

---

# QUALIDADE DE MUDAS SEMINAIS DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DOS SUBSTRATOS E FERTILIZAÇÃO DE LIBERAÇÃO CONTROLADA

---

Richardson Barbosa Gomes da Silva, Danilo Simões, Fernando Reis Andrade  
e Magali Ribeiro da Silva

## RESUMO

Para produção de mudas florestais com qualidade deve-se buscar, em função das características físicas de cada substrato, manejos nutricionais mais racionais do ponto de vista econômico-ambiental. Objetivou-se neste estudo avaliar o desenvolvimento e a qualidade de mudas seminais de *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* em função dos substratos e doses do fertilizante de liberação controlada Osmocote®. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial, sendo os substratos vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1); vermiculita+fibra de coco (1:1); vermiculita+fibra de coco (2:1) e as doses 2, 4, 6 e 8 kg·m<sup>-3</sup> de substrato. Substratos com maior capacidade de re-

tenção de água fazem com que as mudas atinjam seu máximo desenvolvimento na maioria dos parâmetros morfológicos, com menores doses do fertilizante de liberação controlada. Recomenda-se a aplicação do fertilizante de liberação controlada na dose 6,0 kg·m<sup>-3</sup> nos substratos vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1) e vermiculita+fibra de coco (2:1) e da dose 7,0 kg·m<sup>-3</sup> no substrato vermiculita+fibra de coco (1:1). Em cada substrato há uma faixa de dose que promove maior formação de sistemas radiculares aptos ao plantio no campo, o que, conseqüentemente, resulta em mudas com maior desenvolvimento morfológico no viveiro.

## QUALITY OF EUCALYPTUS SEEDLINGS AS A FUNCTION OF SUBSTRATES AND CONTROLLED-RELEASE FERTILIZATION

Richardson Barbosa Gomes da Silva, Danilo Simões, Fernando Reis Andrade and Magali Ribeiro da Silva

## SUMMARY

For the production of quality seedlings, depending on the physical characteristics of each substrate, more rational nutritional managements, from the of economic-environmental point of view, should be sought. This study aimed to evaluate the development and quality of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* seedlings in terms of substrates and doses of controlled-release Osmocote® fertilizer. The experiment was conducted with a completely randomized, factorial design, using as substrates: vermiculite+carbonized rice chaff+coconut fiber (1:1:1); vermiculite+coconut fiber (1:1) and vermiculite+coconut fiber (2:1) and doses of 2, 4, 6 and 8 kg·m<sup>-3</sup> of substrate. The sub-

strates with higher water holding capacity allow seedlings to reach their maximum development in most parameters using lower doses of controlled-release fertilizer. We recommend the application of the controlled-release fertilizer at a dose of 6.0 kg·m<sup>-3</sup> in vermiculite+carbonized rice chaff+coconut fiber (1:1:1) and vermiculite+coconut fiber (2:1) substrates, and in substrate vermiculite+coconut fiber (1:1) at a dose of 7.0 kg·m<sup>-3</sup>. In each substrate there is a dose range that promotes a greater formation of suitable root systems for planting in the field, which consequently results in seedlings with greater morphological development at nursery.

## Introdução

A produção de mudas de espécies florestais, em quantidade e qualidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de povoamen-

tos produtivos e de qualidade (Wendling *et al.*, 2007). Dentro desse sistema de produção, os principais fatores que afetam o desenvolvimento e a qualidade das mudas são os materiais genéticos, os mane-

jos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos. Com relação aos substratos, Silva *et al.* (2010) entendem que um substrato ideal é aquele que satisfaz as exigências físicas, químicas e con-

tém quantidades suficientes de elementos essenciais (ar, água e nutrientes) ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Verdonck *et al.* (1983) alertam que as propriedades físicas dos substratos são as mais

---

## PALAVRAS CHAVE / *Eucalyptus grandis* / *Eucalyptus urophylla* / Fertilização / Liberação Controlada / Nutrição / Sistema de Propagação /

Recebido: 01/02/2012. Modificado: 28/02/2012. Aceito: 25/03/2013.

**Richardson Barbosa Gomes da Silva.** Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil. Endereço: Rua José Barbosa de Barros, 1780, Fazenda Lagea-

do, CEP 18610-307, Botucatu, SP, Brasil. e-mail: richardsonunesp@gmail.com

**Danilo Simões.** Administrador de Empresas, Doutor em Agronomia, Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, UNESP,

Brasil. e-mail: simoesdanilo@yahoo.com.br

**Fernando Reis Andrade.** Graduando em Engenharia Florestal, UNESP, Brasil. e-mail: fernandofr\_sp@hotmail.com

**Magali Ribeiro da Silva.** Engenheira Florestal, Doutora em Agronomia, UNESP, Brasil. Professora, UNESP, Brasil. e-mail: magaliribeiro@fca.unesp.br

# CALIDAD DE LAS PLÁNTULAS DE EUCALIPTO EN FUNCIÓN DE LOS SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA

Richardson Barbosa Gomes da Silva, Danilo Simões, Fernando Reis Andrade y Magali Ribeiro da Silva

## RESUMEN

Para la producción de plántulas forestales con calidad se debe buscar, en función de las características físicas de cada sustrato, manejos nutricionales más racionales desde el punto de vista económico-ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo y la calidad de plántulas de *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* en función de los sustratos y dosis del fertilizante de liberación controlada Osmocote®. El experimento se llevó a cabo con un diseño experimental factorial completamente al azar, siendo los sustratos vermiculita+cáscara de arroz carbonizado+fibra de coco (1:1:1); vermiculita+fibra de coco (1:1); vermiculita+fibra de coco (2:1) y las dosis de 2, 4, 6 y 8kg·m<sup>-3</sup> de sustrato. Sustratos con mayor capaci-

dad de retención de agua hacen que las plántulas alcancen su máximo desarrollo en la mayoría de los parámetros morfológicos, y con menores dosis de fertilizante de liberación controlada. Se recomienda la aplicación de fertilizante de liberación controlada en dosis de 6,0kg·m<sup>-3</sup> en los sustratos vermiculita+cáscara de arroz carbonizado+fibra de coco (1:1:1) y vermiculita+fibra de coco (2:1) y en dosis de 7,0kg·m<sup>-3</sup> en el sustrato vermiculita+coco (1:1). En cada sustrato hay un intervalo de dosis que promueve mayor formación del sistemas radiculares aptos al plantío en el campo, lo que, por consiguiente, resulta en plántulas con mayor desarrollo morfológico en el vivero.

importantes, pelo fato das relações ar-água não poderem sofrer mudanças durante o cultivo.

Gonçalves e Poggiani (1996) preconizam valores adequados para algumas propriedades físicas de sustratos para produção de mudas florestais via propagação vegetativa ou sexuada. De acordo com esses autores, o sustrato deve ter 75-85% de porosidade total, 35-45% de macroporosidade, 45-55% de microporosidade e 20-30mL 50cm<sup>-3</sup> de capacidade de retenção.

No Brasil, diferentes materiais de origem mineral e orgânica são usados puros ou em misturas na composição de sustratos para plantas. Fernandes *et al.* (2006) citam, por exemplo, a turfa, areia, isopor, espuma fenólica, argila expandida, perlita, vermiculita, casca de arroz, casca de pinus, fibra da casca de coco e serragem, entre outros.

No que se refere ao fornecimento de nutrientes, Gonçalves e Benedetti (2000) afirmam que a utilização da fertilização em viveiros florestais é de suma importância para que as mudas cresçam rapidamente com características vigorosas, resistentes, rústicas e principalmente bem nutridas. Atualmente nos viveiros florestais aplicam-se dois métodos de fertilização: via cobertura, na qual o fertilizante é aplicado pelo sistema de irri-

gação; e na base, que consiste em incorporar o fertilizante ao sustrato antes da semeadura ou estaqueamento.

Com relação à fertilização de base, uma das formas para aumentar sua eficiência seria a utilização de fontes que apresentam uma liberação mais controlada dos nutrientes, pois isso acarretaria em várias vantagens, tais como: redução da mão-de-obra para adubações em cobertura; redução das taxas de queima de folhas proveniente de fertilizantes aplicados na superfície; redução da perda de nitrogênio por volatilização da amônia; redução da perda de nutrientes via lixiviação e escoamento e redução dos danos na semente ou nas plântulas pela salinidade do meio de cultivo (Sharma, 1979).

De acordo com Sgarbi *et al.* (1999) um dos principais fertilizantes de liberação controlada utilizado comercialmente na produção de mudas é o Osmocote®, o qual é constituído por grânulos que contêm uma combinação homogênea de nutrientes, normalmente NPK, recoberta por uma resina orgânica que regula o fornecimento de nutrientes, cuja liberação é diretamente proporcional à temperatura e à umidade do sustrato.

Para produção de mudas florestais com qualidade deve-se buscar, em função das

características físicas de cada sustrato, manejos nutricionais mais racionais do ponto de vista econômico-ambiental, a fim de minimizar os impactos ambientais negativos causados pela lixiviação dos nutrientes. Nesse contexto, buscou-se neste estudo avaliar o desenvolvimento e a qualidade de mudas seminais de *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* em três sustratos e quatro doses do fertilizante de liberação controlada Osmocote®.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante a primavera de 2009, em viveiro suspenso, setorizado, localizado nas coordenadas 22°51'03"S e 48°25'37"O, altitude média de 780m e clima do tipo Cwa segundo classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1524mm.

As sementes de *E. urophylla* × *E. grandis* foram adquiridas do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, São Paulo, Brasil. As embalagens foram tubetes de plástico rígido com capacidade volumétrica de 50cm<sup>3</sup>.

Baseado nas recomendações de Silva *et al.* (2012), três sustratos foram formulados a partir dos materiais vermiculita granulometria fina, casca de arroz carboni-

zada e fibra de coco. Eles foram S1: vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1 em volume), S2: vermiculita + fibra de coco (1:1 em volume), e S3: vermiculita + fibra de coco (2:1 em volume). Em cada sustrato foram aplicadas quatro doses crescentes (2, 4, 6 e 8kg·m<sup>-3</sup>) do fertilizante de liberação controlada Osmocote®, com formulação N-P-K (19-6-10), revestido com uma resina biodegradável capaz de liberar 16% de N, 5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 8% de K<sub>2</sub>O. O N<sub>2</sub> total é constituído de 9% de nitrogênio-amônico e 10% de nitrogênio-nitrato. A formulação do fertilizante é derivada do nitrato de amônio, fosfato de amônio, fosfato de cálcio e sulfato de potássio e o período para liberação total dos nutrientes é de 90 a 120 dias.

Após o enchimento dos tubetes com os sustratos já fertilizados procedeu-se a semeadura, colocando três sementes por embalagem, as quais foram cobertas com uma fina camada de sustrato e posteriormente irrigadas. As bandejas de polipropileno com 176 células contendo os tubetes foram levadas para uma casa de vegetação com sistema de irrigação por nebulização, acionado a cada 15min durante 15s no período das 8:00 às 17:00, onde permaneceram por 30 dias. Antes da retirada das bandejas da casa

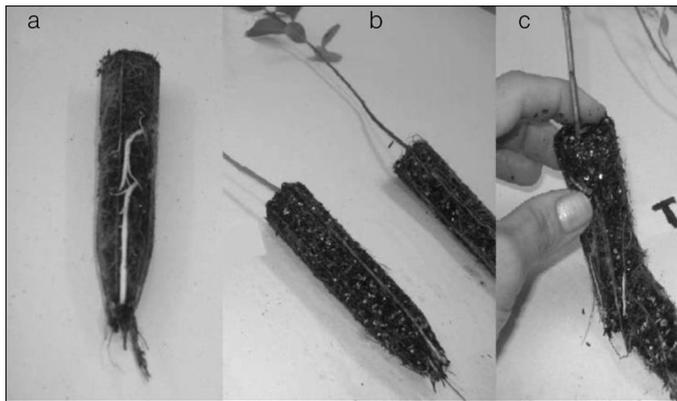


Figura 1. Conceitos de qualidade atribuídos aos sistemas radiculares: ótimo (a), bom (b) e ruim (c).

de vegetação, foi feito o raleamento deixando apenas a plântula de maior vigor e localizada na posição mais central do tubete. Em seguida, as bandejas foram transferidas para casa de sombra com tela de sombreamento de 50% para aclimatação por 20 dias e posteriormente levadas para área de pleno sol por mais 40 dias, visando o crescimento e a rustificação das mudas. Nesta última fase as mudas ficaram em canteiros suspensos, tipo micro túnel, cobertos com plástico transparente e receberam irrigação, via microaspersão, três vezes ao dia com lâmina média de 12mm.

Para caracterização física dos substratos foram determinadas as propriedades porosidade total, macroporosidade, microporosidade e capacidade de retenção de água, conforme metodologia descrita por Guerrini e Trigreiro (2004).

Para avaliar a qualidade das mudas foram mensurados, 90 dias após a sementeira, os seguintes parâmetros morfológicos: a) altura da parte aérea (cm) com uma régua milimetrada, medindo-se da base do colo até a gema apical que deu origem à última folha; b) diâmetro do colo (mm) por meio de um paquímetro de precisão; c) massa seca da parte aérea, radicular e total (g), fazendo-se o corte das mudas próximo ao substrato. Para determinação da massa seca radicular, as raízes foram lavadas em água corrente sobre peneira e posteriormente, ambos os materiais foram alocados em estufa a 70°C, até atingirem peso constante. Em seguida, foi realizada a pesagem dos materiais em uma balança eletrônica de precisão; d) qualidade do sistema radicular. Esse último parâmetro foi caracterizado por três ava-

liadores, sendo atribuído conceito 'ótimo' ao sistema radicular bem estruturado, formado por um torrão firme, sem nenhuma flexibilidade e com presença de raízes novas (Figura 1). O conceito 'bom' foi designado ao sistema radicular que apresentava boa estruturação, porém com alguma flexibilidade, o que exigiria um maior cuidado no plantio para não prejudicar o desempenho da muda no campo. Ambos os sistemas radiculares foram considerados aptos para o plantio. Foi atribuído o conceito 'ruim' às mudas que não apresentaram agregação do substrato e com ausência de raízes novas, sendo consideradas inaptas para plantio no campo.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, composto por três substratos e quatro doses de fertilizante de liberação controlada, com quatro repetições de 43 plantas, sendo consideradas úteis para avaliação as 10 mudas centrais de cada repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância e os que apresentaram interação significativa foram comparados por meio de análise de regressão. A dose de máxima eficiência técnica (DMET) referente a cada parâmetro morfológico foi determinada a partir do cálculo das derivadas parciais das equações ajustadas pela análise de regressão.

## Resultados e Discussão

Com relação à porosidade total e capacidade de retenção de água, todos os substratos se enquadraram na faixa de valores adequados recomendados por Gonçalves e Poggiani (1996), destacando-se os substratos S1 e S3 por apresentarem maior capacidade de retenção de água em consequência de suas maiores microporosidades (Tabela I).

Em relação à macroporosidade e à microporosidade, nenhum substrato se enquadrou, simultaneamente, nos valores adequados sugeridos

por Gonçalves e Poggiani (1996). No entanto, é importante ressaltar que esses valores sugeridos não se aplicam a todas as espécies, tipos de recipientes, formas de propagação, manejos hídricos e nutricionais e materiais utilizados na composição dos substratos. Por isso, valores diferentes daqueles mencionados por esses autores também podem ser considerados adequados.

A interação entre os substratos e as doses de Osmocote® foi significativa, a 5% de probabilidade, em todos os parâmetros morfológicos, indicando uma dependência entre os efeitos dos fatores testados. O efeito das doses do fertilizante sobre todas as variáveis apresentou comportamento quadrático para todos os substratos (Figura 2).

A menor dose de fertilizante ( $2\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) proporcionou, para os três substratos, mudas com menor desenvolvimento em todos os parâmetros morfológicos. Segundo Lana *et al.* (2010), a quantidade de nutrientes adicionada ao substrato para produção de mudas é o principal fator de variação no desenvolvimento inicial das mudas. Além da adubação, a escolha do substrato é de grande relevância, devendo apresentar características químicas e físicas desejáveis para o desenvolvimento adequado do sistema radicular.

Para o parâmetro altura da parte aérea, as doses de máxima eficiência técnica (DMET) foram estimadas em 5,6; 6,8 e  $6,1\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  para S1 (vermiculita + casca de arroz carbonizada + fibra de coco 1:1:1), S2 (vermiculita + fibra de coco 1:1) e S3 (vermiculita + fibra de coco 2:1), respectivamente (Tabela II). As mudas produzidas no substrato S2 precisaram de maior quantidade de fertilizante para que atingissem sua máxima altura da parte aérea e, ainda assim, apresentaram o menor tamanho (25,8cm), comparadas às mudas produzidas nos outros substratos. Entretanto, em todos os substratos, a partir da dose  $4\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  as alturas da parte aérea enquadra-

TABELA I  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS MACROPOROSIDADE (MA),  
MICROPOROSIDADE (MI), POROSIDADE TOTAL (PT)  
E CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (RA )  
DOS SUBSTRATOS<sup>(1)</sup>

Substratos <sup>(2)</sup>	Características			
	MA (%)	MI (%)	PT (%)	RA (mL 50cm <sup>-3</sup> )
S1	28,06 b	51,76 a	79,82 b	26,30 a
S2	38,60 a	39,34 b	77,94 a	20,65 b
S3	27,59 b	50,39 a	77,98 a	25,55 a
CV (%)	3,45	2,26	1,07	2,67

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup> S1: vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1), S2: vermiculita+fibra de coco (1:1), e S3: vermiculita+fibra de coco (2:1).

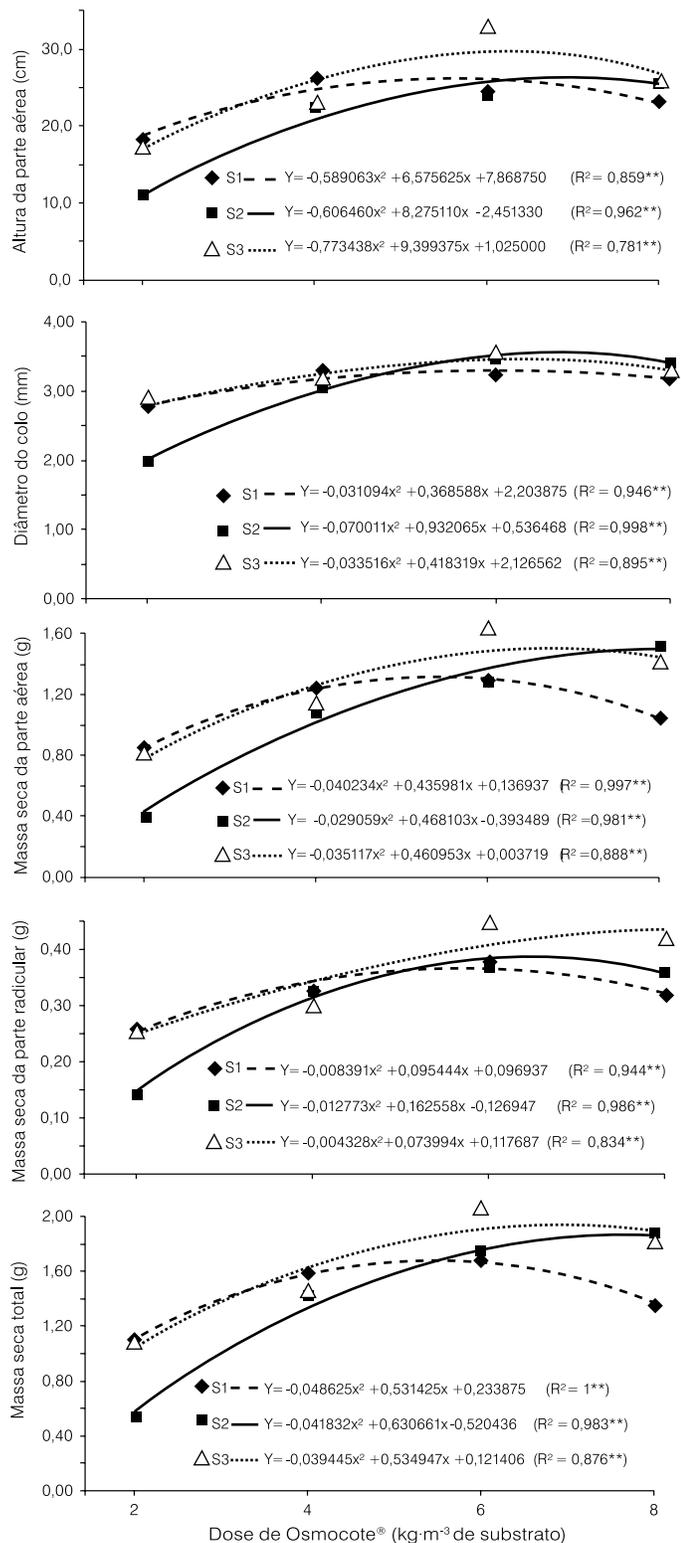


Figura 2. Desenvolvimento em altura da parte aérea (a), diâmetro do colo (b), massa seca da parte aérea (c), massa seca da parte radicular (d) e massa seca total (e).

\*\*Modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ram-se no padrão de qualidade para mudas seminais de *Eucalyptus* spp., estabelecido por Gomes *et al.* (2003), o qual varia de 20 a 35cm.

Considerando o diâmetro do colo, as mudas produzidas no substrato S1 alcançaram seu máximo desenvolvimento numa DMET inferior à dos

TABELA II  
DOSES DE MÁXIMA EFICIÊNCIA TÉCNICA (DMET) E RESPOSTA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DAS MUDAS SEMINAIS DE *E. grandis* × *E. urophylla*, AOS 90 DIAS DE IDADE, NA DOSE DE MÁXIMA EFICIÊNCIA TÉCNICA

Parâmetros	Substratos <sup>(1)</sup>					
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
	(kg·m <sup>-3</sup> )			Resposta dos parâmetros morfológicos na dmet		
H (cm)	5,6	6,8	6,1	26,2	25,8	29,6
D (mm)	5,9	6,7	6,2	3,30	3,64	3,43
MSA (g)	5,4	8,0	6,6	1,32	1,49	1,52
MSR (g)	5,7	6,4	8,0	0,37	0,39	0,43
MST (g)	5,5	7,5	6,8	1,69	1,86	1,93

<sup>(1)</sup>S1: vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1), S2: vermiculita+fibra de coco (1:1), e S3: vermiculita+fibra de coco (2:1).

H: altura da parte aérea, D: diâmetro do colo, MSA: massa seca da parte aérea, MSR: massa seca da parte radicular, e MST: massa seca total.

demais substratos, entretanto, apresentaram o menor desenvolvimento (3,30mm). O substrato S2 e a DMET estimada em 6,7kg·m<sup>-3</sup> proporcionaram mudas com diâmetro do colo de 3,60mm e S3 e a DMET estimada em 6,2kg·m<sup>-3</sup> produziram mudas com diâmetro do colo de 3,43mm. Todos os substratos e doses, exceto o substrato S2 na menor dose (2kg·m<sup>-3</sup>), proporcionaram diâmetros do colo superiores ao valor mínimo de 2,5 mm, estabelecido por Lopes *et al.* (2007), para mudas de *Eucalyptus grandis*. Segundo Daniel *et al.* (1997) o diâmetro do colo geralmente é um dos principais parâmetros a ser observado para demonstrar a capacidade de sobrevivência da muda a campo. Com isso, pode ser utilizado para a definição da melhor dose de fertilizante a ser aplicada na produção de mudas.

Ao contrário das mudas produzidas no substrato S1, nas quais os valores máximos de massa seca da parte aérea, radicular e total foram observados em DMET próximas (5,4; 5,5 e 5,7kg·m<sup>-3</sup>, respectivamente), nos substratos S2 e S3 essas doses apresentaram maior variação. Em S2, as DMET foram estimadas em 8,0; 6,4 e 7,5kg·m<sup>-3</sup> para massa seca da parte aérea, radicular e total, respectivamente e no substrato S3 estes valores foram de 6,0; 8,0 e 6,8kg·m<sup>-3</sup>,

respectivamente, para massa seca da parte aérea, radicular e total, demonstrando, com isso, que estes substratos proporcionaram comportamentos distintos no que se refere ao acúmulo de biomassa aérea e radicular das mudas.

De acordo com Gonçalves e Benedetti (2000), a massa seca da parte aérea está relacionada com a qualidade e quantidade de folhas. Esta característica é muito importante porque as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios) e nutrientes para adaptação da muda pós-plantio, a qual necessitará de boa reserva de fotoassimilados, que servirão de suprimento de água e nutrientes para as raízes no primeiro mês de plantio.

Gomes (2001) afirma que a massa seca da parte radicular tem sido reconhecida por diversos autores como um dos melhores e mais importantes parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo. Além disso, mudas com sistema radicular reduzido são estressadas hídricamente porque não absorvem água suficiente pelas raízes para balancear as perdas pela transpiração (Gonçalves e Benedetti, 2000).

Os substratos S1 e S3 atingiram o ponto de máximo desenvolvimento com menores doses do fertilizante de libe-

TABELA III  
QUALIDADE DO SISTEMA RADICULAR DE MUDAS  
SEMINAIS DE *E. grandis* × *E. urophylla*,  
AOS 90 DIAS DE IDADE

Substratos <sup>(1)</sup>	Qualidade do sistema radicular (%)				
	Doses (kg m <sup>-3</sup> )	Ruim (C)	Bom (B)	Ótimo (A)	Aptos (A+B)
S1	2	7,5	47,5	45	92,5
	4	7,5	70	22,5	92,5
	6	0	72,5	27,5	100
	8	10	72,5	17,5	90
S2	2	62,9	37,1	0	37,1
	4	5	70	25	95
	6	12,5	77,5	10	87,5
	8	5	52,5	42,5	95
S3	2	25	70	5	75
	4	12,5	82,5	5	87,5
	6	0	80	20	100
	8	25	60	15	75

<sup>(1)</sup> S1: vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1), S2: vermiculita+fibra de coco (1:1), e S3: vermiculita+fibra de coco (2:1).

ração controlada na maioria dos parâmetros morfológicos. Isso provavelmente ocorreu em função da maior capacidade de retenção de água desses substratos em consequência da maior proporção de microporos, pois segundo Shavit *et al.* (1997) e Tomaszewska *Et al.* (2002) a liberação dos nutrientes do fertilizante de liberação controlada se dá continuamente através de uma resina orgânica, sob a ação da absorção de água e da temperatura. Em umidades ou temperaturas elevadas há maior liberação dos nutrientes, e o inverso pode ser considerado para temperatura e umidade inferiores (Sgarbi *et al.*, 1999).

Apesar da maioria das combinações entre os substratos e as doses do fertilizante de liberação controlada Osmocote® ter favorecido o desenvolvimento adequado das mudas em termos de altura da parte aérea e diâmetro do colo, alguns tratamentos não formaram mudas com sistema radicular de qualidade (Tabela III).

No substrato S2 na dose 2kg·m<sup>-3</sup> quase 2/3 das mudas apresentaram sistema radicular ruim, ou seja, ausência de raízes novas e desagregação do torrão, o que afetou negativamente o desenvolvimento da parte aérea e radicular das mudas. Nessas condições, o fato desse substrato apresen-

tar menor capacidade de retenção de água, aliado a menor dose de fertilizante aplicada, acabou por limitar a qualidade do sistema radicular das mudas. De acordo com Carvalho Filho *et al.* (2003) o substrato exerce influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas, afetando, profundamente, a qualidade das mudas.

Nos substratos S1 e S3, a maior porcentagem de mudas com sistema radicular ruim ocorreu na maior dose (8kg·m<sup>-3</sup>) provavelmente em função da maior capacidade de retenção de água desses substratos e, conseqüentemente, maior quantidade de nutrientes liberados às mudas, provocando redução do desenvolvimento em função de desequilíbrios nutricionais diversos. Segundo Sgarbi *et al.* (1999) a eficiência das adubações é dependente da dosagem, fonte utilizada, capacidade de troca de cátions, textura dos substratos, temperatura e umidade. Com isso, atentando-se para a importância do sistema radicular das mudas, Alfenas *et al.* (2004) afirmam que se o sistema radicular das mudas não forem de boa qualidade, haverá impedimento da absorção de água e nutrientes em quantidades suficientes para atender às necessidades da planta, re-

sultando em um quadro sintomatológico típico de deficiência hídrica e, ou, nutricional, apresentando menor crescimento e, geralmente, em épocas de estiagem são levadas à morte em consequência de enovelamentos, dobras e estrangulamentos das raízes.

No que se refere à produção de mudas com sistema radicular ótimo, destacou-se o substrato S1 na menor dose (2kg·m<sup>-3</sup>), seguido por S2 na maior dose (8kg·m<sup>-3</sup>). No entanto, considerando que mudas aptas para o plantio em campo não são apenas aquelas com sistema radicular bem estruturado e presença de raízes novas, mas também aquelas com boa estruturação do torrão, porém com alguma flexibilidade, verificou-se que os substratos S1 e S3, ambos na dose 6kg·m<sup>-3</sup>, apresentaram 100% de mudas aptas para plantio. O melhor desempenho desses substratos e dose na formação de sistemas radiculares aptos, comparados ao substrato S2 na mesma dose, pode ser atribuído, principalmente, às suas maiores capacidades de retenção de água, o que contribuiu, indiretamente, para que houvesse uma maior liberação de nutrientes do grânulo do Osmocote® às plantas. Segundo Epstein e Bloom (2006), freqüentemente fatores nutricionais influenciam o crescimento e a morfologia de órgãos particulares das plantas, de maneira específica. Como as raízes são os órgãos em contato mais estreito com o ambiente nutricional da planta, elas são especialmente propensas a serem afetadas por este ambiente.

Ainda com relação à formação de sistemas radiculares aptos ao plantio no campo, verificou-se que eles apresentaram comportamento semelhante ao dos parâmetros morfológicos das mudas, ou seja, o substrato S1, que proporcionou máximo desenvolvimento dos parâmetros morfológicos entre as DMET 5,4-5,9kg·m<sup>-3</sup>, apresentou maior porcentagem de sistemas radiculares aptos na dose 6kg·m<sup>-3</sup>.

O substrato S2, que proporcionou máximo desenvolvimento das mudas entre as DMET 6,4-8,0kg·m<sup>-3</sup>, apresentou maior porcentagem de sistemas radiculares aptos na dose 8kg·m<sup>-3</sup>, considerando a maior quantidade de sistemas radiculares ótimos. O substrato S3, que proporcionou máximo desenvolvimento entre as DMET 6,1-8,0kg·m<sup>-3</sup>, apresentou maior porcentagem de sistemas radiculares aptos na dose 6kg·m<sup>-3</sup>.

Sendo assim, esses resultados demonstram existir em cada substrato e suas respectivas faixas de DMET do fertilizante de liberação controlada Osmocote®, uma correlação entre os sistemas radiculares considerados aptos para o plantio e o desenvolvimento da altura da parte aérea, do diâmetro do colo, das massas secas da parte aérea, radicular e total em mudas seminais de *E. grandis* x *E. urophylla*.

## Conclusões

A utilização de substratos com maior capacidade de retenção de água faz com que as mudas atinjam seu máximo desenvolvimento, na maioria dos parâmetros morfológicos, com menores doses do fertilizante de liberação controlada Osmocote®.

Em todos os substratos testados, quando a dose 2kg·m<sup>-3</sup> do fertilizante de liberação controlada Osmocote® for utilizada, faz-se necessário complementar com fertilização de cobertura.

Considerando os parâmetros de qualidade das mudas e o uso racional do fertilizante é recomendado para os substratos vermiculita+casca de arroz carbonizada+fibra de coco (1:1:1) e vermiculita+fibra de coco (2:1) a aplicação do fertilizante de liberação controlada Osmocote® na dose 6,0kg·m<sup>-3</sup> de substrato. Para o substrato vermiculita+fibra de coco (1:1) é recomendada a aplicação da dose 7,0kg·m<sup>-3</sup> de substrato.

Em cada substrato há uma faixa de dose que promove maior formação de sistemas radiculares aptos ao plantio

no campo, o que resulta, consequentemente, em mudas com maior desenvolvimento morfológico no viveiro.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil, pelo suporte financeiro.

#### REFERÊNCIAS

- Alfenas AC, Zauza EAV, Mafia RG, Assis TF (2004) *Clonagem e Doenças do Eucalipto*. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 442 pp.
- Carvalho Filho JLS, Arrigoni-Blank MF, Blank AF, Rangel MSA (2003) Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. *Cerne* 9: 109-118.
- Daniel O, Vitorino ACT, Alovise AA, Mazzochin L, Tokura AM, Pinheiro ER, Souza EF (1997) Aplicação de fósforo em mudas de *Acácia mangium* Willd. *Árvore* 21: 163-168.
- Epstein E, Bloom A (2006) *Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas*. Planta. Londrina, Brasil. 403 pp.
- Fernandes C, Corá JE, Braz LT (2006) Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. *Hort. Brás.* 24: 94-98.
- Gomes JM (2001) Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K. Tese. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 164 pp.
- Gomes JM, Couto L, Leite HG, Xavier A, Garcia SLR (2003) Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. *Árvore* 27: 113-127.
- Gonçalves JLM, Benedetti V (2000) Nutrição e fertilização florestal. IPEF. Piracicaba, Brasil. 427 pp.
- Gonçalves JLM, Poggiani F (1996) Substratos para produção de mudas florestais. *Anais* 13<sup>o</sup> Cong. Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia, Brasil. 17 pp.
- Guerrini IA, Trigueiro RM (2004) Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos. *Rev. Brás. Ciênc. Solo* 28: 1069-1076.
- Lana MC, Luchese AV, Braccini AL (2010) Disponibilidade de nutrientes pelo fertilizante de liberação controlada Osmocote e composição do substrato para produção de mudas de *Eucalyptus saligna*. *Sci. Agr. Paran.* 9: 68-81.
- Lopes JLW, Guerrini IA, Saad JCC (2007) Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. *Árvore* 31: 835-843.
- Sgarbi F, Silveira RLVA, Higashi EN, Paula TA, Moreira A, Ribeiro FA (1999) Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. Em *Simp. Sobre Fertilização e Nutrição Florestal*, 2. Piracicaba, Brasil. pp. 120-125.
- Sharma GC (1979) Controlled-release fertilizers and horticultural applications. *Sci. Hort.* 11: 107-129.
- Shavit U, Shaviv A, Shalit G, Zaslavsky D (1997) Release characteristics of a new controlled release fertilizer. *J. Contr. Release* 43: 131-138.
- Silva JI, Vieira HD, Viana AP, Barroso DG (2010) Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipientes. *Coffee Sci.* 5: 38-48.
- Silva RBG, Simões D, Silva MR (2012) Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função do substrato. *Rev. Brás. Eng. Agríc. Amb.* 16: 397-302.
- Tomaszewska M, Jarosiewicz A, Karakulski K (2002) Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. *Desalination* 146: 319-323.
- Verdonck O, Vleeschauwer D, Peninck R (1983) Barckcompost: a new accepted growing medium for plants. *Acta Hort.* 133: 221-226.
- Wendling I, Guastala D, Dedecek R (2007) Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire. *Árvore* 31: 209-220.