



**FÁBIO HENRIQUE SILVA FLORIANO DE TOLEDO**

**COMPOSTO DE RESÍDUOS DA FÁBRICA DE  
PAPEL E CELULOSE EM MUDAS DE  
EUCALIPTO EM VIVEIRO E NO CAMPO**

**LAVRAS-MG**

**2013**

**FÁBIO HENRIQUE SILVA FLORIANO DE TOLEDO**

**COMPOSTO DE RESÍDUOS DA FÁBRICA DE PAPEL E CELULOSE  
EM MUDAS DE EUCALIPTO EM VIVEIRO E NO CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Nelson Venturin

**LAVRAS-MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Toledo, Fábio Henrique Silva Floriano de.

Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose em mudas de eucalipto em viveiro e no campo / Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo. – Lavras : UFLA, 2013.

72 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Nelson Venturin.

Bibliografia.

1. Composto orgânico. 2. Espécies florestais. 3. Nutrição. 4. Mudanças florestais. 5. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.973420413

**FÁBIO HENRIQUE SILVA FLORIANO DE TOLEDO**

**COMPOSTO DE RESÍDUOS DA FÁBRICA DE PAPEL E CELULOSE  
EM MUDAS DE EUCALIPTO EM VIVEIRO E NO CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16 de janeiro de 2013.

Dra. Bruna Anair Souto Dias    UFLA

Dr. Régis Pereira Venturin    EPAMIG

Dr. Nelson Venturin  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2013**

À pessoa que me ensinou um dos sentidos da vida;

“Amizade e alegria acima de tudo”.

Saudades do eterno amigo.

Lucas Diego Ciolfi (*in memoriam*),

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por esse grande feito na minha vida. Logo em seguida à minha avó Lygia, por todo o seu apoio, preocupação e cobrança, pois com certeza, sem ela nada disso seria possível;

Aos meus pais; Luiz Roberto e Fátima Angelina e aos meus irmãos Luiz Eduardo e Paula, por todo o apoio e conselhos dados durante esse longo e difícil caminho por mim trilhado;

Aos verdadeiros amigos conquistados ao longo da minha vida, antes e depois do ingresso à Universidade, por todo o companheirismo, amizade, conselhos e experiências de vida trocadas entre nós, em especial a Lucas – Teta (*in memoriam*), Paulo - Beijo, Ícaro- Cavallo, Rodrigo – Ski, Fabinho;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), o Departamento de Ciências Florestal (DCF) e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), por fornecerem tudo de que necessitei para obtenção do título de mestre;

À empresa International Paper, fábrica de Mogi Guaçu, e ao Grupo Ambitec, pelo fornecimento do composto orgânico utilizado no estudo;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo dado através da bolsa de estudo;

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais por todo conhecimento transmitido e companheirismo ao longo de minha graduação e pós-graduação;

Ao Professor Nelson Venturin, pela orientação e ajuda no desenvolvimento da minha monografia e dissertação, além de toda a amizade e confiança em mim depositada;

Aos companheiros de República; André Luiz, Celso Pedro, Anderson, Marcel, Elliezer, Ernani e Marcelo;

Por fim, aos amigos do Laboratório de Estudos de Florestas de Produção e Sistemas Agroflorestais e agregados, em especial Ygoor, Iberê, Leandro, Fernando, Vitor, Giovana, Marilisa, Mariana e Gleysson.

## RESUMO

Objetivou-se nesta pesquisa testar substratos obtidos a partir da combinação de um composto orgânico com o substrato utilizado no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O experimento foi realizado no Viveiro Florestal da UFLA, utilizando-se sementes do híbrido *Eucalyptus* “urograndis”. O composto orgânico utilizado possuiu a seguinte composição: 58% de lodo, 9% de Dregs, 25% de casca de eucalipto, 3,4% de Grits, e 4,5% de Cinzas. Os tratamentos testados continham as seguintes concentrações de composto: T0 (0% de composto); T1 (20% composto); T2 (40% composto); T3 (60% composto); T4 (80% composto) e T5 (100% composto). Foram utilizados tubetes de polipropileno com capacidade de 55 cm<sup>3</sup> e bandejas de 96 células. O experimento em viveiro foi implantado em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para avaliar o crescimento das mudas, foram mensuradas a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (D) a cada 30 dias. Ao final do experimento, 120 dias após a semeadura, foi avaliada a qualidade das mudas mensurando as características morfológicas, índices de qualidade e análise química foliar. O experimento em campo também foi implantado em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para avaliar o desempenho das mudas no campo foram calculadas as taxas de sobrevivência de crescimento inicial. A análise das curvas de crescimento em viveiro mostrou uma superioridade em H e D para as mudas dos tratamentos T3 e T4, apresentando as maiores taxas de incremento para essas variáveis. A taxa média de sobrevivência em campo foi de 97,37%, apresentando uma relação com a taxa de crescimento inicial em H e D. Concluiu-se que a qualidade das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” produzidas em substratos contendo composto orgânico, mostrou-se superior à qualidade das mudas produzidas com o substrato do viveiro florestal da UFLA de acordo com as variáveis avaliadas.

Palavras-chave: Composto orgânico. Nutrição florestal. Qualidade de mudas.



## ABSTRACT

This work aimed at testing substrates obtained from the combination of an organic compound with the substrate used in the forest nursery in Universidade Federal de Lavras (UFLA). The experiment was conducted at forest nursery in UFLA, using *Eucalyptus* “urograndis” hybrid seeds. The organic compound used had the following composition: 58% of sludge, 9% of dregs, 25% of *Eucalyptus* bark, 3,4% of grits and 4,5% of ash. The tested treatments contained the following compound concentrations: T0 (0% compound), T1 (20% compound), T2 (40% compound), T3 (60% compound); T4 (80% compound) and T5 (100% compound). Polypropylene tubes with 55 cm<sup>3</sup> capacity and 96 cell trays were used. The nursery experiment was implemented in a completely randomized design. To evaluate seedling growth the shoot height (H) and stem diameter (D) were measured every 30 days. At the end of the experiment, 120 days after sowing, the quality of the seedlings was evaluated by measuring the morphological characteristics, quality indexes and chemical leaf analysis. The field experiment was also implemented in a completely randomized design. In order to evaluate seedlings performance in the field the survival rates and initial growth were calculated. The analysis of the nursery growth curves showed superiority of H and D for the seedlings of treatments T3 and T4 presenting the highest increment rates for these variables. The average survival rate in the field was of 97,37%, showing a relation with the initial growth rate in H and D. Thus, it was concluded that *Eucalyptus* “urograndis” seedlings produced on substrates containing organic compound was superior to the quality of seedlings produced with the forest nursery substrate in UFLA, according to the evaluated variables.

Key-words: Organic compound. Forest nutrition. Seedling quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	(A) Preparação do substrato; (B) Higienização do substrato.....	28
Figura 2	(A) Germinação em casa de sombra e disposição das mudas nas bandejas; (B) Experimento a pleno sol .....	29
Figura 3	(A) Medição do diâmetro; (B) Medição da altura .....	30
Figura 4	(A) Adubação da linha de plantio; (B) Plantio instalado.....	32
Figura 5	Curva de crescimento em altura da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” de cada tratamento .....	41
Figura 6	Curvas de crescimento em altura da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” nos diferentes tratamentos.....	44
Figura 7	Curva de crescimento em diâmetro do coleto das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” de cada tratamento .....	47
Figura 8	Curvas de crescimento em diâmetro do coleto das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” nos diferentes tratamentos.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Porcentagem de substrato base e composto orgânico na composição de cada tratamento utilizado para o crescimento de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” em viveiro e no campo .....	27
Tabela 2	Análise química do solo da área de implantação do plantio realizada pelo Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras.....	33
Tabela 3	Análise química dos tratamentos do experimento, realizada pelo Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda., segundo as Normas da Federação dos Institutos de Pesquisas e Análises Agrícolas da Alemanha.....	36
Tabela 4	Níveis ótimos para as propriedades químicas e físicas de substratos para cultivos de plantas .....	38
Tabela 5	Incremento em altura da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” no viveiro .....	42
Tabela 6	Incremento em diâmetro do coleto das mudas de <i>Eucalyptus</i> "urograndis" no viveiro.....	45
Tabela 7	Médias das características morfológicas e índices (H, D, H/D, NF e H/PSA) medidos aos 120 dias após a semeadura das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” em viveiro .....	50
Tabela 8	Médias das características morfológicas e índices (PSA, PSR, PST, PSA/PSR e IQD) medidos aos 120 dias após a semeadura das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” em viveiro .....	55
Tabela 9	Concentração de macronutrientes das folhas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” em viveiro medidos aos 120 dias após a semeadura ...	58
Tabela 10	Concentração de micronutrientes das folhas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” em viveiro medidos aos 120 dias após a semeadura ...	60

Tabela 11 Concentração de macro e micronutrientes das folhas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” em viveiro medidos aos 120 dias após a semeadura .....	61
Tabela 12 Taxa de sobrevivência das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” aos 15 dias após o plantio para cada tratamento.....	63
Tabela 13 Média das taxas de crescimento inicial (%) em altura da parte aérea e diâmetro do coleto das mudas de <i>Eucalyptus</i> “urograndis” para todos os tratamentos aos 60 dias após o plantio ..	64

## LISTA DE ABREVIATURAS

Al	Alumínio
B	Boro
C	Carbono
C/N	Carbono/Nitrogênio
Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
D	Diâmetro do coleto
DAS	Dias após a semeadura
Fe	Ferro
H	Altura da parte aérea
H/D	Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro
H/PSA	Relação entre a altura da parte aérea e o peso da matéria seca da parte aérea
IQD	Índice de qualidade de Dickson
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
Mg	Magnésio
MG	Minas Gerais
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NF	Número de folhas
P	Fósforo
pH	Potencial hidroginiônico

PSA	Peso da matéria seca da parte aérea
PSA/PSR	Relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e o peso da matéria seca da raiz
PSR	Peso da matéria seca da raiz
PST	Peso da matéria seca total
S	Enxofre
SP	São Paulo
T	Tratamento

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcento
°	Grau
'	Minuto
''	Segundo
°C	Grau Celsius
®	Marca registrada
μS	Microsímens
Cm	Centímetro
Cmol	Centimol
Dag	Decagrama
DM	Decímetro
G	Gramma
Kg	Kilograma
L	Litro
M	Metro
MG	Miligrama
Mha	Megahectare
Mm	Milímetro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>A importância do eucalipto e o <i>Eucalyptus</i> “urograndis”</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Utilização de resíduos em pesquisas florestais</b> .....	20
<b>2.3</b>	<b>Características morfológicas e a qualidade de mudas</b> .....	23
<b>2.4</b>	<b>Crescimento de mudas de espécies florestais</b> .....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
<b>3.1</b>	<b>Local do experimento</b> .....	26
<b>3.2</b>	<b>Sementes e recipiente</b> .....	26
<b>3.3</b>	<b>Substrato e tratamentos</b> .....	27
<b>3.4</b>	<b>Instalação e condução do experimento no viveiro</b> .....	28
<b>3.5</b>	<b>Instalação e condução do experimento em campo</b> .....	31
<b>3.6</b>	<b>Análise estatística</b> .....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
<b>4.1</b>	<b>Análise química e física do substrato</b> .....	35
<b>4.2</b>	<b>Análise do crescimento das mudas no viveiro</b> .....	40
<b>4.2.1</b>	<b>Altura</b> .....	40
<b>4.2.2</b>	<b>Diâmetro</b> .....	45
<b>4.3</b>	<b>Qualidade das mudas no viveiro</b> .....	49
<b>4.4</b>	<b>Análise química foliar das mudas no viveiro</b> .....	58
<b>4.5</b>	<b>Plantio em campo</b> .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	66
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67



## 1 INTRODUÇÃO

O setor de celulose e papel brasileiro é destaque no setor florestal mundial onde o Brasil é considerado o quarto maior produtor mundial de celulose, o 10º maior produtor mundial de papel, além de ser o 13º maior mercado mundial de consumidores per capita de papel, contando com um total de 222 empresas de celulose e papel com atividades em 539 municípios, localizados em 18 estados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA, 2012). Estima-se que o setor florestal manteve, em 2011, cerca de 4,7 milhões de empregos, divididos em empregos diretos (0,6 milhões), indiretos (1,5 milhões) e resultantes do efeito-renda<sup>1</sup> (2,61 milhões). No mesmo ano a arrecadação de tributos foi de R\$ 7,6 bilhões e o valor bruto da produção florestal foi de R\$ 53,9 bilhões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2012).

Atualmente no Brasil, a produção média das florestas plantadas de eucalipto é de 41 m<sup>3</sup>/ha/ano, sendo estimado um potencial produtivo de 70 m<sup>3</sup>/ha/ano (BRACELPA, 2012). Por essa razão, a pesquisa para o aumento da produtividade dessas florestas, tanto em viveiros quanto em campo, torna-se indispensável.

Após processos físicos e químicos realizados nas indústrias de base florestal são gerados resíduos que normalmente possuem elevado teor de matéria orgânica, onde juntamente podem ser encontrados diversos compostos prejudiciais ao meio ambiente, necessitando assim de uma forma de disposição correta ou reutilização após tratamentos específicos.

---

<sup>1</sup> Obtido a partir da transformação da renda dos trabalhadores e empresários em consumo. Ambos gastarão parcela de sua renda consumindo bens e serviços diversos, segundo seu perfil de consumo, estimulando a produção de outros setores e realimentando o processo de geração de emprego.

Nas empresas do setor de celulose e papel são gerados resíduos denominados “Dregs” e “Grits” oriundos do processo “Kraft” para a extração de celulose; a lama de cal e o lodo orgânico resultante de tratamentos de efluentes líquidos; as cascas de eucalipto provenientes do processo de descascamento; as cinzas advindas da queima de biomassa nas caldeiras para a obtenção de energia, entre outros. O aproveitamento destes resíduos como componentes do substrato para a formação de mudas, além de representar um fator econômico relevante é ainda um fator ecológico de extrema importância.

As características necessárias em um substrato para a produção de mudas com qualidade são: meio adequado para a sustentação e retenção de água, oxigênio, nutrientes, possuir uma faixa ótima do pH e não conter elementos químicos em níveis tóxicos. Quando os substratos possuem resíduos em sua constituição, os diferentes percentuais de combinação devem ter um foco especial pelo fato de atuarem diretamente no crescimento e conseqüentemente na qualidade das mudas produzidas.

Como, geralmente, a qualidade das mudas está diretamente associada ao substrato, é necessário que este tenha boas características físicas e químicas para garantir uma boa formação das plantas. A qualidade dessas mudas pode ser avaliada pela análise das características morfológicas e fisiológicas, sendo que a primeira é a mais utilizada por apresentarem maior facilidade de mensuração. A qualidade das mudas tem uma influência direta sobre a taxa de sobrevivência das mudas após o plantio em campo.

Algumas pesquisas vêm sendo executadas na linha de resíduos utilizados para a formação de mudas de *Eucalyptus* sp. (MAEDA et al., 2007; PAIVA et al., 2009; TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003), porém a grande maioria foi realizada utilizando-se apenas um resíduo ou testando-os de forma individual.

Após pesquisas sobre utilização de resíduos na área florestal, especificamente os provenientes das fabricas de celulose e papel, notou-se escassez de estudos que contemplam vários resíduos ao mesmo tempo, formando um composto, como substrato para mudas de eucalipto, a qualidade das mudas geradas com esse substrato e a sobrevivência das mesmas após o plantio. Alguns exemplos utilizando esses resíduos de forma conjunta são os trabalhos realizados por Barretto (2008) e Arruda (2010).

Com intuito de dar um destino final adequado, evitar que as empresas tenham elevados custos de armazenamento e manutenção de resíduos e reduzir a pressão sobre o meio ambiente e a poluição na região foi realizado um estudo com o objetivo de testar substratos formados a partir de um composto orgânico, oriundo de diversos resíduos do processo de fabricação de celulose.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A importância do eucalipto e o *Eucalyptus* “urograndis”

As espécies e híbridos do gênero *Eucalyptus* são amplamente plantados no Brasil e em outros países. Considera-se o gênero *Eucalyptus* o mais plantado em todo o mundo (HIGA et al., 2000). Estima-se que a área de plantio das espécies do gênero *Eucalyptus* e seus híbridos seja de aproximadamente 20 Mha, representando a maior e mais importante área de plantio de fibras de folhosas do mundo (MIZRACHI et al., 2010).

No Brasil as áreas com povoamentos florestais certificados ocupam aproximadamente 4,9 Mha, representando 1,6% do total mundial. Sendo que o setor de florestas plantadas ainda é responsável por uma grande contribuição na geração de empregos, tributos e produtos. É estimado que a geração de empregos em 2011 no setor florestal tenha sido mantida em 4,7 milhões, divididos em empregos diretos (0,6 milhões), indiretos (1,5 milhões) e resultantes do efeito-renda (2,61 milhões). No mesmo ano a arrecadação de tributos foi de R\$ 7,6 bilhões e o valor bruto da produção florestal foi de R\$ 53,9 bilhões (ABRAF, 2012).

A combinação das espécies de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* da origem ao híbrido “urograndis”. Do resultado dessa combinação interespecífica, espera-se árvores vigorosas, com madeira de maior densidade e com alta resistência ao cancro causado pelo fungo *Cryptonectria cubensis*. Esse híbrido é um dos mais plantados no Brasil devido, além da resistência do cancro, ao seu grande potencial de crescimento, adaptabilidade e amplo uso da madeira, possibilitando o seu múltiplo uso (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2004).

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies que estão adaptadas a diferentes climas e solos, podendo ser utilizadas para diferentes finalidades. Os

eucaliptos podem ser plantados em parques e jardins como árvores ornamentais, como plantas para extração de óleos das suas folhas e de mel de suas flores. Porém, os usos mais comuns são o aproveitamento da madeira como lenha, postes, moirões de cerca, construções rurais, produção de madeira serrada, fabricação de painéis e fabricação de papel e celulose. (HIGA et al., 2000).

## **2.2 Utilização de resíduos em pesquisas florestais**

No começo da década de 60 foi iniciada a conscientização mundial acerca dos problemas ambientais. A publicação de um livro chamado Primavera Silenciosa, 1962, (Silent Spring) de Rachel Carson deu força ao movimento ambientalista no mundo, tendo como uma das respostas da comunidade internacional a Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente realizada em Estocolmo (1972), na Suécia. A partir dessa data a população mundial passou a ter maior preocupação com o meio ambiente, aumentando o número de acordos e tratados ambientais internacionais e também legislações ambientais específicas para certos países, inclusive o Brasil.

No Brasil foram publicadas diversas legislações relacionadas à temática do meio ambiente. Sendo que algumas delas foram destinadas especificamente para os resíduos. Dois exemplos são a resolução CONAMA 375/06, a qual define vários critérios e procedimentos para o uso do lodo de esgoto em solos brasileiros e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10) que dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos a ela aplicados.

Com toda essa mudança ideológica e legal, vários pesquisadores passaram a estudar melhor os resíduos dos diferentes tipos de empreendimentos,

para entender e melhorar o tratamento e as possibilidades de reutilização dos mesmos.

O interesse no tema era tanto que a utilização dos resíduos de empresas florestais na produção de mudas e fertilização de povoamentos tornou-se uma nova linha de pesquisa. Alguns estudos tiveram como foco principal a utilização desses resíduos na formulação de substrato para a formação de mudas (ASSENHEIMER, 2009; FAUSTINO et al., 2005; TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003), e outros aplicando-os como fertilizantes ou adubos em plantações florestais (BENEDETTI, 1994; MORO; GONÇALVES, 1995; GUERRINI et al., 1998; 1999).

Em empresas de papel e celulose é comum a geração de resíduos denominados “drags” e “grits”, os quais já foram utilizados em alguns estudos para comparação com a adubação mineral (BELLOTE et al., 1998; TRIGUEIRO, 2006). Ambos são obtidos no ciclo de recuperação do licor de cozimento do processo de polpação Kraft. O primeiro é obtido na etapa da incineração do licor concentrado, enquanto o segundo é gerado na etapa da caustificação do licor verde. Portanto, estes resíduos são gerados em locais diferentes, mas é comum que estes sejam coletados e misturados. Dessa forma encontram-se na literatura alguns trabalhos onde esses compostos são analisados em conjunto (TRIGUEIRO, 2006; ALMEIDA, 2007).

Os lodos são resíduos largamente estudados. Conforme sua origem e obtenção possuem uma composição bastante heterogênea. Dos diversos lodos existentes, um dos mais estudados e empregados em viveiros e plantios florestais é o lodo secundário, ou biológico, o qual passa por algumas fases até chegar à estabilização biológica. Em decorrência desse processo de produção esse lodo possui um teor orgânico muito elevado, sendo essa uma das características desejadas para sua reutilização no setor florestal (GUEDES, 2005; SILVA et al., 2008; PAIVA et al., 2009; SETTE-JUNIOR et al., 2009; GARCIA et al., 2010).

As cinzas são resíduos obtidos por meio do processo de combustão da biomassa sendo uma das formas mais rápidas de fornecer nutrientes para o sistema onde se encontram. A sua utilização além de fornecer nutrientes como Ca, P, K, Na etc. nos primeiros centímetros do solo é também muito importante para a diminuição do alumínio trocável por alguns anos. Porém, em médio e longo prazo, os solos com cinzas podem perder sua fertilidade com a volatil, fluxo de massa, lixiviação e erosão (hídrica e eólica) (GONÇALVES et al., 2002).

A casca de eucalipto e *Pinus* são bastante utilizadas para melhorar as características físicas do substrato, agindo na melhoria da porosidade total do substrato (MAIA, 1999). A casca pode ser utilizada sem nenhum preparo anterior ou pode ter sua decomposição acelerada com o processo de compostagem, sendo o último a forma preferencialmente utilizada (FERNANDES; SILVA, 2000).

Também foram realizados estudos com vários resíduos simultaneamente. Barretto (2008) realizou experimentos em casa de vegetação e em campo objetivando avaliar o efeito de diferentes doses de composto de resíduos de indústria de celulose e papel em características de solo e no desenvolvimento de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O composto utilizado era constituído de lodo ativado, cinzas, dregs, rejeito de digestor, borra de carbonato de cálcio, grits e casca, e foi obtido pelo processo de compostagem em leiras. O autor concluiu que com a utilização do composto houve um aumento do diâmetro do coleto e da biomassa, além do aumento no pH e nos teores de alguns nutrientes. Arruda (2010) também estudou um composto orgânico, porém constituído por cinzas de biomassa, dregs, grits e lama de cal, testando os efeitos de sua aplicação nos atributos químicos do solo e como fonte de Ca para clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O autor concluiu que a aplicação do composto mostrou-se efetivo para a correção

da acidez do solo e para a neutralização do  $Al^{3+}$ , e que a sua aplicação pode substituir a calagem sem que ocorra aumento dos teores disponíveis de metais pesados.

### 2.3 Características morfológicas e a qualidade de mudas

Para realizar a medição e avaliação da qualidade das mudas algumas características, principalmente morfológicas, são mensuradas. Comumente utiliza-se a medição da altura (H), medida do colo até a gema apical, o diâmetro de colo (D) e o peso de matéria seca total (PST), sendo que esse ainda pode ser separado em, peso da matéria seca da parte aérea (PSA) e peso da matéria seca da raiz (PSR) (CARNEIRO, 1995).

Além da análise destas características, alguns índices também são utilizados para avaliar a qualidade das mudas. São alguns deles: Índice de Qualidade de Dickson (IQD), a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro de colo (H/D), a relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PSA) e a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (PSA/PSR) (GOMES et al., 2002).

O interesse de avaliar a qualidade das mudas por meio destas características e índices é tentar mostrar uma relação entre eles e o sucesso do desempenho das mudas em campo (BINOTTO; LUCIO; LOPES, 2010). Além de ressaltar que os problemas relacionados com a produção das mudas, ainda no viveiro, têm sido uma das principais causas da sua mortalidade em campo nos primeiros anos da implantação.

Gomes et al. (2002) estudando as características morfológicas na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas com diferentes tamanhos de tubetes, perceberam que as características altura e relação H/PSA apresentaram uma alta relação com a qualidade das mudas, e



disse ainda que em alguns casos a qualidade das mudas pode ser aferida apenas pela medição da altura, pelo fato de ser uma característica de fácil medição e não ser um método destrutivo.

Binotto, Lucio e Lopes (2010), analisando a correlação entre algumas características morfológicas com o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalytus grandis* e *Pinus elliotti* var. *elliott* perceberam que o diâmetro do coleto foi a variável que melhor se correlacionava com a qualidade das mudas, pois apresenta um maior grau de relação com o índice de qualidade de Dickson. Já a variável altura da parte aérea se mostrou eficiente para aferir a qualidade das mudas quando analisada em conjunto com o diâmetro.

Fonseca et al. (2002), pesquisando o padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume sobre diferentes sombreamentos, utilizaram nove características morfológicas e três índices de qualidade de mudas. Suas conclusões em relação à qualidade das mudas sempre foram correlacionando várias dessas características e índices, evitando assim erros de avaliação por utilizar apenas uma característica.

#### **2.4 Crescimento de mudas de espécies florestais**

O crescimento de mudas de espécies florestais é apresentado em estudos para que se tenha um melhor entendimento desse processo. As variáveis dependentes ou resposta se referem ao que se deseja descrever, sendo que estas estão em função de variáveis chamadas independentes. Normalmente uma variável dependente é determinada por um conjunto de variáveis independentes (COSTA, 2003).

O mesmo autor diz que é muito frequente o interesse no estudo de relações funcionais entre variáveis quantitativas como, por exemplo, o crescimento em altura ou diâmetro das mudas de uma espécie florestal em

função de doses de adubo ou do tempo. Dessa forma pode ser utilizado um modelo de regressão linear simples, o qual apresenta apenas uma variável regressora, podendo ser representado pela fórmula “ $y = f(X)$ ”.

De acordo com Carneiro (1995) alguns dos fatores que influenciam o crescimento das mudas em viveiros são: a semeadura (qualidade e quantidade da semente, época de semeadura), as micorrizas (métodos de inoculação, fatores que afetam a simbiose), a densidade de mudas, o substrato (características físicas, químicas e biológicas, tipos de substratos, tipo e quantidade de fertilizante), os recipientes (tipos), a repicagem e as podas radiciais e aéreas (frequência, época, execução, profundidade).

D’Avila (2008) estudando o efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto utilizou uma análise de regressão para a concentração de K foliar em função da dose de K, encontrando como melhor resposta uma equação quadrática.

Silva et al. (2004) analisando o consumo e a eficiência do uso de água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água e presença ou não de braquiária, realizaram uma análise de regressão utilizado o índice de consumo de água em função do tempo. Como resultados foram encontradas equações lineares e quadráticas, variando de acordo com os tratamentos do experimento.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento

A produção das mudas foi realizada no período de fevereiro a junho de 2012, no viveiro florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, localizado nas coordenadas 21°13'40'' S e 44°57'50'' W, a uma altitude de 925 m. O clima da região é do tipo Cwb (Köppen), com verões brandos e invernos secos. As médias anuais de precipitação e temperatura são, respectivamente, 1.529,5 mm e 19,4 °C (BRASIL, 1992).

O plantio das mudas no campo foi realizado no período de julho a novembro de 2012 na mesma área do viveiro florestal. O solo da área de plantio foi classificado segundo o sistema de classificação Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999) como Latossolo Vermelho Distroférico Típico, bem drenado e com textura de muito argilosa a argilosa.

#### 3.2 Sementes e recipiente

As sementes utilizadas no experimento foram de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Madein X *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake obtidos da empresa Caiçara Comércio de Sementes LTDA. Foi realizada a semeadura direta no recipiente, de forma manual, sendo utilizadas aproximadamente oito sementes por tubete.

O recipiente utilizado para a produção das mudas foi tubete de polipropileno com capacidade de 55 cm<sup>3</sup>, dispostos em bandejas de polipropileno (de 96 células. A densidade durante todo o experimento foi de 206 mudas m<sup>-2</sup>, ou seja, 46 mudas por bandeja.

### 3.3 Substrato e tratamentos

O substrato base usado como controle foi formado a partir da mistura de 40% de fibra de coco, 30% de esterco curtido, 20% de casca de arroz carbonizado, 10% de vermiculita média e 4 kgm<sup>-3</sup> de Osmocote<sup>®</sup> (19-6-10, 3-4 meses).

O composto orgânico utilizado passou por processo de compostagem de acordo com os procedimentos da empresa. O mesmo possuiu a seguinte composição: 58% de lodo, (proveniente do tratamento de água dos efluentes do processo fabril); 9% de Dregs, (processo de recuperação do licor negro); 25% de casca de eucalipto, (processo de descascamento da madeira na fábrica); 3,4% de Grits, (processo de recuperação da soda caustica); e 4,5% de Cinzas, (queima de biomassa).

Os tratamentos do experimento foram as combinações do composto com o substrato base (Tabela 1).

Tabela 1 Porcentagem de substrato base e composto orgânico na composição de cada tratamento utilizado para o crescimento de *Eucalyptus* “urograndis” em viveiro e no campo

Tratamento	Substrato base	Composto orgânico
T0	100%	0%
T1	80%	20%
T2	60%	40%
T3	40%	60%
T4	20%	80%
T5	0%	100%

Os mesmos tratamentos foram utilizados para o plantio em campo. Dessa forma foi testada a adaptação das mudas em campo por meio da taxa de sobrevivência e do crescimento inicial em altura e diâmetro do coleto das mesmas.

### 3.4 Instalação e condução do experimento no viveiro

A mistura do composto com o substrato base foi realizada em janeiro de 2012. Por se tratar de um pequeno volume de substrato, o mesmo foi preparado manualmente, apenas com o uso de enxada (Figura 1A). Após seu preparo foram retiradas as amostras para a realização da análise química de cada tratamento.

Em fevereiro realizou-se a higienização dos materiais (Figura 1B) que foram utilizados no experimento. Para tal o material foi exposto a uma solução de hipoclorito a 0,5% com a utilização de um regador. Após 30 minutos a pleno sol todo o material foi enxaguado com água.



Figura 1 (A) Preparação do substrato; (B) Higienização do substrato

Ainda no mesmo mês foi realizada a implantação do experimento dentro de uma casa de sombra com sombrite de 70% (Figura 2A), onde também foi

realizada a sementeira, permanecendo por um período de 30 dias sob sistema de irrigação automático. Por volta de três semanas após a germinação foi realizado o raleio das mudas, deixando apenas uma muda por tubete, sendo esta a mais central e vigorosa. Em seguida as mudas seguiram para as bancadas a pleno sol (Figura 2B), também sob sistema de irrigação automático, onde se iniciou a adubação de cobertura de macro e micronutrientes recomendadas por Gonçalves e Poggiani (1996) e Higashi, Silveira e Gonçalves (2000).

O experimento no viveiro foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso, sendo seis tratamentos, cinco repetições e 46 mudas por parcela, totalizando 1380 mudas. As mesmas foram dispostas de forma alternada nas bandejas desde a sementeira (Figura 2A). Foram avaliadas as 30 plantas centrais de cada parcela.



Figura 2 (A) Germinação em casa de sombra e disposição das mudas nas bandejas; (B) Experimento a pleno sol

As variáveis mensuradas para aferir o crescimento das mudas no viveiro foram a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (D). A medição da altura (Figura 3B) foi realizada aos 30, 60, 90 e 120 DAS, utilizando-se uma régua milimétrica. A medição do diâmetro (Figura 3A) foi realizada aos 60, 90 e 120 DAS, utilizando paquímetro digital.



Figura 3 (A) Medição do diâmetro; (B) Medição da altura

Para avaliar a qualidade das mudas de eucalipto no viveiro, foram calculados, aos 120 dias após a semeadura, os índices IQD, H/D,H/PSA e PSA/PSR, além de mensuradas as variáveis morfológicas altura, diâmetro, número de folhas (NF), peso da massa seca da parte aérea (PSA), peso da massa seca da raiz (PSR) e peso da massa seca total (PST).

O IQD foi calculado pela seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{PST (g)}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{PSA (g)}{PSR (g)}}$$

Onde:

IQD – Índice de qualidade de Dickson

PST – Peso da massa seca total

PSA – Peso da massa seca da parte aérea

PSR – Peso da massa seca da raiz

H – Altura

D – Diâmetro do coleto

Para quantificar o peso da massa seca das mudas produzidas, foram selecionadas 25 plantas de cada tratamento, sendo mensuradas cinco plantas de cada repetição, com menor desvio padrão em relação à média do diâmetro da repetição. Para a medição das massas dividiu-se a planta em parte aérea e raiz, sendo que as raízes foram lavadas em água para a separação do substrato. Posteriormente o material foi colocado em sacos de papel pardo e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C +/- 3, até atingir peso constante.

Ao final do experimento no viveiro, foi realizada análise química foliar das plantas utilizadas na determinação do peso da massa seca, para analisar o estado nutricional das mudas prontas para a expedição ao campo.

### **3.5 Instalação e condução do experimento em campo**

Para a implantação do experimento em campo, foi realizado um preparo de solo com subsolador, sendo dimensionados seis sulcos de 20 metros de comprimento com três metros de distância entre eles. Dessa forma o plantio foi realizado em um espaçamento 3 m x 1 m (Figura 4B).

Foi realizada uma adubação de base (Figura 4A), segundo recomendado por EMBRAPA (2010), para suprir a deficiência nutricional do sítio, levando em consideração a análise química do solo realizada no Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (Tabela 2). A adubação constituiu de 156 g de superfosfato triplo, 40 g de ureia e 60 g de KCl por muda, sendo a ureia e o KCl divididos em três aplicações, a primeira na implantação do experimento, a segunda e terceira, respectivamente, aos 30 e 60 dias após a implantação.





Figura 4 (A) Adubação da linha de plantio; (B) Plantio instalado

O experimento em campo foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso, sendo seis tratamentos, três repetições e seis mudas por parcela, totalizando 108 mudas. Cada linha de plantio recebeu três tratamentos representados por seis plantas em sequência.

Tabela 2 Análise química do solo da área de implantação do plantio realizada pelo Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	T
-	Mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-3</sup>			
5,4	1,60	14,97	-	2,4	0,82	0,10	4,31	3,26	3,36	7,5
V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
%	dag kg <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>	Mg dm <sup>-3</sup>						
43,51	2,99	2,82	15,55	1,40	20,49	16,42	1,57	0,97	7,73	

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> – Relação 1:2,5; Ca, Mg e Al – Extrator: KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>; SB= Soma de bases trocáveis; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; m= Índice de saturação de alumínio; P-rem: Fósforo remanescente; S – Extrator – Fosfato monocálcico de ácido acético; P, Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu – Extrator Mehlich 1; H + AL – Extrator: SMP; CTC (t) – Capacidade de troca catiônica efetiva; V= Índice de saturação de bases; Mat. Org. (MO) – Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; B – Extrator água quente.

Como o plantio foi realizado no período de inverno, realizou-se irrigação manual durante os 15 primeiros dias após o plantio das mudas em campo, com a aplicação de três litros de água por muda a cada 48 horas. Posteriormente a irrigação passou a ser realizada duas vezes por semana mantendo-se o mesmo volume de água até o término do experimento (60 dias após o plantio).

A taxa de sobrevivência das mudas de eucalipto em campo foi calculada aos 15 dias após o plantio, sendo realizado o replantio. Na implantação do experimento e aos 60 dias após o plantio das mudas em campo, foi realizada a mensuração da altura e do diâmetro. Com a obtenção dessas características foi realizado o cálculo da taxa de crescimento inicial das mudas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$T(\%) = \frac{X_{final} - X_{inicial}}{X_{final}} \times 100$$

Onde:

T (%) - Taxa de crescimento

X – Variável de interesse

### 3.6 Análise estatística

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise gráfica para averiguar a normalidade, independência e a homogeneidade da variância dos dados. Em seguida os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de significância.

Com os dados de altura e de diâmetro do coleto das mudas do experimento em viveiro foram geradas curvas de crescimento, por meio de análise de regressão e coeficiente de determinação ajustado, para avaliação das taxas de crescimento das mudas. Os índices e variáveis das mudas de eucálio avaliadas aos 120 dias após a semeadura foram analisados com o teste de Scott-Knott a 5% de significância, assim como a taxa de crescimento inicial em campo. Já a taxa de sobrevivência foi apresentada em forma de porcentagem.

As concentrações obtidas na análise química foliar foram analisadas com o teste de Skott-Knott a 5% de significância para os nutrientes que apresentaram a distribuição normal dos erros. Já as concentrações dos nutrientes que não apresentaram a distribuição normal dos erros foram analisadas com o teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

As análises dos dados e os gráficos foram gerados pelo software R.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise química e física do substrato**

Com o aumento da porcentagem do composto orgânico no substrato (Tabela 3) também houve um aumento nos valores do pH, mantendo-se igual apenas nos tratamentos T2 e T3 (pH 7,70). Esses resultados seguiram os encontrados por Barretto (2008), o qual se deparou com um aumento do pH em decorrência do aumento do teor de composto orgânico utilizado. Esse autor cita que isso deve ter ocorrido devido a presença de carbonatos e óxidos de cálcio na composição do composto, o que confere uma característica de corretivo de acidez. O fato mostra que esse tipo de composto orgânico pode apresentar altos valores de pH, algumas vezes fora dos padrões considerados ótimos para a produção de mudas. Os valores do pH desse experimento estão todos acima da faixa considerada ótima para o cultivo de plantas fixados entre 5,2 e 6,3 (Tabela 4).

Tabela 3 Análise química dos tratamentos do experimento, realizada pelo Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda., segundo as Normas da Federação dos Institutos de Pesquisas e Análises Agrícolas da Alemanha

	<b>pH</b>	<b>N total</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>
<b>Tratamento</b>	<b>1 + 5 (v/v)</b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>
T0	6,90	4099	482,8	3100	168	230	269,8	19,61
T1	7,40	5539	245,5	1590	52	61	158,7	13,07
T2	7,70	6494	45,8	1176	64	65	30,7	2,29
T3	7,70	4759	25,4	1011	56	43	19,6	0,65
T4	7,90	5285	15,5	1003	81	46	18,8	0,33
T5	8,00	4865	17,2	870	96	41	20,1	<0,001

	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Densidade</b>	<b>Relação C/N</b>	<b>CE</b>
<b>Tratamento</b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>kg m<sup>-3</sup></b>	<b>-</b>	<b>μS cm<sup>-1</sup></b>
T0	0,49	0,14	0,93	3,30	208	80,2	1521,0
T1	0,18	0,08	0,40	4,40	279	47,6	716,7
T2	0,13	0,06	0,35	2,40	402	32,3	559,5
T3	0,09	0,05	0,21	1,40	475	36,8	425,4
T4	0,08	0,05	0,13	1,60	586	25,6	447,5
T5	0,07	0,04	0,01	3,00	684	17,4	414,8

T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Outra variável que aumentou de acordo com o aumento da porcentagem de composto orgânico no substrato foi a da densidade. O mesmo comportamento foi observado por Trigueiro e Guerrini (2003), estudando a utilização de um composto orgânico para a produção de mudas de eucalipto. De acordo com os dados de peso da massa seca das raízes, notou-se que as maiores respostas foram

encontradas nos tratamentos intermediários T3, T4 e T2 (0,786 g, 0,710 g e 0,630 g) respectivamente. Isso mostrou a existência de uma faixa de densidade onde há um melhor crescimento das raízes dessa espécie, variando de 402 kg m<sup>-3</sup> a 586 kg m<sup>-3</sup>. De acordo com a Tabela 4, apenas o tratamento T3 está na faixa considerada de densidade ótima, a qual se encontra entre 450 kg m<sup>-3</sup> e 550 kg m<sup>-3</sup>.

Observou-se também que houve uma tendência na diminuição da CE de acordo com o aumento da porcentagem de composto orgânico no substrato, captando uma diminuição do teor dos sais solúveis em detrimento do aumento do composto orgânico no substrato. Todos os tratamentos, com exceção do controle, encontram-se dentro dos padrões estabelecidos por Gonçalves et al. (2000) o qual estipulou o limite máximo de 1.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , porém deve-se ressaltar que essas determinações foram realizadas a partir de extrato de diluição 1:1,5. Esse resultado se comportou de forma contrária ao esperado, pois, assim como foi encontrado por Trigueiro e Guerrini (2003) esperava-se um aumento da CE com o aumento da porcentagem de composto no substrato, principalmente pelo fato de sua constituição conter mais de 50% de lodo.

Tabela 4 Níveis ótimos para as propriedades químicas e físicas de substratos para cultivos de plantas

<b>Propriedade</b>	<b>Nível ótimo</b>
pH (extrato de saturação)	5,2 - 6,3
Relação C/N	20 - 40
Densidade aparente (kg m <sup>-3</sup> )	450 - 550
P (mg kg <sup>-1</sup> )	6 - 10
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	150 - 249
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	> 200
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	> 70
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	0,3 - 3,0
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	0,3 - 3,0
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	0,001 - 0,5
B (mg kg <sup>-1</sup> )	0,005 - 0,5

Fonte: ABAD et al. (1992) e CAVINS et al. (2000), apud LOPES et al. (2008) (Adaptado).

De forma geral, a maioria dos nutrientes testados (P, K, S, B, Cu, Mn, Zn e Fe), apresentou uma diminuição das concentrações de acordo com o aumento da porcentagem de composto no substrato. Esse comportamento foi claro para os nutrientes K, B, Cu, Mn e Zn. Já os nutrientes N total, Ca e Mg apresentaram concentrações variáveis ao longo dos tratamentos, não apresentando uma relação direta com a porcentagem de composto. Os nutrientes P, S e Fe apresentaram uma tendência de diminuição dos seus teores em relação ao aumento do percentual de composto no substrato com exceção do tratamento T5 (100% de composto, onde sua concentração teve leves aumentos).

Comparando com resultados de Gonçalves e Poggiani (1996) o nível de N total de todos os tratamentos está bem abaixo do nível médio de compostos orgânicos utilizados para a produção de mudas florestais o qual se encontra a 11000 mg kg<sup>-1</sup>.

Para o nutriente P nenhum dos tratamentos esteve dentro dos níveis químicos determinados como ótimo, estando todos acima do limite máximo (Tabela 4). Já para os nutrientes Ca e Mg, apenas o controle encontrou-se dentro dos limites, os demais tratamentos se encontram inferiores ao limite mínimo (Tabela 4). O Fe e Mn, em todos os tratamentos, apresentaram concentrações inferiores ao limite mínimo (Tabela 4). Para o Zn os tratamentos T0, T1 e T2, encontraram-se dentro dos limites, porém nos demais tratamentos os níveis estavam abaixo (Tabela 4). Já o nutriente B apresentou apenas o tratamento T4 dentro da faixa ótima, o tratamento T5 apresentou concentração abaixo e os demais tratamentos acima dos limites (Tabela 4). O único nutriente em que todos os tratamentos se encontram dentro da faixa ótima estipulada foi o Cu (Tabela 4).

A relação C/N apresentou uma tendência de decréscimo com o aumento da porcentagem de composto orgânico no substrato. Esse mesmo resultado foi encontrado por Trigueiro e Guerrini (2003). Essa relação foi considerada dentro da faixa ótima apenas para os tratamentos T2, T3 e T4 (Tabela 4). De acordo com Lopes et al. (2008) a alta relação C/N é fortemente relacionada pela quantidade de fibra de coco, a qual possui alto teor de C. Como o substrato base utilizado nesse experimento contém 40% de fibra de coco em sua constituição, conforme se aumentou a porcentagem de composto orgânico menos fibra era encontrada no substrato, explicando a diminuição dessa relação.



## **4.2 Análise do crescimento das mudas no viveiro**

Para o entendimento do crescimento em altura e diâmetro das mudas de eucalipto em seu ciclo de produção, realizou-se a mensuração da altura da parte aérea e diâmetro do coleto em intervalos de 30 dias.

### **4.2.1 Altura**

Os gráficos da curva de crescimento em altura da parte aérea das mudas de eucalipto de cada tratamento e as curvas de crescimento em altura da parte aérea nos diferentes tratamentos se encontram nas figuras 5 e 6 respectivamente.

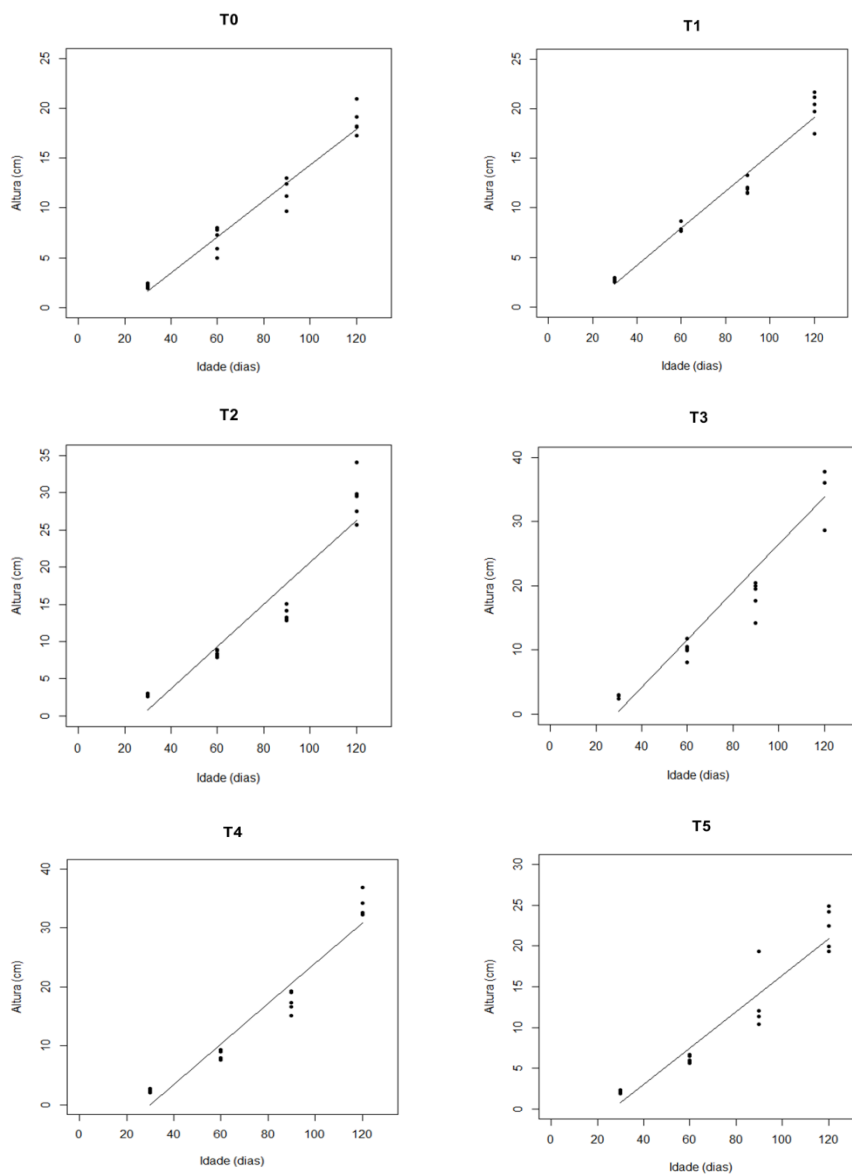


Figura 5 Curva de crescimento em altura da parte aérea das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” de cada tratamento

Nota: T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Os tratamentos T0, T1 e T5 (0, 20 e 100% de composto) possuíram as menores médias e coeficientes de inclinação das curvas, indicando que esses tratamentos apresentaram uma pior taxa de incremento da altura em função do tempo (Figura 5), apresentando como erros padrões 1,33, 1,30 e 2,51, respectivamente e coeficientes de determinação ajustado de 95,61, 96,06 e 90,28%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 Incremento em altura da parte aérea das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” no viveiro

Tratamento	Equação	Erro Padrão	R <sup>2</sup> ajustado (%)
T0	$H = -3,75500 + 0,18087x(\text{dias})$	1,332	95,61
T1	$H = -3,31900 + 0,18712x(\text{dias})$	1,302	96,06
T2	$H = -7,70300 + 0,28329x(\text{dias})$	3,332	89,48
T3	$H = -10,79700 + 0,37257x(\text{dias})$	4,385	89,47
T4	$H = -10,27100 + 0,34328x(\text{dias})$	3,003	93,91
T5	$H = -5,95700 + 0,22353x(\text{dias})$	2,516	90,28

T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

De forma oposta os tratamentos T3, T4 e T2 (60, 80 e 40% de composto) possuíram as maiores médias e coeficientes de inclinação das curvas, representando assim melhores taxas de incremento da altura em função do tempo (Figura 5). Apresentou erros padrões de 4,38, 3,00 e 3,33, respectivamente e coeficientes de determinação ajustado de 89,47, 93,91 e 89,48%, respectivamente (Tabela 5).

A resposta para esse comportamento pode estar relacionada à característica física dos substratos, considerada uma das mais importantes para a formação das mudas, sendo aqui representada pela densidade. De acordo com o que já foi apresentado anteriormente, identificou-se uma faixa ótima dentro do

experimento, variando do tratamento T2 ao T4, com valores entre 402 a 586 kg m<sup>-3</sup>, tendo como destaque o tratamento T3 (Figura 6), o qual se encontra dentro dos níveis considerados ótimos apresentados anteriormente. Esses resultados estiveram de acordo com os obtidos por Sabonaro (2006) a qual estudando a produção de mudas de espécies florestais nativas com composto de lixo urbano percebeu que em duas das três espécies estudadas as maiores alturas foram obtidas nos substratos com densidade aparente de 470 e 500 kg m<sup>-3</sup>.

Bazzo (2009) estudando a utilização de composto orgânico de lodo de esgoto na formação de mudas de eucalipto obteve as melhores respostas de crescimento em relação à altura no tratamento controle, o qual possuía uma densidade aparente de 400 kg m<sup>-3</sup>. Já dentro dos tratamentos que continham a mistura de composto orgânico: casca de arroz carbonizado, as melhores respostas em altura foram as proporções 20:80 e 60:40, as quais apresentaram 500 e 400 kg m<sup>-3</sup> respectivamente, corroborando com os dados desse experimento.

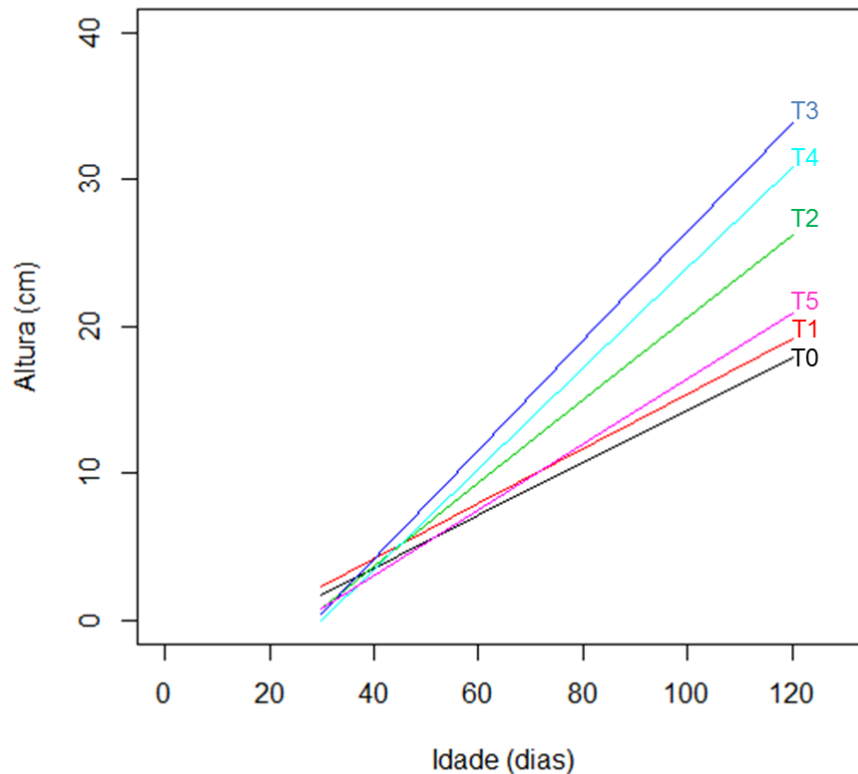


Figura 6 Curvas de crescimento em altura da parte aérea das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” nos diferentes tratamentos

Nota: T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Os atributos químicos, já discutidos, aparentemente não influenciaram o crescimento das mudas em altura, pois provavelmente houve a lixiviação de muitos nutrientes por conta da irrigação, sendo estes compensados pela adubação de cobertura semanal, citada anteriormente.

#### 4.2.2 Diâmetro

Os gráficos da curva de crescimento em diâmetro do coleto das mudas de eucalipto de cada tratamento e as curvas de crescimento em diâmetro do coleto nos diferentes tratamentos se encontram nas figuras 7 e 8 respectivamente.

Os resultados obtidos para as curvas de crescimento do diâmetro tiveram uma semelhança grande com as apresentadas para a altura, tendo como diferença valores mais baixos dos erros padrões e coeficientes de determinação ajustados mais altos (Tabela 6). A explicação para esse fato pode ser a menor quantidade de medições, apenas três medições sendo uma a menos que a altura, e a menor amplitude de variação da unidade de medição do diâmetro (medição em mm possui uma menor amplitude de variação que cm).

Tabela 6 Incremento em diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus "urograndis"* no viveiro

Tratamento	Equação	Erro Padrão	R <sup>2</sup> ajustado (%)
T0	$D = -0,167667 + 0,021700x(\text{dias})$	0,1993	88,30
T1	$D = -0,197333 + 0,022000x(\text{dias})$	0,139	94,13
T2	$D = -0,534333 + 0,027567x(\text{dias})$	0,1589	95,07
T3	$D = -0,496667 + 0,032133x(\text{dias})$	0,1647	96,06
T4	$D = -0,518000 + 0,029800x(\text{dias})$	0,127	97,25
T5	$D = -0,713667 + 0,027300x(\text{dias})$	0,1862	93,22

T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Os tratamentos T3, T4 e T2 (60, 80 e 40% de composto) apresentaram maiores taxas de incremento do diâmetro do coleto em função do tempo

(Figura 7), apresentando erros padrões de 0,16, 0,12 e 0,15 e coeficientes de determinação ajustado de 96,06, 97,25 e 95,07% (Tabela 6).

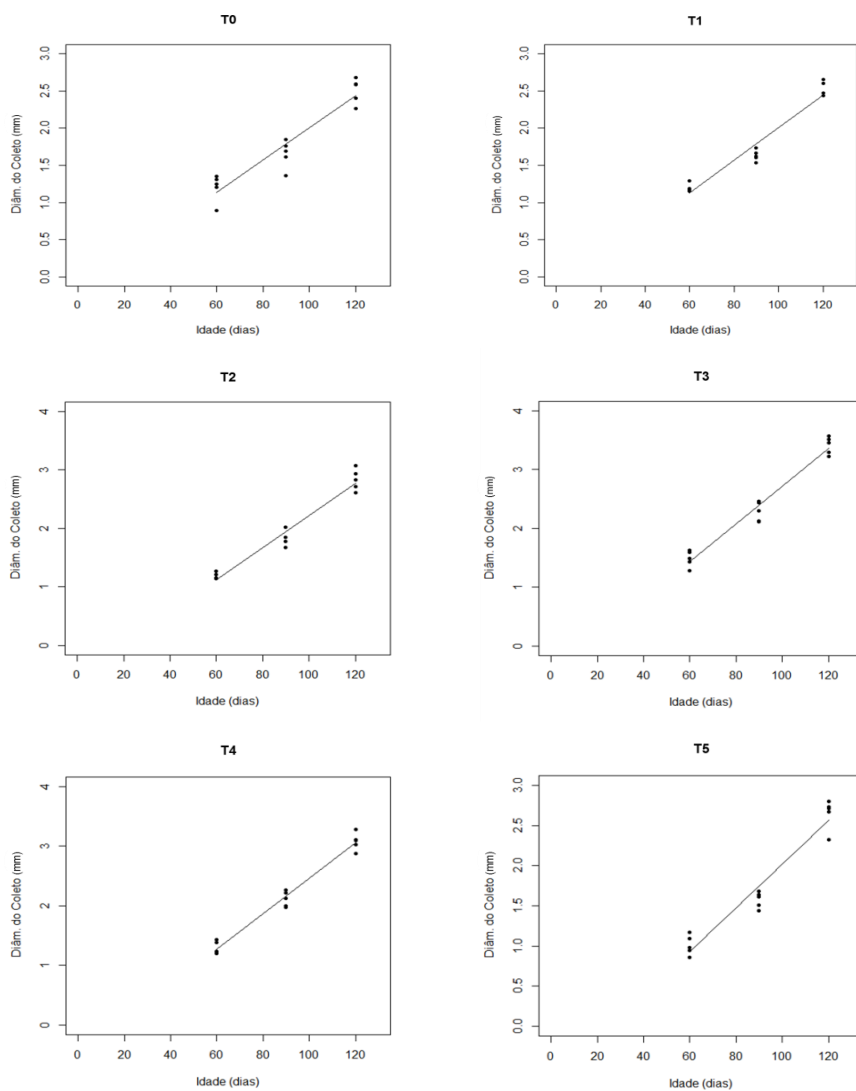


Figura 7 Curva de crescimento em diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” de cada tratamento

Nota: T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.



Por outro lado os tratamentos que apresentaram menores taxas de incremento foram o T0 e T1 (0 e 20% de composto) apresentando curvas muito similares entre si e T5 (100% de composto) (Figura 8). Esses tratamentos apresentaram os seguintes erros padrões (0,1993, 0,139 e 0,1862, respectivamente) e coeficientes de determinação ajustado (88,30, 94,13, e 93,22%, respectivamente) (Tabela 6).

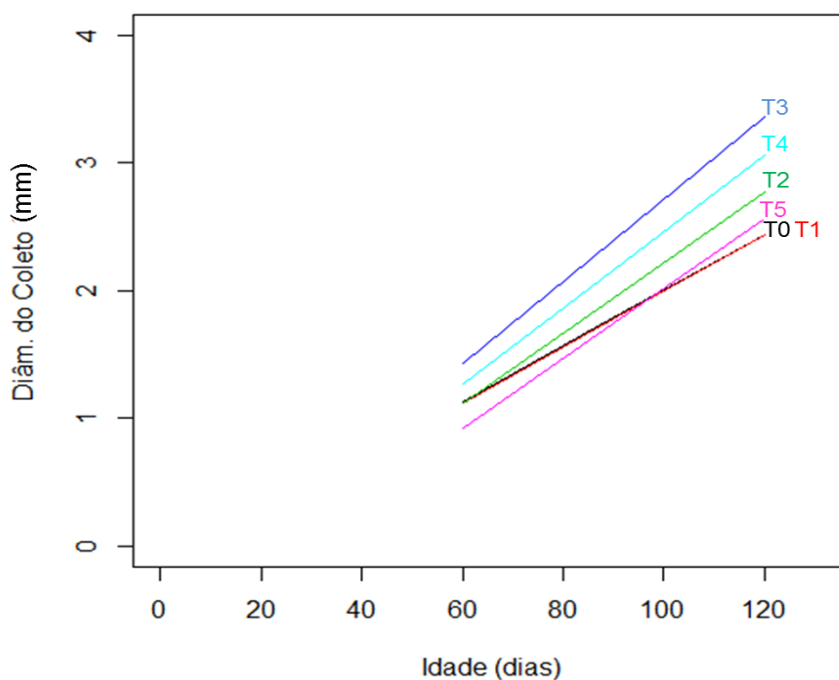


Figura 8 Curvas de crescimento em diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus* "urograndis" nos diferentes tratamentos

Nota: T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Esses resultados estão de acordo com os de Sabonaro (2006) a qual estudando a produção de mudas de espécies florestais nativas com composto de lixo urbano percebeu que em duas das três espécies estudadas os maiores diâmetros foram obtidos nos substratos que também proporcionaram as melhores alturas.

Da mesma forma que Bazzo (2009), estudando a utilização de composto orgânico de lodo de esgoto na formação de mudas de eucalipto, obteve as melhores respostas de crescimento em relação ao diâmetro no tratamento controle, o qual possuiu as maiores alturas. Na análise dos tratamentos que continham a mistura de composto orgânico: casca de arroz carbonizado, as melhores respostas do diâmetro foram as proporções 20:80 e 60:40, as quais também apresentaram as maiores alturas.

### **4.3 Qualidade das mudas no viveiro**

Ao final do experimento no viveiro, 120 dias após semeadura, foi observado que para a altura das mudas de eucalipto (Tabela 7) os tratamentos que apresentaram mudas com maiores médias de altura foram o T3 e T4, com médias estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ). Já os tratamentos T0, T1 e T5 apresentaram as menores médias. De acordo com Gomes et al. (2002), que estudou características morfológicas na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, a altura deve estar com uma média de aproximadamente 30 cm para serem consideradas aptas ao plantio, de acordo com os dados acima percebeu-se que a maioria dos tratamentos se encontra próximo a essa média. Segundo Wendling e Dutra (2010) o valor mínimo para o plantio de mudas de eucalipto no campo é de 15 cm, sob essa ótica todos os tratamentos apresentaram médias de altura superiores a esse mínimo de qualidade de mudas.

Tabela 7 Médias das características morfológicas e índices (H, D, H/D, NF e H/PSA) medidos aos 120 dias após a semeadura das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” em viveiro

Tratamentos	H (cm)	D (mm)	H/D	NF	H/PSA
T0	18,730 c	2,502 d	7,498 b	45,730 b	19,972 b
T1	20,106 c	2,520 d	7,974 b	52,442 a	21,402 b
T2	29,342 b	2,836 c	10,326 a	43,524 b	25,900 a
T3	37,310 a	3,412 a	10,904 a	40,574 b	24,480 a
T4	33,658 a	3,080 b	10,950 a	33,890 c	23,334 a
T5	22,170 c	2,646 d	8,372 b	26,594 d	25,206 a
CV (%)	11,23	5,58	7,99	13,14	10,63

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Scott-Knott ( $\alpha = 5\%$ ). T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Kratz (2011) estudando a formação de mudas de *Eucalyptus benthamii* em diferentes tipos de substratos em um ciclo de produção de 90 dias obteve uma altura média de 21,31 cm, para os substratos de maior crescimento, e 18,39 cm nos substratos com menor crescimento. O autor ainda cita que o eucalipto testado apresentou alta plasticidade, permitindo que suas mudas sejam produzidas em substratos com diferentes formulações.

Barony (2011) realizando um estudo sobre a formação de mudas de *Eucalyptus urophylla* em substratos com diferentes proporções de composto orgânico também em um ciclo de produção de 90 dias teve como resposta uma altura média de 21,53 cm, sendo que os dados se apresentaram bem variados em relação aos tratamentos.

Bazzo (2009) testando a utilização de compostos orgânicos na formulação de substratos para a produção de mudas de eucalipto obteve uma média de altura de 7,63 cm aos 90 dias após a semeadura. Já aos 120 dias a média subiu para 16,58 cm. Dessa forma esses resultados encontram-se bem

abaixo dos citados acima para os 90 dias de ciclo de produção de mudas e aos 120 dias os resultados também se encontram bem abaixo da média do presente estudo.

Utilizando-se das equações apresentadas na Tabela 5, aos 90 dias após a semeadura, chegou-se em uma altura média de 16,89 cm, para o presente estudo, encontrando-se pouco abaixo dos resultados dos trabalhos citados acima, porém estão acima da altura mínima para plantio em campo apresentados por Wendling e Dutra (2010).

Portanto, segundo Gomes et al. (2002), utilizando-se apenas a altura para aferir a qualidade das mudas, é possível dizer que as mudas com a melhor qualidade estão presentes nos tratamentos T3 e T4.

Para a variável diâmetro do coleto, percebeu-se uma grande semelhança com as respostas para a altura, assim como já havia mostrado nas curvas de crescimento. Os menores valores obtidos para o D, assim como para H, foram os tratamentos T0, T1 e T5, e as melhores respostas foram dos tratamentos T3 e T4, porém esses tiveram diferença estatística entre as médias ( $p > 0,05$ ), diferentemente do ocorrido para a H (Tabela 7).

De acordo com Carneiro (1995) o diâmetro é amplamente utilizado para indicar a capacidade de adaptação da muda no campo, refletindo assim sobre a sua sobrevivência. Gomes, Paiva e Couto (1996) e Wendling e Dutra (2010) propuseram 2 mm como limite mínimo do D para considerar uma muda bem formada de eucalipto, dessa forma todos os tratamentos estudados se encontram acima desse limite mínimo aos 120 dias após a semeadura.

Kratz (2011) estudando a formação de mudas de *Eucalyptus benthamii* em diferentes tipos de substratos obteve 1,70 mm como a média dos diâmetros do coleto, sendo que todos os tratamentos não se diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) no período final de 90 dias, estando assim fora dos padrões estipulados por Wendling e Dutra (2010) citados acima. Esse resultado reforça que o ciclo

de produção de mudas de eucalipto em geral necessita de um ciclo de produção superior a 90 dias.

Barony (2011) realizando um estudo sobre a formação de mudas de *Eucalyptus urophylla* em substratos com diferentes proporções de composto orgânico em um ciclo de produção de 90 dias teve como resposta um diâmetro do coleto médio de 1,38 mm, resultado esse que também o deixa fora dos padrões acima mencionados.

Bazzo (2009) estudando a utilização de compostos orgânicos na formulação de substratos para a produção de mudas de eucalipto começou a medição dos diâmetros do coleto aos 105 dias após a semeadura obtendo uma média de 1,63 mm. Já aos 120 dias a média subiu para 2,56 mm. A média aos 105 dias encontrou-se próximos dos citados acima para os 90 dias de ciclo de produção de mudas e aos 120 dias os resultados se encontram próximos, porém abaixo da média obtida no presente estudo.

Utilizando-se das equações apresentadas na Tabela 6 chegou-se em um diâmetro do coleto médio, aos 90 dias, de 1,96 mm, encontrando-se pouco acima dos resultados dos trabalhos citados anteriormente, porém não atingiu o valor mínimo do diâmetro do coleto para plantio em campo apresentados por Wendling e Dutra (2010).

Portanto, utilizando-se apenas o diâmetro do coleto para aferir a qualidade das mudas (GOMES; PAIVA; COUTO, 1996; WENDLING; DUTRA, 2010), é possível dizer que as mudas com a melhor qualidade estão presentes nos tratamentos T3 e T4.

Para a relação H/D, verificaram-se os maiores valores para os tratamentos T4, T3 e T2, sendo consideradas estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ), já as piores respostas foram dos tratamentos T0, T1 e T5, também considerados estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ) (Tabela 7). De acordo com Carneiro (1995) essa razão é importante para exprimir o equilíbrio de crescimento da muda no

viveiro, pois conjuga dois fatores em um único índice, evitando equívocos em avaliar a qualidade da muda com essas variáveis isoladamente. De acordo com o mesmo autor, a faixa desse índice considerada ótima se encontra entre 5,4 e 8,1, dessa forma apenas os tratamentos T0 e T1 encontram-se nessa faixa.

É necessária a ponderação do valor de faixa ótima proposta acima, pois o estudo realizado para a sua confecção foi conduzido com a espécie *Pinus taeda*, sendo fixado um diâmetro ótimo de 3,7 mm e uma altura de muda de 20 a 30 cm. Recalculando essa razão com o diâmetro mínimo, utilizado no presente trabalho, de 2 mm e as alturas variando de 15 a 30 cm, obtêm-se uma faixa ótima variando de 7,5 a 15. Dessa forma apenas o controle se encontra dentro dessa nova faixa ótima de H/D.

Kratz (2011) não obteve efeito significativo ( $p>0,05$ ) entre seus tratamentos para o índice H/D, sendo assim todos os substratos por ele analisados se mostraram adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. O mesmo autor encontrou uma média geral de 11,86.

Trigueiro e Guerrini (2003) também obtiveram respostas acima do limite máximo de H/D citados por Carneiro (1995), justificando que em geral as espécies de eucalipto apresentam um maior crescimento em altura quando comparados com o diâmetro do coleto. A média geral de H/D obtida ao final do experimento foi de 12,19.

De forma oposta Bazzo (2009), teve todas as médias de seus tratamentos dentro da faixa ótima citadas por Carneiro (1995) obtendo uma média do índice H/D de 6,53. Porém, encontrando-se fora da nova faixa ótima apresentada acima.

A variável NF não apresentou uma variação coerente com os diferentes tratamentos propostos, e também não variou da mesma forma que qualquer outra variável avaliada. É possível que esse resultado seja fruto da dificuldade da contagem das folhas em estágios mais avançados da muda, pelo fato do grande

número de folhas por indivíduo e pela perda das mesmas ao longo do tempo (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

Binotto, Lucio e Lopes (2010) estudando variáveis de crescimento de mudas e o IQD para *Pinus* e eucalipto percebeu que a variável que menos explicava a qualidade das mudas era o NF.

Bazzo (2009) cita que a produção de folhas pode ser relacionada com a quantidade de sais presentes no substrato, característica que pode ser medida pela CE, dizendo que altas concentrações destes podem acarretar em uma menor formação de folhas, mesmo não tendo influência nos demais características. Dessa forma percebe-se que os dados do presente experimento não se apresentaram dessa forma, pois o NF não variou de acordo com a CE.

O índice H/PSA mostra que quanto menor o seu valor, mais lignificada está a muda, aumentando assim as suas chances de sobrevivência em campo. Esse índice foi menos restrito que as demais variáveis, dividindo estatisticamente os dados em dois grupos (Tabela 7), o primeiro com maiores respostas em relação a esse índice foram os tratamentos T2, T3, T4 e T5 (menos lignificadas), e o segundo, com respostas menores, sendo representado pelos tratamentos T0 e T1 (mais lignificadas).

Para as variáveis PSA, PSR e PST foram obtidos resultados parecidos (Tabela 8), onde as respostas mais altas foram para os tratamentos T3, T4 e T2, sendo os dois primeiros considerados estatisticamente iguais ( $p>0,05$ ). Por outro lado os tratamentos T5, T0 e T1 apresentaram as menores massas secas, também sendo consideradas estatisticamente iguais ( $p>0,05$ ).

Tabela 8 Médias das características morfológicas e índices (PSA, PSR, PST, PSA/PSR e IQD) medidos aos 120 dias após a semeadura das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” em viveiro

Tratamentos	PSA (g)	PSR (g)	PST (g)	PSA/PSR*	IQD
T0	0,960 c	0,470 c	1,430 c	2,050	0,150 b
T1	0,938 c	0,562 c	1,502 c	1,682	0,156 b
T2	1,140 b	0,630 b	1,766 b	1,812	0,146 b
T3	1,528 a	0,786 a	2,314 a	1,948	0,178 a
T4	1,448 a	0,710 a	2,158 a	2,062	0,166 a
T5	0,882 c	0,498 c	1,380 c	1,794	0,136 b
CV (%)	11,38	12,88	10,83	11,26	9,97

\*Variâncias consideradas iguais pelo teste F a 5% de significância. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Scott-Knott ( $\alpha = 5\%$ ). T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

A média do PST está próxima dos limites citados por Higashi, Silveira e Gonçalves (2000) o qual menciona que a matéria seca para *Eucalyptus grandis* aos 97 dias após a semeadura deve estar entre 1,2 e 1,6 g. Tendo em conta que o presente experimento foi conduzido com uma espécie híbrida de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* e que o ciclo de produção de mudas teve duração de 120 dias, é aceitável que esses valores sejam superiores. Apenas os tratamentos T0, T1 e T5 encontraram-se nessa faixa, os demais foram superiores.

O mesmo autor complementa que o total acumulado do PSA e PSR devem se apresentar com 70 - 75% e 25 - 30% do PST respectivamente. Com o mesmo raciocínio utilizado no parágrafo passado as porcentagens encontradas no estudo, referentes aos PSA e PSR estiveram fora da faixa citada, sendo que o PSA encontrou-se entre 65 - 70% e o PSR entre 30 - 35%.



Resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento foram os de Trigueiro e Guerrini (2003), os quais estudando diferentes proporções de composto orgânico em substratos para a formação de mudas de *Eucalyptus grandis* com ciclo de produção de 120 dias encontraram uma média de PST de 1,32 g, sendo que apenas três tratamentos se encontraram na faixa recomendada, dois estavam abaixo do limite mínimo e o controle apresentou média superior ao limite máximo. Em relação aos PSA e PSR, os mesmos apresentaram resultados mais distantes que os do presente experimento, sendo que o PSR esteve entre 20 – 25% e o PSA entre 75 – 80%.

Estudando diferentes proporções de composto orgânico para a formação de mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, Bazzo (2009) obteve valores altos tendo como média geral 3,02 g, provavelmente por ter realizado um ciclo de produção de 150 dias. Já em relação aos PSA e PSR o autor obteve as respectivas porcentagens 55 - 65% e 35 - 45%, mostrando dessa forma uma tendência do aumento do PSR e diminuição do PSA com o aumento do ciclo de produção de mudas.

O índice PSA/PSR foi o único que teve as variâncias consideradas iguais, não apresentando diferença entre as médias dos tratamentos. Realmente percebe-se que a média de todos os tratamentos para essa variável está próxima de 2 (Tabela 8). Caldeira et al. (2000 citados por TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003) citam que um bom valor de PSA/PSR para mudas de eucalipto seria 2, ou 0,5 calculando-se a razão de forma inversa. Desse modo percebeu-se um equilíbrio entre as massas na formação das mudas desse experimento.

Porém, Gomes et al. (2002) critica esse índice, dizendo que para a sua obtenção é necessário a realização de dois métodos destrutivos, além de sua relação com o crescimento das mudas em campo ser contraditória, evitando assim que se tirem conclusões com a sua análise.

O IQD é considerado uma boa medida morfológica integrada, pois leva em consideração diversas características importantes como PST, PSA, PSR, H e D, considerando assim a robustez e o equilíbrio da distribuição das massas (FONSECA et al., 2002). De forma direta, quanto maior o seu valor, melhor a qualidade da muda.

Para esse índice os tratamentos que apresentaram os maiores valores foram o T3 e T4 (Tabela 8), sendo considerados estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ). Já os demais tratamentos, também considerados estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ), apresentaram menores valores, indicando a formação de mudas de menor qualidade. A média geral para o experimento foi de 0,155.

Kratz (2011), estudando a formação de mudas de *Eucalyptus benthamii* em 41 tipos diferentes de substratos em um ciclo de produção de 90 dias obteve uma média do IQD de 0,16. Steffen et al. (2011) estudando a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*, ciclo de 100 dias, em substratos com diferentes porcentagens de vermicomposto obteve as médias do IQD de 0,17 e 0,16 respectivamente. Esses resultados estão próximos aos do presente experimento, porém Gomes et al. (2002) estudando características morfológicas para avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* 120 dias após a semeadura encontrou IQD abaixo dos apresentados acima, tendo como média geral 0,032, assim como Binotto, Lucio e Lopes (2010) que estudando a qualidade de mudas dessa mesma espécie encontrou uma média de 0,05 aos 120 dias após a emergência das mudas, mostrando assim certa dificuldade para a definição de um valor padrão para esse índice.

Gomes e Paiva (2004 citados por KRATZ, 2011) defendem que o valor mínimo do IQD deve ser de 0,20, considerando, portanto, todos os exemplos aqui citados fora dos padrões para esses autores. Deve-se atentar para o fato desse índice ter sido calculado para as espécies *Pseudotsu gamenziessi* e *Picea abies*, e dessa forma esse valor pode não representar o gênero *Eucalyptus* com

precisão. Além do mais os valores de IQD podem sofrer variações entre as próprias espécies de eucalipto assim como com o ciclo de produção de mudas.

#### 4.4 Análise química foliar das mudas no viveiro

Os dados referentes aos teores de macro e micronutrientes contidos nas folhas das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” são apresentados nas Tabelas 9, 10 e 11. De acordo com o observado nestas tabelas notou-se que os nutrientes Ca, Mg, B, Zn e Fe, foram encontrados em concentrações maiores nos tratamentos que continham a mistura de composto orgânico em sua constituição, apresentando, portanto, valores superiores aos encontrados no controle.

Tabela 9 Concentração de macronutrientes das folhas de *Eucalyptus* “urograndis” em viveiro medidos aos 120 dias após a semeadura

Tratamentos	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
T0	2,18 a	0,97 c	0,84 b	0,31 c
T1	1,71 b	0,97 c	1,35 a	0,37 b
T2	1,74 b	1,49 a	1,44 a	0,37 b
T3	1,80 b	0,94 c	1,62 a	0,37 b
T4	2,17 a	1,15 b	1,72 a	0,41 a
T5	2,12 a	0,92 c	1,29 a	0,34 c
CV (%)	6,19%	3,62%	14,95%	4,45%

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Scott-Knott ( $\alpha = 5\%$ ). T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

O nutriente N apresentou alta concentração para T0, T4 e T5, e menor concentração para os demais tratamentos (Tabela 9). Já o K foi obtido sem nenhuma relação com as proporções de composto orgânico na composição do

substrato, apresentando a maior concentração no tratamento T2 e menor concentração no tratamento T3.

As concentrações de K estiveram abaixo dos parâmetros ótimos os quais se encontram entre uma faixa ótima de 1,5% a 2%. Já em relação ao macronutriente Ca apenas o controle se encontrou dentro da faixa ótima, a qual se encontra entre 0,8% e 1,2% (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), enquanto o restante dos tratamentos apresentou valores acima do limite máximo. Dessa forma notou-se o efeito antagônico do K e Ca (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003). Em vista desses resultados é indicada uma adubação potássica mais alta, visando aumentar a concentração de K e diminuir a concentração de Ca nas folhas das mudas de eucalipto.

O macronutriente Mg apresentou-se em concentrações consideradas dentro da faixa ótima, 0,30% a 0,35% (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), apenas para o controle e para o tratamento T5, porém todos os outros tratamentos apresentaram concentrações pouco acima do limite máximo para esse nutriente.

Para o nutriente N, foram obtidos valores acima dos considerados ideais para todos os tratamentos, sendo a faixa ideal 1,3% a 1,5% (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), mostrando dessa forma a necessidade da adequação da adubação para o substrato e híbrido estudados. Dessa forma indica-se uma adubação com menor concentração de N e maior em K (citada anteriormente), buscando o enquadramento das concentrações dos nutrientes N, K e Ca nos intervalos considerados ideais. Outra variável que sofreria adequação com essa adubação seria a relação N/K, a qual apresenta um faixa ideal entre valores 0,6 e 1,0 na fase de rustificação das mudas (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

O micronutriente Cu foi o único que não apresentou diferença significativa (teste F a 5% de significância) (Tabela 10), sendo assim as médias de todos os tratamentos foram considerados estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ).

Tabela 10 Concentração de micronutrientes das folhas de *Eucalyptus* “urograndis” em viveiro medidos aos 120 dias após a semeadura

Tratamentos	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )*	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
T0	48,00 e	2,46	210,56 b	80,90 b
T1	61,73 b	2,26	230,06 a	85,66 b
T2	55,63 d	2,83	210,96 b	82,60 b
T3	76,20 a	3,10	238,30 a	95,63 a
T4	58,23 c	3,43	252,36 a	100,46 a
T5	54,06 d	2,23	235,56 a	90,43 a
CV (%)	2,13%	29,26%	6,68%	5,03%

\*Variâncias consideradas iguais pelo teste F ( $\alpha = 5\%$ ); médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Scott-Knott ( $\alpha = 5\%$ ). T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Os níveis de concentração dos micronutrientes B, Fe e Zn nas folhas das mudas de eucalipto se encontraram acima dos limites máximos preconizados por Higashi, Silveira e Gonçalves (2000), sendo eles 40 mg kg<sup>-1</sup>, 130 mg kg<sup>-1</sup> e 40 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A explicação para esses resultados pode estar ligada ao pH inicial dos tratamentos, às concentrações desses micronutrientes no substrato dos diferentes tratamentos e por conta das adubações de cobertura realizadas semanalmente.

O micronutriente Cu apresentou concentrações abaixo do nível mínimo considerado ideal, menores que 30 mg kg<sup>-1</sup> (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), mesmo tendo a sua concentração no substrato dos tratamentos dentro dos níveis considerados ótimos (0,001 a 0,5 mg kg<sup>-1</sup>). Esse

fato pode ser explicado pelo alto valor de pH do substrato, diminuindo assim a disponibilidade desse nutriente para a planta.

As concentrações de P apresentaram a tendência de aumento do controle ao tratamento T2, a partir do qual seus valores apresentaram um declínio (Tabela 11). As concentrações dos tratamentos T1, T3, T4 e T5 se encontram dentro do intervalo considerado ideal para esse nutriente, o qual se encontra entre 0,15% e 0,20% (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), já o tratamento T0 e T2 apresentaram concentrações abaixo e acima, respectivamente, da faixa ideal. De acordo com D'Avila (2008), normalmente se espera uma maior a concentração de P e N foliar, quando é realizada uma fertilização nitrogenada, dessa forma os dados obtidos nesse estudo não corroboram com essa afirmação.

Tabela 11 Concentração de macro e micronutrientes das folhas de *Eucalyptus* “urograndis” em viveiro medidos aos 120 dias após a semeadura

Tratamentos	P (%)	S (%)	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )
T0	0,12 e	0,06 a	316,23 a
T1	0,17 c	0,04 b	116,43 c
T2	0,23 a	0,05 b	134,7 bc
T3	0,20 b	0,06 a	176,6 bc
T4	0,20 b	0,05 b	177,53 bc
T5	0,16 d	0,06 a	183,33 ab
Erro padrão	0,612	1,504	2,043

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 5\%$ ). T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

As concentrações de S se apresentaram bastante próximas, porém não mostraram relação com os tratamentos estudados. Para todos os tratamentos essas concentrações se situaram abaixo do limite mínimo de 0,13%.

Os níveis de concentração do micronutriente Mn apresentaram alto valor para o controle, diminuindo de forma acentuada em relação ao tratamento T1. A partir desse tratamento, o Mn apresentou um comportamento crescente à medida que se aumentava a porcentagem de composto orgânico no substrato. De todos os tratamentos, o controle foi o único que apresentou a concentração dentro da faixa ótima,  $300 \text{ mg kg}^{-1}$  a  $500 \text{ mg kg}^{-1}$  (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), ao passo que os demais tratamentos se apresentaram abaixo desta faixa.

Apesar de algumas das concentrações foliares dos macro e micronutrientes avaliados nos diferentes tratamentos não estarem dentro das faixas consideradas ótimas, não foi obtido nenhum sinal visual de deficiência das mudas de eucalipto no viveiro. Esse resultado já era esperado, pois a ocorrência dessas deficiências em mudas de eucalipto na fase de viveiro é rara (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

#### **4.5 Plantio em campo**

Ao final do experimento no viveiro realizou-se o plantio das mudas em campo. Foram calculadas as taxas de sobrevivência das mudas aos 15 dias após o plantio assim como as alturas e diâmetros do coleto, medidas em dois momentos, no dia do plantio e 60 dias após o mesmo. Os resultados se encontram na Tabela 12 e 13.

Tabela 12 Taxa de sobrevivência das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” aos 15 dias após o plantio para cada tratamento

<b>Tratamento</b>	<b>Sobrevivência (%)</b>
T0	100,00
T1	97,22
T2	96,30
T3	97,22
T4	94,44
T5	99,07
<b>Total</b>	<b>97,37</b>

T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

A taxa de sobrevivência das mudas foi alta quando analisadas por tratamento (Tabela 12), tendo como maiores valores os tratamentos T0 e T5 (100 e 99,07%, respectivamente) e como menor valor o tratamento T4 (94,44%). Os demais tratamentos se situaram em uma faixa intermediária aos dados acima apresentados. Tendo em vista o plantio puro de apenas um tratamento, todos eles estariam dentro de níveis aceitáveis, excluindo a necessidade o replantio.

O fato de as menores taxas de sobrevivência terem sido encontradas nos tratamentos que apresentaram as melhores qualidades de muda no viveiro pode estar relacionada com a época de plantio (baixa precipitação) e pelo fato dessas mudas apresentarem maiores alturas, apresentando maior susceptibilidade ao stress hídrico.



Tabela 13 Média das taxas de crescimento inicial (%) em altura da parte aérea e diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” para todos os tratamentos aos 60 dias após o plantio

Tratamentos	H	D*
T0	44,97 a	60,20
T1	38,76 a	58,41
T2	32,52 b	53,79
T3	24,99 b	52,90
T4	30,41 b	52,70
T5	42,18 a	54,75
CV (%)	12,58	8,71

\*Variâncias consideradas iguais pelo teste F a 5% de significância. Diferença mínima estatística do teste de Scott-Knott ( $\alpha = 5\%$ ); médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância. T0 – 100% substrato base; T1 – 80% substrato base + 20% composto orgânico; T2 – 60% substrato base + 40% composto orgânico; T3 – 40% substrato base + 60% composto orgânico; T4 – 20% substrato base + 80% composto orgânico; T5 – 100% composto orgânico.

Silveira et al. (2004) estudando a sobrevivência de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* provenientes de microestacas na cidade de Capão Bonito, SP, encontraram 99 e 97%, respectivamente, de sobrevivência aos 180 dias após o plantio. Como não houve mortes após o replantio dos tratamentos do presente experimento note-se que os resultados se apresentam bastante próximos.

O mesmo autor realizou um estudo de crescimento em H e D dessas mesmas duas espécies realizando duas medições sequenciais, sendo a primeira aos 86 dias de idade, época de expedição das mudas do viveiro para o campo, e a segunda aos 180 dias após o plantio. As taxas de crescimento obtidas para as variáveis altura e diâmetro do colo foram de 88,03% e 89,58%, respectivamente, para o *Eucalyptus grandis* e 85,39% e 88,04%, respectivamente, para o

*Eucalyptus saligna*. Percebeu-se que esses valores representaram o dobro ou mais para a altura e pouco menos que o dobro para o diâmetro do que os obtidos nesse trabalho (Tabela 13), porém essa análise precisa ser ponderada em relação ao tempo de crescimento, seis meses para o trabalho de Silveira, Moreira e Higashi (2004) e dois meses para o presente trabalho. Dessa forma notou-se uma maior aproximação desses valores.

Avaliando-se as Tabelas 12 e 13 percebeu-se que houve uma influência da taxa de sobrevivência dos tratamentos com os valores de H e D, mesmo as variâncias do último serem consideradas iguais (teste F a 5% de significância). Desta forma observou-se que o tratamento T0, o qual resultou em 100% de sobrevivência, apresentou a maior taxa de crescimento em H (44,97%) e D (60,20%). De forma oposta temos o tratamento T4, com a menor taxa de sobrevivência (94,44 %), apresentando a segunda menor taxa de crescimento em H (30,41%) e a menor taxa de crescimento em D (52,70%).

## 5 CONCLUSÃO

A qualidade das mudas de *Eucalyptus* “urograndis” produzidas em substratos contendo composto orgânico, proveniente de resíduos de fábrica de papel e celulose, se mostrou superior à qualidade das mudas produzidas com o substrato base de acordo com as variáveis avaliadas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. C. et al. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (dregs). **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 1669-1672, 2007.

ARRUDA, J. A. **Resíduos da indústria de celulose como corretivo da acidez do solo e fonte de cálcio para eucalipto**. 2010. 20 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de bio sólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência**, Guarapava, v. 5, n. 2, p. 321-330, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Dados do setor, outubro – 2012**. São Paulo, 2012. 29 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, 2012.

BARONY, F. J. A. **Bio sólidos: produção, efeitos no crescimento de mudas de eucalipto e avaliação de risco à saúde humana**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

BARRETTO, V. C. M. **Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto**. 2008. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

BAZZO, J. F. **Utilização de composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de eucalipto**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

BELLOTE, A. F. J. et al. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99-106, 1998.

BENEDETTI, V. Utilização de resíduos industriais da Ripasa S/A Celulose e Papel como insumos na produção florestal. In: GUERRINI, I. A. et al. **Seminário sobre uso de resíduos florestais e urbanos em florestas**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1994. p.141-154.

BINOTTO, A. F.; LUCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995.

COSTA, J. R. **Técnicas experimentais aplicadas às ciências agrárias**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 102 p. (Documentos, 163).

D'AVILA, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Eucalipto**: sistema de produção, 4. 2. ed. [S. l.], 2010. Disponível em:<[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivoCultivadoE\\_2ed/Recomend\\_Dose\\_Nutri.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivoCultivadoE_2ed/Recomend_Dose_Nutri.htm)>. Acesso em: 29 jun. 2012.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

FAUSTINO, R. et al. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2000. 91 p.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

GARCIA, G. O. et al. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biossólidos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 87-94, 2010.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 15-22, 1996.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 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. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000.

GONÇALVES, J. L. M; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia. **Resumos...** Campinas: SBCS, 1996. p. 133-180. CD-ROM.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólidos) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. 154 p. Tese (Doutorado em Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

GUERRINI, I. A. et al. Effects of wood ash x pulp and paper sludge interaction in *Eucalyptus* plantation. In: NORTH AMERICAN FOREST SOILS CONFERENCE, 9., 1998, Tahoe City. **Proceedings...** Madison: American Soil Science Society, 1998.

GUERRINI, I. A. et al. **Uso de resíduos industriais e urbanos como fertilizantes orgânicos**: relatório técnico. Botucatu: Convênio FEPAF/CelpavFlorestal, 1999.

HIGA, R. C. V. et al. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 31 p. (Documentos, 54).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de eucaliptos. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. v. 1, p. 191-218.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maidenet Cambage e *Mimosa scabrella* Benth**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LOPES, J. L. W. et al. Atributos químicos e físicos de dois substratos para produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 14, p. 358-367, 2008.

MAEDA, S. et al. Caracterização de substratos para a produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 97-104. 2007.

MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 81-92, 1999.

MIZRACHI, E. et al. De novo assembled expressed gene catalog of a fast-growing *Eucalyptus* tree produced by Illumina mRNA-Seq. **BMC Genomics**, London, v. 11, p. 1-12, 2010.

MORO, L.; GONÇALVES, J. L. M. Efeito da “cinza” de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 48/49, p. 18-27, 1995.

PAIVA, A. V. et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, 2009.

PALUDZYSZYN FILHO, E. et al. Estratégia para o melhoramento de eucaliptos tropicais na Embrapa. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 29 p. (Documentos, 99).

SABONARO, D. Z. **Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação**. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SETTE-JUNIOR, C. R. et al. Efeito da aplicação de fertilização nitrogenada e lodo de esgoto nas características da madeira juvenil de árvores de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p.303-312, 2009.

SILVA, P. H. M. L. et al. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodos de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 845-854, 2008.

SILVA, W. et al. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 325-335, set./dez. 2004.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; HIGASHI, E. N. Crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em condições de viveiro e de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 366-371. 2004.



STAPE, J. L.; BALLONI, E. A. O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos na produção florestal. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 40, p. 33-37, 1988.

STEFFEN, G. P. K. et al. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.

TRIGUEIRO, R. M. **Efeito de “dregs e grits” nos atributos de um neossolo quartzarênico e na produção volumétrica de eucalipto**. 2006. 73 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

TRIGUEIRO R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 150-162, 2003.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13-47.