

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 CAMPO¹

Geraldo Gonçalves dos Reis², Maria das Graças Ferreira Reis², Ivan da Costa Ilhéu Fontan³, Marco Antonio Monte², Antônio Nascimento Gomes⁴ e Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira³

RESUMO – O presente estudo objetivou subsidiar a seleção de genótipos de eucalipto para plantio em ambientes com disponibilidade variável de água no solo, através da análise do crescimento de raízes na fase inicial de estabelecimento da planta no campo e de sua associação com o crescimento das plantas adultas. Foram utilizados os clones 0063, 0321, 1250, 1260 e 1277 de eucalipto, sob dois regimes de irrigação, a partir de seis meses de idade, em condições de campo, no norte do Estado da Bahia. O experimento foi estabelecido em blocos ao acaso, com três repetições. O crescimento em altura aos 38 meses de idade não variou significativamente entre os tratamentos de irrigação, enquanto em diâmetro e volume nessa mesma idade foi significativamente superior nas plantas do tratamento irrigado em relação ao não-irrigado, sendo os clones 1260 e 0321 os mais produtivos. O clone 1277 apresentou menor sensibilidade à deficiência hídrica, o que pode ser atribuído ao intenso crescimento do sistema radicular. O clone 1250 apresentou menor crescimento em altura e diâmetro, possivelmente em razão de apresentar menor crescimento do sistema radicular, o que torna esse clone mais suscetível à deficiência hídrica. Com base nas avaliações realizadas, o clone 1250 não deve ser recomendado para regiões com déficit hídrico acentuado, e os demais clones estudados podem ser estabelecidos em regiões com regime hídrico semelhante ao da região objeto deste estudo, destacando-se os clones 1260 e 0321, por apresentarem maior produção volumétrica. Em condições de déficit hídrico mais acentuado, o clone 1277 é o mais promissor, em razão de não ter apresentado redução no crescimento, quando sob deficiência hídrica acentuada no solo.

Palavras-chave: Eucalipto, raízes, seleção de clones e deficiência hídrica.

PERFORMANCE OF *Eucalyptus* spp CLONES UNDER DIFFERENT LEVELS OF SOIL WATER AVAILABILITY IN THE FIELD – ROOT AND ABOVEGROUND GROWTH

ABSTRACT – Below and aboveground growth of four *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and one *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp clones identified as 0063, 0321, 1250, 1260 and 1277, were studied in the field under varying water availability. The objective of the study was to select eucalypt genotypes to be planted in sites with varying soil water availability. The experiment was set in Northeastern Brazil, Inhambupe, Bahia (Latitude - 11°47'00"S; Longitude - 38°21'00"W and Altitude - 154 m), with mean annual rainfall of 950 mm. Two levels of irrigation were applied six months after the seedlings have being planted in the field: (a) irrigated when weekly rainfall was lower than 10 mm and, (b) non-irrigated - plants received water

¹ Recebido em 02.01.2006 e aceito para publicação em 13.09.2006.

² Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa e Bolsistas CNPq. 36571-000 Viçosa-MG. E-mail: <greis@ufv.br>, <mgfreis@ufv.br>.

³ Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFV. E-mail: <ivanilheu@yahoo.com.br> e <marcomonte@vicosa.ufv.br>.

⁴ COPENER FLORESTAL LTDA., atualmente na ARACRUZ FLORESTAL, Aracruz-ES.

only from rainfall. Root distribution and biomass were determined six months after planting, just before the irrigation treatment started, in order to characterize root growth of each clone. Height and diameter at breast height (DBH) were measured at the age of 38 months. There was no significant difference ($P=0.05$) in height growth at this age between irrigation treatments, but there were differences in growth among clones: clone 1260 was significantly taller than the others. DBH and volume were significantly larger for irrigated plants; however, there was a tendency of clone 1277 to maintain growth even under drought. Clone 1260 followed by the 0321 presented the highest volume by the age of 38 months in both dry and wet soil conditions. The growth rate of clone 1277 is lower than for clones 1260 and 0321, but, due to its root production and distribution deep in the soil profile, it survives and grows in sites with low soil water availability. Clone 1250 showed great reduction in volume when under water stress, probably due to its poor root growth, i.e., this clone is not recommended for dry sites.

Keywords: Eucalypt clones, root and aboveground growth and genotype selection to drought.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade dos povoamentos de eucalipto tem aumentado em resposta ao melhoramento genético e à adoção de práticas silviculturais adequadas, como a produção de mudas de qualidade superior, preparo do solo, manejo de resíduos, controle da vegetação concorrente, densidade de plantio, desrama artificial e desbaste, dentre outros (ASSIS, 1996; CHAVES et al., 2004; GONÇALVES et al., 2004; PULROLNIK et al., 2005). As técnicas de produção de mudas de clones de eucalipto têm evoluído substancialmente, aumentando a possibilidade de uso de elevado número de material clonal para plantio (XAVIER et al., 2001). Esses clones, no entanto, precisam ser avaliados especialmente para determinar a capacidade de crescerem e se desenvolverem sob disponibilidade limitada de recursos de crescimento, principalmente no que se refere à absorção e uso da água, nutrientes e radiação fotossinteticamente ativa (BINKLEY et al., 2004; STAPE et al., 2004).

As plantações florestais são usualmente monoespecíficas, e sua produtividade é muito dependente das condições ambientais. Por isso, a obtenção de material de alta produtividade requer, dentre outros, a seleção de material genético apropriado para cada condição ambiental, principalmente em sítios em que a disponibilidade hídrica é limitada em consequência de precipitação baixa e irregularmente distribuída. Essa seleção tem sido feita em viveiro e no campo (REIS et al., 1989; CHAVES et al., 2004; STAPE et al., 2004), principalmente em plantas ainda jovens.

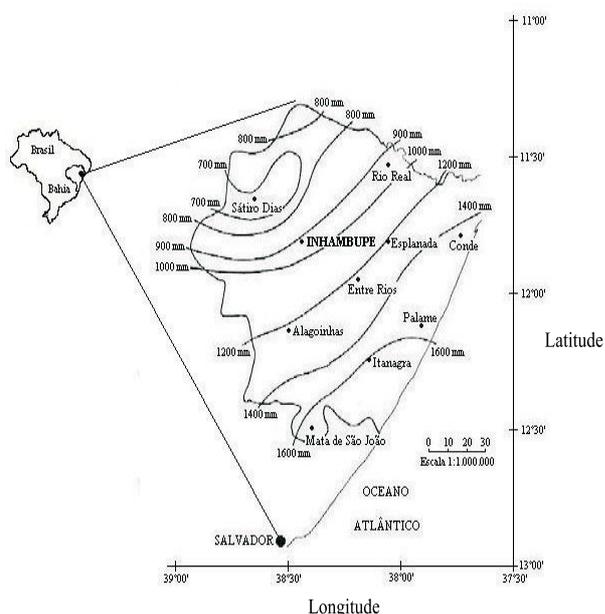
A tolerância a estresse hídrico varia com o genótipo, sendo que algumas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, tornando-se mais eficientes na absorção

de água do solo, especialmente através do desenvolvimento de um extenso e profundo sistema radicular e de características da parte aérea, como adequação da área foliar, rápido fechamento dos estômatos e manutenção de uma reduzida temperatura foliar, dentre outros (REIS et al., 1988; GOMES, 1994; LI et al., 2000; CHAVES et al., 2004).

O presente trabalho visa subsidiar a seleção de genótipos de eucalipto para plantio em ambientes com disponibilidade variável de água no solo, através da análise do crescimento de raízes na fase inicial de estabelecimento da planta no campo e sua associação com o crescimento das plantas adultas.

2. MATERIALE MÉTODOS

O presente estudo foi estabelecido no Município de Inhambupe, BA (latitude de 11°47'00"S; longitude de 38°21'00"O e altitude de 154 m) (Figura 1), na empresa COPENER FLORESTAL LTDA. A precipitação média anual com base no período de 1961-1990 é de 926 mm. No período do experimento (2000-2002), o déficit hídrico anual foi de 345 mm, sendo que um período contínuo com esse déficit se iniciou em outubro e terminou em meados de maio, tendo ocorrido outro período menor de déficit em junho e julho (Figura 2). O solo foi classificado como Argissolo Amarelo Distrófico, com textura arenosa-média e relevo plano. Foram selecionadas plantas de quatro clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e um de *E. camaldulensis* x *Eucalyptus* spp, com base em plantios comerciais bem-sucedidos, estabelecidos em locais com diferentes níveis de precipitação pluviométrica. A identificação dos clones em suas procedências e origens está descrita no Quadro 1.



(Fonte: COPENER FLORESTAL LTDA).

Figura 1 – Mapa com localização da área de estudo, mostrando as isoietas desde as regiões litorâneas até o interior (sertão) do Estado da Bahia.

Figure 1 – Map of the studied area showing the isoetes in Northeastern Bahia, Brazil.

As mudas utilizadas neste experimento tinham aproximadamente 30 cm de altura e foram produzidas em tubetes plásticos de aproximadamente 60 ml, pelo método de miniestquia com substrato de vermiculita e composto orgânico à base de casca de coco, na proporção volumétrica de 1:1. A adubação mineral das mudas no viveiro foi com base na recomendação proposta pela empresa.

O experimento foi constituído de 10 tratamentos, sendo dois níveis de irrigação (irrigado e não-irrigado) e cinco clones de híbridos de *Eucalyptus*, em esquema fatorial (2 x 5), em delineamento em blocos casualizados, com três repetições e 20 plantas por unidade experimental (quatro linhas de cinco plantas). O espaçamento de plantio foi o 3 x 3 m.

O tratamento irrigado (I) resultou da suplementação de água ao solo via irrigação em sulco, de modo a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo. A irrigação foi usada sempre que a precipitação semanal se apresentava inferior a 10 mm. O balanço hídrico e a frequência de irrigação no período experimental estão apresentados na Figura 2. No tratamento não-irrigado (NI), as plantas foram supridas apenas com a água de chuvas, quando eventualmente estas ocorriam na área experimental.

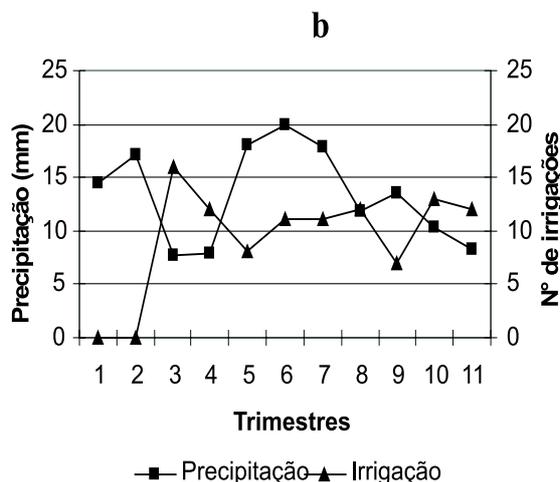
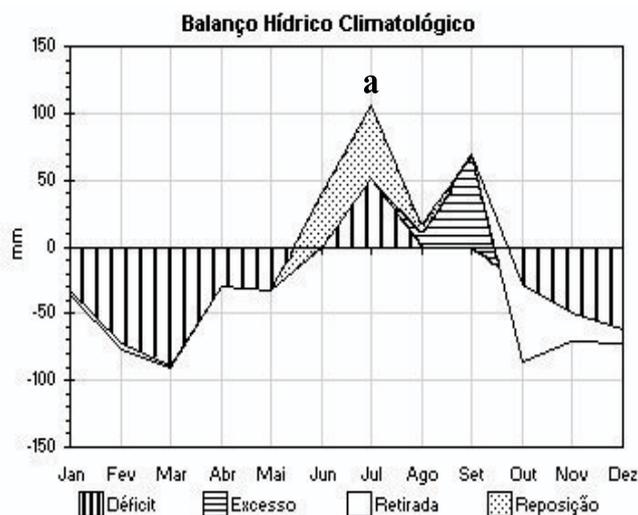


Figura 2 – Balanço hídrico do período 2000-2002 (a) e média da precipitação semanal no trimestre e número de irrigações por trimestre (o 1º trimestre refere-se aos meses de maio a julho), na área experimental (b), em Inhambupe, Bahia.

Figure 2 – Thornthwaite water balance for the period 2000-2002 (a) and average weekly rainfall in every three months starting from may, and number of irrigations for each period of three months during the study (b), Inhambupe, Bahia.

Quadro 1 – Clones de híbridos de eucalipto selecionados com base em plantios comerciais bem-sucedidos, estabelecidos em locais com níveis diferentes de precipitação pluviométrica no Estado da Bahia

Table 1 – Characterization of studied eucalypt clones

Clone	Espécie	Procedência dos Parentais	Origem	Precipitação(mm) *
0063	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Mtao Forest x Rio Claro	Coff's Harbour x Timor	1200
0321	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Mtao Forest x Rio Claro	Coff's Harbour x Timor	1200
1250	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Mtao Forest x Rio Claro	Coff's Harbour x Timor	900
1260	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Mtao Forest x Rio Claro	Coff's Harbour x Timor	900
1277	<i>E. camaldulensis</i> x <i>Eucalyptus</i> spp	Petford	Petford	700

* Refere-se à precipitação média anual nas áreas onde foi estabelecido, com sucesso, o plantio comercial de cada clone no Estado da Bahia.

Aos seis meses após o plantio das mudas no campo, antes da aplicação dos tratamentos de irrigação foi avaliada a biomassa da parte aérea (folhas, galhos e tronco) e do sistema radicular de três plantas de tamanho médio, por clone. Após a determinação do peso de matéria fresca total no campo, uma amostra de cada componente foi levada ao laboratório para determinação do peso de matéria seca. O sistema radicular das plantas foi também esquematizado, sendo avaliados a profundidade de ocorrência de raízes, o comprimento de raízes pivotantes e laterais e o número médio de raízes. O desenho das raízes representando sua distribuição no sentido vertical e horizontal foi feito na direção da linha de plantio. O comprimento de cada raiz e a profundidade máxima do sistema radicular foram medidos no campo. Foi feita a contagem do número de raízes por planta e obtido o comprimento total de raízes por planta, multiplicando-se o número de raízes pelo comprimento médio das raízes. Por ocasião dessa amostragem, ainda não havia sido efetivado o tratamento de irrigação, ou seja, todas as plantas estavam com a mesma disponibilidade de água no solo, uma vez que o período chuvoso não havia terminado. Assim, a avaliação do sistema radicular e da biomassa da parte aérea, nessa idade, foi realizada com o intuito de caracterizar o material genético em estudo de maneira a facilitar sua recomendação para plantio em ambientes com disponibilidade variável de água no solo.

Aos sete meses após o plantio, um mês após o início da aplicação dos tratamentos de irrigação, foram retiradas amostras compostas de solo das parcelas para caracterização da umidade do solo. A amostra composta foi constituída de três amostras retiradas a 0; 0,75; e 1,5 m da linha de plantio, à profundidade de 0-20 e 20-40 cm do solo. Nessa mesma ocasião foi realizada a medição do potencial hídrico foliar antes do amanhecer e ao longo do dia, com a bomba de Scholander.

Trinta e oito meses após o estabelecimento das mudas no campo foram avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total das árvores úteis de cada unidade experimental. O volume de madeira com casca foi estimado, utilizando-se dados obtidos através da cubagem rigorosa conforme o método de Smalian. Os dados foram avaliados através de análise de variância, teste de média (Tukey) a 5% de probabilidade e análise descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos sete meses de idade, um mês após o início dos tratamentos de irrigação foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) na umidade do solo entre os tratamentos de irrigação. Nessa mesma ocasião também foi verificado que o potencial hídrico foliar das plantas sem irrigação, ao final da tarde, era inferior ao das plantas com irrigação (Figura 3), ou seja, um mês após a aplicação dos tratamentos de irrigação era possível perceber diferenças na disponibilidade de água no solo entre eles. Vale salientar que essas medições foram realizadas no terceiro trimestre após a instalação do experimento, quando a precipitação na região foi baixa (Figura 2).

O solo nas parcelas do tratamento não-irrigado apresentou teor de umidade de 10,04%, valor mais alto do que o esperado, em razão de a precipitação pluviométrica na região ter sido mais intensa e mais bem distribuída naquele ano em que o experimento foi instalado, em comparação com a média da série histórica da área. A média de precipitação anual no período de 1961-1990 foi de 926 mm, e, no ano do início da experimentação (2000), a precipitação foi de 1.264 mm, ou seja, o ano de instalação do experimento foi ligeiramente atípico, tendo havido precipitação média anual mais elevada que a média da região, inclusive não tendo sido observado déficit hídrico em junho e julho. Em 2001, a precipitação foi de 952 mm, retornando, assim, ao padrão pluviométrico médio da região.

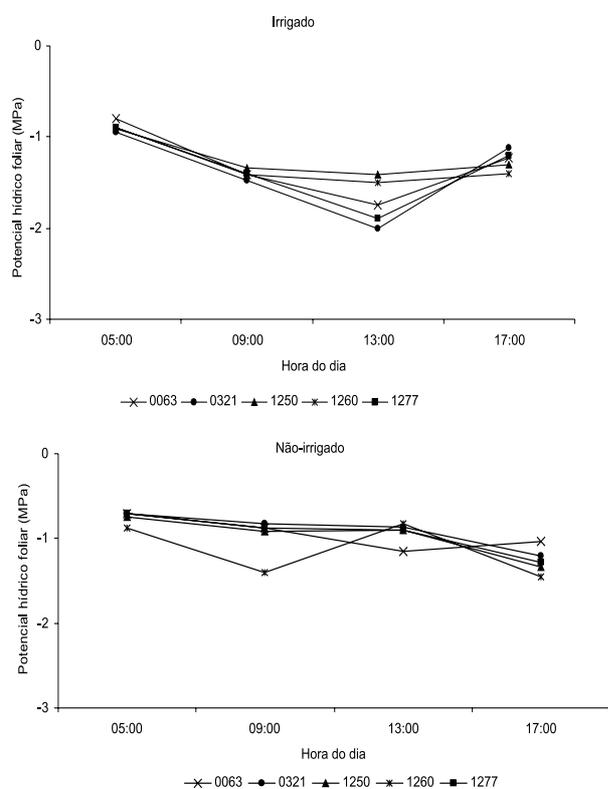


Figura 3 – Potencial hídrico de plantas de cinco clones de eucalipto, um mês após o início de aplicação de regime diferenciado de irrigação, em Inhambupe, Bahia.

Figure 3 – Leaf water potential of eucalypt clones one month after starting irrigation treatments, in Inhambupe, Bahia, Brazil.

A profundidade média de raízes variou significativamente com o clone estudado, enquanto para o comprimento e número médio de raízes não foram

observadas diferenças significativas no nível de 5% de probabilidade (Quadro 2).

O clone 1250 apresentou raízes mais superficiais, bem como o menor comprimento e número médio de raízes (Quadro 2 e Figura 4). Esse clone apresenta sistema radicular mais superficial, menos extenso e menor quantidade de raízes e, certamente, menos vigoroso, indicando que a sua sobrevivência e crescimento poderão ser limitados quando implantado em ambientes apresentando deficiência hídrica mediana a severa. Ou seja, esse clone deverá ser mais indicado para as regiões próximas do litoral do estado da Bahia, onde a precipitação pluviométrica é mais abundante e mais bem distribuída que nas regiões interioranas (Figura 1), onde o déficit hídrico é mais acentuado. O clone 1250 apresentou 1,55 m de comprimento total de raízes por planta (número de raízes multiplicado pelo comprimento médio das raízes por planta), enquanto os demais clones atingiram praticamente o dobro do comprimento total de raízes por planta observado no clone 1250 (Quadro 2).

As raízes são importantes na absorção de água e nutrientes do solo e na síntese de reguladores de crescimento da planta, principalmente do grupo das citocininas. Estas se movimentam acropetalmente até os pontos de crescimento da parte aérea, tornando esses sítios mais fortes na aquisição de reservas demandadas no crescimento das plantas (LARCHER, 2000). Dessa forma, clones com sistema radicular menos desenvolvido, como o 1250, poderão apresentar menor produção de citocininas, em razão de apresentarem menor número de terminais radiculares e, conseqüentemente, terem a taxa de crescimento reduzida e, mesmo, sobrevivência comprometida em ambientes de deficiência hídrica acentuada.

Quadro 2 – Valores médios de profundidade, comprimento, número e comprimento total de raízes das plantas de cinco clones de eucalipto, aos seis meses de idade, no campo, em Inhambupe, Bahia (médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey)

Table 2 – Average root depth, length, root number and total length, per plant, for each eucalypt clone, at the age of six months, in the field, in Inhambupe, Bahia, Brazil

Clone	Profundidade (m)	Comprimento (m)	Número	Comprimento total (m)
0063	0,74 a	0,76 a	3,67 a	2,79 a
0321	0,68 ab	0,66 a	4,50 a	2,97 a
1250	0,27 b	0,58 a	2,67 a	1,55 a
1260	0,83 a	0,80 a	3,50 a	2,80 a
1277	0,97 a	0,68 a	4,33 a	2,93 a

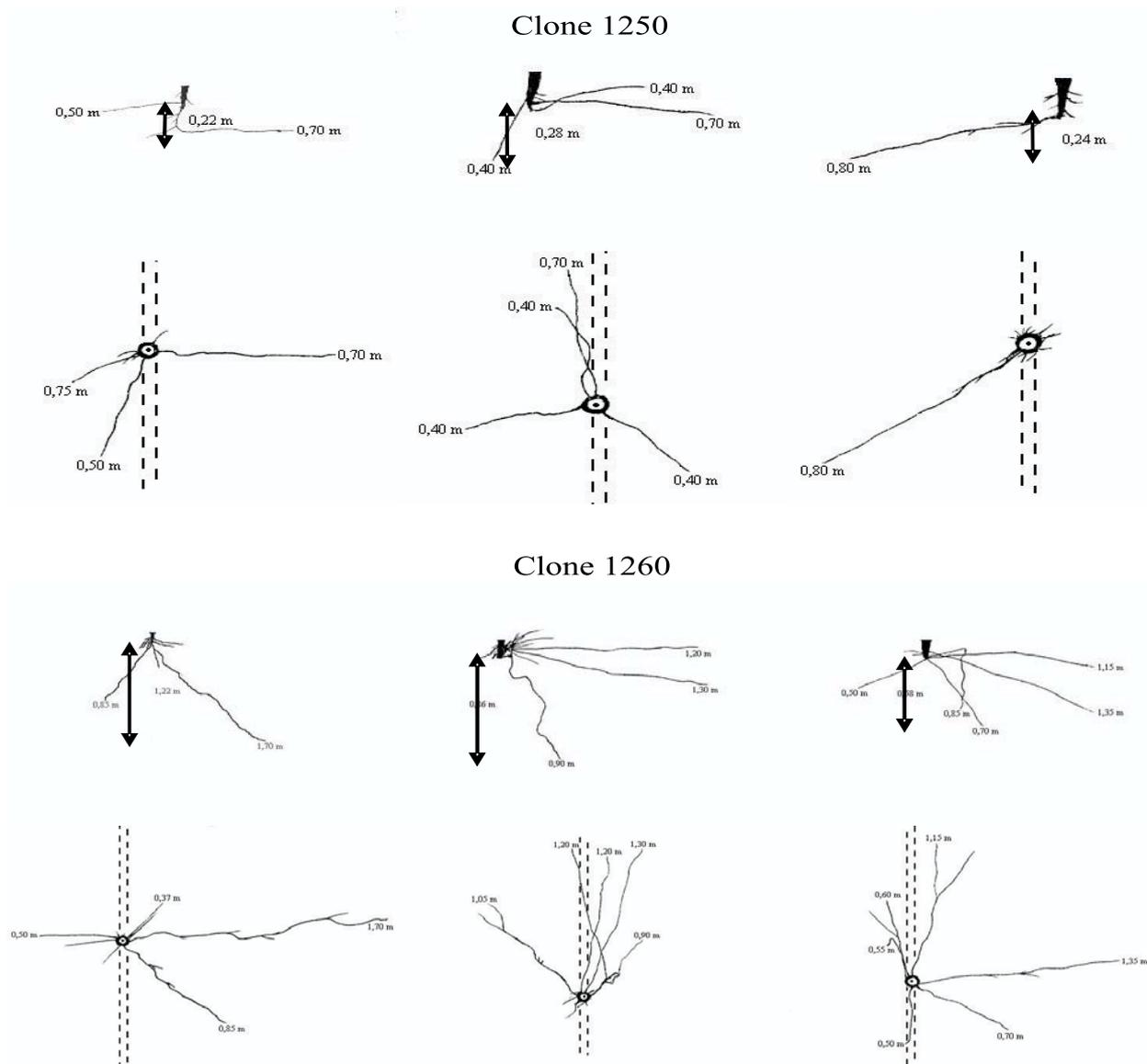


Figura 4 – Vista lateral e superior de raízes de três plantas dos clones 1250 e 1260 de eucalipto, aos seis meses de idade, no campo, em Inhambupe, Bahia (altura média das plantas amostradas: clone 1250 = 0,65 m, clone 1260 = 1,40 m; as linhas tracejadas indicam o sentido da linha de plantio).

Figure 4 – Lateral and top view of the root system of eucalypt clones 1250 and 1260 at the age of six months, in Inhambupe, Bahia, Brazil.

O maior comprimento médio de raízes (0,80 m) foi observado nas plantas do clone 1260, seguido dos clones 0063, 1277, 0321 e 1250 (Quadro 2). O maior comprimento médio das raízes dos clones associado à profundidade média elevada no solo (0,83 m) (Quadro 2) faz do clone 1260 um dos materiais genéticos estudados mais promissores para o estabelecimento em condições

desfavoráveis de disponibilidade hídrica, uma vez que o sistema radicular dessas plantas está explorando maior volume de solo. Em plantios comerciais, o clone 1260 tem apresentado melhor desenvolvimento e adaptação a ambientes que apresentam deficiência hídrica severa, principalmente no interior do Estado da Bahia, onde a deficiência hídrica do solo é bastante acentuada

(Quadro 1). O comprimento total médio de raízes do clone 1260 foi de 2,80 m (Quadro 2), sendo estas bem distribuídas ao longo do perfil do solo (Figura 4).

O clone 0321 apresentou o maior número médio (4,50) e comprimento total de raízes por planta (2,97 m) (Quadro 2), tendo, portanto, maior contato solo-raiz. As raízes desse clone são bem distribuídas no perfil do solo (Figura 5), indicando que também pode se estabelecer e apresentar desenvolvimento favorável, mesmo em ambientes com acentuada deficiência hídrica

no solo, pelo fato de suas plantas absorverem água em camadas mais profundas do solo, mantendo elevado seu estado hídrico. O clone 0063 pode, também, apresentar desenvolvimento favorável sob acentuada deficiência hídrica no solo, visto que mostrou bom desenvolvimento do sistema radicular (Figura 4), com raízes atingindo profundidade média de 0,74 m, comprimento médio de raiz de 0,76 m, número médio de raízes igual a 3,67 e comprimento total de raízes, por planta, de 2,79 m (Quadro 2).

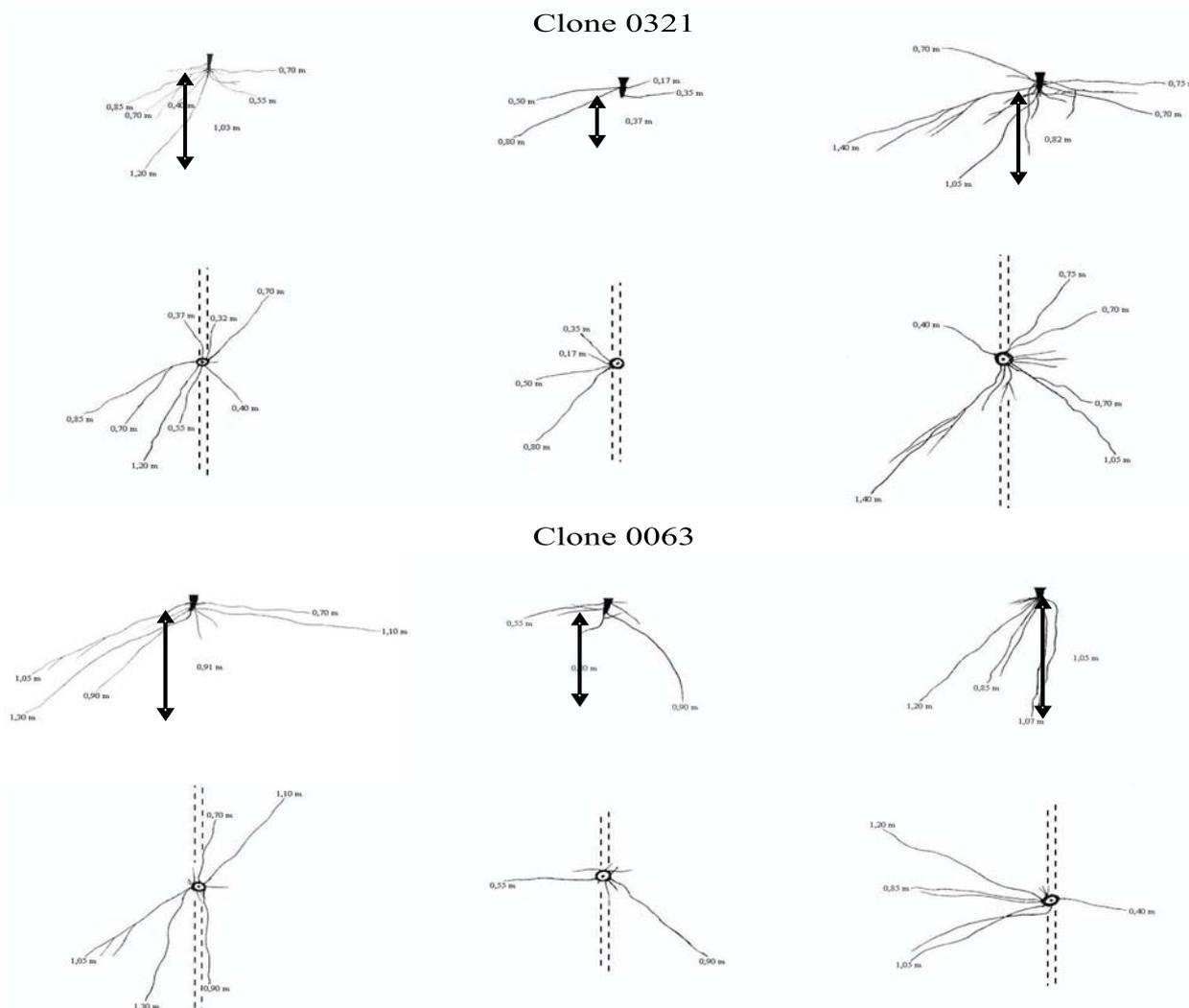


Figura 5 – Visão lateral e superior de raízes de três plantas do clone 0321 e 0063 de eucalipto, aos seis meses de idade, no campo, em Inhambupe, Bahia (altura média das plantas amostradas: clone 0321 = 1,13 m, clone 0063 = 1,20 m; as linhas tracejadas indicam o sentido da linha de plantio).

Figure 5 – Lateral and top view of the root system of eucalypt clones 0321 and 0063 at the age of six months, in Inhambupe, Bahia, Brazil.

As raízes do clone 1277, que é um híbrido de *E. camaldulensis*, exploram grande volume de solo em razão de apresentar elevado comprimento total de raízes (2,94 m) (Quadro 2). As raízes desse clone possuem elevado comprimento médio (0,68 m), número médio de raízes (4,33) e a maior profundidade média de raízes (0,97 m), havendo, em uma planta amostrada, o registro de raiz com 2,10 m de profundidade no solo (Quadro 2 e Figura 6). O sistema radicular desse clone contribui, de maneira expressiva, para a biomassa total (Figura 7). Esse clone apresentou elevada capacidade de recuperação da produção de matéria seca total das plantas submetidas a déficit hídrico com posterior irrigação, no viveiro, por ter apresentado a maior relação raiz/parte aérea, dentre vários clones estudados (CHAVES, 2001).

O clone 1277 apresenta amplo sistema radicular (arquitetura e biomassa) e habilidade de recompor sua biomassa total, principalmente a sua área foliar. Após deficit hídrico, essas características podem constituir uma estratégia eficiente na absorção de água e nutrientes e de fixação de carbono, garantindo a referida retomada de crescimento desse genótipo mesmo em regiões que apresentam período de deficiência hídrica elevada no

solo. Assim, esse clone apresenta ampla capacidade de sobrevivência e retomada de crescimento assim que haja a suspensão parcial ou total das condições adversas. A capacidade que *E. camaldulensis* possui de se estabelecer e apresentar elevada produtividade em solos secos está relacionada ao rápido desenvolvimento do seu sistema radicular em profundidade (AWE et al., 1976). Gomes (1994) e Lelles (1995) verificaram em condições de campo, na região de Cerrado, plantas de *E. camaldulensis* apresentando sistema radicular mais profundo do que *E. urophylla* e *E. pellita*. Reis e Hall (1987) observaram que plantas de *E. camaldulensis*, em condições de campo, apresentaram tolerância à desidratação, em razão da redução na área foliar das plantas e do aumento na absorção de água pelas raízes, em maiores profundidades do solo. Assim, por ser um híbrido de *E. camaldulensis*, o clone 1277 pode ter mantido a característica de crescer o seu sistema radicular a maiores profundidades no solo, além de perder área foliar quando as condições não são favoráveis, especialmente sob acentuado deficit hídrico e, subseqüentemente, de recompor a área foliar das plantas assim que as condições ambientais se fizerem favoráveis.

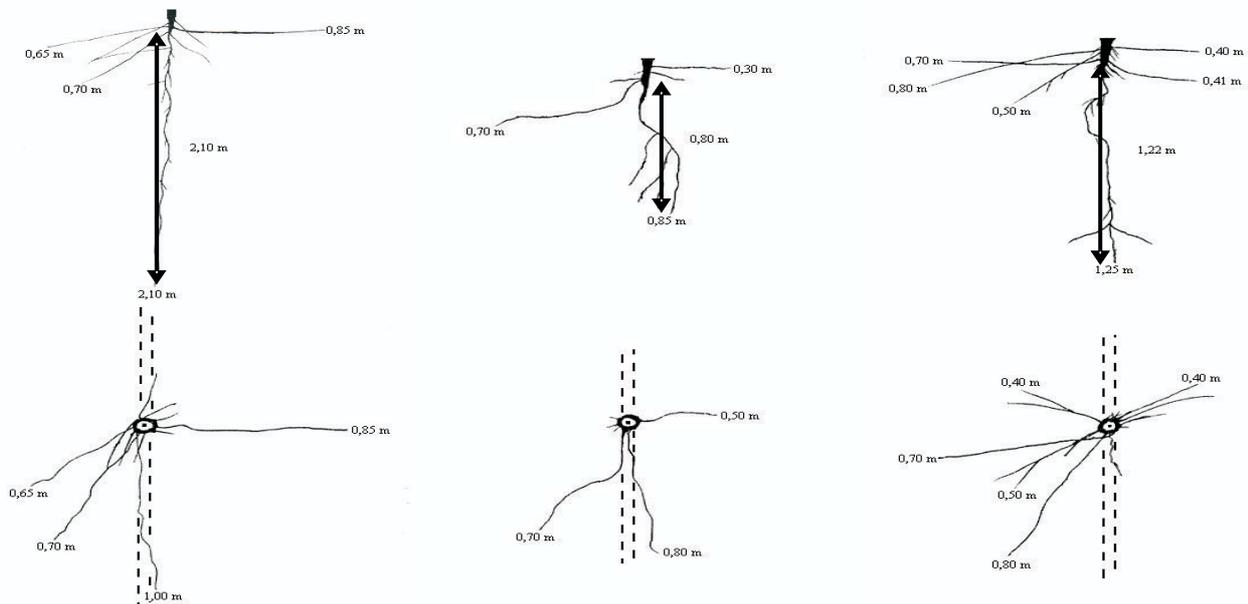


Figura 6 – Visão lateral e superior de raízes de plantas do clone 1277 de eucalipto, aos seis meses de idade, no campo, em Inhambupe, Bahia (Altura média das plantas amostradas: 1,03 m; as linhas tracejadas indicam o sentido da linha de plantio).

Figura 6 – Lateral and top view of the root system of eucalypt clone 1277 at the age of six months, in Inhambupe, Bahia, Brazil.

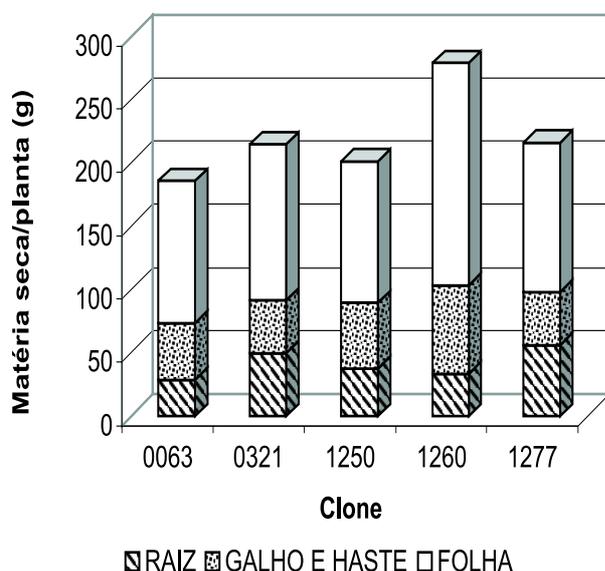


Figura 7 – Produção de matéria seca de plantas de cinco clones de eucalipto, aos seis meses de idade, no campo, em Inhambupe, Bahia.

Figura 7 – Biomass of each tree component of eucalypt clones at the age of six months, in Inhambupe, Bahia, Brazil.

As plantas do clone 1260 apresentaram, aos seis meses de idade, maior produção de biomassa total, com 279 g, sendo 62,87% do total atribuído a folhas, 25,22% a galhos e hastes e apenas 11,91% às raízes, indicando que esse clone apresenta raízes estruturais mais finas, pois, nessa idade, esse clone apresentou sistema radicular com boa profundidade e bom comprimento total de raízes, conforme discutido anteriormente. Os demais clones apresentaram produção de biomassa similar (Figura 7).

Quadro 3 – Altura, diâmetro (DAP) e volume de plantas de cinco clones de eucalipto, aos 38 meses de idade, no campo, sob dois regimes de irrigação (I = irrigado; NI = não-irrigado), em Inhambupe, Bahia (Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey)

Table 3 – Average height, diameter (DAP) and volume of eucalypt clones at the age of 38 months under two level of water availability, in Inhambupe, Bahia, Brazil

Clone	Altura (m)			DAP (cm)			Volume/planta (m ³)		
	I	NI	Média	I	NI	Média	I	NI	Média
0063	18,6	17,7	18,2 b	13,4	12,3	12,9 ab	0,141	0,114	0,128 b
0321	18,5	18,3	18,4 b	13,9	13,0	13,5 ab	0,165	0,140	0,153 ab
1250	18,1	17,4	17,8 b	13,5	11,8	12,7 b	0,140	0,094	0,117 b
1260	20,3	19,8	20,1 a	15,0	13,9	14,4 a	0,182	0,154	0,168 a
1277	16,5	18,0	17,3 b	13,1	13,7	13,4 ab	0,125	0,132	0,129 b

A biomassa de raízes foi elevada para as plantas dos clones 1277 e 0321, correspondendo a 25,95 e 23,05%, respectivamente, do total da biomassa dessas plantas. Conforme descrito anteriormente, esses clones também apresentam maior comprimento total de raízes, permitindo maior contato com o solo, o que lhes confere boa adaptação a ambientes com baixa disponibilidade hídrica. Clones de *Coffea canephora* com maior resistência à deficiência hídrica apresentaram relação raiz/parte aérea mais elevada do que os clones menos resistentes (PINHEIRO et al., 2005), comportamento similar ao observado no clone 1277. A relação raiz/parte aérea pode aumentar com a elevação da deficiência hídrica, conforme verificado em *E. nitens* e *E. globulus* (MORONI et al., 2003). Ou seja, é de se esperar que plantas dos clones 1277 e 0321 apresentem sistema radicular mais desenvolvido quando plantadas em regiões com deficiência hídrica mais acentuada. A fertilidade do solo pode, também, influenciar a produção de raízes (REIS et al., 1985; OLIVEIRA NETO, 1996). Oliveira Neto (1996) verificou que *E. camaldulensis*, aos 20 meses de idade, apresentou aumento na profundidade do sistema radicular com o aumento do nível de adubação. Assim, ao se utilizarem dados sobre o crescimento de raízes para previsão de crescimento das plantas, há que se considerar a variação na fertilidade do solo.

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 (Quadro 3). A altura, o diâmetro e o volume médios foram, respectivamente, de 18,41 m, 13,77 cm e 0,15 m³ no tratamento irrigado e 18,25 m, 12,96 cm e 0,13 m³ no não-irrigado.

Apesar de não ter sido observada interação significativa entre clones e níveis de irrigação, verificou-se que o clone 1277 apresentou tendência de maior altura, diâmetro e volume no tratamento não-irrigado, comportamento diferenciado em relação aos demais clones, cujo crescimento tendeu ser mais elevado no tratamento irrigado (Quadro 3). As plantas desse clone tiveram maior profundidade de raízes (0,97 m) e a maior proporção de biomassa alocada no sistema radicular (25,94%), justificando o seu maior crescimento sob estresse hídrico. Assim, a menor sensibilidade do clone 1277 à deficiência hídrica pode ser atribuída ao crescimento diferenciado do seu sistema radicular, conforme discutido anteriormente, e, conforme observado por Chaves (2001), apresentar, também, elevada capacidade de recuperação do crescimento após o estresse hídrico.

O maior crescimento em altura, diâmetro e volume foi observado no clone 1260, tanto no tratamento irrigado, que apresentou volume de 0,182 m³, quanto no tratamento não-irrigado (0,154 m³). A presença do sistema radicular bem desenvolvido e poucos galhos até a altura de 4,0 m nas árvores e, em sua maioria, de diâmetro reduzido (galhos finos) favoreceu a alocação de assimilados para o tronco, promovendo, assim, maior crescimento das plantas desse clone.

As plantas do clone 1250, no tratamento não-irrigado, apresentaram redução substancial, principalmente em volume, em comparação com os demais clones. Esse comportamento é o resultado do limitado crescimento do seu sistema radicular, o que torna as plantas desse clone sensíveis ao déficit hídrico acentuado no solo, diminuindo suas possibilidades de sobrevivência nessa condição de restrição hídrica no solo. Vale salientar que a precipitação no ano de instalação do experimento foi bem superior (1.264 mm) à média observada no período de 30 anos (926,3 mm, de 1961 a 1990). É provável que, em condições de estresse hídrico mais elevado, o clone 1277 viesse a apresentar crescimento maior que o dos demais clones estudados, sobretudo os clones 0063, 0321 e 1250, que tiveram sistema radicular menos profundo.

4. CONCLUSÕES

O clone 1250 apresentou a menor profundidade, comprimento e número de raízes e o menor crescimento da parte aérea, não devendo ser recomendado para regiões com déficit hídrico acentuado. Os demais clones têm condições de se estabelecerem em regiões com

deficit hídrico semelhante ao do local do presente estudo, que apresenta precipitação média de 950 mm, destacando-se os clones 1260 e 0321, pela maior produção volumétrica. Esses dois clones apresentaram crescimento adequado do sistema radicular. O clone 1277, embora não tenha tido crescimento elevado, é promissor nas regiões com deficiência hídrica, em razão de apresentar maior crescimento do seu sistema radicular, principalmente em profundidade, e não ter exibido redução no crescimento quando a irrigação não foi suplementada.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e à COPENER FLORESTAL LTDA, pelo apoio na realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 185, p. 201-209, 1996.
- AWE, J.O.; SHEPHERD, K.R.; FLORENCE, R.G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **Australian Forestry**, v. 39, n. 3, p. 201-209. 1976.
- BINKLEY, D.; STAPE, J.L.; RYAN, M.G.T. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 5-16, 2004.
- CHAVES, J. H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2001. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- CHAVES, J.H. et al. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

- D'ANGIOLELLA, G. L. B.; VASCONCELLOS, V. L. D. Cálculo do balanço hídrico climatológico com diferentes métodos para estimativa da evapotranspiração potencial, em planilhas Excel TM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. CD-Rom.
- 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, MG, 1994.
- GONÇALVES, J.L.M. et al. Silvicultural effects on the production and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 45-61, 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LELES, P.S.S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** 1995. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.
- LI, C. et al. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 3, p. 231-238. 2000.
- MORONI, M.T.; WORLEDGE, D.; BEADLE, C.L. Root distribution of *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* in irrigated and droughted soil. **Forest Ecology and Management**, v. 177, p. 399-407, 2003.
- OLIVEIRA NETO, S.N. **Biomassa, nutrientes e relações hídricas em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Em resposta a adubação e ao espaçamento.** 1996. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.
- PINHEIRO, H.A. et al. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, p. 101-108, 2005.
- PULROLNIK, K. et al. Crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* [HILL ex MAIDEN] submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, na região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 495-506, 2005.
- REIS, M.G.F. et al. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, v. 9, n. 2, p. 149-162, 1985.
- REIS, G.G.; HALL, A.E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. **Revista Árvore**, v. 11, n. 1, p. 43-55, 1987.
- 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**, v. 12, n. 2, p. 183-195, 1988.
- REIS, G.G. et al. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 17-31, 2004.
- XAVIER, A. et al. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p. 403-411, 2001.