



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**Gabriel Rocha dos Santos**

**USO DE BIOSSÓLIDO NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA  
ATLÂNTICA**

**Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DOS SANTOS LELES**  
**Orientador**

SEROPÉDICA, RJ

Agosto – 2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**Gabriel Rocha dos Santos**

**USO DE BIOSSÓLIDO NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA  
ATLÂNTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEROPÉDICA - RJ

Agosto – 2013

**USO DE BIOSSÓLIDO NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO  
DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA**

**GABRIEL ROCHA DOS SANTOS**

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 08 de agosto de 2013.

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles  
UFRRJ / IF / DS  
Orientador

---

Prof. Dra. Érika Flávia Machado Pinheiro  
UFRRJ / IA / DS  
Membro

---

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo  
UFRRJ / IF / DS  
Membro

*E ainda que tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria. (I Coríntios 13:2 – Bíblia Sagrada – Nova Versão Internacional)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre comigo, e pela pessoa de Jesus, a quem renderei louvores por toda a minha vida pela sua fidelidade durante a minha vida acadêmica.

Aos meus pais, Antonio e Niza, por terem me dado condições de estudar e estarem sempre acreditando em mim.

Ao meu irmão Daniel por sempre me receber com muito carinho nos finais de semana em casa.

Agradeço à minha namorada Giselly pelas orações, por estar sempre do meu lado mesmo que distante, e sem se esquecer, um dia sequer, de dar uma ligação expressando o carinho que sente por mim. Obrigado por ser um ombro amigo e estar sempre apta para dividir a minha carga emocional!

Aos meus familiares que estão sempre torcendo e orando por mim, Tio Marcos e Tia Vânia, presentes desde o dia da minha matrícula na Universidade, minha avó Lindalva que sempre quando pode me presenteia com suas empadas.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por está realizando o curso de Engenharia Florestal.

Agradeço à AGEVAP – Agência de Bacia pelos recursos financeiros cedidos no Edital nº 01/2012, à PCH Santa Rosa S/A por permitir realizar e ajudar a conduzir a fase campo e a Nova CEDAE por disponibilizar o bio-sólido para a montagem do experimento.

Ao professor Paulo Sérgio dos Santos Leles, por toda sua orientação e paciência. Pela oportunidade de estagiar no Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER), do qual tiro lições para toda a minha vida acadêmica, profissional e pessoal.

A toda equipe do LAPER. Amigos com grande potencial que desde a graduação tem me ensinado a trabalhar com seriedade e responsabilidade. Agradeço em especial ao Alan por ter acompanhado de perto o experimento desde a sua idealização, ao Dereck e Yara pelo auxílio na montagem do experimento ainda que período de greve e ao Tafarel por todo o apoio na mensuração, tabulação e processamento de dados.

Aos professores membros da banca, Érika e Lucas pelas correções que auxiliaram na melhor produção deste trabalho.

Não posso deixar de agradecer aos funcionários do viveiro, Tião, Cacá e Matheus, que com muita alegria tornaram o ambiente de trabalho mais divertido.

Agradeço a toda turma 2010-II pelos momentos de descontração e pelo grande companheirismo nessa jornada no curso de Engenharia Florestal da UFRRJ.

Aos amigos da Casa Verde: Gerhard, João Flávio, Hudson, Bimbim, Jão Manel e Wilbert pela amizade, momentos de diversão, e ajuda nos estudos para as avaliações acadêmicas.

A todas outras pessoas não citadas aqui, mas que direta ou indiretamente auxiliaram na concretização desse trabalho. A todos vocês, meu muito obrigado.

## RESUMO

A alta demanda de mudas de espécies florestais no estado do Rio de Janeiro associada à dificuldade dos viveiristas na obtenção de esterco bovino para produção de substrato tem estimulado pesquisas visando uma alternativa à substituição. Objetivou-se avaliar o potencial do uso de biossólido (lodo de esgoto estabilizado) como componente do substrato para a produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), *Schinus terebenthifolius* (aroeira pimenteira) e *Pseudobombax grandiflorum* (embiruçu). Foram realizados três tratamentos com proporções de 20, 40 e 80% de biossólido acrescidos de areia e argila, um tratamento composto por esterco bovino, argila e areia, e um tratamento composto apenas por argila e areia. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. Em viveiro, foram realizadas mensurações de altura e diâmetro do coleto das mudas. No fim desta fase, foram avaliados peso seco da parte aérea, peso seco do sistema radicular, área foliar e os teores de macronutrientes nos tecidos vegetais. A fase de campo caracterizou-se pelo plantio de 16 mudas por tratamento, em área de reflorestamento em Bom Jardim, RJ. Realizou-se avaliação da sobrevivência das plantas aos 42 dias e 150 dias após o plantio, esta última acompanhada da mensuração da altura e diâmetro do coleto das plantas. Constatou-se que para angico vermelho e aroeira, as mudas produzidas com maior proporção de biossólido apresentaram maior crescimento e para embiruçu foi no substrato composto por 20% de biossólido. As mudas produzidas com maior proporção de biossólido apresentaram menores concentrações de macronutrientes. Em campo, para as três espécies, em todos os tratamentos, as plantas apresentaram sobrevivência superior a 85% e as originárias de mudas produzidas com maior proporção de biossólido apresentaram maior crescimento aos 5 meses após o plantio.

**Palavras chave:** aroeira, angico e embiruçu.

## ABSTRACT

The high demand for seedlings of forest species in the Rio de Janeiro state associated with the difficulty in getting the nursery manure for substrate production has stimulated researchs aimed an alternative to replacement. This study aimed to evaluate the potential use of biosolids (stabilized sewage sludge) as component of the substrate for the production of seedlings *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), *Schinus terebenthifolius* (aroeira pimenteira) and *Pseudobombax grandiflorum* (embiruçu). Three treatments were carried out with ratios of 20, 40 and 80% of biosolids plus sand and clay treatment comprising manure, clay and sand, and a treatment consisting only of clay and sand. The experimental design was the completely randomized with four repetitions. In the nursery forest, measurements were made of height and root collar diameter of seedlings. At the end of this phase were evaluated the aerial dried mass, root dried mass, leaf area and the macronutrient in plant tissues. The field phase was characterized by planting 16 seedlings per treatment in a reforestation area in BomJardim, RJ. Was evaluated the plant survival at 42 days and 150 days after planting, the latter accompanied by measurement of height and root collar diameter of the plants. It was found that for angico vermelho and aroeira, the seedlings with a higher proportion of biosolids showed more growth and embiruçu the substrate was composed of 20% of biosolids. The seedlings with higher proportion of biosolids had lower concentrations of macronutrients. In the field, for the three species in all treatments, the plants had survival greater than 85% and those originating from seedlings with a higher proportion of biosolids had higher growth at 5 months after planting.

**Keywords:** aroeira, angico and embiruçu.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO</b> .....	2
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
3.1 SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS EM SACOS PLÁSTICOS .....	2
3.2 BISSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS .....	3
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	4
4.1 MONTAGEM, CONDUÇÃO E AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO NO VIVEIRO .....	4
4.2 FASE DE CAMPO .....	6
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	8
5.1 FASE DE VIVEIRO .....	8
5.1.1 <i>Anadenanthera macrocarpa</i> .....	8
5.1.2 <i>Schinus terebenthifolius</i> .....	11
5.1.3 <i>Pseudobombax grandiflorum</i> .....	14
5.1.4 Teores de macronutrientes de angico vermelho e aroeira pimenteira .....	17
5.2 FASE DE CAMPO .....	19
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	20
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	21
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21
<b>9. ANEXOS</b> .....	26



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Precipitação total e média da temperatura máxima a cada três dias, na região de Cordeiro Rio de Janeiro (eixo x: 1 corresponde do 1° ao 3° dia, 2 do 4° ao 6° dia, ....., e 14 do 40° ao 42° dia após o plantio) ..... 8
- Figura 2: Crescimento médio em altura de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 9
- Figura 3: Crescimento médio em diâmetro de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 9
- Figura 4: Agregação do substrato de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* no final da fase de viveiro produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e três substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 11
- Figura 5: Crescimento médio em altura de mudas de *Schinus terebenthifolius* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 12
- Figura 6: Crescimento médio em diâmetro de mudas de *Schinus terebenthifolius* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 12
- Figura 7: Agregação do substrato de mudas de *Schinus terebenthifolius* no final da fase de viveiro produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e três substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 14
- Figura 8: Crescimento médio em altura de mudas de *Pseudobombax grandiflorum* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 15
- Figura 9: Crescimento médio em diâmetro de mudas de *Pseudobombax grandiflorum* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia ..... 15
- Figura 10: Agregação do substrato de mudas de *Pseudobombax grandiflorum* no final da fase de viveiro produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila

e areia (30:60:10), e três substratos com diferentes proporções de  
biossólido e argila, com 10% de areia ..... 17

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características químicas de diferentes substratos utilizados para produção de mudas de três espécies florestais, em sacos plásticos .....	5
Tabela 2: Resultado de análise química do solo (0 – 25 cm) da área destinada ao reflorestamento da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Santa Rosa, Município de Bom Jardim .....	7
Tabela 3: Médias dos parâmetros de crescimento para mudas de <i>Anadenanthera macrocarpa</i> produzidas com diferentes substratos, aos 125 dias após a semeadura .....	10
Tabela 4: Médias dos parâmetros de crescimento para mudas de <i>Schinus terebenthifolius</i> produzidas com diferentes substratos, aos 110 dias após a semeadura .....	13
Tabela 5: Médias dos parâmetros de crescimento para mudas de <i>Pseudobombax grandiflorum</i> produzidas com diferentes substratos, aos 131 dias após a semeadura .....	16
Tabela 6: Concentração de macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) de mudas duas espécies florestais produzidas em diferentes substratos .....	18
Tabela 7: Resultado da análise química de substratos após a produção de mudas de duas espécies florestais, no final da fase de viveiro .....	19
Tabela 8: Taxa de sobrevivência (%) no campo das plantas de três espécies florestais, aos 45 e 150 dias após o plantio em Bom Jardim - RJ, oriundas de mudas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia .....	20
Tabela 9: Crescimento das plantas de três espécies florestais, 5 meses após o plantio em Bom Jardim - RJ, oriundas de mudas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia .....	20

## 1. INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica é um dos mais ricos ecossistemas do Brasil. Sua elevada biodiversidade e a presença de várias espécies endêmicas, faz com que este seja um dos mais importantes biomas do mundo (MYERS et al., 2000). Em função da atividade humana, estima-se que hoje existam apenas 7% da área original do bioma (RODRIGUES, 2009). Áreas que eram ocupadas por floresta, hoje dão lugar a pastagens, lavouras e principalmente a paisagem urbana. Estima-se que os remanescentes de mata nativa estejam em fragmentos com cerca de 10 hectares e muitas vezes distantes entre si (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Existe a necessidade do aumento da cobertura florestal. Segundo dados do Pacto da Mata Atlântica (2009) existem aproximadamente 939.800 hectares passíveis de restauração florestal. Cabe salientar que o Estado do Rio de Janeiro firmou o Compromisso Olímpico, o qual estabelece o plantio de 24 milhões de mudas até 2016 (BRASIL, 2011). Existem também junto ao órgão ambiental do Rio de Janeiro, vários processos administrativos que tem como medida mitigatória ou compensatória a obrigação de plantios florestais visando a restauração florestal.

Para a execução desses reflorestamentos necessita-se de mudas florestais. Segundo Alonso (2013) aproximadamente 93% das mudas produzidas no Estado do Rio de Janeiro são produzidas em sacos plásticos e que aproximadamente 40% dos viveiros estão localizados na região metropolitana ou próxima a ela. O substrato normalmente utilizado é o esterco bovino acrescido com argila, segundo este autor presente em 57% dos viveiros florestais. No entanto, na região metropolitana, a atividade pecuária é bastante diminuta, e em sua maioria adota o sistema extensivo, o que dificulta a disponibilidade de esterco em quantidade e qualidade.

Entre os potenciais materiais para uso como fonte de matéria orgânica na composição de substratos para a produção de mudas florestais, encontra-se o lodo de esgoto estabilizado, conhecido como biossólido. O biossólido é um resíduo sólido originado das estações de tratamento de esgoto (ETEs), que segundo Rocha et al. (2004) é normalmente depositado em aterros sanitários, no fundo de oceanos ou incinerado.

Com a conscientização ambiental e políticas públicas voltadas ao saneamento, pretende-se a ampliação dos serviços de coleta e tratamento de esgoto doméstico, pois são atividades intimamente ligadas ao desenvolvimento social da população (SEAG, 1991). Nesse contexto, será produzida uma quantidade maior de biossólido. Estima-se que os custos relacionados com o descarte de biossólido cheguem a 50% do custo operacional de uma ETE (PIRES, 2006). Por isso, há a necessidade do desenvolvimento de alternativas para disposição desse resíduo de maneira mais barata e segura ambientalmente.

Segundo Gonçalves et al. (2000) deve-se dar prioridade ao uso de substratos que constituem resíduos industriais ou urbanos, pois, além de diminuir o problema ambiental, geralmente são uma garantia de fornecimento de matéria-prima em longo prazo e baixo custo (CALDEIRA et al., 1998; CALDEIRA et al., 2000; CALDEIRA et al., 2005; CALDEIRA et al., 2007; CALDEIRA et al., 2008a; CALDEIRA et al., 2008b). A utilização do biossólidos na agricultura como adubo orgânico é reconhecida hoje, como uma das alternativas mais promissoras para disposição final deste resíduo, em virtude de sua sustentabilidade (BETTIOL e OTÁVIO, 2006). Desse modo, estudos têm sido desenvolvidos para utilizar o biossólido em fins agrícolas e florestais, já que potencialmente constitui em fonte de matéria orgânica. Tsutiya (2001) ressalta o uso do biossólido em atividades de reflorestamento, pois além de não envolver produtos utilizados no consumo humano, normalmente estão localizados em áreas distantes dos centros urbanos.

O biossólido, rico em matéria orgânica e nutrientes, surge como uma possível alternativa na composição de substratos para a produção de mudas florestais, possibilitando um aumento na produção e produtividade dos viveiristas, diminuição de custos, além de constituir uma forma adequada de reciclagem de resíduos sólidos. É importante salientar, que para ser usado na agricultura o biossólido deve atender a resolução 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2006), que regulamenta e define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodo de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

## 2. OBJETIVO

Objetivou-se neste trabalho, avaliar o potencial do uso de biossólido como componente do substrato para a produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (angico vermelho), *Schinus terebenthifolius* Raddi (aroeira pimenteira) e *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns (embiruçu), produzidas em sacos plásticos de 14 x 20 cm.

Pretende-se também determinar qual proporção de biossólido proporcionará melhor qualidade das mudas florestais.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Substratos para a produção de mudas florestais em sacos plásticos

Para o sucesso na implantação e formação de povoamentos florestais são necessários métodos e sistemas empregados pelos viveiristas que priorizem a qualidade das mudas (CALDEIRA et al., 2012b). Dentre os muitos fatores que afetam o crescimento e a qualidade da muda, o substrato é apontado como sendo um dos mais importantes (CASAGRANDE et al., 1996). Segundo Carneiro (1995), o substrato é o meio em que as raízes proliferam-se para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também atender as necessidades de água, oxigênio e nutrientes requeridas pela planta. Também, o substrato não deve ser fator limitante à germinação de sementes, iniciação radicular e enraizamento de estacas (CALDEIRA et al., 2000a).

Segundo Guerrini e Trigueiro (2004), a fase sólida do substrato é constituída de partículas minerais e orgânicas. As proporções dos componentes minerais e orgânicos devem proporcionar uma estrutura que atenda a muda nos aspectos químicos, físicos e biológicos (WENDLING e GATTO, 2002). A matéria orgânica é componente fundamental para que os substratos apresentem aumento da porosidade e da capacidade de reter água e nutrientes (PADOVANI, 2006) e também segundo, Casagrande Júnior et al. (2012) auxilia na redução da densidade aparente no interior do recipiente.

A importância da matéria orgânica para produção de mudas foi evidenciada por Garcia et al. (2012), em experimento para avaliar o crescimento de mudas de *Bactris gasipaes* (pupunheira) em sacos plásticos de polietileno com dimensões de 8 x 20 cm. Os autores constataram pequeno desenvolvimento das mudas produzidas em substrato composto por resíduo de mineração de areia, quando comparados as produzidas com esse mesmo material acrescido com esterco de búfalo curtido.

Na composição de substratos para *Jatropha curcas* (pinhão-mansão), Camargo et al. (2011) recomendam a proporção de 60% de fonte de matéria orgânica, que pode ser oriunda tanto do esterco bovino, cama de aves ou húmus de minhoca. Segundo os autores, os

parâmetros diâmetro do caule, altura da planta e peso seco de raiz, apresentaram ganhos significativos com o aumento da concentração de matéria orgânica.

Carvalho Filho et al. (2003) recomendam para a produção de mudas de *Hymenaea courbaril* (jatobá) em sacos de polietileno 15 x 20 cm substrato contendo solo, argila e areia, na proporção volumétrica de 1:2:1. É indispensável, segundo os autores, para o jatobá, o acréscimo de areia no substrato devido a preferência da espécie por misturas mais porosas e menos densas. A mesma proporção desses componentes é indicada por Carvalho Filho et al. (2002) na composição de substratos para produção de *Cassia grandis* em sacos de polietileno 15 x 20 cm. A quantidade de matéria seca das plantas produzidas nesse substrato foi superior quando comparadas com plantas produzidas em substratos produzidos com duas partes de esterco bovino e uma de areia (2:1).

### 3.2 Biossólido na produção de mudas

O lodo de esgoto é o produto obtido do tratamento de águas residuárias, com a finalidade de recuperar a sua qualidade, de modo a permitir o seu retorno ao ambiente, sem causar poluição (FAUSTINO, 2005). Segundo Aisse et al. (2001) citado por Scheer (2010), a estabilização e higienização do lodo através de compostagem bem conduzida pode apresentar alta eficiência na eliminação de micro patógenos e, com isso pode ser obtido um produto final, chamado biossólido. Este para uso na agricultura deve atender as normas e parâmetros de utilização, descritas na Resolução CONAMA nº 375/2006 (BRASIL, 2006).

Os processos de estabilização do lodo de esgoto têm por objetivo atenuar duas características indesejáveis desse resíduo: odor e conteúdo de patógenos (FERNANDES e SOUZA, 2001). Uma das alternativas consiste na adição de microorganismos que realizem digestão anaeróbia (BEZERRA et al., 2006). Em seguida, o lodo de esgoto é encaminhado para leitos de secagem onde passa por processo de adensamento natural. Durante a secagem, o lodo perde água até cerca de 60% de umidade (massa/massa), e a relação carbono/nitrogênio alcança valores entre 20:1 e 30:1 (CORRÊA e CORRÊA, 2000).

Em cidades que possuem Estação de Tratamento de Esgoto (ETEs), o uso agrícola do biossólido na produção de mudas destinadas ao reflorestamento poderá, assim, constituir uma alternativa para sua disposição, pois, além de ser fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as mudas (CUNHA et al., 2006). Segundo Nóbrega et al. (2007), seu uso possibilita que parte dos metais pesados que possam estar contidos nesse material sejam imobilizados nos tecidos da espécie florestal.

A utilização de biossólidos como substrato pode propiciar um melhor aproveitamento de nutrientes pela planta, em relação à adubação mineral, visto que os mesmos estão na forma orgânica e são liberados gradativamente, suprindo de modo mais adequado as exigências nutricionais no decorrer do ciclo biológico (CARVALHO e BARRAL, 1981).

Guerrini e Trigueiro (2004) testaram atributos químicos e físicos de substratos compostos por biossólido e casca de arroz carbonizada, e concluíram que substratos que continham menor proporção de biossólido apresentaram menor densidade do solo, e um aumento da capacidade de retenção de água pelo aumento na microporosidade dos substratos. Esses mesmos autores também concluíram que, em geral, a quantidade de nutrientes no substrato foi aumentada com a elevação da porcentagem de biossólido adicionado.

Caldeira et al. (2012a) em experimento com mudas de *Tectona grandis* em tubetes com capacidade de 120 cm<sup>3</sup> de substrato, concluíram que pode-se utilizar mais de 60% de biossólido associado ao substrato comercial.

Tais informações podem ser complementadas por Caldeira et al. (2012b), onde, comparando o crescimento de mudas de *Toona cilata* com diferentes substratos em tubetes, obtiveram maiores valores de altura e diâmetro do coleto nos tratamentos com 100 e 70% de bio sólido acrescido com no máximo 30% de terra de subsolo. Resultado semelhante foi obtido por Trazzi et al. (2012) que estudaram produção de mudas de *Murraya paniculata* com diferentes substratos e concluíram que, doses superiores a 60% de composto de lodo de esgoto proporcionaram maior crescimento em altura e diâmetro.

Caldeira et al. (2013) realizaram experimento para a produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*, em tubetes com capacidade para 120 cm<sup>3</sup> em diferentes proporções de bio sólido, casca de arroz carbonizada, palha de café in natura e substrato comercial. Os autores constataram que o tratamento formado com 60% de bio sólido, 20% de casca de arroz carbonizada e 20% de palha de café in natura propiciaram o maior crescimento dos parâmetros avaliados: altura, diâmetro do coleto e peso seco total.

Comparando substrato comercial, bio sólido e casca de arroz acrescida de composto de lodo de esgoto em diferentes proporções para a produção de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, Rocha et. al. (2013) constataram que os tratamentos com doses acima de 40% de bio sólido propiciaram maiores valores de altura e diâmetro das plantas. Segundo este trabalho, o maior acúmulo de nutrientes nas plantas foi verificado no tratamento com 100% de bio sólido, evidenciando assim, que o bio sólido é favorável ao crescimento das mudas.

Cunha et. al. (2006) avaliaram o crescimento de mudas de *Acacia mangium* e de *Acacia auriculiformis* produzidas em diferentes substratos. Os autores concluíram que, utilizando 100% de bio sólido, obtiveram maiores valores de altura e matéria seca das partes aérea e radicular, quando comparados a outro tratamento com menor proporção de bio sólido e ao tratamento com esterco.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Montagem, condução e avaliação do experimento no viveiro

Esta fase do experimento foi realizada no Viveiro Florestal do Departamento de Silvicultura do Instituto de Florestas, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, RJ. O bio sólido utilizado foi proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) de Alegria, no Rio de Janeiro, bairro Caju e foi disponibilizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (Nova CEDAE). Segundo informações obtidas pelos técnicos da CEDAE, o esgoto tratado pela ETE Alegria é derivado de áreas urbanas domiciliares e comerciais, não contendo resíduos industriais.

Para a caracterização química e biológica e avaliação do potencial agrícola do bio sólido, foi coletada uma amostra representativa do material, de acordo com as normas contidas no Anexo IV da resolução nº 375/2006 do CONAMA (BRASIL, 2006), cedido pela Nova CEDAE. A mesma foi enviada para o Laboratório TASQA Serviços Analíticos Ltda, localizado na cidade de Paulínia-SP, especializado na área de análise de resíduos sólidos. O material foi analisado de acordo com os parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA, sendo eles: potencial agrônômico (composição química); substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas (composição em relação a metais pesados e presença de compostos orgânicos persistentes); indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos (coliformes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella* sp); e estabilidade (relação entre sólidos voláteis e sólidos

totais). Os resultados destas análises encontram-se nos Anexos 1A, 2A, 3A e 4A, respectivamente.

O experimento foi composto por cinco tratamentos, tendo como testemunha o tratamento T1, de substrato composto de esterco bovino, argila e areia na proporção volumétrica de 30-60-10%, respectivamente, que é identificado como substrato padrão utilizado por diversos viveiros produtores de mudas de espécies florestais no sistema de sacos plásticos.

O tratamento T2 foi composto apenas por argila e areia na proporção volumétrica de 90-10%, não havendo adição de material orgânico. Os demais tratamentos foram compostos por diferentes proporções de bio sólido, argila e areia.

T3 – substrato composto de bio sólido, argila e areia na proporção volumétrica de 20-70-10%, respectivamente;

T4 – substrato composto de bio sólido, argila e areia na proporção volumétrica de 40-50-10%, respectivamente;

T5 – substrato composto de bio sólido, argila e areia na proporção volumétrica de 80-10-10%, respectivamente.

Os traços foram preparados manualmente com o auxílio de enxadas. Em seguida, retiradas amostras representativas dos mesmos para análise das características químicas de cada substrato formado a partir das misturas, cujos resultados são apresentados na Tabela 1. Em seguida, encheram-se os recipientes de produção das mudas, sacos plásticos de tamanho 14 x 20 cm.

Tabela 1: Características químicas de diferentes substratos utilizados para produção de mudas de três espécies florestais, em sacos plásticos

Substrato	<sup>*1</sup> pH (H <sub>2</sub> O)	<sup>*2</sup> P --mg/dm <sup>3</sup> --	<sup>*2</sup> K	<sup>*3</sup> Ca <sup>2+</sup>	<sup>*3</sup> Mg <sup>2+</sup>	<sup>*3</sup> Al <sup>3+</sup>	<sup>*4</sup> H+Al	CTC(t)	V	m	MO g.kg <sup>-1</sup>
				-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					--%--		
80:10:10%*	4,2	141,1	123	22,3	6,4	0,1	7,43	29,11	80	0	65,0
40:50:10%*	4,2	112,3	66	11,4	2,8	0,1	5,12	14,47	74	1	44,0
20:70:10%*	4,5	109,0	70	9,8	2,6	0,0	3,14	12,58	80	0	34,0
00:90:10%*	4,9	14,5	30	1,1	0,5	0,2	1,49	1,88	53	11	3,0
30:60:10%**	6,4	68,7	1130	1,6	1,6	0,0	0,99	6,09	86	0	34,0

\*Proporções volumétricas em sequência de bio sólido; argila e areia.

\*\* Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

<sup>\*1</sup>pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5; <sup>\*2</sup> - Extrator Mehlich 1; <sup>\*3</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L; <sup>\*4</sup> - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0 CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; V = Índice de Saturação de Bases; m-Índice de saturação de Alumínio; 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> 10N.

As espécies florestais utilizadas foram *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (angico vermelho), *Schinus terebenthifolius* Raddi (aroeira pimenteira) e *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns (embiruçu), cujas sementes foram cedidas pelo Departamento de Silvicultura, do Instituto de Florestas da UFRRJ. Cada espécie foi um experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado – DIC, com cinco tratamentos em quatro repetições. Cada repetição composta por 16 mudas.

A semeadura foi realizada diretamente nos recipientes com a colocação de duas a quatro sementes por recipiente. As sementes foram cobertas com uma fina camada de substrato, visando protegê-las das chuvas excessivas e de altas temperaturas durante o dia.



Após a germinação foi realizado um desbaste deixando uma plântula por recipiente, com critério de escolha sempre preservando a plântula mais centralizada e de maior vigor.

Devido às características de cada espécie, as medições começaram quando a maioria das mudas atingiu altura mínima de 3 cm. As avaliações consistiram na mensuração da altura da parte aérea e do diâmetro do coleto a cada 21 dias após a primeira avaliação. As medidas de altura foram tomadas com régua graduada tomando-se como referência a gema terminal (meristema terminal), e as medidas de diâmetro com paquímetro digital. As medições para o angico vermelho, aroeira e embiruçu começaram respectivamente aos 41, 47 e 47 dias após a semeadura e se estenderam até 125, 110 e 131 dias após a semeadura, respectivamente, data em que as mudas encontravam-se aptas para a expedição do viveiro.

Após a última medição foram selecionadas as duas mudas com altura e diâmetro mais próximos da média, de cada repetição. Destas mudas selecionadas foram retiradas as folhas e, com auxílio de aparelho LICOR-3600, mensurou-se a área foliar das mudas. Em seguida, foram separados a parte aérea e sistema radicular, e lavados em água corrente para retirada do substrato. Os componentes da parte aérea e do sistema radicular foram devidamente identificados e acondicionados em sacos de papel e em seguida levados à estufa de circulação de ar forçada à 65 °C, até atingirem peso constante, e assim obtidos os pesos de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

Para a determinação dos teores de nutrientes contidos nos tecidos vegetais das espécies angico vermelho e aroeira, a matéria seca da parte aérea e do sistema radicular foram colocados juntos e moídos em moinho Wiley. De cada substrato e espécie foram quatro repetições. Este material foi acondicionado em pequenos potes plásticos, e enviado para laboratório para análise dos teores totais de macronutrientes. O Nitrogênio foi determinado pelo método do Kjeldahl e P, K, Ca, Mg e S determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico).

Após a tabulação dos dados, foram construídas curvas de crescimento da altura e do diâmetro de coleto das mudas em função do tempo após a semeadura.

Para cada espécie, os dados de altura e diâmetro do coleto da última avaliação, da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, foram submetidos à análise de variância ( $P < 0,10$ ) e, quando da significância ao teste de Tukey ( $P < 0,10$ ), utilizando software Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG). Esta análise estatística também foi realizada para a concentração dos macronutrientes das mudas de angico vermelho e aroeira no final da fase de viveiro.

Amostras de substrato de mudas de angico e aroeira, exceto o constituído por argila e areia, da final fase de viveiro foram enviadas para laboratório para análise química de rotina. Destas foram apenas uma amostra por substrato e espécie.

## **4.2 Fase de campo**

Com o objetivo de avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas das três espécies, implantou-se um experimento no dia 18 de dezembro de 2012, em área de formação de reflorestamento da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Santa Rosa, Município de Bom Jardim, RJ.

A área apresenta altitude média de 530 metros, topografia relevo ondulado e montanhoso. O solo predominante é com textura argilo arenosa. A região apresenta temperaturas médias anuais com máxima de 33,2 °C e mínima de 16,0 °C. Precipitação média anual de 1.402 mm, com período seco entre junho a setembro. O clima é caracterizado, segundo Koppen, como Aw, sendo tropical chuvoso com inverno seco e verão com chuvas. A

vegetação predominante na área é capim braquiária, e o solo predominante na região de formação do reflorestamento é caracterizado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO. Os resultados da fertilidade do solo do local onde foi realizado o plantio são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado de análise química do solo (0 – 25 cm) da área destinada ao reflorestamento da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Santa Rosa, Município de Bom Jardim

<sup>*1</sup> pH	<sup>*2</sup> P	<sup>*2</sup> K	<sup>*3</sup> Ca <sup>2+</sup>	<sup>*3</sup> Mg <sup>2+</sup>	<sup>*3</sup> Al <sup>3+</sup>	<sup>*4</sup> H+Al	CTC(t)	V
(H <sub>2</sub> O)	-----mg/dm <sup>3</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					%
5,0	0,9	16	0,3	0,0	1,1	5,78	1,34	4

<sup>\*1</sup>pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5; <sup>\*2</sup> - Extrator Mehlich 1; <sup>\*3</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L; <sup>\*4</sup> - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0 CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; V = Índice de Saturação de Bases.

Foi utilizado cultivo mínimo como forma de preparo do solo. Inicialmente foi feita aplicação de glyphosate (concentração de 1,25%) em toda a área. Cinco dias após a aplicação, foi realizada a marcação das covas, obedecendo ao espaçamento 3,2 x 1,7 m e em seguida coroamento, de aproximadamente 60 cm de diâmetro no local dos berços e abertura destes com dimensões de 30 x 30 x 30 cm. A adubação consistiu na aplicação de 200 gramas de superfosfato simples por berço.

Para o plantio, foram inicialmente selecionadas no viveiro, as quatro mudas com alturas mais próximas da média de cada repetição, totalizando 16 mudas por tratamento e 80 mudas por espécie.

A avaliação da sobrevivência das plantas foi realizada 42 dias e 150 dias após o plantio. Para uma melhor caracterização da sobrevivência das plantas no campo, foram obtidos dados de precipitação e de temperatura máxima do período entre o plantio e a primeira avaliação, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica de Cordeiros - RJ, que se encontra mais próxima ao local do plantio. Os dados foram organizados com a soma da precipitação e média de temperatura máxima a cada 3 dias e são apresentados na Figura 1. Aos cinco meses após o plantio, avaliou-se, de todas as plantas, a altura da parte aérea com régua graduada e o diâmetro, tem como base o nível do solo utilizando paquímetro digital.

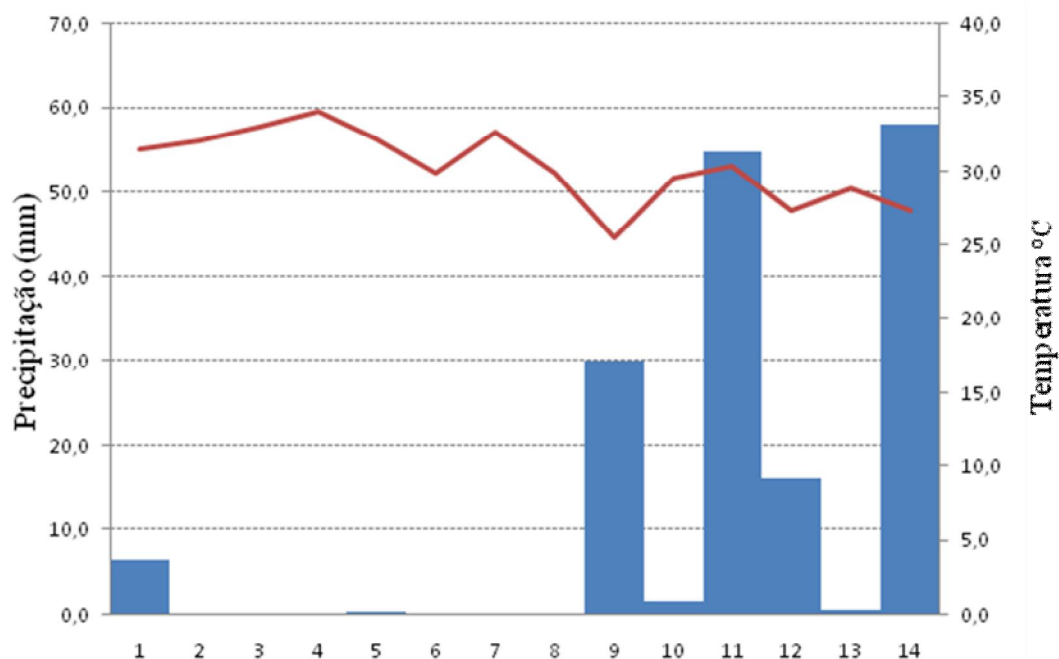


Figura 1: Precipitação total e média da temperatura máxima a cada três dias, na região de Cordeiro, Rio de Janeiro (eixo x: 1 corresponde do 1º ao 3º dia, 2 do 4º ao 6º dia, ....., e 14 do 40º ao 42º dia após o plantio).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Fase de viveiro

#### 5.1.1 *Anadenanthera macrocarpa*

Pela Figura 2, observa-se que as mudas de angico vermelho do tratamento T5, que contém 80% de biossólido, apresentaram tendência de maior ganho em altura a partir de 62 dias após a semeadura. As mudas dos tratamentos T3 e T4 (20 e 40% de biossólido respectivamente) tiveram curvas de crescimento semelhantes. O tratamento T1 que foi constituído por substrato contendo 30% de esterco como fonte de matéria orgânica, obteve mudas com crescimentos médios bem inferiores às que tiveram biossólido como fonte orgânica. As mudas do tratamento T2, composto apenas por argila e areia, apresentou os piores resultados entre os tratamentos. Esse fato ocorreu provavelmente devido a falta de material orgânico na sua composição, conforme também observado por Alves e Passoni (1997) em experimento para produção de mudas de *Licania tomentosa*, onde as mudas produzidas com substrato orgânico obtiveram maior crescimento, quando comparadas com substrato constituído apenas por solo. O maior crescimento das mudas produzidas com 80% de biossólido pode ser explicado segundo Silva e Mendonça (2007) pela maior quantidade em matéria orgânica. Segundo os autores, a matéria orgânica atua no substrato como fonte de reserva metabólica para as plantas, o que é evidenciado pela Tabela 1.

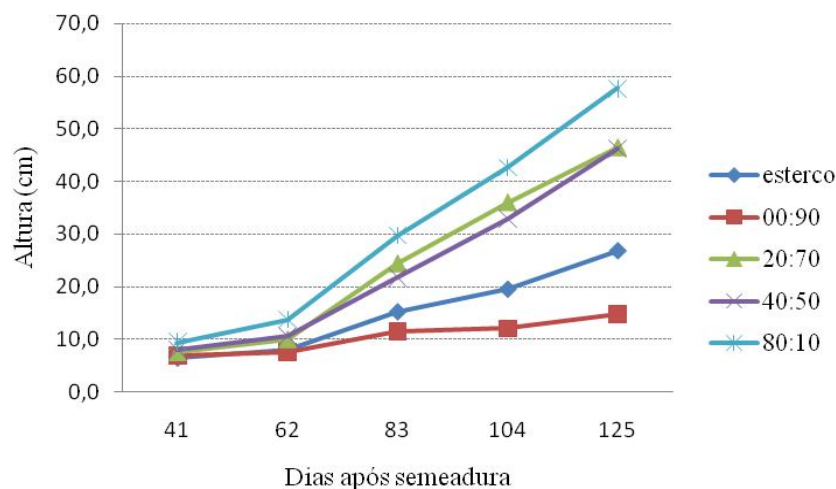


Figura 2: Crescimento médio em altura de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

Verifica-se, pela Figura 3, que os resultados em crescimento médio em diâmetro de coleto apresentaram-se semelhantes aos resultados do crescimento médio em altura. Isto ocorre, segundo Carneiro (1995), devido a mecanismos que as mudas dispõem, que tendem a ajustar o crescimento do diâmetro do coleto com a da parte aérea, para evitar estiolamento, e consequentemente menor possibilidade de quebra pelo vento.

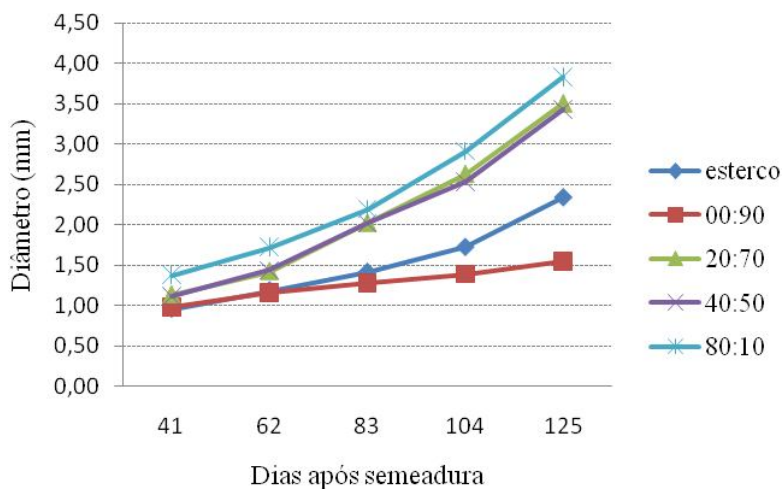


Figura 3: Crescimento médio em diâmetro de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

Constata-se pelas Figuras 2 e 3, que as mudas produzidas com 80% de biossólido, em torno de 80 dias apresentaram valores médios semelhantes às mudas produzidas com esterco

bovino aos 125 dias (altura  $\approx$  29 cm e diâmetro  $\approx$  2,2 mm). Ao usar 20 e 40% de biofóssido na composição do substrato esta comparação de valor foi em torno de 90 dias. Estes resultados evidenciam que é possível, usando biofóssido, em comparação com esterco bovino, produzir mudas de angico vermelho em menor tempo, com isso, podendo aumentar o número de ciclos de produção das mudas, maximizando o uso de espaço do viveiro. Salienta-se que é importante, juntamente com o tempo para crescimento, sejam adotadas medidas de rusticificação das mudas, para que estas apresentem boa taxa de sobrevivência e crescimento após o plantio no campo.

Na época de expedição para o campo (125 dias após a sementeira), constata-se pela Tabela 3, pelos valores médios, que as mudas de angico vermelho produzidas com biofóssido (tratamentos T3, T4 e T5), apresentaram significativamente os melhores parâmetros de crescimento. As mudas com valores significativamente inferiores são as produzidas usando apenas argila e areia.

Comparando as produzidas com 40% de biofóssido com as produzidas com 30% de esterco, percebe-se que as primeiras apresentaram alguns valores significativamente superiores que as oriundas de esterco, evidenciando a possibilidade de usar biofóssido, com relativas vantagens, em substituição a esterco, que em regiões metropolitanas são, geralmente, de difícil aquisição. Caldeira et al. (2012a) encontraram resultados semelhantes, testando várias proporções de biofóssido e substrato comercial, para produção de mudas de *Tectona grandis*, recomendando a adição de proporções superiores à 60% de biofóssido para produção de mudas dessa espécie.

Estas informações reforçam que o biofóssido tecnicamente pode ser utilizado na proporção de 80% como substrato para produção de mudas de angico vermelho, sendo recomendado, no caso de produção de mudas em sacos plásticos, a adição de areia e argila na sua composição para melhor agregação e aumento da macroporosidade do substrato (MAIA, 1999).

Tabela 3: Médias dos parâmetros de crescimento para mudas de *Anadenanthera macrocarpa* produzidas com diferentes substratos, aos 125 dias após a sementeira

Substrato	Altura (cm)	Diâmetro coleto (mm)	---- Peso (g/muda) ----		Área foliar (cm <sup>2</sup> )
			Parte aérea	Raízes	
80:10:10%*	57,4 a	3,9 a	13,47 a	8,45 a	30,17 a
40:50:10%*	46,6 a	3,5 a	7,79 b	6,70 ab	30,03 a
20:70:10%*	46,4 a	3,4 a	7,48 b	7,05 ab	17,53 b
00:90:10%*	14,8 c	1,6 b	6,33 b	5,86 b	6,08 c
30:60:10%**	26,7 b	2,4 b	7,06 b	6,07 b	16,89 b

\*Proporções volumétricas, em sequência de biofóssido; argila e areia.

\*\*Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,10$ ).

Constata-se também, pela Tabela 3, que as mudas produzidas com 80 e 40% de biofóssido apresentaram área foliar significativamente superior às dos demais tratamentos. Carneiro (1995) menciona que mudas florestais com maior área foliar normalmente, após o plantio tem condições de produzir mais fotoassimilados e com isso maior crescimento do sistema radicular e com isso melhor taxas de sobrevivência e crescimento inicial no campo.

Observa-se pela Figura 4 que todos os tratamentos com adição de matéria orgânica apresentaram boa agregação do substrato na época do plantio. A agregação é importante para evitar danos no sistema radicular ocasionados pela perda de substrato na retirada do saco

plástico, possibilitando maior sobrevivência da planta no campo. Essa informação mostra que o biofóssido pode ser utilizado até a proporção de 80% sem comprometer o parâmetro de agregação do substrato.



Figura 4: Agregação do substrato de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* no final da fase de viveiro produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e três substratos com diferentes proporções de biofóssido e argila, com 10% de areia.

### 5.1.2 *Schinus terebenthifolius*

O crescimento em altura e diâmetro do coleto até os 110 dias após a semeadura de aroeira pimenteira são apresentados nas Figuras 5 e 6. Constata-se que a espécie mostrou-se responsiva à presença de biofóssido na composição do substrato. O tratamento T5, que recebeu 80% de biofóssido, obteve resultados tendendo ser melhores quando comparados aos demais, evidenciando que a maior concentração de matéria orgânica proporcionou maior crescimento às mudas de aroeira. Observa-se também que as mudas de aroeira produzidas com 80% de biofóssido já a partir de 68 dias apresentam crescimento tendendo a ser superior as dos demais tratamentos. Isto evidencia o potencial de produção de mudas em menores períodos.

Aos 89 dias, as mudas de aroeira apresentavam, em média, 46 cm de altura e 4,0 mm de diâmetro do coleto, aptas para serem expedidas para o campo, necessitando para isso serem rustificadas (ABREU, 2011).

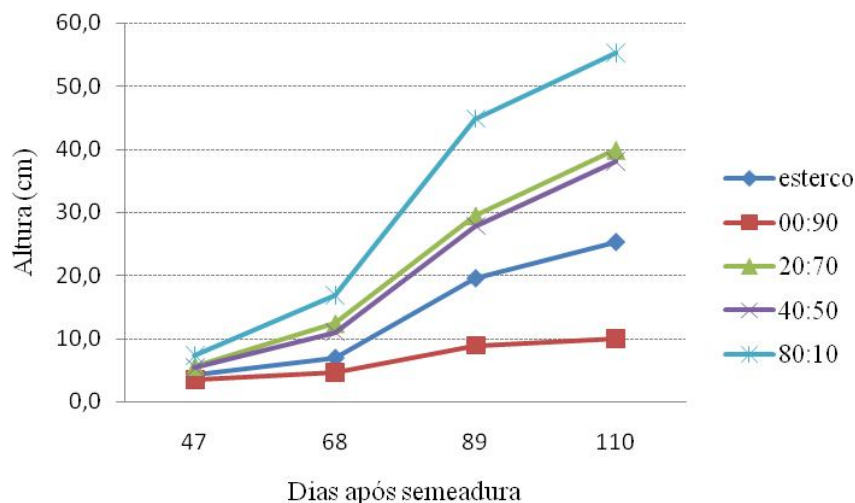


Figura 5: Crescimento médio em altura de mudas de *Schinus terebenthifolius* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

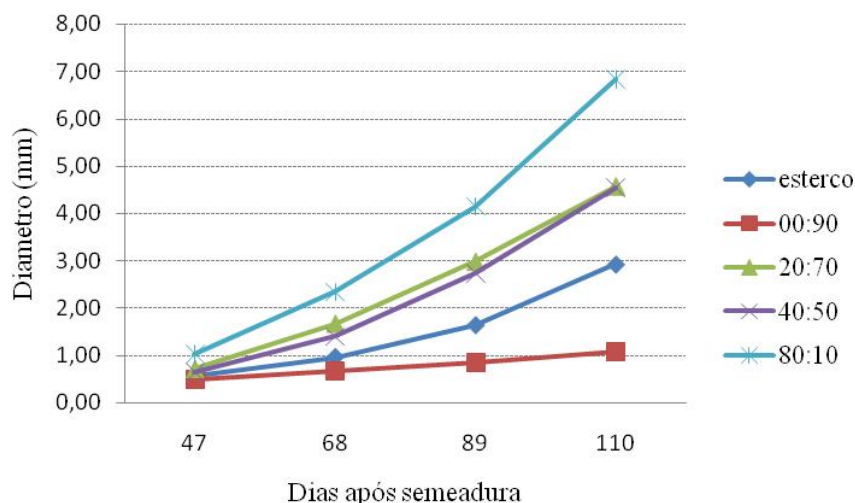


Figura 6: Crescimento médio em diâmetro de mudas de *Schinus terebenthifolius* em diferentes épocas produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

Pela Tabela 4 verifica-se que, aos 110 dias após a semeadura, as mudas de aroeira pimenteira produzidas com 80% de biossólido apresentaram valores significativamente superiores às produzidas nos demais substratos. Resultados obtidos por Nobrega et al. (2007) também mostram crescimento de aroeira diferenciado de acordo com a dose de biossólido

aplicado. Esta resposta da aroeira em relação ao maior volume de bio-sólido na composição do substrato ocorre provavelmente devido a características fisiológicas da espécie.

Segundo Carvalho e Barral (1994), em plantios experimentais, a aroeira apresenta crescimento melhor em solos de fertilidade que varia de média a alta. Caldeira et al. (2009), testando diferentes doses de bio-sólido com casca de arroz carbonizada, obtiveram as melhores médias de altura das mudas de *Mimosa flocculosa* nos tratamentos com as maiores proporções volumétricas de bio-sólido (70 e 80%). Resultados similares foram obtidos por Faustino et al. (2005) e por Cunha et al. (2006), em que doses maiores de bio-sólido resultaram em maior crescimento das mudas florestais testadas.

Tabela 4: Médias dos parâmetros de crescimento para mudas de *Schinus terebenthifolius* produzidas com diferentes substratos, aos 110 dias após a semeadura

Substrato	Altura (cm)	Diâmetro coleto (mm)	---- Peso (g/muda) ----		Área foliar (cm <sup>2</sup> )
			Parte aérea	Raízes	
80:10:10%*	55,2 a	6,8 a	13,24 a	8,82 b	641,74 a
40:50:10%*	38,0 b	4,5 b	6,94 b	7,80 bc	166,50 b
20:70:10%*	39,6 b	4,6 b	8,13 b	6,01 c	134,30 b
00:90:10%*	9,9 d	1,0 d	5,53 b	5,41 c	7,54 d
30:60:10%**	25,2 c	2,9 c	6,24 b	12,61 a	54,60 c

\*Proporções volumétricas, em sequência de bio-sólido; argila e areia.

\*\*Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,10$ ).

Para a produção de raiz as mudas de aroeira do tratamento com esterco bovino produziram em média maior peso seco de raiz do que as dos tratamentos que receberam bio-sólido como componente orgânico do substrato.

Ao comparar as mudas de angico vermelho e de aroeira produzidas com 40% de bio-sólido com as produzidas com 30% de esterco, que são valores próximos de volume de material orgânico, constata-se pelas Tabelas 2 e 3, mudas de valores significativamente superiores quando utilizou o bio-sólido. Isto evidencia potencial o potencial de substituição do esterco bovino pelo, para produção de mudas destas duas espécies em áreas urbanas, como a região metropolitana do Rio de Janeiro.

Observa-se pela Figura 7 que todos os tratamentos com adição de matéria orgânica apresentaram boa agregação do substrato na época do plantio. A agregação é importante para evitar danos no sistema radicular ocasionados pela perda de substrato na retirada do saco plástico, possibilitando maior sobrevivência da planta no campo. Essa informação mostra que o bio-sólido pode ser utilizado até a proporção de 80% sem comprometer o parâmetro de agregação do substrato em mudas de aroeira.





Figura 7: Agregação do substrato de mudas de *Schinus terebenthifolius* no final da fase de viveiro produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e três substratos com diferentes proporções de bio sólido e argila, com 10% de areia.

### 5.1.3 *Pseudobombax grandiflorum*

Em relação ao embiruçu, verifica-se pelas Figuras 8 e 9 que as mudas desta espécie responderam de maneira diferente em relação as de angico vermelho e aroeira pimenteira, quanto à utilização de bio sólido como componente do substrato. Pela Figura 6 observa-se que as mudas de embiruçu apresentaram maior crescimento em altura no tratamento T3, que recebeu 20% de bio sólido. As mudas do tratamento T4 mostraram ganho de altura ao longo do tempo similar ao tratamento T1, composto por 30% de esterco. O incremento em altura da mudas do tratamento T5 foi inferiores aos três outros tratamentos que receberam matéria orgânica como fonte de substrato (T1, T3, T4), sendo mais responsivo apenas ao tratamento que não recebeu material orgânico (T2).

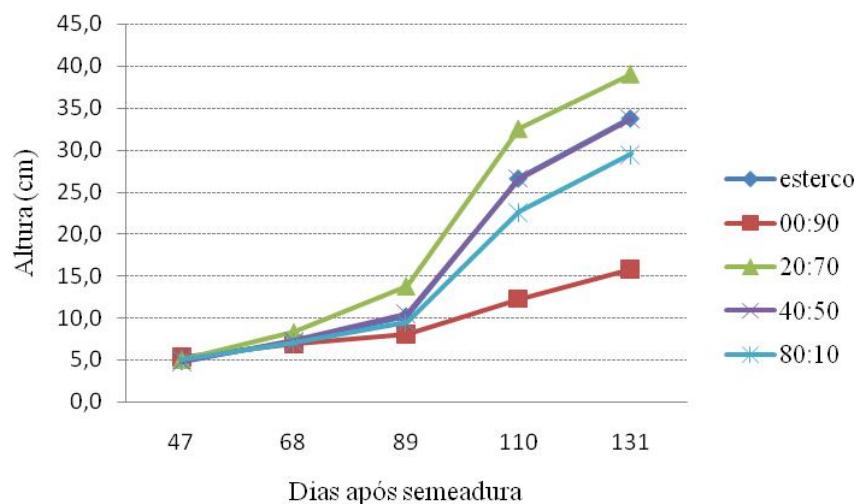


Figura 8: Crescimento médio em altura de mudas de *Pseudobombax grandiflorum* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

A Figura 7 mostra que o crescimento em diâmetro também foi, em média, maior das mudas do tratamento T3, e seguiu a mesma tendência do ganho de altura.

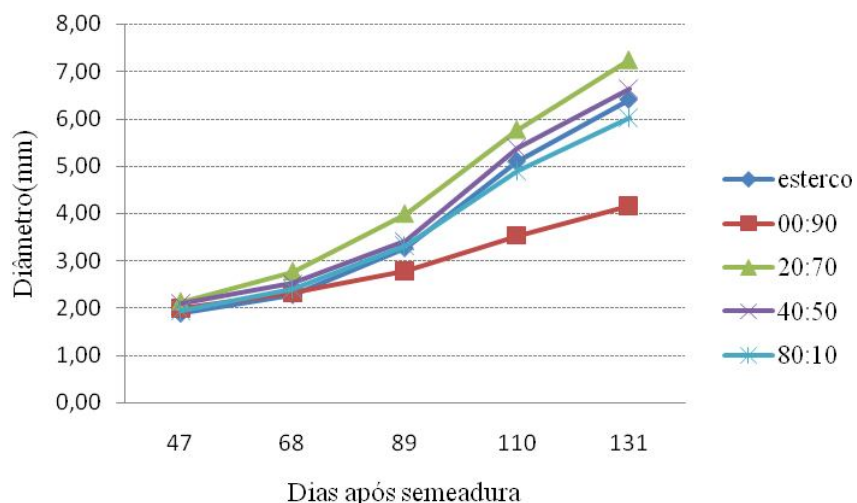


Figura 9: Crescimento médio em diâmetro de mudas de *Pseudobombax grandiflorum* em diferentes épocas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

Pela Tabela 5 constata-se que, em média aos 131 dias após a sementeira (época de expedição das mudas para o campo), as mudas produzidas com 20% de biossólido apresentaram, estatisticamente, valores significativamente superiores dos parâmetros morfológicos avaliados. Valores significativamente inferiores foram constatados pelas mudas

produzidas apenas com argila e areia. O tratamento com 80% de biossólido, que nas outras duas espécies, proporcionou os maiores crescimentos, para embiruçu foi tratamento intermediário, evidenciando respostas diferentes entre as espécies e indicando necessidade de mais estudos para outras espécies ou grupo de espécies.

Tabela 5: Médias dos parâmetros de crescimento para mudas de *Pseudobombax grandiflorum* produzidas com diferentes substratos, aos 131 dias após a semeadura

Substrato	Altura (cm)	Diâmetro coleto (mm)	---- Peso (g/muda) ----		Área foliar (cm <sup>2</sup> )
			Parte aérea	Raízes	
20:70:10%*	39,1 a	7,2 a	9,72 a	6,11 a	526,36 a
40:50:10%*	33,6 ab	6,6 ab	7,77 bc	5,91 a	308,89 b
80:10:10%*	29,5 b	6,0 b	7,44 c	5,80 a	305,59 b
00:90:10%*	15,8 c	4,1 c	5,93 d	5,70 a	67,89 c
30:60:10%**	33,8 ab	6,4 ab	8,87 ab	6,07 a	4,44 d

\*Proporções volumétricas, em sequência de biossólido; argila e areia.

\*\*Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,10).

O valor de 20% de biossólido na composição do substrato é recomendado por Oliveira Junior (2010) na produção de mudas de *Solanum pseudo-quina*. Em experimento comparando diferentes doses de substrato comercial e biossólido, o autor constatou maior crescimento das mudas em altura, diâmetro, e número de folhas quando comparadas às mudas produzidas no substrato contendo 20% de biossólido e 80% de substrato comercial.

Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram que doses superiores a 50% de biossólido em substrato podem influir negativamente no crescimento de mudas de eucalipto, ocorrendo um menor crescimento radicular devido à menor quantidade de macroporos e pela maior densidade aparente quando comparado aos substratos com doses menores de biossólido. Isso pode explicar o desempenho das mudas de embiruçu produzidas com 80% de biossólido.

Observa-se pela Figura 10 que todos os tratamentos com adição de matéria orgânica apresentaram boa agregação do substrato na época do plantio. A agregação é importante para evitar danos no sistema radicular ocasionados pela perda de substrato na retirada do saco plástico, possibilitando maior sobrevivência da planta no campo. Essa informação mostra que o biossólido pode ser utilizado até a proporção de 80% sem comprometer o parâmetro de agregação do substrato.



Figura 10: Agregação do substrato de mudas de *Pseudobombax grandiflorum* no final da fase de viveiro produzidas em substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e três substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia.

#### 5.1.4 Teores de macronutrientes de angico vermelho e aroeira pimenteira

A Tabela 6 apresenta os teores de macronutrientes das mudas de angico vermelho e aroeira pimenteira que foram produzidas usando matéria orgânica. Segundo Carneiro (1995) mudas que apresentam maiores teores de macronutrientes, normalmente, por estarem teoricamente mais bem nutridas, tem maiores possibilidades de sobrevivência e estabelecimento após o plantio, do que mudas com menores teores de macronutrientes.

Constata-se que os maiores teores de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio foram obtidos nos substrato com presença de esterco bovino. Para K isto pode explicado devido a alta concentração deste elemento no substrato em que está presente (Tabela 1). Para angico vermelho isso provavelmente ocorreu, devido as mudas produzidas no substrato usando esterco serem as que apresentaram os menores valores de matéria seca (Tabela 3) e com isso os nutrientes apresentaram-se mais concentrados do que nos substratos compostos por biossólido.

Isso é evidenciado, sobretudo, porque as mudas produzidas com 80% de biossólido foram as que apresentaram teores dos nutrientes significativamente inferiores e maiores valores de peso da matéria seca. Também Rocha et al. (2004) observaram que plantas de eucalipto que receberam maior dose de biossólido no campo, apresentaram maior

crescimento, mas a concentração de N foi menor, em decorrência da diluição de N em uma maior massa foliar.

Tabela 6: Concentração de macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) em mudas de duas espécies florestais produzidas em diferentes substratos

Espécie	Substrato	N	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	S
Angico	30:60:10% **	28,7 a	4,1 a	13,5 a	14,9 c	3,0 a	2,0 c
	20:70:10% *	26,2 b	3,6 b	12,7 ab	17,5 b	1,8 b	2,8 ab
	40:50:10% *	25,4 b	3,6 b	12,5 ab	19,8 a	1,2 c	2,5 b
	80:10:10% *	20,2 c	2,9 c	11,4 b	14,5 c	1,8 b	3,0 a
Aroeira	30:60:10% **	16,9 a	5,0 a	21,5 a	4,8 a	1,8 a	1,6 b
	20:70:10% *	16,2 b	4,4 b	16,2 b	5,7 a	1,3 b	2,2 ab
	40:50:10% *	14,7 c	3,4 c	9,7 d	5,7 a	1,0 c	2,5 a
	80:10:10% *	11,3 d	3,2 c	11,2 c	4,7 a	1,2 b	2,4 a

\*Proporções volumétricas, em sequência de biossólido; argila e areia.

\*\*Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,10$ ).

Resultado diferente foi observado por Scheer et al. (2012), testando produção de mudas de *Lafoensia pacari* em tubetes de  $110 \text{ cm}^3$ , utilizando composto produzido a partir de poda de árvores (PA); PA e biossólido (BIO) na proporção de 3:1; PA e BIO na proporção e 2:1. Constataram que o teor de N e P nas folhas não diferiu significativamente entre os tratamentos e que as mudas produzidas usando apenas PA apresentaram teores de K nas folhas significativamente superiores às oriundas dos outros dois tratamentos.

Os valores de N e P encontrados neste trabalho, para as duas espécies, foram superiores aos encontrados por Scheer et al. (2012) ao produzir mudas de *Lafoensia pacari*. Apesar das mudas, de ambas as espécies, produzidas com maior proporção de biossólido, apresentaram teores de macronutrientes significativamente inferiores, não foram observados em condições de viveiro sintomas típicos de deficiência nutricional dos descritos por Davide e Faria (2008), indicando que esta proporção de 80% de biossólido conseguiu produzir mudas com boa qualidade nutricional.

Observando os dados da Tabela 1, que refere-se as características químicas do substrato na época de enchimento dos sacos plásticos, com os dados da Tabela 7 que é da análise do substrato no final da fase de viveiro, constata-se que de maneira geral houve diminuição do teor de macronutrientes. Este comportamento é esperado, pois, durante a produção das mudas houve absorção de nutrientes pelas plantas e também lixiviação devido à água de irrigação e de chuvas.

Comparando os tratamentos T2 e T4, fazendo comparação entre a Tabela 1 e a Tabela 7, é possível inferir que quando utilizado biossólido, as perdas de macronutrientes foram maiores. Em comparação com substrato de esterco, para alguns nutrientes, o biossólido propiciou tratamentos com maiores e outros com menores perdas de macronutrientes.

Comparando as duas tabelas, constata-se, também houve significativo aumento no valor de pH, quando utilizado biossólido, variando o valor entre 5,2 a 5,6. Segundo Malavolta et al. (1997) há melhor disponibilidade da maioria dos nutrientes pelas plantas quando o pH situa-se na faixa entre 5,0 e 6,0.

Tabela 7: Resultado da análise química de substratos após a produção de mudas de duas espécies florestais, no final da fase de viveiro

<i>Anadenanthera macrocarpa</i>											
Substrato	* <sup>1</sup> pH	* <sup>2</sup> P	* <sup>2</sup> K	* <sup>3</sup> Ca <sup>2+</sup>	* <sup>3</sup> Mg <sup>2+</sup>	* <sup>3</sup> Al <sup>3+</sup>	* <sup>4</sup> H+Al	CTC(t)	V	M	MO
	H <sub>2</sub> O	-mg/dm <sup>3</sup> -		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					--%--		g.kg <sup>-1</sup>
80:10:10%*	5,6	76,1	64	10,3	1,3	0,0	5,78	11,76	67	0	92,0
40:50:10%*	5,6	60,7	37	3,8	0,8	0,0	3,8	4,69	55	0	40,0
20:70:10%*	5,2	65,7	34	3,1	0,2	0,1	5,45	3,49	38	3	37,0
00:90:10%*	5,6	9,6	24	1,6	0,7	0,1	1,82	2,46	56	4	17,0
30:60:10%**	5,4	19,2	32	1,6	1,1	0,0	2,8	2,78	50	0	35,0

<i>Schinus terebenthifolius</i>											
Substrato	* <sup>1</sup> pH	* <sup>2</sup> P	* <sup>2</sup> K	* <sup>3</sup> Ca <sup>2+</sup>	* <sup>3</sup> Mg <sup>2+</sup>	* <sup>3</sup> Al <sup>3+</sup>	* <sup>4</sup> H+Al	CTC(t)	V	M	MO
	H <sub>2</sub> O	-mg/dm <sup>3</sup> -		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					--%--		g.kg <sup>-1</sup>
80:10:10%*	5,5	63,2	27	3,2	0,1	0,0	5,28	3,37	39	0	43,0
40:50:10%*	5,3	65,7	32	4,3	0,1	0,1	6,27	4,58	42	2	53,0
20:70:10%*	5,3	60,7	30	2,7	0,2	0,1	5,28	3,08	36	3	36,0
00:90:10%*	5,5	12,6	20	1,3	0,5	0,1	1,15	1,95	63	5	17,0
30:60:10%**	5,4	60,7	31	3,0	0,2	0,1	4,29	3,38	43	3	39,0

\*Proporções volumétricas, em sequência, de bio sólido, argila e areia.

\*\* Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

\*<sup>1</sup>pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5; \*<sup>2</sup> - Extrator Mehlich 1; \*<sup>3</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L; \*<sup>4</sup> - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0 CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; V = Índice de Saturação de Bases; m-Índice de saturação de Alumínio; 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> 10N.

O aumento nos teores de matéria orgânica, quando comparados os dados da Tabela 7 com a Tabela 1 evidenciam sua liberação no substrato, possivelmente, segundo Silva e Mendonça (2007) pelo aumento da atividade da biota do solo devido sua exposição às condições de viveiro, principalmente aumento da temperatura e umidade.

O aumento da matéria orgânica segue a tendência de valores, onde, o substrato composto por 80% de bio sólido teve incremento de 6,5 para 9,2 g.kg<sup>-1</sup> assim como o substrato composto por argila e areia passou de 0,3 para 1,7 g.kg<sup>-1</sup>. Para aroeira houve uma diminuição do teor de orgânica, no substrato quando usou 80% de bio sólido, provavelmente devido esta espécie ser a que apresentou maior resposta de crescimento quando usou esta proporção de bio sólido, conforme evidenciado pelas Figuras 4 e 5 e Tabela 4.

## 5.2 Fase de campo

Pela Tabela 8, constata-se que aos 42 dias após o plantio, as plantas apresentaram taxa de sobrevivência no campo superior a 90%. Segundo Bellotto et al. (2009), a taxa de sobrevivência está aceitável. É importante ressaltar que nos três dias seguintes ao plantio choveu em torno de 7 mm e depois foram 24 dias sem chuva e com médias de temperaturas máximas acima de 30° C, conforme apresentados na Figura 1. Essa baixa taxa de mortalidade das plantas, mesmo passando por condições climáticas desfavoráveis logo após o plantio,

indica que as mudas produzidas nesse experimento apresentaram boa resistência às condições adversas de campo.

Tabela 8: Taxa de sobrevivência (%) no campo das plantas de três espécies florestais, aos 45 e 150 dias após o plantio em Bom Jardim - RJ, oriundas de mudas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia

Substrato	Angico vermelho		Aroeira pimenteira		Embiruçu	
	45 dias	150 dias	45 dias	150 dias	45 dias	150 dias
80:10:10%*	100	100	94	94	100	100
40:50:10%*	100	100	100	100	94	87
20:70:10%*	100	100	100	100	100	94
00:90:10%*	94	94	100	94	87	87
30:60:10%**	100	100	100	100	100	100

\*Proporções volumétricas, em sequência de biossólido; argila e areia.

\*\*Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

Verifica-se pela Tabela 9 que as plantas oriundas de substrato com 80% de biossólido apresentaram maior crescimento de altura e diâmetro. Para as plantas de embiruçu, os bons resultados de crescimento se repetiram para os tratamentos com 40 e 20% de biossólido, e 30% de esterco bovino. Vale ressaltar que, segundo Caron et al. (2012), plantas mais altas possuem maior área de copa. Logo, interceptam maior quantidade de radiação solar, e conseqüentemente diminuem a incidência de plantas daninhas, o que representa uma diminuição de custos para a atividade de reflorestamento.

Tabela 9: Altura (cm) e diâmetro ao nível do solo – DNS (mm) das plantas de três espécies florestais, cinco meses após o plantio em Bom Jardim - RJ, oriundas de mudas produzidas com substrato utilizando esterco bovino, argila e areia (30:60:10), e quatro substratos com diferentes proporções de biossólido e argila, com 10% de areia

Substrato	Angico vermelho		Aroeira pimenteira		Embiruçu	
	Altura	DNS	Altura	DNS	Altura	DNS
80:10:10%*	95,1 a	9,01 a	75,27 a	13,0 a	34,0 a	16,19 a
40:50:10%*	82,7 ab	8,03 a	57,20 b	11,22 ab	37,63 a	13,05 a
20:70:10%*	79,8 b	7,42 a	51,70 bc	10,49 b	38,5 a	13,33 a
00:90:10%*	46,0 d	4,42 b	27,72 d	6,10 c	16,56 b	7,52 b
30:60:10%**	62,1 c	7,07 a	48,39 c	9,82 b	41,04 a	14,28 a

\*Proporções volumétricas, em sequência de biossólido; argila e areia.

\*\*Proporções volumétricas, em sequência, de esterco bovino, argila e areia.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,10).

## 6. CONCLUSÃO

Para as condições em que foi realizado o trabalho, o biossólido tem potencial como componente do substrato para a produção de mudas das três espécies florestais da Mata Atlântica em sacos plásticos. Para o angico vermelho e a aroeira, indica-se a utilização na

proporção volumétrica de 80% de biossólido, e para o embiruçu, esterco bovino na proporção de 30% ou biossólido na proporção 20%.

Recomendam-se estudos com diferentes proporções de biossólido para outras espécies da Mata Atlântica.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de biossólido na proporção de 20% na composição de substrato para a produção de mudas de embiruçu é preferível quando comparado à produção de mudas com esterco bovino.

A utilização de biossólido na composição na composição de substratos para mudas de espécies florestais apresenta uma destinação mais adequada para a disposição final deste resíduo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M. **Qualidade de mudas para recomposição florestal produzidas em diferentes recipientes**. 2011. 21 p. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

AISSE, M. M.; SOBRINHO, P. A. Avaliação do sistema Reator UASB e Filtro Biológico Aerado Submerso para o Tratamento de Esgoto Sanitário. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2001.

ALONSO, J. M. **Análise dos viveiros e de suas adequações à legislação brasileira sobre sementes e mudas florestais nativas no Estado do Rio de Janeiro**. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ALVES, W. L.; PASSONI, A. A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* Benth) para arborização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 32, n. 10, p. 1053-1058, out. 1997.

BETTIOL, W.; OTÁVIO, DE C.; **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 347p.

BEZERRA, F. B.; OLIVEIRA, M. A. C. L.; PEREZ, D. V.; ANDRADE, A. G.; MENEGUELLI, N. A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 469-476, mar. 2006.

BRASIL. **Autoridade Público Olímpica - Lei federal nº 12.396 de 21 de março de 2011**. Disponível em: < <http://www.apo.gov.br/site/jogo-verdes/>> Acesso em: 15/04/2013

BRASIL. Resolução Conama nº 375/2006, de 19/08/2006. **Publicação DOU**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 30 agosto de 2006, p. 141-146



CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. O.; SILVA, A. G. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163, abr/jun. 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77-84, jan./mar. 2012a.

CALDEIRA, M. V. W.; GOMES, D. G.; GONÇALVES, E. O.; DELARMELINA, W. M.; SPERANDIO, H. V.; TRAZZI, P. A. Biossólido como substrato para produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1009-1017, 2012b.

CALDEIRA, M. V. W.; BLUM, H.; BALBINOT, R.; LOMBARDI, K. C. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 191-202, jun. 2008a.

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008b.

CALDEIRA, M. V. W.; MARCOLIN, M.; MORAES, E.; SCHAADT, S. S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. ET Drude. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 311-323, set./dez. 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 11-17, abr./jun. 2005.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 19 - 30, 1998.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 161-170, jun. 2000.

CAMARGO, R; PIRES, S. C.; MALDONADO, A. C.; CARVALHO, H. P. C.; COSTA, T. T. R. Avaliação de substratos para a produção de mudas de pinhão manso em sacolas plásticas. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 5, n. 1, p. 31, 2011.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. UFPR-FUPEF/Campos: UNEF, 1995, 451p.

- CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; COSTA, E. C.; ELOY, E.; BEHLING, A.; TREVISAN, R. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo de plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 75-82, jan. 2012.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; NETO, A. L. S.; AMÂNCIO, V. F. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 284, p. 341-352, jul./ago. 2002.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.
- CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 1-4, 1981.
- CASAGRANDE JÚNIOR, J. G.; VOLTOLINI, J. A.; HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C. Efeito de materiais orgânicos no crescimento de mudas de araçazeiro (*Psidium cattelanum* Sabine), **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 187-191, set./dez. 1996.
- CORRÊA, R. S.; CORRÊA, A. S. Valoração de biossólidos como fertilizantes e condicionadores de solos. **Sanare – Ver. Téc. Sanepar**, Sobral, v. 16, p. 49-46, 2001.
- CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R.; A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros Florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Editora UFLA, 2008. p. 83-124.
- FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato na produção de *Senna siamea*. Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.
- FERNANDES, F.; SOUZA, S. G. Estabilização de Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001. 282 p.
- GARCIA, V. A., MODOLO, V. A., LAGOA, A. M. M. A., TUCCI, M. L. S. A., DE MAGALHÃES ERISMANN, N., RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) utilizando resíduo de mineração de areia como componente de substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, jul./set. 2012.
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. 1996, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Campinas: SBCS, 1996. p. 133 - 180.

- GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.
- LELES, P. S. S., LISBOA, A. C., OLIVEIRA NETO, S. N., GRUGIKI, M.A., FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v.13, p.69-78, 2006.
- 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. 81-82, jul./dez. 1999.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Adubação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e Fosfato, 1997. 319 p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853 - 858, fev. 2000.
- NÓBREGA, R. S. A.; BOAS, R. C. V.; NOBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius Raddi*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; PINTO, L. V. A. Avaliação de níveis de biossólido no substrato para produção de mudas de *Solanum pseudo-quina*. In: **I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Bauru, 2010.
- PADOVANI, V. C. R. **Composto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. 2006. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- PIRES, A. M. M. **Uso Agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais**. Jangariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2006.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, 2001. 328 p.
- ROCHA, G. N.; GONCALVES, J. L. M.; MOURA, I. M.. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; DIOGO, F. A.; PASCOTTO, C. B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-36, jan./mar. 2013.

RODRIGUES, R. R. R. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Piracicaba: LERF/ESALQ, 2009.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, dez. 2010.

SCHEER, M. B.; et al. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta & Ambiente**, Seropédica, v. 19, p. 55-65, 2012.

SEAG - SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA. **Programa de Desenvolvimento Florestal do Espírito Santo**. Vitória: SEAG, 1991.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S.; Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS, R. F.; et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275 – 374.

TRAZZI, P. A. et al. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012.

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

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólido. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, Escola Politécnica – USP,ESALQ, UNESP, 2001. p. 133 - 180.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2002. 166p.

## 9. ANEXOS

Anexo 1A: Concentração dos diferentes elementos indicadores do potencial agronômico observada no lodo de esgoto proveniente da ETE Alegria, Rio de Janeiro – RJ

Substância	Unidade	Concentração
Carbono orgânico	mg kg <sup>-1</sup>	2870
Fósforo total	mg kg <sup>-1</sup>	6161
Nitrogênio Kjeldahl	mg kg <sup>-1</sup>	33497
Nitrogênio amoniacal	mg kg <sup>-1</sup>	208
Nitrito	mg N kg <sup>-1</sup>	17,2
Nitrato	mg N kg <sup>-1</sup>	5318
Nitrogênio total	mg kg <sup>-1</sup>	38832
Potássio total	mg kg <sup>-1</sup>	4995
Sódio total	mg kg <sup>-1</sup>	1591
Enxofre total	mg kg <sup>-1</sup>	11933
Cálcio total	mg kg <sup>-1</sup>	2361
Magnésio total	mg kg <sup>-1</sup>	145
Sólidos totais	%	74,29
Sólidos voláteis	%	24,29
Umidade	%	25,71
pH em água (1:10)	-	5,45

Anexo 2A: Concentração de substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas no lodo de esgoto proveniente da ETE Alegria, Rio de Janeiro – RJ

Substâncias	Concentração Permitida <sup>1</sup>	Concentração Observada <sup>2</sup>
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----	
Arsênio	41	< 2,62
Bário	1300	157
Cádmio	39	< 0,20
Chumbo	300	197
Cobre	1500	267
Cromio	1000	70
Merúrio	17	< 0,033
Molibdênio	50	22,6
Níquel	420	40,2
Selênio	100	< 5,90
Zinco	2800	681

<sup>1</sup> Concentração máxima permitida segundo a resolução nº 375/2006 do CONAMA; <sup>2</sup> Concentração observada no lodo da ETE Alegria.

Anexo 3A: Concentração de microrganismos patogênicos no lodo de esgoto proveniente da ETE Alegria, Rio de Janeiro – RJ

Parâmetro	Unidade	Concentração Permitida <sup>1</sup>	Concentração Observada <sup>2</sup>
Coliformes Termotolerantes	NMP g <sup>-1</sup> ST	< 1000	< 0,04
Ovos Viáveis de Helminthos	Ovos g <sup>-1</sup> ST	< 0,25	< 0,01
Salmonella sp	Presente/ausente em 10g ST	Ausente	Ausente

<sup>1</sup> Concentração máxima permitida segundo a resolução n° 375/2006 do CONAMA; <sup>2</sup> Concentração observada no lodo da ETE Alegria; NMP: Número mais provável; ST: Sólidos totais.

Anexo 4A: Concentração de compostos orgânicos persistentes potencialmente tóxicos no lodo de esgoto proveniente da ETE Alegria, Rio de Janeiro – RJ

Substância	Concentração permitida <sup>1</sup>	Concentração Observada <sup>2</sup>
mg/kg		
Benzenos clorados		
1,2-Diclorobenzeno	0,7300	< 0,002
1,3-Diclorobenzeno	0,3900	< 0,002
1,4-Diclorobenzeno	0,3900	< 0,002
1,2,3-Triclorobenzeno	0,0100	< 0,004
1,2,4-Triclorobenzeno	0,0110	< 0,002
1,3,5-Triclorobenzeno	0,5000	< 0,006
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	0,1600	< 0,006
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	0,0100	< 0,006
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	0,0065	< 0,006
Ésteres de ftalatos		
Di-n-butil ftalato	0,700	0,545
Di (2-etilhexil)ftalato	1,000	23,833*
Dimetil ftalato	0,250	< 0,020
Fenóis não clorados		
Cresóis	0,160	< 0,010
Fenóis clorados		
2,4-Diclorofenol	0,031	< 0,010
2,4,6-Triclorofenol	2,400	< 0,010
Pentaclorofenol	0,160	< 0,010
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos		
Benzo(a)antraceno	0,0250	< 0,0005
Benzo(a)pireno	0,0520	< 0,0005
Benzo(k)fluoranteno	0,3800	< 0,0005
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,0310	< 0,0005
Naftaleno	0,1200	0,0711
Fenantreno	3,3000	< 0,0005

Lindano	0,0010	< 0,0010
---------	--------	----------

---

<sup>1</sup> Concentração máxima em solos agrícolas permitida segundo a Resolução n° 375/2006 do CONAMA; <sup>2</sup>Concentração observada no lodo da ETE Alegria; \* Acima da concentração máxima permitida em solos agrícolas, segundo Resolução n° 375/2006 do CONAMA.