

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* EM SUBSTRATOS ORGÂNICOS ALTERNATIVOS

SEEDLING PRODUCTION OF *Eucalyptus grandis* ON ALTERNATIVE ORGANIC SUBSTRATES

Rodrigo Ferreira da Silva¹ Mateus Tonini Eitelwein² Maurício Roberto Cherubin² Cristiano Fabbris²
Sidinei Weirich² Renes Rossi Pinheiro²

RESUMO

Estudos referentes ao descarte de resíduos orgânicos urbanos e agroindustriais tornaram-se imprescindíveis pela possibilidade de seu uso na produção de mudas florestais e pelo impacto ambiental que seria provocado pelo descarte inadequado. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes tipos e combinações de substratos orgânicos urbano e agroindustriais. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com 10 tratamentos constituídos por diferentes substratos e proporções de combinação dos mesmos (100% Composto Orgânico de Lixo Urbano (COLU); 100% Composto Orgânico de Resíduo Agroindustrial (CORA); 100% Substrato Comercial; 25% COLU + 75% Comercial; 25% CORA + 75% Comercial; 25% COLU + 75% Solo; 50% COLU + 50% Comercial; 50% CORA + 50% Comercial; 50% Comercial + 50% Solo e 100% Solo) e 12 repetições. Avaliaram-se altura da planta, diâmetro do colo, número de folhas, comprimento entre nós, massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, massa seca da parte aérea e do sistema radicular, massa seca total, comprimento da raiz principal, comprimento do sistema radicular, volume do sistema radicular, raio médio das raízes, área superficial específica do sistema radicular e estabilidade de torrão. Os substratos contendo composto orgânico de lixo urbano apresentam grande potencialidade de uso como substratos alternativos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. A mistura de substrato comercial ao composto orgânico de lixo urbano possibilita crescimento do sistema radicular e parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*. A mistura de 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de resíduo agroindustrial proporciona maior crescimento de diâmetro de caule em relação aos tratamentos contendo solo ou em relação ao composto orgânico de resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: composto orgânico; composto de lixo urbano; produção de mudas.

ABSTRACT

Studies regarding the disposal of urban and agro-industries waste have become essential for the possibility of their use in forest seedling production and the environmental impact that would be caused by improper disposal. The study was developed to evaluate the growth of *Eucalyptus grandis* seedlings submitted to different types and combinations of urban and agro-industrial organic substrates. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized design with 10 treatments consisting of different substrates and proportions combinations of them (100% organic compost urban waste (COLU), 100% organic compost of the agro-industrial residue (CORA); 100% commercial substrate; 25% (COLU)+ 75% Commercial; 25% CORA +75% Commercial; 25% COLU + 75% soil; 50% COLU +50% Commercial; 50% CORA +50% Commercial; 50% Commercial + 50% soiland 100% Soil) and 12 repetitions. It was evaluated plant height, stem diameter, number of leaves, length between node, fresh weight of shoot and root

1 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor adjunto do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria– CESNORS, Linha 7 de Setembro, s/n., Br 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. rodrigossilva@smail.ufsm.br

2 Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, Linha 7 de Setembro, s/n., Br 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. mateus_tonini@hotmail.com

dry mass of shoots and roots, total dry weight, main root length, root system length, root volume, average root radius, specific surface area of the root system and stability of clod. The substrates containing organic compost urban show great potential for use as alternative substrates for the production of seedlings of *Eucalyptus grandis*. A mixture of commercial substrate to organic compost allows the urban growth of root and the shoot of seedlings of *Eucalyptus grandis*. A mixture of 50% commercial substrate and 50% organic compound of agro-industrial waste provide more stem diameter growth compared to treatments containing soil or over the organic compound of agro-industrial waste.

Keywords: organic compost; urban residue compost; seedlings production.

INTRODUÇÃO

Os plantios florestais no Brasil abrangem 6.515.844 ha, sendo 74,8% correspondente a plantios de espécies do gênero *Eucalyptus*, evidenciando a importância desse gênero para o segmento de produção de papel e celulose nacional (ABRAF, 2012).

Nesse contexto, a produção de mudas de qualidade é uma das etapas importantes no estabelecimento de cultivos florestais, estando condicionada pelo uso de sementes idôneas e substratos de boa qualidade. Para Caldeira et al. (2008), um bom substrato para a produção de mudas deve oferecer condições adequadas para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. De acordo com Fernandez et al. (2006), uma ampla quantidade de substratos pode ser utilizada para a produção de mudas, tais como, turfa, areia, isopor, espuma fenólica, argila expandida, perlita, vermiculita, casca de arroz, casca de *Pinus*, fibra da casca de coco, serragem, entre outros.

Nos últimos anos, a crescente pressão ambientalista tem levado as indústrias a buscarem destinos alternativos para os resíduos dos seus processos industriais (FREITAS et al., 2010), no mesmo sentido, o lixo urbano tem se tornado um grande problema de ordem social e ambiental (ABREU JR. et al., 2005), necessitando-se alternativas para sua correta destinação. Krob et al. (2011), avaliando a aplicação sucessiva de composto de lixo urbano (COLU) no solo, verificaram aumentos nos valores de pH, CTC, N total, teores C orgânico, P e Na extraível, Ca e Mg trocáveis, além de redução dos teores de Al trocável, evidenciando o potencial desse composto na melhoria da qualidade química do solo.

Além dos efeitos no solo, o uso de COLU

pode elevar a produtividade e o acúmulo de nutrientes em plantas de *Lactuca sativa* (COSTA et al., 2001), bem como, aumento na produção de *Lycopersicon esculentum* (WEIR e ALLEN, 1997), *Daucus carota* (COSTA et al., 1997), *Pouteria caimito* (TEIXEIRA et al., 2003), *Spinacia oleracea* e *Phaseolus vulgaris* (DIXON et al., 1995), melhorias na produção de mudas de mamoneira (LIMA et al., 2011) e na qualidade de mudas de *Sesbania virgata* e de *Anadenanthera peregrina* (NÓBREGA et al., 2008).

Os resíduos agroindustriais oriundos de abatedouros apresentam elevado potencial poluente e necessitam de alternativas para o descarte que minimizem o seu impacto ambiental. Assim, apesar da incipiência de estudos envolvendo estes resíduos, Edvan e Carneiro (2011) afirmaram haver potencial para utilização do esterco bovino na agricultura como fonte de nutrientes e condicionadores de solo. Moraes et al. (2012) observaram incremento de produtividade em girassol utilizando composto orgânico de resíduos agroindustriais (CORA) como fonte de adubação. De maneira geral, este composto apresenta adequada quantidade de nutrientes, no entanto, necessita de estudos que analisem o seu efeito no solo e na produção de mudas florestais.

Quando comparado ao uso puro, a combinação de diferentes substratos tem gerado bons resultados no desenvolvimento de mudas florestais, tal característica pode estar ligada à combinação de fatores que geram condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal (SIMÕES et al., 2012). Caldeira et al. (2008), ao avaliarem o uso de diferentes concentrações de composto orgânico no substrato com solo de subsolo, encontraram menores índices de qualidade das mudas com a utilização de composto orgânico puro. Nóbrega et al. (2008) verificaram que a proporção de 57:43 (composto de lixo:solo) é a mais recomendada para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. Martins et al. (2012), avaliando o crescimento inicial de mudas

de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*, observaram que a combinação de casca de *Pinus* com bio-sólido apresentou os melhores resultados, superando inclusive a testemunha (substrato comercial).

Nesse contexto, tendo em vista a importância da realização de estudos que investiguem e suportem usos alternativos de resíduos urbanos e agroindustriais, o trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tipos e combinações de substratos alternativos.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do viveiro florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* de Frederico Westphalen – RS, com coordenadas geográficas de 27°23'48" de latitude sul, e 53°25'41" de longitude oeste, e altitude média de 463 m. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 10 tratamentos e 12 repetições. Os tratamentos constituíram-se de diferentes substratos e proporções de combinação dos mesmos, sendo: a) 100% Composto Orgânico de Lixo Urbano (COLU); b) 100% Composto Orgânico de Resíduo Agroindustrial (CORA); c)

100% Substrato Comercial Tecnomax® (Comercial); d) 25% COLU + 75% Comercial; e) 25% CORA + 75% Comercial; f) 25% COLU + 75% solo; g) 50% COLU + 50% Comercial; h) 50% CORA + 50% Comercial; i) 50% Comercial + 50% solo e; j) 100% solo.

O COLU foi obtido a partir da compostagem da fração orgânica de lixo urbano, separado manualmente na usina de reciclagem de resíduos sólidos, que recebe os resíduos do consórcio de municípios da região do Médio Alto Uruguai - RS, localizada em Seberi - RS. O CORA foi obtido de uma agroindústria de carnes de suíno localizada em Frederico Westphalen - RS, o qual passou por uma compostagem e estabilização bioquímica da mistura, portanto, o composto é constituído da fração em suspensão (graxas e óleos) do líquido em tratamento, resíduos da queima de madeira (cinzas), hidróxido de cálcio – CaOH₂ (cal hidratada) e serragem de madeira. O solo utilizado no estudo foi coletado em área agrícola pertencente à UFSM, classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico, com alto teor de argila (SANTOS et al., 2006). Algumas características químicas dos substratos utilizados podem ser visualizadas na Tabela 1.

As sementes de *Eucalyptus grandis* foram cedidas pelo Centro de Pesquisas em Florestas do

TABELA 1: Teores de matéria orgânica, fósforo (P), potássio (K) e pH dos substratos orgânicos utilizados puros e em mistura na produção das mudas de *Eucalyptus grandis*.

TABLE 1: Content of organic matter, phosphorus (P), potassium (K) and pH of organic substrates used in pure and mixed production of *Eucalyptus grandis* seedlings.

Substrato ⁽¹⁾	Matéria Orgânica (%)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	pH
COLU	10,18	117,40	130,00	7,60
CORA	6,18	46,35	200,00	8,24
Comercial	10,86	104,70	310,00	7,66
25C75LU	10,50	121,60	140,00	7,62
25C75RA	6,76	48,00	190,00	7,93
25C75S	4,34	25,65	200,00	7,66
50C50LU	8,96	121,60	160,00	7,65
50C50RA	8,32	77,70	190,00	7,98
50C50S	6,78	47,60	290,00	7,52
Solo	2,76	5,60	120,00	6,98

Em que: ⁽¹⁾COLU: composto orgânico de lixo urbano; CORA: composto orgânico de resíduo agroindustrial; Comercial: substrato comercial; 25C75LU: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de lixo urbano; 25C75RA: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 25C75S: mistura 25% de substrato comercial e 75% solo; 50C50LU: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de lixo urbano; 50C50RA: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 50C50S: mistura 50% de substrato comercial e 50% solo; Solo: Latossolo Vermelho.

Estado do Rio Grande do Sul – FEPAGRO, RS. A semeadura foi realizada em novembro de 2011, em tubetes de seção circular, com capacidade volumétrica útil de 50 cm³ preenchido com os referidos tratamentos, sem adubação. Foram utilizadas duas sementes por tubete e, após 10 dias da emergência, procedeu-se o desbaste deixando uma planta por tubete.

Durante o desenvolvimento das mudas, a altura de planta (ALT) foi avaliada em três momentos, aos 30, 60 e 90 dias após emergência (DAE). Aos 90 DAE também foram realizadas as avaliações de número de folhas (NF), diâmetro do colo (DIAM), comprimento dos entre nós (CENOS), massa fresca da parte aérea (MFPA) e do sistema radicular (MFSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR), massa seca total (MST), comprimento da raiz principal (CRP), comprimento do sistema radicular (CSR), volume do sistema radicular (VSR), raio médio das raízes (RR), área superficial específica do sistema radicular (ASE) e estabilidade de torrão (ET).

Para a avaliação do comprimento do sistema radicular separou-se uma amostra de 0,2 g de raízes cortadas com 1 cm de comprimento que foram distribuídas em uma placa quadriculada de 1 x 1 cm, em seguida, contou-se o número de raízes com intersecção nas linhas da placa. O comprimento radicular foi estimado conforme método proposto por Tennant (1975), utilizando a seguinte equação:

$$CSR = \text{número de intersecções} \times Fc \quad (1)$$

Onde: CSR = Comprimento do sistema radicular; e Fc = Fator de correção (0,7857).

A área superficial específica do sistema radicular foi estimada conforme Tennant (1975), utilizando a seguinte equação:

$$ASE = 2\pi \times RR \times CSR \quad (2)$$

Onde: ASE = Área superficial específica; RR = Raio de raízes; e CSR = Comprimento sistema radicular.

Para o cálculo do raio das raízes, utilizou-se a seguinte equação:

$$RR = \sqrt{VSR/CSR \pi} \quad (3)$$

Onde: RR = Raio de raízes; VSR= Volume do sistema radicular; e CSR = Comprimento sistema radicular.

A estabilidade do torrão foi obtida considerando a sua coesão ao se retirar a muda do tubete, avaliada conforme escala de notas adaptada de Gruszynski (2002), onde 1: mais de 50% do torrão permaneceu retido no recipiente; 2: o torrão se destacou do recipiente, mas não permaneceu coeso e 3: todo o torrão foi destacado do recipiente e mais de 90% dele permaneceu coeso.

Com base nos resultados obtidos, também foram calculados os índices de qualidade de mudas: relações entre altura de planta e diâmetro do colo (ALT/DIAM), que também é denominado de quociente de robustez, o qual fornece informações de o quanto delgada está a muda (JOHNSON e CLINE, 1991) e exprime o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro (CARNEIRO, 1995); altura de planta e massa seca de parte aérea (ALT/MSPA), por ser um índice que representa a contribuição relativa ao padrão de qualidade das mudas (GOMES et al., 2002), pois expressa a capacidade que a muda tem de sobreviver no campo, ou seja, quanto menor o valor, mais lignificada está a muda (GOMES et al., 2003); massa seca radicular e massa seca de parte aérea (MSR/MSPA) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) obtido pela equação proposta por Dickson et al. (1960):

$$IQD = [MST / ((ALT/DIAM) + (MSPA/MSSR))] \quad (4)$$

Onde: IQD = Índice de Qualidade de Dickson; MST = Massa seca total (g); ALT = altura de plantas (cm); DIAM = diâmetro do colo (mm); MSPA = massa seca parte aérea (g); MSSR = massa seca do sistema radicular (g).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo Teste F ($p < 0,05$) e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), com auxílio do programa computacional *Statistical Analysis Systems* – SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância demonstrou haver efeitos significativos dos substratos utilizados e suas combinações nos parâmetros morfológicos avaliados. A altura de planta foi significativamente inferior com o uso dos substratos 50C50S e solo (Tabela 2). Isso pode estar relacionado ao menor potencial nutritivo do solo utilizado em relação aos teores de nutrientes dos demais substratos. Situação semelhante também foi observada por

Lima et al. (2006), para a produção de mudas de *Ricinus communis*, onde o substrato com solo retardou o crescimento das plantas. Observaram-se, ainda, resultados positivos com o uso dos substratos COLU e CORA e suas combinações, sendo estes significativamente iguais ao substrato comercial em relação ao crescimento das mudas. Esses resultados corroboram com os de Lima et al. (2011) que verificaram melhorias na fertilidade de substratos com formulação a partir de composto de lixo urbano, possibilitando melhor desenvolvimento das mudas.

Com relação ao diâmetro do colo e comprimento dos entre nós, observaram-se respostas similares às encontradas para altura de planta. Entretanto, verificou-se menor diâmetro do colo para o substrato CORA quando comparado ao COLU e ao 50C50RA. Para o número de folhas não foram observadas diferenças significativas entre os substratos.

Resultados favoráveis à utilização de compostos orgânicos em *Eucalyptus grandis*

foram observados por Trigueiro e Guerrini (2003) ao utilizarem biossólido proveniente de lodo de esgoto residencial e industrial em diferentes combinações com casca de arroz carbonizada, os resultados demonstraram haver semelhança no desenvolvimento de mudas contendo 50% de biossólido + 50% casca de arroz e a testemunha (substrato comercial), proporcionando redução do custo de produção e benefício ambiental, pela utilização adequada do biossólido. Por outro lado, Galbiatti et al. (2007) alertam para o uso de resíduo sólido de origem urbana sem compostagem, que, em doses superiores a 25%, pode causar efeitos negativos na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus*, atribuindo os resultados ao uso de resíduo sem a devida estabilização e monitoramento, o que pode ocasionar a salinização e acúmulo de metais no substrato. Esses resultados demonstram a necessidade do desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao uso de substratos alternativos para produção de mudas florestais, bem como, de

TABELA 2: Altura de planta (ALT), diâmetro do colo (DIAM), número de folhas (NF) e comprimento entre nós (CENOS), massa fresca de parte aérea (MFPA) e de sistema radicular (MFSR), massa seca de parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) de mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em substratos orgânicos alternativos.

TABLE 2: Plant height (ALT), stem diameter (DIAM), leaf number (NF) and length between nodes (CENOS), fresh weight of aerial part (MFPA) and root (MFSR), dry weight of aerial part (MSPA) and root (MSSR) and total dry matter (MST) of *Eucalyptus grandis* seedlings grown on alternative organic substrates.

Substrato ⁽¹⁾	ALT	DIAM	NF	CENOS	MFPA	MFSR	MSPA	MSSR	MST
	- cm -	- mm -	-unid-	--- cm ---	----- g -----				
COLU	20,61 a	1,90 a	20,80ns	0,99 a	1,06 a	1,55 ab	0,52 a	0,16 ab	0,69 a
CORA	18,67 ab	1,57 b	19,80	0,95 ab	0,87 abc	1,56 ab	0,39 bcd	0,12 b	0,51 bc
Comercial	18,67 ab	1,67 ab	19,80	0,95 ab	0,88 abc	1,74 ab	0,41 abcd	0,17 ab	0,58 abc
25C75LU	19,52 a	1,76 ab	20,80	0,97 ab	0,97 a	1,56 ab	0,46 abc	0,16 ab	0,62 ab
25C75RA	18,49 ab	1,68 ab	20,50	0,90 abcd	0,89 abc	1,68 ab	0,40 abcd	0,15 ab	0,55 abc
25C75S	16,82 bc	1,51 b	19,70	0,86 bcd	0,64 cd	1,17 b	0,31 d	0,12 b	0,43 c
50C50LU	19,52 a	1,77 ab	21,20	0,92 abc	0,92 ab	1,48 ab	0,43 abcd	0,15 ab	0,57 abc
50C50RA	18,27 ab	1,87 a	20,50	0,90 abcd	0,92 ab	1,96 a	0,51 ab	0,20 a	0,70 a
50C50S	14,74 c	1,56 b	19,00	0,78 d	0,69 bcd	1,65 ab	0,33 d	0,16 ab	0,49 bc
Solo	15,16 c	1,57 b	19,00	0,81 cd	0,53 d	1,49 ab	0,32 d	0,16 ab	0,48 bc
CV(%)	9,95	11,76	8,38	10,99	23,10	32,16	22,91	33,78	21,79

Em que: ⁽¹⁾COLU: composto orgânico de lixo urbano; CORA: composto orgânico de resíduo agroindustrial; Comercial: substrato comercial; 25C75LU: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de lixo urbano; 25C75RA: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 25C75S: mistura 25% de substrato comercial e 75% solo; 50C50LU: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de lixo urbano; 50C50RA: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 50C50S: mistura 50% de substrato comercial e 50% solo; solo: Latossolo Vermelho. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

cuidados com a utilização e análise de resultados de trabalhos ao utilizar compostos orgânicos com características desconhecidas.

Os valores da massa fresca da parte aérea foram significativamente inferiores nas mudas cultivadas no substrato solo e nas combinações envolvendo solo (25C75S e 50C50S) em comparação aos substratos COLU e 25C75LU, enquanto que a massa seca da parte aérea foi significativamente menor nos substratos contendo solo e no CORA em comparação aos substratos COLU, 25C75LU e 50C50RA. Isto pode estar relacionado com a maior quantidade de nutrientes fornecida pelos substratos em relação aos substratos contendo solo (Tabela 1), proporcionando assim, maior produção de fitomassa. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Backes e Kampf (1991), ao avaliarem a massa fresca e seca de mudas de *Pilea cadierei*, observaram efeito positivo ao adicionar composto de lixo urbano em turfa, casca de arroz e solo mineral.

Em relação à massa fresca e seca de sistema radicular (MFSR e MSSR) verificou-se pouco efeito dos diferentes substratos estudados, sendo que apenas a combinação 50C50RA foi superior à combinação 25C75S (MFSRe MSSR) e ao CORA (MSSR). Analisando a massa seca total das mudas de *Eucalyptus* observou-se que os resultados

obtidos no substrato solo, nas combinações envolvendo solo (25C75S e 50C50S) e no CORA foram significativamente inferiores aos observados no COLU e na combinação 50C50RA. Desta forma, verifica-se a potencialidade do uso de compostos orgânicos, puros (COLU) e em combinações (CORA), como substratos alternativos na produção de mudas de *Eucalyptus*.

Segundo Gomes et al. (2003), mudas de *Eucalyptus* produzidas em tubetes com 50 cm³ devem permanecer 90 dias em viveiro, após semeadura. A altura mínima para plantio deve ser de 20 cm. Aos 90 dias, apenas os substratos 50C50S e Solo diferiram dos demais tratamentos (Figura 1), os quais proporcionaram altura próxima aos 20 cm.

O substrato 25C75LU possibilitou que as mudas de *Eucalyptus grandis* desenvolvessem, em média, o maior comprimento de raiz principal, sendo significativamente superior apenas ao substrato 50C50RA (Tabela 3). Resultados positivos com o tratamento 25C75LU também foram verificados para a variável altura de planta, o que está associado à alta disponibilidade de nutrientes oriunda do composto orgânico de lixo urbano, que somado à estrutura física condicionada pelos 25% de substrato comercial, possibilitou valores inclusive superiores ao CORA, na variável comprimento radicular, mesmo que este tenha apresentado a maior média

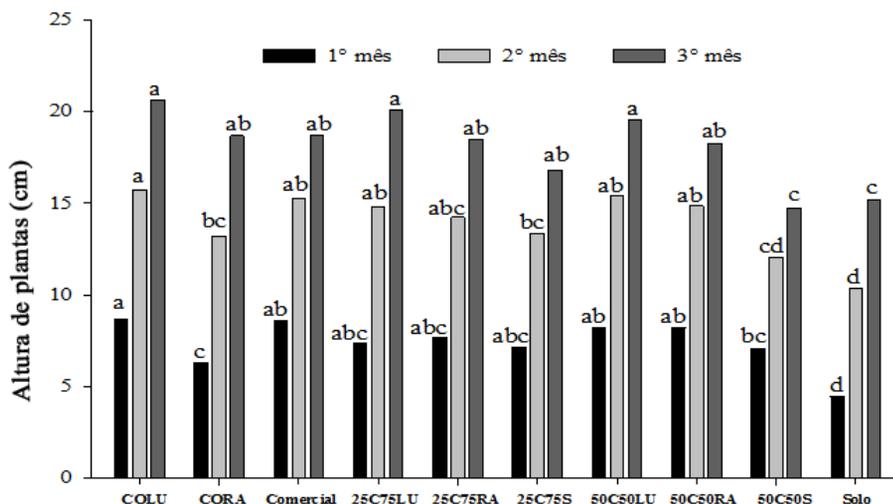


FIGURA 1: Altura das mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas sobre diferentes substratos aos 30, 60 e 90 dias de produção (respectivamente: 1º, 2º e 3º mês). Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si, dentro de cada mês avaliado, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

FIGURE 1: Height of *Eucalyptus grandis* seedlings grown on different substrates at 30, 60 and 90 days of production (respectively 1st, 2nd and 3rd months). Means followed by same letter do not differ within each month assessed by Tukey test (p < 0.05).

de altura de planta. Ao avaliar o comprimento da raiz principal de mudas de *Tabebuia roseoalba*, Macedo et al. (2011) citam a maior disponibilidade de nutrientes como fator responsável pelos maiores comprimentos de raiz principal de *Tabebuia roseoalba* nos substratos solo+cama de frango semidecomposta e solo+areia+cama de frango semidecomposta.

O volume do sistema radicular foi significativamente menor nos substratos, COLU, 25C75S e 100% solo (Tabela 3). Isso pode estar relacionado às condições físicas impostas por estes substratos sobre o sistema radicular, como por exemplo, baixa aeração e compactação ao longo do tempo. Gonçalves et al. (2000) relataram que substratos adequados para produção de mudas são eficientes quando contêm mistura de 70 a 80% de um componente orgânico e 20 a 30% de um componente usado para elevar a macroporosidade. Os substratos 25C75S e 100% solo também apresentaram os

menores valores de estabilidade de torrão. Isso pode ter ocorrido por causa do menor volume radicular das mudas nestes substratos (FREITAS et al., 2010), possivelmente condicionado pelo tamanho diminuto das partículas, reduzindo a porosidade e prejudicando a permeabilidade da água (SCHMIDT et al., 2009), resultando em uma baixa agregação do solo por ação das raízes. Esta fragilidade dificulta o transporte e transplante das mudas e danifica o sistema radicular, reduzindo a sobrevivência e o crescimento inicial no campo (GOMES et al., 2003). Os demais tratamentos não diferiram significativamente quanto à estabilidade do torrão.

A maior concentração de nutrientes no substrato COLU pode ter contribuído para o menor crescimento do sistema radicular das mudas, visto que as plantas minimizam o gasto energético da emissão de sistema radicular volumoso, para buscar nutrientes, uma vez que esses estão prontamente disponíveis. Entretanto, mesmo com menor sistema

TABELA 3: Comprimento da raiz principal (CRP), comprimento do sistema radicular (CSR), volume do sistema radicular (VSR), raio de raízes (RR), área superficial específica do sistema radicular (ASE), e estabilidade de torrão (ET) de mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em substratos orgânicos alternativos.

TABLE 3: Length of main root (CRP), root length (CSR), volume of the root system (VRS), root radius (RR), specific surface area of the root system (ASE), and stability of sod (ET) seedlings *Eucalyptus grandis* grown alternative inorganic substrate.

Substrato ⁽¹⁾	Parâmetros Morfológicos					ET
	CRP	CSR	VSR	RR	ASE	notas
	----- cm -----		-- ml --	-- cm --	-- cm ² --	
COLU	16,1 ab	88,5 ns	1,1 b	0,23 ns	123,7 ns	3,00 a
CORA	16,4 ab	85,9	1,4 ab	0,26	119,9	3,00 a
Comercial	14,6 ab	83,7	1,7 ab	0,28	124,9	3,00 a
25C75LU	17,0 a	77,4	1,5 ab	0,27	116,6	2,92 a
25C75RA	15,3 ab	74,3	1,7 ab	0,28	120,8	3,00 a
25C75S	15,5 ab	75,2	1,1 b	0,22	101,1	2,42 b
50C50LU	15,1 ab	81,7	1,4 ab	0,24	121,2	3,00 a
50C50RA	14,3 b	76,7	1,9 a	0,31	133,6	2,92 a
50C50S	15,4 ab	73,9	1,6 ab	0,30	115,8	3,00 a
Solo	16,0 ab	95,9	1,1 b	0,26	123,3	2,33 b
CV(%)	12,35	49,79	38,62	32,35	27,14	11,02

Em que: ⁽¹⁾COLU: composto orgânico de lixo urbano; CORA: composto orgânico de resíduo agroindustrial; Comercial: substrato comercial; 25C75LU: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de lixo urbano; 25C75RA: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 25C75S: mistura 25% de substrato comercial e 75% solo; 50C50LU: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de lixo urbano; 50C50RA: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 50C50S: mistura 50% de substrato comercial e 50% solo; solo: Latossolo Vermelho. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

radicular, o uso de COLU não afetou o crescimento da parte aérea (Tabela 3). Ao comparar substratos orgânicos, Casagrande Jr. et al. (1996) obtiveram resultados de altura e matéria seca da parte aérea satisfatórios mesmo com menor produção de matéria seca do sistema radicular nos tratamentos com composto de lixo urbano.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos índices de qualidade de muda pelo qual foram avaliadas as mudas produzidas nos diferentes substratos. Analisando a relação altura/diâmetro do colo, verificou-se que os valores variaram de 9,5 (50C50S) a 12,0 (CORA). A relação considerada como ideal para esse índice esteve na faixa de 5,4 a 8,1 (CARNEIRO, 1995), no entanto, todas as médias estão acima do valor máximo da faixa considerada como ideal. Esta situação também foi observada por Trigueiro e Guerrini (2003) que encontraram valores entre 10,7 e 13,9 avaliando os efeitos da utilização de biossólidos como substrato em mudas de *Eucalyptus grandis*, portanto, como

essa espécie apresenta um crescimento inicial rápido, os limites sugeridos por Carneiro (1995) podem ser subestimados quando utilizados em mudas de *Eucalyptus grandis*.

Quanto à relação altura/matéria seca da parte aérea verificou-se que apenas o substrato 25C75S (56,7) diferiu dos substratos COLU (40,8) e 50C50RA (37,2), entretanto, esses não diferiram dos demais tratamentos. Brissette e Barnett (1991) recomendam como ideal um índice de aproximadamente 2,00 sem definição de espécie. No entanto, para algumas espécies este valor pode ser subestimado, como demonstraram Silva et al. (2011) ao estudarem o crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo (*Lueheadi varicata* Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (*Schinus therebinthifolius* Raddi) com diferentes níveis de contaminação de cobre, em todos os tratamentos, valores superiores aos considerados desejáveis, variando entre 11,84 e 31,6. Melo et al. (2008), estudando o crescimento inicial de mudas de

TABELA 4: Relação altura de planta e diâmetro do colo (ALT/DIAM), relação altura de planta e massa seca de parte aérea (ALT/MSPA), relação da massa seca de raiz e massa seca de parte aérea (MSR/MSPA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em substratos orgânicos alternativos.

TABLE 4: Relationship plant height and stem diameter (ALT/DIAM), relative plant height and shoot dry weight (ALT/MSPA), ratio of root dry weight and shoot dry mass (MSR/MSPA) and index quality Dickson (IQD) for *Eucalyptus grandis* seedlings grown on alternative organic substrates.

Substrato ⁽¹⁾	ALT/DIAM	ALT/MSPA	MSR/MSPA	IQD
COLU	10,9 abc	40,8 b	0,323 c	0,047 ab
CORA	12,0 a	49,6 ab	0,330 bc	0,034 b
Comercial	11,2 abc	47,6 ab	0,392 abc	0,042 ab
25C75LU	11,5 ab	45,2 ab	0,349 abc	0,043 ab
25C75RA	10,0 bc	48,6 ab	0,374 abc	0,040 ab
25C75S	11,2 abc	56,7 a	0,396 abc	0,032 b
50C50LU	11,1 abc	49,5 ab	0,351 abc	0,041 ab
50C50RA	10,0 bc	37,2 b	0,400 abc	0,056 a
50C50S	9,5 c	45,9 ab	0,487 ab	0,042 ab
Solo	9,8 bc	48,9 ab	0,505 a	0,040 ab
CV(%)	12,91	23,59	31,53	28,84

Em que: ⁽¹⁾COLU: composto orgânico de lixo urbano; CORA: composto orgânico de resíduo agroindustrial; Comercial: substrato comercial; 25C75LU: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de lixo urbano; 25C75RA: mistura 25% de substrato comercial e 75% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 25C75S: mistura 25% de substrato comercial e 75% solo; 50C50LU: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de lixo urbano; 50C50RA: mistura 50% de substrato comercial e 50% composto orgânico de resíduo agroindustrial; 50C50S: mistura 50% de substrato comercial e 50% solo; solo: Latossolo Vermelho. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) sob diferentes níveis de luminosidade também observaram índices elevados, entre 3,88 e 7,45. Observam-se, portanto, valores elevados para espécies de crescimento inicial rápido, como o *Eucalyptus grandis*, pelo menos nos primeiros estágios de desenvolvimento da muda em viveiro.

As mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas sob o substrato solo apresentaram a relação entre massa seca de raiz e massa seca da parte aérea significativamente superior à obtida nos substratos COLU e CORA, e não diferiu das demais. Trigueiro e Guerrini (2003), ao estudarem o uso de biossólido como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, na variável razão matéria seca de raiz e matéria seca de parte aérea, também obtiveram valores abaixo do considerado ideal em todas as doses de biossólido, incluindo a testemunha (substrato comercial), revelando maior desenvolvimento da parte aérea em relação à raiz em todos os substratos testados. A relação entre massa seca de raiz e massa seca de parte aérea indicada como ideal é de 1:2 (BOYER e SOUTH, 1987; CALDEIRA et al., 2008). Nota-se ainda que os demais substratos, além de superiores ao COLU e CORA, não diferem significativamente desse valor ideal para a relação MSR/MSPA obtida no substrato solo (0,505), evidenciando melhor equilíbrio nessa relação, influenciado possivelmente pela baixa fertilidade natural do solo utilizado (SANTOS et al., 2006). Conforme Caldeira et al. (1998), a razão massa seca de raiz/massa seca de parte aérea é geralmente maior em ambiente de baixa fertilidade, pois estimula a expansão do sistema radicular para buscar os poucos nutrientes disponíveis.

O maior valor de IQD foi obtido no substrato 50C50RA, que diferiu significativamente somente dos tratamentos CORA e 25C75S. O IQD é apontado como um bom indicador de qualidade de mudas, pois em seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa, sendo que, quanto maior for o IQD, melhor será o padrão de qualidade da muda (VIDAL et al., 2006).

CONCLUSÕES

Em comparação aos substratos contendo solo, o composto orgânico de lixo urbano e o composto orgânico de resíduo agroindustrial apresentaram grande potencialidade de uso como substratos alternativos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, sejam no uso puro (100%) ou

em mistura ao substrato comercial testado.

O potencial de uso desses compostos ficou evidenciado pelo melhor desempenho no desenvolvimento das mudas e melhor qualidade física do substrato (estabilidade do torrão).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU JR., C. H. et al. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, p. 391-470, jul. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, Ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012. 150 p.
- BACKES, M. A.; KAMPF, A. N. Substratos a base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 753-758, maio 1991.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill exMaid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive seedling height, high shoot-root ratio, and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedling. **Tree Planters' Notes**, Washington, v. 38, n. 4, p. 19-22, Oct./Dec. 1987.
- BRISSETTE, J. C.; BARNETT, T. D. Container Seedlings. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (ed.) **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1991. p. 117-141.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, jan./abr. 2008.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 19-30, jan. 1998.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CASAGRANDE JR., J. G. et al. Efeito de materiais orgânicos no crescimento de mudas de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 187-191, set./dez. 1996.

- COSTA, C. A. et al. Teor de metais pesados e produção de alface adubada com composto de lixo urbano. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 19, n. 1, p. 10-16, mar. 2001.
- COSTA, C. A.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R. Teor de Cu, Zn, e Cd em cenoura em função de doses de composto de lixo urbano. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 29-40, mar.1997.
- DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- DIXON, F. M.; PREER, J. R.; ABDI, A. N. Metal level in garden vegetables raised on biosolids amended soil. **Compost Science & Utilization**. v. 3, n. 2, p. 55-63, Sept./Dec.1995.
- EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S. S. Uso da digestiva bovina como adubo orgânico. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 211-225, maio/ago.2011.
- FERNANDES, C. et al. Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 94-98, jan./mar.2006.
- FREITAS, T. A. S. et al. Produção de mudas de eucalipto com substratos para sistema de blocos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 761-770, set./out. 2010.
- GALBIATTI, J. A. et al. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 445-455, maio/ago. 2007.
- GOMES, J. M. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113-127, mar./abr. 2003.
- GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, nov./dez. 2002.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V., (eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p.309-350.
- GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial "Casca de Tungue" como componente de substrato para plantas**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L., DOUGHERTY, P. M. (Eds.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.143-162.
- KROB, A. D. et al. Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 433-439, 2011.
- LIMA, R. L. S. et al. Atributos químicos de substratos de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p.185-192, fev. 2011.
- LIMA, R. L. S. et al. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p.474-479, maio/jun. 2006.
- MACEDO, M. C. et al. Produção de mudas de Ipê-Branco em diferentes substratos. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 95-102, jan./mar. 2011.
- MARTINS, C. C. et al. Efeito do sombreamento e do substrato sobre a germinação e o crescimento de plântulas de *Acaciamangium* e *Acaciamearnsii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 283-293, abr./jun. 2012.
- MELO, R. R.; et al. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sobdiferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 138-144, abr./jun., 2008.
- MORAES, M. T.; SILVA, V. R.; ARNUTI, F. Resíduos líquidos de efluentes de agroindústria de carnes na produtividade do girassol. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 843-853, jan./jul. 2012.
- NÓBREGA, R. S. A. et al. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbaniavirgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 597-607, maio/jun., 2008.
- SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.
- SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SCHMIDT, M. A. H. et al. Efeito do substrato e do biofertilizante na produção de mudas de couve-

- folha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), S1225-S1231, ago. 2009.
- SILVA, R. F. et al. Influência da contaminação do solo por cobre no crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo (*Lueheadivaricata* Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (*Schinus therebinthifolius* Raddi). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 111-118, jan./mar., 2011.
- SIMÕES, D. et al. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden × *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 91-100, jan./mar. 2012.
- TEIXEIRA, L. B. et al. **Uso de composto orgânico de lixo urbano na produção de mudas de abieiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. p.1-3 (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 86).
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, London, v. 63, n. 3, p. 995-1001, Nov. 1975.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 150-162, dez. 2003.
- VIDAL, L. H. I. et al. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 24, n. 1, p. 26-30, jan./mar. 2006.
- WEIR, C. C.; ALLEN, J. R. Effects of using organic wastes as soil amendments in urban horticultural practices in the district of Columbia. **Journal of Environmental Science and Health . Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology**, Oxfordshire, v. 32, n. 2, p. 323-332, 1997.