastic pots and placed in a greenhouse. Treatments were established in terms of the soil's maximum capacity of water retention, which were: R1 (60% control), R2 (45%) and R3 (30%). It was evaluated height, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf dry mass, dry mass of stems and root dry mass of seedlings at the beginning and end of the experiment. It was used a randomized block design in a factorial 13 x 3 (13 clones and 3 levels of soil moisture), with five replicates of one plant, totaling 195 plants, and means were compared by Tukey test at 5% probability. The statistical program used was SISVAR. Considering that the wood production is the interesting part of the eucalyptus culture, the clone that stood out for the production of the same, with either higher or lower water availability, was the clone 5, because it presented the best averages for the relative increments in height, stem's dry matter and total dry matter simultaneously. On the other hand, the clone 8 stood out by lower performance. The clones revealed differences among themselves regarding the characteristics evaluated, regardless of water regime; moreover, less water availability affects mostly negatively the growth characteristics of eucalyptus clones.*

*Keywords: plant growth.wood.water availability.*

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Médias de altura, diâmetro do coleto e número de folhas de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três regimes de irrigação (R1, R2 e R3).....27
- Figura 2 – Médias de área foliar, massa seca de caule e massa seca de folhas de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três regimes de irrigação (R1, R2 e R3).....31
- Figura 3 – Médias de massa seca de raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três regimes de irrigação (R1, R2 e R3).....34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados médios iniciais de área foliar (AF, cm <sup>2</sup> ), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (RPA) de mudas de 13 clones de eucalipto.....	23
Tabela 2 – Dados médios iniciais de diâmetro do coleto (DCI, mm), altura (ALTI, cm), e número de folhas (NFI) de mudas de 13 clones de eucalipto, no momento da aplicação dos tratamentos de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%) .....	24
Tabela 3 – Incremento relativo (IR, %) em altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) de mudas de 13 clones de eucalipto, submetidas a três níveis de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).....	26
Tabela 4 – Incremento relativo (IR, %) em área foliar (AF), massa seca de caule (MSC) e massa seca de folhas (MSF) de mudas de 13 clones de eucalipto, submetidas a três níveis de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%) .....	30
Tabela 5 – Incremento relativo (IR, %) em área foliar (AF), massa seca de caule (MSC) e massa seca de folhas (MSF) de mudas de 13 clones de eucalipto, submetidas a três níveis de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).....	33
Tabela 6 – Seleção de clones com maiores médias para as características avaliadas.....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMRA	Capacidade máxima de retenção de água pelo solo
R1	Regime de irrigação 1 (60% de capacidade máxima de retenção de água pelo solo)
R2	Regime de irrigação 2 (45% de capacidade máxima de retenção de água pelo solo)
R3	Regime de irrigação 3 (30% de capacidade máxima de retenção de água pelo solo)
AF	Área foliar
MS	Massa seca
MSC	Massa seca de caule
MSR	Massa seca de raízes
MSF	Massa seca de folhas
MSPA	Massa seca parte aérea
MST	Massa seca total
RPA	Relação raiz/parte aérea
DCI	Diâmetro inicial do coleto
ALTI	Altura inicial
NFI	Número inicial de folhas
IR (%)	Incremento relativo
IRAF	Incremento relativo em área foliar
IRMSC	Incremento relativo em massa seca de caule
IRMSF	Incremento relativo em massa seca de folhas
IRALT	Incremento relativo em altura
IRDC	Incremento relativo em diâmetro do coleto
IRNF	Incremento relativo em número de folhas
IRMSR	Incremento relativo em massa seca de raízes
IRMSPA	Incremento relativo em massa seca de parte aérea
IRMST	Incremento relativo em massa seca total

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
3 DESENVOLVIMENTO.....	14
3.1 Revisão de literatura.....	14
3.2 Material e métodos.....	20
3.3 Resultados e discussão.....	23
4 CONCLUSÕES.....	37
5 REFERÊNCIAS.....	38

# 1. INTRODUÇÃO

A madeira é utilizada em todo mundo para diversos fins a exemplo: aquecimento na forma de lenha e transformada em carvão, movelaria, construção civil, fabricação de papéis, componentes de medicamentos, entre outros.

A madeira pode ser obtida a partir de floresta naturais ou artificiais, como é o caso do plantio do gênero *Eucalyptus*. No Brasil, no entanto, este gênero possui várias espécies e, cada qual com características próprias.

Um dos fatores que mais afetam o desenvolvimento das plantas são o clima e solo. E a disponibilidade de água para as plantas é um recurso que pode variar muito em função de local.

A disponibilidade hídrica para as plantas é de fundamental importância, pois afeta tanto positivamente, fazendo com que produzam mais e melhor, como negativamente (quando há falta ou excesso de água), com baixas produções ou até mesmo causando a morte do vegetal.

Levando em consideração a grande variedade de espécies do gênero *Eucalyptus* e a importância da água para as plantas, é de fundamental interesse para as empresas do ramo definir e escolher os genótipos mais produtivos e melhor adaptados para a região em que são cultivados.

## 2. OBJETIVOS

O trabalho teve por objetivos:

- Avaliar o desempenho de genótipos de eucalipto submetidos a diferentes condições de disponibilidade hídrica em casa de vegetação;
- Verificar a alocação de biomassa nestes genótipos e nestas condições;
- Selecionar genótipos com melhor desempenho para produção de madeira em cada nível de umidade do solo.

## **3. DESENVOLVIMENTO**

### **3.1. Revisão de literatura**

#### **3.1.1. Eucalipto**

O gênero *Eucalyptus* inclui cerca de 900 espécies e subespécies originárias de diferentes habitats do território australiano e ilhas adjacentes (BROOKER; KLEINIG, 2006). Nenhum gênero foi tão largamente plantado em todo o mundo como o *Eucalyptus* (HIGA *et al.*, 2000). Além de ser fonte de matéria-prima para uma série de produtos de primeira necessidade, como papéis, componentes de alimentos e medicamentos, material para construção civil e movelaria, os eucaliptos são uma importante fonte de energia, suprindo desde as grandes indústrias até as casas onde pode ser usado como lenha (HIGA *et al.*, 2000).

Também no Brasil, as plantações de eucalipto estão espalhadas por quase todo o território nacional e, grande parte da área de cultivo apresenta limitações ao desenvolvimento das plantas com diversos níveis de estresse hídrico (VELLINI *et al.*, 2008).

Para selecionar genótipos mais adaptados a cada local de plantio é necessário identificar os materiais mais promissores, por meio de observação de características fisiológicas adequadas para seleção (STAPE *et al.*, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2001), ou seja, buscando equilíbrio entre os caracteres que otimizam o crescimento com aqueles que conferem maior resistência à seca (PITA *et al.*, 2005).

#### **3.1.2. Fator climático**

Segundo Vellini *et al.* (2008), a busca por maior produtividade no setor florestal tem demandado pesquisas à procura de materiais genéticos mais produtivos e adaptados às diferentes condições ambientais.

A influência das variáveis ambientais no crescimento de povoamentos de eucalipto é notória (MAESTRI, 2003). Os principais elementos climáticos que afetam o crescimento das árvores são: radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica, sendo assim o desenvolvimento dos plantios florestais apresenta forte dependência das disponibilidades hídrica e energética do meio ambiente (SOUZA *et al.*, 2006).

As plantações florestais geralmente são monoespecíficas, e sua produtividade é muito dependente das condições ambientais, portanto, a obtenção de material de alta produtividade requer, dentre outros, a seleção genética apropriada para cada condição ambiental, principalmente em locais em que a disponibilidade hídrica é limitada em consequência de precipitação baixa e distribuição irregular (REIS *et al.*, 2006).

O clima e o solo são os principais fatores ambientais que afetam a adaptabilidade da espécie no novo local de plantio. Um fator climático muito importante nas regiões tropicais brasileiras são as secas, onde o sucesso da plantação depende da escolha de espécies melhor adaptadas à seca. Plantações bem sucedidas nessas áreas têm sido realizadas com clones de híbridos selecionados (HIGA *et al.*, 2000).

Diversas empresas, ligadas ao setor de produção de papel e celulose, têm aumentado esforços no sentido de investigar a contribuição dos componentes do balanço hídrico (evaporação, percolação, transpiração e precipitação) na produtividade do eucalipto. Procurando integrar os efeitos do clima e práticas de manejo na produção de madeira de florestas plantadas de *Eucalyptus* sp (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2007).

### **3.1.3. Estresse hídrico**

Estresse é o efeito causado pela influência de fatores externos que levam a deficiência ou diminuição do metabolismo ou desenvolvimento, ou seja, altera as condições ótimas e induz mudanças e respostas nas funções do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes (LARCHER, 2004; VIEIRA e GOMES, 2011).

O estresse hídrico por escassez de água ocorre quando a baixa disponibilidade de água afeta os processos fisiológicos (SILVA, 1998), como transpiração, fotossíntese e abertura estomática (FLEXAS *et al.*, 2002; CHAVES *et al.*, 2003; WRIGHT *et al.*, 2004).

Segundo Vieira e Gomes (2011), o déficit hídrico é o balanço de água em um determinado sistema no qual o total de água disponível é menor que a quantidade de água perdida por evapotranspiração. Ao passo que, o balanço hídrico pode ser entendido como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume de solo, onde os ganhos são constituídos, basicamente, pela precipitação pluvial, enquanto as perdas são provenientes de evapotranspiração, percolação profunda e escoamentos superficial e subsuperficial de saída e, o volume de solo é definido pela profundidade efetiva do sistema radicular, onde se observa a absorção de água pelas raízes (SOUZA *et al.*, 2006).

Dos vários fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico se destaca, pois altera o metabolismo das plantas e, é fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis (NOGUEIRA *et al.* 2001).

A estratégia de resistência ao estresse pode ocorrer de diferentes formas por meio de mecanismos de respostas que evitam os efeitos dos fatores estressantes possibilitando a reparação dos danos causados (VIEIRA e GOMES, 2011).

As plantas possuem mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos para superar a falta de água, como mudanças no padrão de crescimento e desenvolvimento de órgãos vegetativos, condutância estomática, potencial osmótico dos tecidos e produção de substâncias do metabolismo secundário (XU *et al.*, 2008).

Os eucaliptos precisam de água tanto quanto outras espécies florestais, e pesquisas mostram que usam melhor a água, produzindo normalmente mais folhas, casca, raiz e madeira por unidade de água consumida (HIGA *et al.*, 2000) .

O aporte hídrico é o principal elemento controlador da produtividade do eucalipto, sendo assim, em períodos de déficit hídrico, a produção de madeira é significativamente afetada (STAPE, 2000). De acordo com Nogueira *et al.* (2001) a capacidade das plantas se manterem túrgidas é uma característica necessária para a garantia da produção, em locais onde ocorre o déficit hídrico.

Fernandes (2010) testando turnos de rega (1; 5; 10, 20 e 40 dias de intervalo entre irrigações) e uso de polímeros hidrorretentores pode observar que intervalos menores de rega resultaram em melhor efeito sobre as características estudadas, concordando com as previsões do próprio autor, pois os restabelecimentos da umidade à capacidade de campo em menores intervalos de rega tendem a suprir a necessidade de água pela planta, além de promoverem mais facilmente a absorção de nutrientes, havendo promoção de melhor desenvolvimento das mudas. No mesmo trabalho os autores também notaram que o estresse hídrico provocado pelo aumento entre os intervalos de irrigação foi um fator decisivo no acúmulo de biomassa.

A tolerância ao estresse hídrico varia na plantas, podendo algumas delas desenvolver mecanismos de adaptação, como adequação da área foliar e rápido fechamento dos estômatos (REIS *et al.*, 1988; GOMES, 1994; LI *et al.*, 2000; CHAVES *et al.*, 2004). Essa variação nos mecanismos de adaptação também ocorre entre diferentes clones de eucaliptos, ou seja, alguns clones são capazes de usar a água de forma mais eficiente que outros, possibilitando o maior crescimento mesmo sob menor disponibilidade hídrica, mas, condições muito limitantes ao crescimento das plantas, podem fazer com que os materiais genéticos tenham

desempenho semelhante, não possibilitando a identificação de materiais promissores (VELLINI *et al.*, 2008).

O efeito da deficiência hídrica sobre as plantas é complexo, não havendo um mecanismo universal de resistência à seca, pois as plantas respondem à escassez de água com adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas, além disso, embora as plantas utilizem esses mecanismos associados para a sua sobrevivência em condições desfavoráveis de disponibilidade de água (NOGUEIRA *et al.*, 2005).

O crescimento e o desenvolvimento dos vegetais é consequência de vários processos fisiológicos controlados pelas condições ambientais e características genéticas de cada espécie vegetal. Portanto, para melhor compreender o crescimento, o desenvolvimento e a hidrologia de uma plantação de eucalipto, faz-se necessário conhecer os fatores que controlam o uso da água (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2007).

As plantas suscetíveis ao estresse hídrico produzem respostas fisiológicas que visam o ajuste da planta nos aspectos de crescimento e desenvolvimento que são afetados pela deficiência hídrica (VIEIRA e GOMES, 2011). Dessa maneira, o processo de crescimento, principalmente em expansão, dependente da turgescência celular é o primeiro afetado quando em situações de déficit hídrico (NOGUEIRA *et al.*, 2005).

Segundo Pereira *et al.* (2010), a água é essencial no processo produtivo, pois a folha de uma planta é o principal órgão responsável pela fotossíntese e também o responsável pelo controle sobre o ciclo hidrológico através dos estômatos.

As altas temperaturas, observadas, sobretudo durante o dia, aumentam a demanda evaporativa da atmosfera ao provocar aumentos no déficit de pressão de vapor, o que tende a intensificar a transpiração. Entretanto, na ausência de um suprimento de água adequado, a transpiração excessiva gera um déficit hídrico na folhas, estimulando o fechamento dos estômatos, o que reduz a transpiração (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2007).

Segundo Larcher (2000), as plantas diminuem o grau de abertura estomática e o tempo de abertura dos estômatos quando o balanço hídrico torna-se desfavorável, diminuindo assim, seu consumo de água. Primeiramente, a transpiração diminui nas horas mais quentes do dia, mas conforme o déficit hídrico acentua-se, os estômatos permanecem fechados também nas primeiras horas da tarde, abrindo principalmente no período da manhã, permanecendo fechados durante todo o dia, precavendo-se de injúrias causadas por balanço hídrico muito negativo.

Chaves *et al.* (2004) não observaram diferença significativa na condutância estomática nos tratamentos plenamente irrigado e sob deficiência hídrica, no decorrer dos vários ciclos de

seca (ao todo cinco). Ainda nesse mesmo trabalho, os autores puderam observar que dois dos clones estudados apresentaram intensa redução na área foliar em resposta ao déficit hídrico, concluindo que apesar desses clones possuírem estômatos mais abertos, o consumo de água, após experimentar vários ciclos de seca, foi menor ao final, em razão de apresentarem menor superfície transpiratória. No entanto, a área foliar foi rapidamente recomposta assim que se realizou a reirrigação. Além disso, a perda de área foliar de alguns clones sob deficiência hídrica pode explicar a perda de água mais lenta no substrato durante os últimos ciclos de seca. Porém, neste mesmo trabalho outros clones testados mantiveram seus estômatos mais fechados em relação aos demais, em todos os ciclos de seca, indicando haver menor consumo de água pelas plantas desses clones, no caso de limitação de água no solo.

Chaves *et al.* (2004) estudando o efeito de cinco ciclos de seca sobre clones de eucalipto observaram que os primeiros efeitos visíveis do déficit hídrico foram a paralisação do crescimento, fechamento dos estômatos e murchamento das folhas jovens e, ao final de cada ciclo de seca, o abaixamento do potencial hídrico foi acompanhado por esses efeitos.

Segundo GHOLZ *et al.* (1990), a disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de fitomassa. O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos, bloqueando o fluxo de CO<sub>2</sub> para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que pode reduzir a produtividade (PAIVA *et al.*, 2005).

#### **3.1.4. Características biométricas**

Mudanças na alocação da biomassa são consideradas respostas a limitação de recursos, como tentativa de maximizar seu aproveitamento (VIEIRA e GOMES, 2011). A mudança na alocação se dá para órgãos que requerem mais os recursos limitantes (WRIGHT e WESTOBY, 1999).

Silva (1997) trabalhando com a competição de uma forrageira sobre a cultura do eucalipto observou que à medida que aumentava o teor de água no solo observava-se maior contribuição para alocação de biomassa na planta.

A redução na biomassa quando submetida a déficit hídrico é um mecanismo pelo qual algumas espécies se adaptam as condições secas mantendo sua capacidade de absorver água do solo e assim evitando a transpiração (VIEIRA e GOMES, 2011). Os fatores que mais contribuem para a redução do crescimento são as taxas de fotossíntese, redução na absorção

de elementos do solo, mudanças no balanço hormonal da planta, translocação, respiração e metabolismo de proteínas (LARCHER, 2004).

Quando as plantas sofrem estresse hídrico elas passam por mudanças fundamentais na relação da célula com a água e nos seus processos fisiológicos (PIMENTEL, 2005, citado por Vellini *et al.*, 2008) e morfológicos (REIS *et al.*, 1988; CHAVES *et al.*, 2004), influenciando a sua capacidade de tolerar as condições adversas do meio. Por conseguinte, há restrição ao acúmulo de massa (SILVA, 1998), prejudicando tanto no crescimento inicial das plantas como nos estádios mais tardios, limitando a dimensão das folhas individuais, o número de folhas, o número e taxas de crescimento dos ramos e o crescimento do caule (OSÓRIO *et al.*, 1998).

O desenvolvimento de qualquer parte da planta está relacionado à disponibilidade de água (LOPES, 2004). A falta de água afeta diretamente o crescimento da planta em altura e em diâmetro, ou seja, plantas que sofrem mais carência de água apresentam menores alturas e diâmetros, quando comparadas a plantas com maior disponibilidade de água (FERNANDES, 2010).

O crescimento em diâmetro depende da atividade cambial, que é estimulada a partir de carboidratos produzidos pela fotossíntese e hormônios translocados das regiões apicais (VIEIRA e GOMES, 2011). Plantas em estágio inicial de desenvolvimento anterior a fase reprodutiva crescem rapidamente tanto em extensão quanto em diâmetro (VIEIRA e GOMES, 2011) e, com o passar do tempo conforme aumentam de tamanho, vão assumindo sua forma típica e alcançando o equilíbrio entre parte aérea e parte subterrânea (LARCHER, 2004).

Em um experimento com eucalipto sob diferentes regimes de irrigação no campo, Reis *et al.* (2006) observaram que o crescimento em altura, aos 38 meses de idade, não variou significativamente entre os tratamentos de irrigação, enquanto o crescimento em diâmetro e volume foi mais elevado nas plantas do tratamento irrigado em relação ao não irrigado.

Vellini *et al.* (2008), trabalhando com clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação, observaram que o regime de irrigação diária geralmente resultou em maior desempenho dos clones e a irrigação a cada seis dias em menor crescimento e, conseqüentemente, menor produção de massa seca e, além disso, o crescimento em altura foi, proporcionalmente, menos afetado que o crescimento em diâmetro quando a disponibilidade hídrica diminuiu para as plantas.

A área foliar é uma característica importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que determina o acúmulo de matéria seca, o metabolismo vegetal, a

capacidade fotossintética potencial, o rendimento e a qualidade da colheita (IBARRA, 1985; JORGE e GONZALES, 1997)

De acordo com Pereira *et al.* (2010), em clones de eucalipto sob estresse hídrico, o índice de área foliar é maior nas plantas que não sofreram estresse.

O aumento da matéria seca da parte aérea da planta é uma característica que representa indiretamente a maior capacidade fotossintética e maior vigor das mudas (MARQUES, 2006). Plantas com melhor suprimento de água resultam em maior quantidade de matéria seca de raízes e da parte aérea, ressaltando que plantas com sistema radicular bem desenvolvido têm mais chances de sobrevivência no campo (FERNANDES, 2010). Ainda, segundo o mesmo autor, menores intervalos de rega favoreceram o crescimento da parte aérea, porém maiores intervalos entre irrigações revelam equilíbrio na produção de matéria seca para ambas as partes.

Vieira e Gomes (2011) trabalhando com plantas jovens de pau-terra-do-cerrado sob diferentes regimes hídricos observaram que a área foliar das mudas teve maiores valores com a maior disponibilidade hídrica do solo.

## **3.2. Material e métodos**

### **3.2.1. Local de condução do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no *campus* da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, na cidade de Jaboticabal, SP.

### **3.2.2. Genótipos e condições de crescimento das plantas**

Foram avaliados 13 genótipos de eucalipto cujas mudas, com idade média de 100 dias, foram produzidas pelo processo de miniestaquia.

As mudas foram plantadas em vasos de plástico com capacidade para 7 litros de substrato (cerca de 10,5 kg de solo), os quais foram preenchidos com solo seco à sombra e peneirado. Este solo, após análise físico-química foi adubado, antes do plantio, de acordo

com a necessidade. As plantas receberam adubação de cobertura, aplicando-se N via solução aquosa, na forma de uréia.

As mudas passaram por um período de aclimação de 20 dias após o plantio, antes de serem aplicados os tratamentos correspondentes aos níveis de umidade do solo que foram estabelecidos em termos de capacidade máxima de retenção de água pelo solo (CMRA):

R1 - 60% CMRA (testemunha - plantas sem restrição hídrica);

R2 - 45% CMRA e

R3 - 30% CMRA.

A umidade do solo foi monitorada pelo método gravimétrico, ou seja, pesagens a cada dois dias do conjunto vaso + planta + solo. A manutenção do nível de umidade do solo se deu por meio da reposição de quantidade de água suficiente para manter a umidade desejada dos vasos.

### **3.2.3. Características avaliadas**

Foram avaliados altura, diâmetro do coleto, número de folhas, área foliar, massa seca de folhas, massa seca de caules e massa seca de raízes das mudas no início e ao final do experimento.

### **3.2.4. Métodos utilizados**

No momento de implantação dos experimentos, plantas representativas de cada clone foram utilizadas para caracterização inicial dos mesmos por meio da determinação da altura (cm), diâmetro do coleto (mm), número de folhas, área foliar (cm<sup>2</sup>) e massa de matéria seca (g/planta) de folhas, caules, raízes, da parte aérea e total e da relação massa seca de raízes/massa seca da parte aérea (RPA).

Ao final do experimento os mesmos parâmetros foram avaliados, em todas as plantas, ou seja: foram determinados o diâmetro do coleto (mm), altura (cm), número de folhas, área foliar (cm<sup>2</sup>), e massa de matéria seca de folhas, caule, raízes, da parte aérea e total (g/planta) e da relação massa seca de raízes/massa seca da parte aérea.

O diâmetro do coleto foi determinado com paquímetro digital, altura com régua graduada e área foliar com um medidor de área foliar (Li-Cor 3100). A massa de matéria seca de cada parte das plantas foi determinada em balança de precisão após secagem em estufa a 70° C, até peso constante.

### 3.2.5. Análise dos dados e estatísticas

Para minimizar o efeito das diferenças iniciais de padrão das mudas dos diferentes clones, os dados de altura, diâmetro do coleto, número de folhas, área foliar e massa de matéria seca de folha, caule e raízes foram analisados em termos de incremento relativo (IR), pela aplicação da seguinte expressão:

$$IR = \frac{(A_f - A_i)}{A_i} * 100;$$

em que :

A<sub>f</sub>: valor da característica A (altura, diâmetro do coleto,...) na avaliação final;

A<sub>i</sub>: valor da característica A (altura, diâmetro do coleto,...) na avaliação inicial.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 13 x 3 (13 genótipos e três níveis de umidade do solo) com 5 repetições (uma planta cada), totalizando 195 plantas.

As médias de clones e de regimes de irrigação foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR.

Os dados foram analisados em termos de proporção de crescimento em relação ao tratamento testemunha.

Os dados estão apresentados em Tabelas e Figuras. Apesar de realizadas transformações dos dados para fins de análises estatística, nas tabelas e figuras são apresentadas as medias originais.

### 3.3. Resultados e discussão

Na Tabela 1 se encontram os dados iniciais referentes à área foliar, massa seca de caule, massa seca de folhas, massa seca de raízes, massa seca da parte aérea, massa seca total e relação raiz/parte aérea.

TABELA 1 - Dados médios iniciais de área foliar (AF, cm<sup>2</sup>), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (RPA) de mudas de 13 clones de eucalipto.

Clone	AF	MSC	MSF	MSR	MSPA	MST	RPA
1	108,2 ab	0,859 cd	1,352 ab	1,193 bcd	2,211 bc	3,404 b	0,547 b
2	79,6 b	0,514 cde	0,710 bc	0,618 d	1,224 cde	1,842 cd	0,514 b
3	72,0 b	2,167 a	1,112 abc	1,328 bcd	3,279 a	4,607 ab	0,433 b
4	125,5 ab	0,860 cd	1,364 ab	1,216 bcd	2,224 bc	3,440 b	0,557 b
5	100,2 ab	0,259 e	0,680 bc	0,582 d	0,939 e	1,521 d	0,624 ab
6	87,9 ab	0,877 c	1,228 abc	1,417 bcd	2,105 bcd	3,522 b	0,689 ab
7	141,9 a	0,863 cd	1,274 abc	1,538 bcd	2,137 bc	3,675 b	0,730 ab
8	88,5 ab	1,665 b	1,358 ab	2,806 a	3,023 ab	5,829 ab	0,936 a
9	74,1 b	0,450 de	0,492 c	0,645 cd	0,942 e	1,587 d	0,694 ab
10	127,9 ab	0,585 cde	1,614 a	1,212 bcd	2,199 bc	3,411 b	0,564 b
11	141,5 a	0,658 cde	1,544 a	1,014 bcd	2,202 bc	3,216 bc	0,475 b
12	92,7 ab	0,902 c	1,428 ab	1,368 bcd	2,330 ab	3,698 b	0,590 b
13	85,6 ab	0,547 cde	0,542 c	0,598 d	1,089 de	1,687 d	0,554 b
CV (%)	26,7	22,430	32,160	25,520	23,930	19,930	24,110
Média	102,0	0,862	1,131	1,195	1,993	3,188	0,608

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. CV (%) – coeficiente de variação.

Observando a Tabela 1 se nota que há diferença significativa entre as médias das mudas de clones de eucalipto para todas as características mensuradas, ou seja, logo no início e antes de qualquer tipo de tratamento os clones já possuíam diferenças entre si.

Na Tabela 2 se encontramse os valores médios de diâmetro do coleto, altura e número de folhas das mudas de 13 clones de eucalipto, no momento da aplicação dos tratamentos de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).

Na Tabela 2 se observa que no momento da imposição dos regimes hídricos havia diferença significativa entre as médias das mudas dos clones para diâmetro do coleto, altura da planta e número de folhas. No entanto, não se nota diferença significativa entre as médias

de cada clone nos regimes hídricos. Isso demonstra que as mudas apresentavam o mesmo padrão antes de serem submetidas aos regimes hídricos. Ou seja, havia homogeneidade das mudas de cada clone.

TABELA 2 - Dados médios iniciais de diâmetro do coleto (DCI, mm), altura (ALTI, cm), e número de folhas (NFI) de mudas de 13 clones de eucalipto no momento da aplicação dos tratamentos de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).

Clone	DCI					ALTI					NFI				
	R1	R2	R3	Média		R1	R2	R3	Média		R1	R2	R3	Média	
1	3,51	2,96	2,96	3,14	b	34,5	33,3	35,3	34,37	cde	20,2	18,8	18,4	19,13	ab
2	3,22	2,58	3,03	2,94	b	29,1	30,1	31,6	30,27	e	17,8	17,2	16,4	17,13	ab
3	4,18	3,98	4,15	4,10	a	52,0	50,9	52,5	51,80	a	16,0	18,6	20,8	18,47	ab
4	3,26	2,90	3,16	3,11	b	41,4	40,3	41,0	40,91	b	18,0	19,2	24,6	20,60	a
5	3,41	2,78	2,64	2,95	b	35,8	34,7	32,1	34,19	cde	17,4	18,0	15,4	16,93	ab
6	2,76	2,66	2,82	2,75	b	38,4	39,1	38,8	38,77	bc	22,4	20,6	19,4	20,80	a
7	3,45	3,21	3,37	3,34	ab	36,5	36,2	34,6	35,75	bcde	12,2	11,6	11,8	11,87	bc
8	3,81	3,47	3,57	3,62	ab	36,1	37,2	35,6	36,30	bcd	6,8	11,4	4,6	7,60	c
9	3,91	2,95	3,47	3,45	ab	33,4	34,1	33,6	33,70	cde	21,6	14,8	19,0	18,47	ab
10	3,28	2,77	2,92	2,99	b	28,8	33,7	31,3	31,25	de	17,0	18,2	17,4	17,53	ab
11	3,57	2,93	3,33	3,28	ab	32,6	32,6	34,6	33,27	cde	14,0	15,4	16,0	15,13	abc
12	3,93	3,21	3,03	3,39	ab	37,6	38,9	36,0	37,50	bc	16,6	19,0	19,6	18,40	ab
13	3,92	3,36	3,51	3,60	ab	36,1	35,5	35,5	35,70	bcde	20,4	20,0	17,2	19,20	ab
Média	3,56	3,06	3,23	3,28		36,33	36,66	36,34	36,44		16,95	17,14	16,97	17,02	
CV (%)	16,81					9,76					28,5				

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. CV (%) – coeficiente de variação.

Os resultados para as médias de incremento relativo em altura, diâmetro do coleto e número de folhas das mudas dos 13 clones de eucalipto ao fim do período experimental, podem ser observados na Tabela 3. Adicionalmente os gráficos dos valores médios de altura final da planta, diâmetro final do coleto e número de folhas final comparados com os respectivos valores médios iniciais pode ser vistos na Figura 1.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, se nota que houve diferença estatística para os três parâmetros estudados entre os clones e entre os regimes de irrigação, mas a interação clones x regimes de irrigação não foi significativa.

Para o incremento relativo em altura, se nota que houve efeito dos regimes hídricos, pois todos diferiram significativamente entre si. O R1 que não tinha restrição hídrica

proporcionou o melhor resultado (101,8 %), seguido pelo R2 (87,3 %) e R3 (58,8 %), ou seja, os clones ficaram mais altos quando tiveram melhor suprimento de água, quando comparados com as respectivas alturas no início do experimento independentemente do clone. No entanto, não houve diferença significativa entre as médias dos regimes hídricos dentro de clone, e nem entre os clones dentro de regime hídrico. Esse fato indica que para cada clone as diferenças na quantidade de água não resultaram em diferença significativa no aumento de altura, porém os clones apresentam diferenças significativas na altura média entre si, ou seja, as diferenças são dadas pela genética de cada clone. Também foi observado por Reis *et al.* (2006), que trabalhando com dois regimes de irrigação (irrigado e não irrigado) que o crescimento em altura, aos 38 meses de idade, não variou significativamente entre os tratamentos de irrigação, enquanto o crescimento em diâmetro foi mais elevado nas plantas do tratamento irrigado em relação ao não-irrigado. Já Fernandes (2012) trabalhando também com dois regimes de irrigação (irrigado e não irrigado) observou que a deficiência hídrica causou prejuízo ao crescimento em altura de todas as plantas não irrigadas, as quais se mostraram significativamente menores que as plantas irrigadas.

Para o incremento relativo do diâmetro do coleto, observa-se que os regimes de irrigação e os clones diferiram estatisticamente entre si. Os R1 e R2 foram os que proporcionaram os melhores resultados, 102,6 % e 115,5 % respectivamente e, o R3 o pior resultado (54,1%). Estes resultados indicam que quando os clones têm maior disponibilidade de água o diâmetro do coleto aumenta, porém não de maneira indefinida, já que não se observou diferença significativa entre os tratamentos R1 e R2. Houve diferença significativa entre regimes hídricos e, esta diferença foi semelhante para todos os clones, além disso, também houve diferença estatística entre os clones. Resultado semelhante foi obtido por Fernandes (2012), que comparando dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado) observou que o diâmetro de coleto das plantas irrigadas se mostrou maior que os das plantas não irrigadas, independentemente do clone utilizado. O crescimento em diâmetro depende da quantidade de água disponível porque é resultado da atividade cambial e a atividade do câmbio está estreitamente relacionada às condições ambientais.

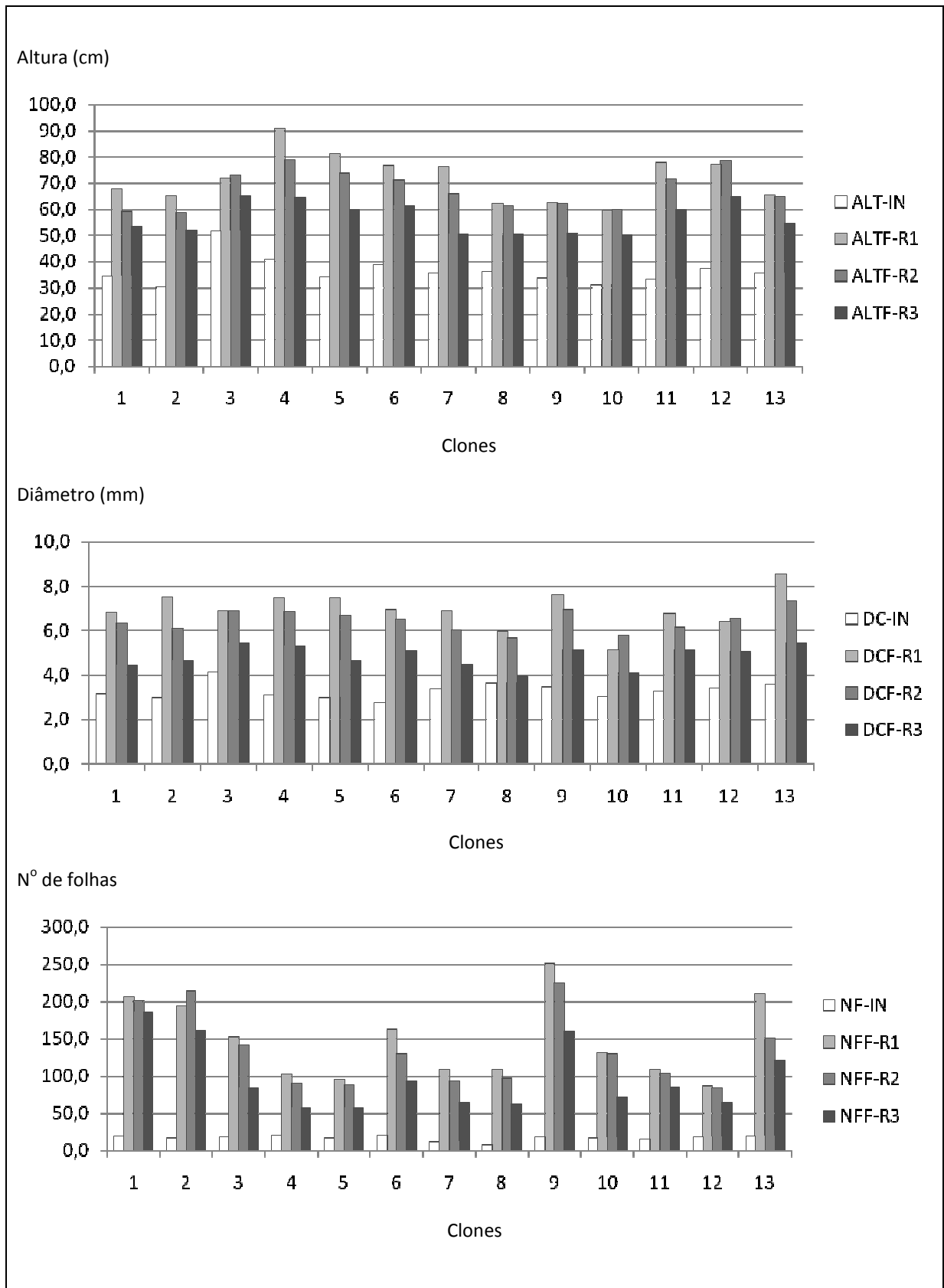
A deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em altura e em diâmetro e este pode ser considerado um dos principais parâmetros de produção em espécies lenhosas (GONÇALVES e PASSOS, 2000). Isso porque a relação entre essas duas variáveis resulta no volume de madeira produzida.

TABELA 3 - Incremento Relativo (IR, %) em altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três níveis de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).

Clone	IRALT					IRDC					IRNF				
	R1	R2	R3	Média		R1	R2	R3	Média		R1	R2	R3	Média	
1	98,0	79,2	51,7	76,3	bc	95,5	117,1	53,4	88,7	abcd	1115,9	988,0	911,2	1005,0	bcd
2	132,0	99,6	64,7	98,7	ab	134,2	143,9	54,1	110,8	abc	1110,4	1168,7	878,3	1052,4	abc
3	38,6	45,3	24,4	36,1	d	64,5	73,9	32,3	56,9	de	896,4	675,8	340,5	637,6	def
4	120,2	96,3	57,6	91,4	ab	133,1	140,7	69,1	114,3	abc	475,8	381,7	148,0	335,2	f
5	127,1	111,8	93,6	110,9	a	127,8	141,0	85,0	117,9	ab	451,2	404,8	282,3	379,4	f
6	100,1	81,6	60,1	80,6	bc	157,4	145,1	86,3	129,6	a	644,6	572,0	400,0	538,9	ef
7	110,1	83,2	47,6	80,3	bc	105,9	88,2	35,0	76,4	cde	811,7	713,4	452,0	659,0	cdef
8	72,6	65,7	42,1	60,1	cd	56,6	63,6	10,4	43,5	e	1782,5	1250,8	1311,0	1448,1	abc
9	87,6	82,4	51,7	73,9	bc	100,1	140,3	51,1	97,2	abcd	1180,6	1434,8	769,2	1128,2	abc
10	109,3	80,1	60,7	83,4	bc	73,5	114,2	43,2	77,0	bcde	682,8	619,4	351,0	551,1	ef
11	140,4	122,7	74,9	112,7	a	90,7	110,9	55,0	85,5	bcd	685,9	592,7	439,2	572,6	ef
12	105,3	103,1	81,5	96,6	ab	63,6	104,0	69,0	78,9	bcde	447,0	349,8	235,0	344,0	f
13	82,1	84,4	54,1	73,5	bc	130,8	118,6	59,3	102,9	abc	1011,4	748,4	690,2	816,7	bcde
Média	101,8 A	87,3 B	58,8 C	82,7		102,6 A	115,5 A	54,1 B	90,7		868,9 A	761,6 A	554,5 B	728,3	
CV (%)				26,30					37,28					46,26	

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula comparam clones (coluna) e maiúscula comparam níveis de umidade do solo (linha), não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. CV (%) – coeficiente de variação.

FIGURA 1 – Médias de altura, diâmetro do coleto e número de folhas de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três regimes de irrigação (R1, R2 e R3).



Para o incremento relativo do número de folhas, foi observada uma tendência semelhante ao incremento relativo do diâmetro do coleto, onde os R1 e R2 foram os que proporcionaram as maiores médias, 868,9 % e 761,6 %, respectivamente e, o R3 o pior resultado (554,5%). A partir destes resultados nota-se que plantas menos irrigadas (R3) produzem menos folhas e plantas mais irrigadas mais folhas (R1 e R2). Assim como para as demais características da Tabela 3 o incremento relativo do número de folhas apresentou somente efeito de regime de irrigação e de clones, ou seja, um clone é melhor ou pior que outro para esta característica independentemente do regime hídrico.

A queda de folhas é considerada reação comum das plantas em situação de deficiência hídrica, sendo uma resposta precoce adaptativa a locais onde há limitação hídrica (FERNANDES, 2012). A redução de área foliar (queda de folhas ou produção de menor área) em plantas sob deficiência hídrica ocorre porque isso implica em redução de área transpiracional, ou seja, é uma estratégia de economia de água.

Observando os incrementos relativos em altura, diâmetro do coleto e número de folhas, se nota que as plantas com maior disponibilidade de água foram as que tiveram as maiores médias. O que já era esperado, pois, segundo Flexas *et al.* (2002) uma baixa disponibilidade de água limita o crescimento e a produção. Resultado semelhante foi encontrado por Vellini *et al.* (2008) que, trabalhando com clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos observaram que os melhores desempenhos foram observados no regime de irrigação diária e os menores no regime de irrigação a cada seis dias.

A primeira consequência fisiológica para as plantas submetidas ao estresse hídrico é a redução ou a interrupção dos ritmos de crescimento, devido à redução na diferenciação celular, influenciada pela deficiência hídrica (CAIRO, 1995).

O fechamento estomático, normalmente observado em plantas que previnem a desidratação, apresenta vários efeitos colaterais, reduzindo o crescimento das plantas (GONÇALVES e PASSOS, 2000), porque quando os estômatos estão fechados, se reduz a perda de água, mas também se impede a captura de CO<sub>2</sub> que seria em parte usado para o crescimento.

Na Tabela 4 se encontra os resultados para incremento relativo em área foliar, massa seca de caule e massa seca de folhas das mudas de 13 clones de eucalipto ao final do experimento. E na Figura 2 se encontram os valores médios de área foliar final, massa seca de caule final e massa seca de folhas final comparados com os respectivos valores iniciais.

Para o incremento relativo em área foliar a interação clone x regime de irrigação foi significativa. Algumas médias de clones diferiram entre os três regimes de irrigação, onde

maior disponibilidade de água resultou em maior incremento relativo em área foliar, são eles: 1, 3, 4, 6, 7, 9 e 13. Enquanto os demais (2, 5, 8, 10, 11 e 12) não diferiram entre o R1 e o R2. Estes resultados indicam que cada clone responde de forma diferente aos diferentes níveis de disponibilidade hídrica. O clone 9 foi o que obteve a maior média de incremento relativo em área foliar, no entanto, esta superioridade se deu no R1, indicando que este clone somente expressa todo seu potencial quando tem boa disponibilidade hídrica.

Fernandes (2012) trabalhando com dois regimes de irrigação (irrigado e não irrigado) observou na avaliação dos regimes hídricos dentro de cada clone, que todos os tratamentos irrigados proporcionaram áreas foliares superiores, quando comparados aos não irrigados, nos quais ocorreram expressivas reduções de área foliar.

Alguns clones mantiveram o incremento relativo em área foliar semelhante mesmo quando a disponibilidade hídrica diminuiu (sem diferença significativa entre os R1 e R2), este fato indica, de acordo com Vellini *et al.* (2008), que esses clones são capazes de usar a água de forma mais eficiente que os demais, possibilitando o maior crescimento mesmo sob menor disponibilidade hídrica. No entanto, diferenças significativas entre as médias dos clones dentro de cada regime hídrico, reforçam a individualidade de cada clone observada desde o início do experimento.

Pereira *et al.* (2010) em seu trabalho também notaram que plantas sob estresse hídrico tinham reduzido seu índice de área foliar. Perder área foliar quando numa condição de baixa disponibilidade de água é uma estratégia de defesa das plantas. De acordo com Chaves *et al.* (2004) redução na área foliar em resposta ao déficit hídrico leva a menor consumo de água, em razão de apresentarem menor superfície transpiratória e, segundo Vieira e Gomes (2011) consequentemente maior resistência à seca.

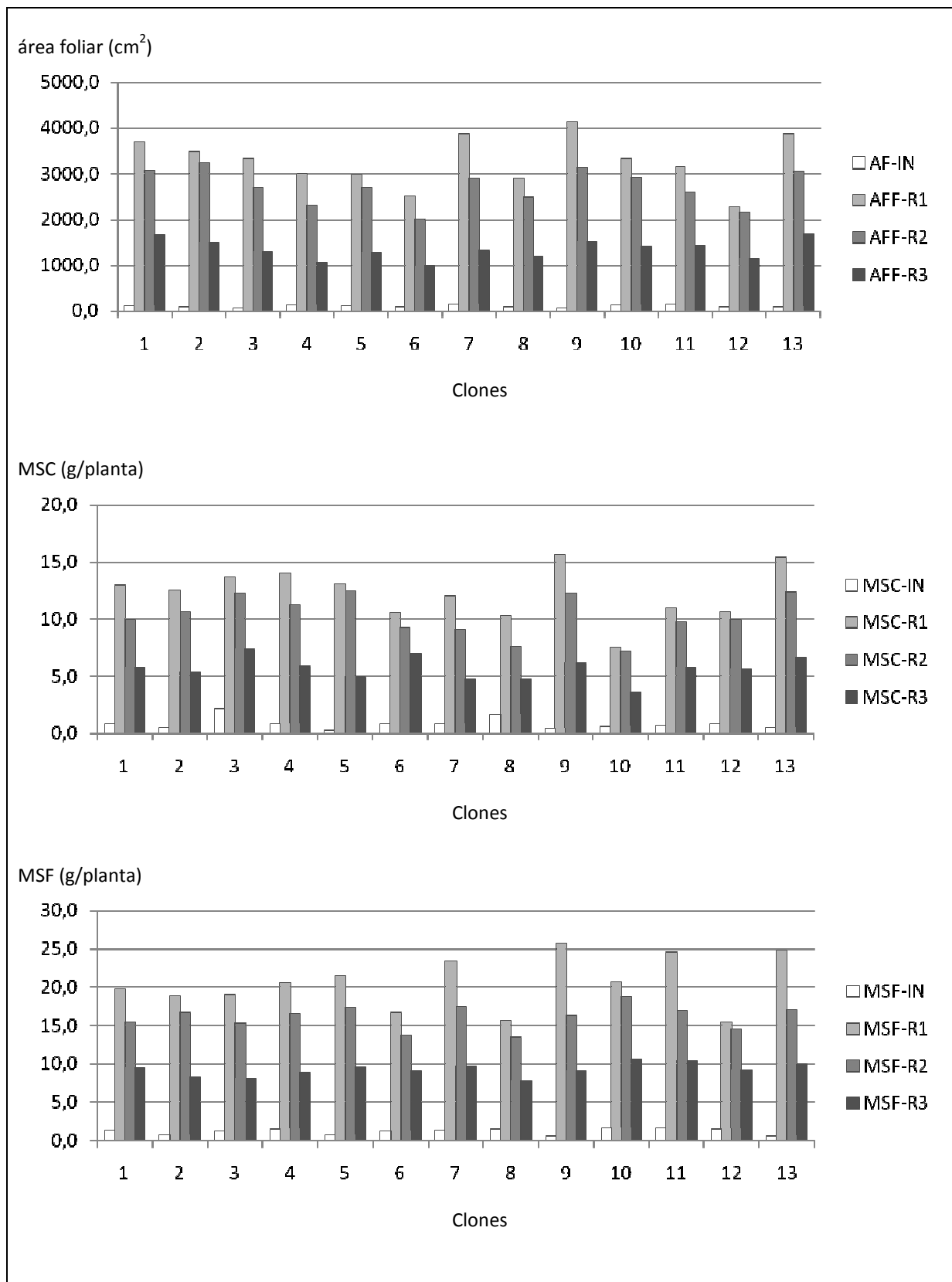
Para o incremento relativo em massa seca de caule a interação clone x regime de irrigação foi significativa, onde as médias do clone 9 diferiram estatisticamente entre os três regimes e as médias dos clones 2, 4, 5, 7, 10, 11 e 13 não apresentaram diferença estatística entre o R1 e o R2, no entanto, as médias dos clones 3, 6, 8 e 12 não diferiram entre si e, ainda as médias do clone 1 diferiram apenas entre o R1 e o R3. Estas observações podem indicar que para a característica incremento relativo em massa seca de caule, diferenças na disponibilidade hídrica, produzem respostas muito particulares entre os clones estudados. Esta particularidade entre os clones também pode ser notada quando se observa que entre as médias dos clones dentro dos regimes hídricos as diferenças foram significativas, sendo que algumas médias não diferiram entre si.

TABELA 4 - Incremento relativo (IR, %) em área foliar (IRAF), massa seca de caule (IRMSC) e massa seca de folhas (IRMSF) de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três níveis de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).

Clone	IRAF			IRMSC			IRMSF		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	3318,5 c A	2742,4 bc B	1438,0 abcde C	1413,5 e A	1056,1 efg AB	577,1 bc B	1358,9 cd A	1038,8 d A	596,4 c B
2	4270,1 b A	3977,8 aA	1764,0 abc B	2347,5 cd A	1975,1 bcd A	940,1 bc B	2558,6 b A	2251,0 c A	1060,6 bc B
3	4532,0 b A	3665,4 a B	1701,1 abcd C	532,5 f A	466,4 fg A	238,3 c A	1604,7 c A	1270,7 d A	621,6 c B
4	2298,5 e A	1740,3 e B	751,4 e C	1529,4 de A	1211,3 def A	588,9 bc B	1407,9 cd A	1109,4 d A	546,9 c B
5	2888,5 cde A	2590,9 b A	1168,5 bcde B	4950,3 aA	4708,6 aA	1803,6 a B	3057,8 b A	2445,3 bc B	1307,9 ab C
6	2743,4 cde A	2197,6 cde B	1039,0 cde C	1102,1 ef A	951,5 efg A	700,7 bc A	1261,4 cd A	1019,2 d AB	632,2 c B
7	2624,8 cde A	1941,1 de B	834,8 e C	1294,6 ef A	953,5 efg A	451,1 bc B	1733,3 cd A	1268,0 d A	662,6 bc B
8	3174,1 cd A	2710,8 bcd A	1251,7 abcde B	517,2 f A	359,4 g A	185,9 c A	1054,3 d A	891,8 d AB	471,3 c B
9	5479,6 aA	4125,8 a B	1944,9 a C	3374,7 b A	2620,2 b B	1270,3 ab C	5123,6 aA	3200,8 a B	1739,8 a C
10	2507,2 de A	2183,3 cde A	992,6 de B	1193,4 ef A	1130,4 efg A	519,4 bc B	1179,1 cd A	1061,7 d A	555,6 c B
11	2131,0 e A	1742,2 e A	904,1 e B	1573,0 de A	1392,3 cde A	779,7 bc B	1495,3 cd A	993,8 d B	573,2 c B
12	2358,6 e A	2222,6 cde A	1132,9 bcde B	1083,6 ef A	1008,1 efg A	528,6 bc A	976,9 d A	915,4 d A	540,1 c A
13	4427,8 b A	3461,2 ab B	1859,7 ab C	2713,5 bc A	2159,3 bc A	1115,8 ab B	4474,5 aA	3060,4 ab B	1740,2 a C
Média	3288,8	2715,5	1291,0	1817,3	1537,9	746,1	2098,9	1578,9	849,9
CV (%)	14,87			28,33			21,02		

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula compara clones dentro de cada nível de umidade do solo (coluna) e maiúscula compara níveis de umidade do solo dentro de cada clone (linha), não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. CV (%) – coeficiente de variação

FIGURA 2 – Médias de área foliar, massa seca de caule e massa seca de folhas de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três regimes de irrigação (R1, R2 e R3).



Para o incremento relativo em massa seca de folhas a interação RI x clones foi significativa ( $p \leq 0,05$ ). Os clones 9 e 13 superaram os demais independentemente do regime hídrico, já os clones 1, 2, 3, 4, 7 e 10 apresentam comportamento semelhante nos R1 e R2, indicando que para estes, a água disponível no R2 é suficiente para se obter o mesmo incremento. Por outro lado, o clone 12 não apresentou diferença de incremento entre os regimes hídricos. Assim como observado nos resultados para o incremento relativo em massa seca de caule, os resultados para o incremento relativo em massa seca de folhas indicam grande particularidade entre os clones estudados.

Os resultados para incremento relativo em massa seca de raízes, massa seca de parte aérea e massa seca total das mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três níveis de umidade do solo, se encontram na Tabela 5 e os valores médios de incremento relativo em massa seca de raízes final, massa seca de parte aérea final e massa seca total final comparados com os respectivos valores médios iniciais podem ser vistos na Figura 3.

Para o incremento relativo em massa seca de raízes a interação clone x regime de irrigação foi significativa. Para alguns clones as diferenças entre as médias foram significativas para todos os regimes hídricos (clones 2, 5, 9 e 13), já para os clones 1, 7 e 11, não foram observadas diferenças entre as médias para os R1 e R2 e, para os clones 3 e 4 as diferenças foram significativas entre as médias dos R1 e R3. No entanto as médias dos clones 6, 8, 10 e 12 não apresentaram diferença estatística entre si. Para clone dentro de tratamento também foram observadas diferenças estatísticas entre as médias dos clones, sendo que algumas não diferiram entre si.

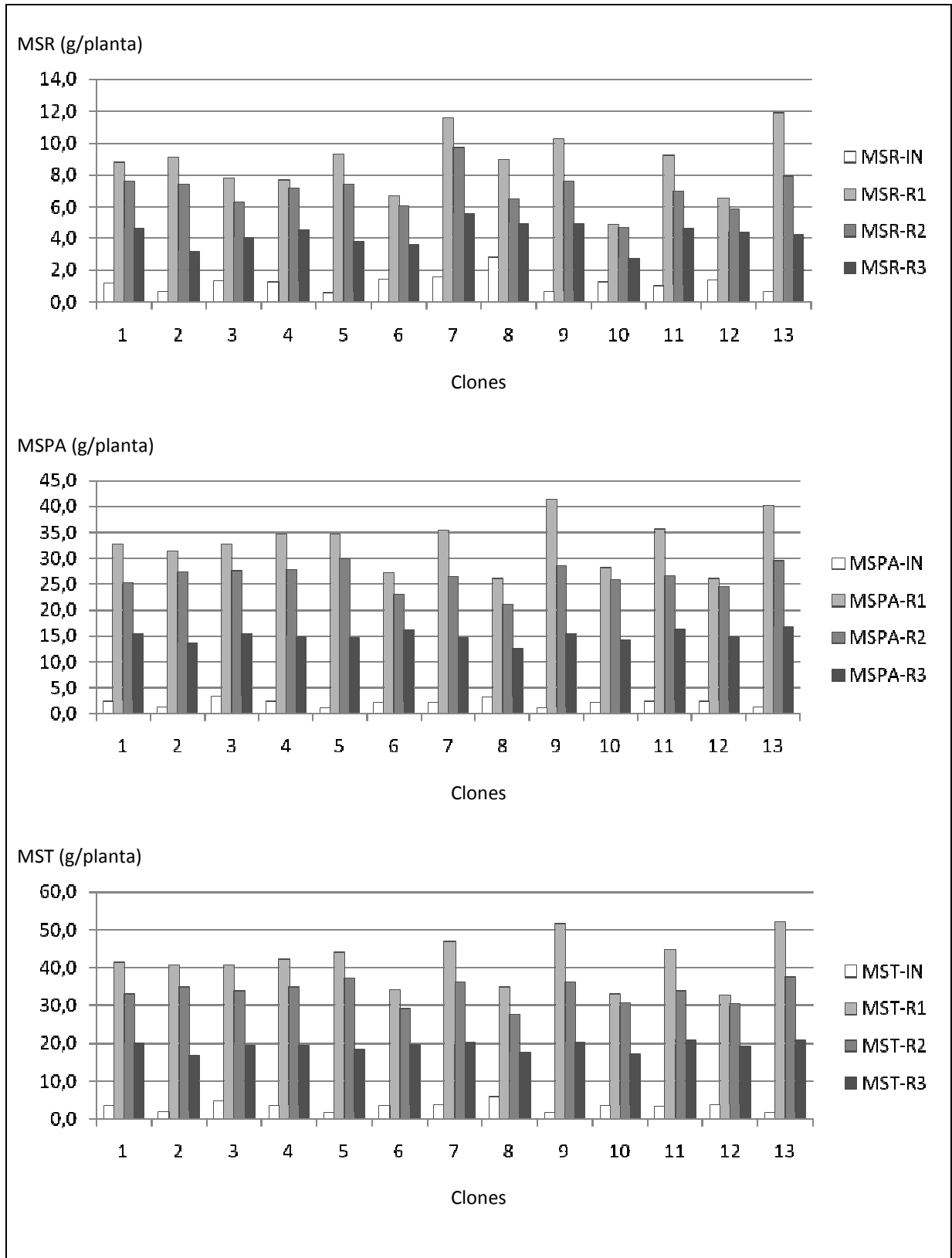
De uma maneira geral maiores médias de incremento relativo em massa seca de raízes foram observadas quando os clones tinham melhor suprimento de água, concordando com os resultados obtidos por Vellini *et al.* (2008), que observaram que o índice de crescimento em massa seca de raízes foi maior no regime diário de irrigação e a cada dois dias de irrigação, diminuindo nos outros dois regimes de irrigação (4 e 6 dias), confirmando a condição desfavorável imposta por este regime ao desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, não permitindo uma discriminação dos genótipos nesta condição. A importância de um sistema radicular bem desenvolvido se dá pelo fato de indicar, segundo Reis *et al.* (2006), que a sobrevivência e crescimento da planta serão mais favoráveis em ambientes apresentando deficiência hídrica.

TABELA 5 - Incremento relativo (IR, %) massa seca de raízes (IRMSR), massa seca de parte aérea (IRMSPA) e massa seca total (IRMST) de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três níveis de umidade do solo (R1 = 60%, R2 = 45% e R3 = 30%).

Clone	IRMSR						IRMSPA						IRMST					
	R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3	
1	636,6	cd A	540,2	b A	283,6	bcde B	1380,1	de A	1045,5	c A	588,9	bc B	1119,6	cd A	868,4	c A	482,0	bc B
2	1372,5	b A	1101,0	a B	411,0	abcd C	2469,9	c A	2135,1	b A	1010,0	ab B	2101,7	b A	1788,2	b A	809,0	ab B
3	489,8	cde A	375,0	bc AB	202,7	de B	896,1	ef A	739,2	c A	368,3	c B	779,0	de A	634,2	cd A	320,6	c B
4	531,6	cde A	488,9	b AB	273,5	cde B	1454,9	de A	1148,8	c A	563,2	bc B	1128,4	cd A	915,5	c A	460,7	bc B
5	1501,8	b A	1174,6	a B	552,9	abc C	3580,4	b A	3070,3	a B	1444,8	a C	2785,2	aA	2345,1	a B	1103,6	a C
6	371,5	de A	327,9	bc A	153,2	de A	1195,0	def A	991,0	c A	660,8	bc B	863,7	cde A	724,2	cd AB	456,5	bc B
7	652,1	cd A	531,5	b A	263,3	cde B	1556,2	d A	1141,0	c A	577,2	bc B	1177,8	cd A	885,9	c A	445,9	bc B
8	219,0	e A	132,4	c A	76,8	e A	758,5	f A	598,5	c AB	314,1	c B	498,8	e A	374,1	d A	199,8	c B
9	1499,1	b A	1083,6	a B	667,4	abcd C	4287,7	aA	2923,3	a B	1515,4	a C	3154,6	aA	2175,8	ab B	1170,9	a C
10	300,1	e A	285,0	bc A	125,1	de A	1182,9	def A	1080,0	c A	546,0	bc B	869,2	cde A	797,5	cd A	396,5	bc B
11	809,7	c A	589,7	b A	353,3	abcde B	1518,6	d A	1112,9	c A	634,9	bc B	1295,1	c A	947,9	c B	546,1	bc C
12	381,3	de A	331,7	bc A	219,1	de A	1018,2	def A	951,3	c AB	535,6	bc B	782,5	de A	722,1	cd AB	418,5	bc B
13	1892,0	aA	1222,5	a B	601,2	ab C	3590,1	b A	2607,9	ab B	1426,6	a C	2988,2	aA	2116,9	ab AB	1134,1	a C
Média	819,8		629,5		321,8		1914,5		1503,4		783,5		1503,4		1176,6		611,1	
CV (%)	25,75						20,17						19,23					

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula compara clones dentro de cada nível de umidade do solo (coluna) e maiúscula compara níveis de umidade do solo dentro de cada clone (linha), não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. CV (%) – coeficiente de variação

FIGURA 3 – Médias de massa seca de raízes, massa seca de parte aérea e massa seca total de mudas de 13 clones de eucalipto submetidas a três regimes de irrigação (R1, R2 e R3).



Para o incremento relativo em massa seca de parte aérea a interação clone x regime de irrigação foi significativa. Com relação a regime hídrico, nota-se que cada clone respondeu de maneira individual às diferentes disponibilidades hídricas. Para alguns clones, as médias diferiram significativamente entre os três regimes (clones 5, 9 e 13), para outros as médias não diferiram entre os R1 e R2 (clones 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10 e 11) e, ainda no caso das médias dos clones 8 e 12 as diferenças estatísticas se deram entre os R1 e R3. Quanto aos clones, principalmente nos R2 e R3, muitas médias não diferiram entre si, o que pode indicar que quando os clones passaram por restrição hídrica não puderam expressar toda sua genética. Vellini *et al.* (2008) trabalhando com clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos também notaram que houve tendência de menor diferenciação entre genótipos à medida que a disponibilidade hídrica diminuía, com a formação de menor número de grupos. Além disso, segundo os mesmo autores, condições muito limitantes ao crescimento das plantas, podem fazer com que os materiais genéticos tenham desempenho semelhante, não possibilitando a identificação de materiais promissores. Ou seja, alguns clones só expressam determinadas características genéticas quando tem recursos disponíveis.

Para o incremento relativo em massa seca total a interação clone x regime de irrigação foi significativa. Para tratamento dentro de clone, observou-se que as médias dos clones 5, 9 e 11, diferiram significativamente entre si entre todos os regimes hídricos, as médias dos clones 1, 2, 3, 4, 7, 8 e 10 não apresentaram diferença estatística entre os R1 e R2, as médias dos clones 6 e 12 diferiram significativamente entre os R1 e R3 e, para as médias do clone 13, R1 diferiu do R3 e o R3 por sua vez diferiu do R2. Para clone dentro de tratamento, maiores restrições de água resultaram em médias que menos diferiram entre si, ou seja, nos R2 e R3, mais médias não diferiram entre si quando comparado com o R1. Vellini *et al.* (2008), também observaram em seu trabalho que na maioria das vezes plantas mais bem supridas de água tiveram melhor desempenho e, conseqüentemente, maior produção de massa seca.

A redução na biomassa quando submetida a déficit hídrico pode promover mudanças na alocação como mecanismo de algumas espécies de se adaptarem as condições secas, como por exemplo, mantendo maior conservação de água em seus tecidos; mantendo sua capacidade de absorver água do solo e assim evitando a transpiração e conseqüentemente o estresse hídrico (VIEIRA e GOMES, 2011).

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo se pode notar que de maneira geral o R1 foi o que obteve as melhores respostas para todos os parâmetros avaliados, enquanto que, salvo algumas poucas exceções, o R3 foi o que rendeu as piores respostas e, também de maneira geral o R2 foi o que proporcionou resultados intermediários.

Dentre os clones avaliados, alguns se destacaram dentro de cada característica, como segue na Tabela 6:

TABELA 6 – Seleção de clones com maiores médias para as características avaliadas.

<b>Característica Avaliada</b>	<b>Clone</b>	<b>Valor da média</b>		
<b>Independente do tratamento *</b>				
Incremento relativo em altura (%)	5	112,7		
	11	110,9		
Incremento relativo em diâmetro do caule (%)	6	129,6		
<b>Dependente do tratamento **</b>				
		R1	R2	R3
Incremento relativo em área foliar (%)	9	5479,6	4125,8	1944,9
Incremento relativo em matéria seca de caule (%)	5	4950,3	4708,6	1803,6
	9	5123,6	3200,8	1739,8
Incremento relativo em matéria seca de folhas (%)	13	4474,5	3060,4	1740,2
Incremento relativo em matéria seca de raízes (%)	13	1892,0	1222,5	601,2
Incremento relativo em matéria seca de parte aérea (%)	9	4287,7	2923,3	1515,4
	5	2785,2	2345,1	1103,6
Incremento relativo em matéria seca total (%)	9	3154,6	2175,8	1170,9
	13	2988,2	2116,9	1134,1

\* maiores médias.

\*\* clones com valores mais elevados de média em todos os regimes hídricos simultaneamente.

A partir do exposto na Tabela 6 e considerando que para a cultura do eucalipto o interessante é a produção de madeira o clone que mais se destaca para produção da mesma tanto com maior ou menor disponibilidade hídrica é o clones 5 pois foi o clone que apresentou as melhores médias para incremento relativo em altura, incremento relativo em matéria seca de caule e incremento relativo em matéria seca total simultaneamente. Enquanto que o clone 8 se destaca pela menor produção, pois apresentou as menores médias para incremento relativo em diâmetro do coleto, incremento relativo em matéria seca de caule, incremento relativo em matéria seca de folhas, incremento relativo em matéria seca de raízes, incremento relativo em matéria seca de parte aérea e incremento relativo em matéria seca total.

## **4. CONCLUSÕES**

Os clones estudados revelaram diferenças entre si, em relação as características avaliadas, independentemente do regime hídrico, ou seja, cada clone tem uma individualidade genética e responde de forma diferente ao estresse hídrico.

Menor disponibilidade hídrica afeta na maioria das vezes negativamente as características de crescimento de clones de eucalipto.

Os resultados permitiram selecionar o clone 5, como melhor e, o clone 8 como pior, nas condições estudadas, ou seja, produção de madeira.

## 5. REFERÊNCIAS

- CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995, 32 p.
- CHAVES, J. H.; DOS REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, 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 tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 333-341, mai. 2004.
- CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 30, n. 3, p. 239-264, 2003.
- FERNANDES, E. R. P. **Hidrogel e turno de rega no crescimento inicial de eucalipto**. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.
- FERNANDES, E. T. **Fotossíntese e crescimento inicial de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2012.
- Ferreira, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J. M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 29, n. 4, p. 461-471, 2002.
- GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- 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.
- HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural**. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc54.pdf>>. Acesso em: 12/11/2012.
- IBARRA, R. W. E. **Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar en ocho cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 1985. 112 f. Tesis de grado – Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Los Chaguaramos Caracas, 1985.
- JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación de área foliar em lós cultivos de ají y tomate. **Agrotecnica de Cuba**, Havana, v. 27, n. 1, p. 123-126, abr./jun. 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2004.

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

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucaliptus grandis* W.(Hill ex. Mainden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. Botucatu, UNESO, 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MAESTRI, R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O; GUERRERO, C. R. A. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-baía (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.5, p. 725-735, Sept./Oct. 2006.

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

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

OSÓRIO, J.; OSÓRIO, M. L.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 18, n. 6, p. 363-373, jun. 1998.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PEREIRA, M. R. R.; DE SOUZA, G. S. F.; RODRIGUES, A. C. P.; FILHO, A. L. M.; KLAR, A. E. Análise de crescimento em clones de eucalipto submetidos a estresse hídrico. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 98-110, jan./mar. 2010.

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 13-21.

PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F., TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*.

**Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales**, Madrid, v. 14, n. 3, p. 383-393, 2005.

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

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 183-195, 1988.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. 6th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2008.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado e Silvicultura) - Universidade do Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, W. **Interferência de *B. brizantha* sobre *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, cultivados em solos com diferentes teores de água**. 1997. 89 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 399-410, mai./jun. 2006.

STAPE, J. L. **Production ecology of clonal eucalyptus plantation in northeastern Brazil**. 2002. 225 f. Tese (Pós Doutorado em Ciência Florestal) - Colorado State University, Fort Collins, 2002.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. **Respostas fisiológicas de dois clones de eucalipto submetidos a diferentes potenciais hídricos**. 2007. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/112/1/287-294.pdf>. Acesso em: 12/11/2012.

VELLINI, A. L. T. T.; DE PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; DE PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 651-663, jul./ago. 2008.

VIEIRA, E. A.; GOMES, A. S. Desenvolvimento inicial de plantas jovens de pau-terra-do-cerrado sob diferentes regimes hídricos. *Evolução e Conservação da Biodiversidade*, Rio Paranaíba, v. 2, n. 1, p. 58-65, 2011.

WRIGHT, I. J.; GROOM, P. K.; LAMONT, B. B.; POOT, P.; PRIOR, L. A.; REICH, P. B.; SCHULZE, E. D.; VENEKLAAS, E. J.; WESTOBY, M. Short Communication: Leaf trait relationships in Australian plant species. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 31, n. 5, p. 551-558, 2004.

WRIGHT, I.J.; WESTOBY, M. Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. **Journal of Ecology**, London, v. 87, n. 1, p. 85–97, 1999.

XU, K., LEI, Y.; CHOI, J. K. *Kiitricha minuta* n. sp., a peculiar hypotrichous ciliate (Ciliophora, Spirotrichea) from the Yellow Sea. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 55, n. 3, p. 201–206, mai-jun 2008.