



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

**THASSO JOSÉ SILVA E SOUSA**

**MUDAS DE *Luehea divaricata* PRODUZIDAS COM BIOSSÓLIDO DE DUAS  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

Prof. Dr. PAULO SERGIO DOS SANTOS LELES  
Orientador

SEROPÉDICA - RJ  
MAIO - 2018



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

**THASSO JOSÉ SILVA E SOUSA**

**MUDAS DE *Luehea divaricata* PRODUZIDAS COM BIODISSÓLIDO DE DUAS  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

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.

Prof. Dr. PAULO SERGIO DOS SANTOS LELES  
Orientador

SEROPÉDICA - RJ  
MAIO - 2018

**MUDAS DE *Luehea divaricata* PRODUZIDAS COM BIOSÓLIDO DE DUAS  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

**THASSO JOSÉ SILVA E SOUSA**

Monografia aprovada em 30 de maio de 2018.

Banca Examinadora:

---

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

---

Prof. Dr. José Carlos Arthur Junior – UFRRJ  
UFRRJ/ IF/ DS  
Membro

---

Elton Luis da Silva Abel  
Engenheiro Florestal, MSc - CEDAE  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo o dom da vida e pela a saúde.

À minha mãe, Maria Neuma, que sempre foi a minha base e maior inspiração; sem você não teria chegado até aqui. Minha eterna gratidão!!!

Ao meu pai, Itamário Leite, por todo o apoio moral e financeiro; obrigado por ter tido paciência e acreditado em mim.

Aos meus irmãos Thamara, Kassio e Luiz Fellipe pelas palavras de carinho e conforto.

Ao meu orientador, Prof. Paulo Sérgio dos Santos Leles, agradeço por toda a dedicação, conhecimento, paciência e amizade compartilhada durante esses quatro anos de LAPER.

Ao doutorando Jorge Alonso, por ter contribuído com a pesquisa e por está sempre disposto a me ajudar.

Aos funcionários do Viveiro Florestal da UFRRJ, especialmente a Cacá e o seu Tião, por ter me ajudado durante o experimento.

Aos membros da banca, Prof. José Carlos Arthur e o Eng. Florestal Elton Abel, por terem aceitado participar da banca examinadora.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelos cinco anos de estudos e convivência, e também pela concessão da bolsa CNPq / PIBIC para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER) por todo o conhecimento compartilhado, trabalhos e momentos de descontração durante esses quatro anos de estágio.

Aos meus amigos Bárbara, Nathália, Mariana, Rafael e Erikliis que estiveram em muitos momentos comigo, me dando apoio nessa longa jornada.

Obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo desses cinco anos de Universidade Rural.

## RESUMO

Avaliou-se o potencial do biossólido originário de duas estações de tratamento de esgoto (ETE) na produção de mudas de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. e comparou com um substrato comercial, à base casca de pinus bioestabilizada. Os biossólidos avaliados foram provenientes da ETE Sarapuí, localizada no município de Belford Roxo e da ETE Ilha do Governador, situadas na cidade do Rio de Janeiro. Os tratamentos foram substrato comercial; biossólido da ETE Sarapuí e biossólido ETE Ilha do Governador. O experimento foi implantado em viveiro, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo cada repetição composta por seis mudas, produzidas em tubetes capacidade volumétrica de 280 cm<sup>3</sup>. Aos 105 dias após repicagem, as mudas foram mensuradas quanto a altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação entre altura e diâmetro do coleto, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca de raízes, massa seca total, relação entre massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular e índice de qualidade de Dickson (IQD). Constatou-se, de maneira geral, que aplicação de 100% de biossólido de ambas as ETES se mostraram superiores ao substrato comercial para a maioria dos parâmetros avaliados na produção de mudas de *Luehea divaricata*, sendo que a utilização do biossólido da ETE Sarapuí proporcionou mudas com maior crescimento e, comparativamente de melhor qualidade. Conclui que ambos são adequados a produção de mudas da espécie, em tubetes de 280 cm<sup>3</sup>, sendo preferível utilizar biossólido da ETE Sarapuí.

**Palavras chave:** açoita-cavalo, lodo de esgoto e substrato.

## ABSTRACT

The potential of the biosolid coming from two sewage treatment plants (STP) was evaluated regarding the production of *Luehea divaricata* Mart .& Zucc. seedlings and the results have been compared to a commercial substrate, based on the bark of a biostabilized Pinus (Pine). The biosolids evaluated came from the Sarapuí STP located in Belford Roxo county and from the Ilha do Governador STP, both located in the city of Rio de Janeiro. The treatments were commercial substrate; Sarapuí STP's biosolid and Ilha do Governador STP's biosolid. It was used an entirely randomized design with four repetitions, with every repetition is composed by six seedlings, developed in tubes with volumetric capacity of 280 cm<sup>3</sup>. By the 105th day after the pricking out process, the seedlings were measured regarding its aerial part height, collar diameter, aerial part dry matter mass, roots dry matter mass, and after calculating its total dry mass, link between height and collar diameter link among aerial part dry matter mass and root system dry mass and Dickson's quality index. It was found, in general, that the biosolid coming from both STPs were superior to the commercial substrate on the majority of parameters evaluated on the production of *Luehea divaricata* seedlings, with Sarapuí STP's biosolid providing a better seedlings growth and comparatively with better quality. It is concluded that both are suitable on the production of this species, in 280 cm<sup>3</sup> tubes, being preferable to use Sarapuí STP's biosolid.

**Keywords:** açoita-cavalo, sewage sludge and substrate.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>1</b>
2.1. <i>Luehea divaricata</i> .....	1
2.2. Lodo de esgoto.....	2
2.3. Biossólido na produção de mudas de espécies arbóreas para restauração florestal....	3
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>4</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>7</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>11</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>11</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pag.</b>
Tabela 1: Teores de metais pesados ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de biossólidos de duas estações de tratamento de esgoto e de substrato comercial para produção de mudas <i>Luehea divaricata</i> .....	6
Tabela 2: Teores totais de macronutrientes, em $\text{g.kg}^{-1}$ , e de matéria orgânica, em %, e relação carbono / nitrogênio (C/N) de biossólidos de duas estações de tratamento de esgoto e de substrato comercial para produção de mudas de <i>Luehea divaricata</i> .....	6
Tabela 3: Valores médios de pH, Condutividade Elétrica (CE), Densidade Úmida (DU), Densidade Aparente (DA), Densidade de partículas (DP), Macroporosidade (Macro), Microporosidade (Micro), Porosidade Total (PT) e Capacidade de Retenção de Água (CRA) de substratos em colunas de duas alturas .....	6
Tabela 4: Valores médios de altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), área foliar (AF), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR), relação altura/diâmetro (H/D), relação massa de matéria seca de raízes (MSR): massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes substratos para produção de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 105 dias após a repicagem .....	8

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1: Fluxograma ETE Ilha do Governador .....	4
Figura 2: Fluxograma da ETE Sarapuú .....	5
Figura 3: Altura de mudas de <i>Luehea divaricata</i> após repicagem, produzidas com três substratos. *significativo ao nível de 95% de probabilidade pelo teste t de student .....	8
Figura 4: Mudas de <i>Luehea divaricata</i> produzidas com os tratamentos T1 – (testemunha) substrato comercial à base de casca de pinus bioestabilizada (Mecplant®); T2 - biossólido proveniente da ETE Sarapuú; e T3 – biossólido proveniente da ETE Ilha do Governador, aos 5 meses após repicagem .....	9

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente conscientização ambiental da sociedade tem demandado do poder público e empresas privadas maiores investimentos em meio ambiente, como a melhoria dos serviços de saneamento básico. As estações de tratamento de esgotos (ETE) possuem importante papel na prestação de serviços ambientais à sociedade, coletando e tratando diariamente milhões de litros de esgotos domiciliares, e evitando que consideráveis cargas de poluentes cheguem aos mananciais.

De maneira geral, o tratamento de esgoto consiste em um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que resultam na remoção da matéria orgânica e dos sólidos sedimentáveis (PEREIRA et al., 2013). O resíduo sólido resultante desse processo é o lodo de esgoto, formado pela matéria particulada orgânica e inorgânica decantada durante o tratamento primário do esgoto (lodo primário) e microrganismos excedentes produzidos durante o processo de ativação biológica do esgoto no tratamento secundário (lodo secundário) (CHRISTODOULOU; STAMATELATOU, 2016).

O lodo de esgoto é rico em matéria orgânica e nutrientes. Quando estabilizado, atendendo os parâmetros estipulados pela resolução CONAMA nº 375/2006, que permite a sua reciclagem agrícola ou florestal, passa a ser denominado de bio sólido (ABREU et al., 2017a). Devido à origem do esgoto, se é de áreas urbanas ou industriais, e da tecnologia empregada para o tratamento do mesmo, bio sólidos provenientes de diferentes ETES tendem a possuir diferentes características químicas e físicas (KOMINKO et al., 2017).

Uma alternativa para reciclagem do bio sólido é a sua utilização como componente de substrato para produção de mudas florestais. Tal emprego tem se mostrado viável tanto do ponto de vista técnico como do ambiental, produzindo mudas de qualidade (CABREIRA et al., 2017a) e promovendo uma destinação mais sustentável quando comparada à disposição em aterros sanitários ou incineração. Estudos realizados demonstram que o bio sólido pode ser usado como componente de substrato para produção de mudas de espécies arbóreas da Mata Atlântica (SCHEER et al., 2012; TRAZZI et al., 2014; ABREU et al., 2017a; CABREIRA et al., 2017a) e também como único material do substrato (LIMA FILHO, 2015; CABREIRA et al., 2017a).

Por ser uma fonte de nutrientes, a incorporação desse material no substrato torna-se ainda mais interessante, considerando a possibilidade de redução de gastos com fertilizantes químicos. O uso do bio sólido também reduz ou elimina os gastos com substratos comerciais, podendo aumentar o lucro dos produtores de mudas (NOBREGA et al., 2017).

Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do bio sólido originário de duas estações de tratamento de esgoto na produção de mudas de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. e compará-los com um substrato comercial.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. *Luehea divaricata*

A *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. popularmente conhecida como açoita-cavalo, fruta-de-cavalo, ivitinga, mutamba-preta, papeá-guassu, uvatinga, açoita-cavalo-graúdo é uma árvore semidecídua, heliófita e seletiva xerófila que atinge até 30 metros de altura e DAP entre 30-50 cm de diâmetro, tendo folhas simples, em formato oval e com borda serrilhada. Pertencente à família Malvaceae, tendo sua ocorrência natural nos estados da Pará, Bahia, Ceará, Maranhão, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná (CARVALHO, 2008).

Na floresta, a espécie ocorre em formações abertas e secundárias, em terrenos altos e de rápida drenagem. A árvore produz uma grande quantidade de sementes, que são amplamente dispersadas, porém de forma descontínua. As suas flores são de coloração branca, tendo sua floração no período de maio a julho, e a maturação dos frutos em agosto a outubro (CARVALHO, 2008).

A madeira moderadamente pesada, textura média, grã direita, de baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos, também é utilizada com muita frequência na produção de móveis, cadeiras, saltos de calçados, caixas, ripas, caibros e para construção civil para tacos, ripas, molduras, cordões, guarnições, rodapés, caibros, esquadrias, forros, tabuados e vigas. (CARVALHO, 2008). Além disso, a casca do açoita-cavalo é tem características medicinais, sendo indicada no tratamento do reumatismo e contra disenteria (CARVALHO, 2008).

É uma espécie indicada para recuperação de áreas degradadas, pois possui uma fácil adaptação a terrenos secos e pobres. Por possuir uma copa piramidal densa e pela beleza das flores, também pode ser incluído o uso em arborização urbana de parques, praças e rodovias (LORENZI, 1992).

No Programa de Reflorestamento da cidade do Rio de Janeiro, desenvolvido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, o Açoita-cavalo obteve destaque pela sua resposta nos processos de recuperação da cidade juntamente com outras espécies florestais nativas da Mata Atlântica (SANTANA et. al., 2015).

## **2.2. Lodo de esgoto**

De uma maneira geral, o tratamento de esgoto, consiste em um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que resultam na remoção dos sólidos sedimentáveis e da matéria orgânica de efluentes domésticos e industriais. Nas estações de tratamento de esgoto (ETE), o efluente passa por diversos processos de tratamento antes de voltar aos mananciais minimizando os impactos ambientais (BIELSCHOWKY, 2014). Por consequência desses processos, é gerado o lodo de esgoto. Trata-se de um resíduo sólido, originado em grandes volumes e composto por uma infinidade de microrganismos, compostos orgânicos e inorgânicos, cuja disposição final torna-se uma atividade cara e problemática para uma estação (VON SPERLING, 2014; BOURIOUG et al., 2015; ABREU et al., 2017a)

O gerenciamento e alto custo no descarte final desses lodos tem preocupado cada vez mais as ETES, tanto quanto pela dificuldade de abertura de novos aterros sanitários e terceirização ou fechamento de aterros públicos, forçando a busca por uma destinação mais sustentável (BIELSCHOWKY, 2014). Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro são produzidos cerca de 365 toneladas de lodo de esgoto por dia, totalizando 133.225 toneladas anuais, que são dispostas quase totalmente em aterros sanitários (PERS, 2014).

Um dos principais objetivos do tratamento do lodo de esgoto é reduzir as características indesejáveis, tornando um material mais estável e com menor volume para o seu manuseio e, conseqüentemente, reduzir os custos de transporte (QUINTANA et al., 2012). Para isso, o tratamento do lodo, pode passar por uma ou mais das seguintes etapas (ANDREOLI et al., 2014): Adensamento, Condicionamento, Desidratação/Desaguamento, Estabilização e Higienização.

O adensamento e desaguamento são etapas que têm por objetivo aumentar a concentração de sólidos no lodo, e que visam retirar água do material e, por conseguinte, a redução do volume do lodo (PEDROZA et al, 2010). O processo de estabilização do lodo

tem por finalidade mineralizar a fração biodegradável e reduzir a quantidade de patógenos, eliminar os maus odores e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação (PEDROZA et al., 2010) podendo ser realizado através de digestão aeróbica ou anaeróbica (BRASIL, 2006). Já a higienização viabiliza a utilização do lodo de esgoto como bio sólido, garantindo uma maior redução de patógenos, dentre os principais métodos, pode-se citar a caleação, a compostagem e a secagem térmica (ANDREOLI et al., 2014).

Contudo, depois desses processos, os bio sólidos devem ser submetidos a análises para atender a legislação do CONAMA nº 375/2006 em relação ao conteúdo de metais pesados e concentração de patógenos, se atendendo a estes critérios pela a normatização, pode ser utilizado para usos benéficos, como a reciclagem na agricultura, como condicionador de solos, para arborização urbana, parques e jardins, recuperação de áreas degradadas ou produção de substratos (SANTOS et al., 2014; SAMPAIO et al., 2016; GUERRINI, et al., 2017).

### **2.3. Bio sólido na produção de mudas de espécies arbóreas para restauração florestal**

Dentre as alternativas para a reciclagem ou reaproveitamento do bio sólido, o emprego como componente de substrato para produção de espécies arbóreas florestais tem ganhado cada vez mais destaque (SCHEER et al., 2012; TRAZZI et al., 2014; CABREIRA et al., 2017a).

Uma das vantagens na utilização do bio sólido de lodo de esgoto como substrato, é que este material é fonte de matéria orgânica, macro e micronutrientes, tendo o melhor aproveitamento desses nutrientes pelas plantas, visto que parte dos nutrientes estão na forma orgânica e são liberados gradativamente, suprimindo as necessidades nutricionais das mudas de forma mais adequado durante o ciclo de produção (CALDEIRA et al., 2013; ABREU et al., 2017b). Segundo Guedes et al. (2006) a incorporação do bio sólido como substrato é ainda mais vantajoso para o produtor, pois reduz os custos com substratos comerciais e fertilizantes químicos.

Cunha et al. (2006) trabalhando com diferentes substratos para produção de mudas de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis*, verificaram que os substratos formulados com 100% de bio sólido proporcionam maiores crescimento dessas espécies, visto o maior acúmulo de nitrogênio e cálcio por parte das plantas.

Scher et al. (2012) avaliaram o crescimento em altura, diâmetro do coleto, biomassa seca, teores e quantidade de N, P e K nas folhas das mudas de *Lafoensia pacari* produzidas com lodo de esgoto composto como substrato, e evidenciaram diferenças significativas para todas as variáveis mensuradas em relação ao tratamento com substrato comercial.

Caldeira et al. (2013), comparando o crescimento de mudas de *Chamaecrista desvauxii* com substratos formulado com lodo de esgoto, evidenciaram que o tratamento com a proporção de 60% de lodo de esgoto, 20% de casca de arroz carbonizada e 20% de palha de café *in natura* propiciaram os melhores resultados das características morfológicas avaliadas.

Santos et al. (2014) caracterizaram as propriedades químicas e as composições dos substratos formulados à base de bio sólido com vermiculita e resíduos de fibra de coco, palha de café *in natura*, composto orgânico, casca de arroz carbonizada e casca de arroz *in natura* e um substrato comercial (testemunha). Verificaram que os substratos formulados com bio sólido proporcionaram aumento da fertilidade, com maiores teores médios de nutrientes em fósforo, nitrogênio e cálcio.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Viveiro Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), município de Seropédica - RJ, no período de agosto a dezembro de 2016. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, que significa tropical com chuvas de verão (RAMOS et al., 1973). De acordo com os dados da estação meteorológica da Embrapa Agrobiologia, em local próximo ao do experimento, no período da semeadura até última avaliação das mudas, a média da temperatura máxima diária foi de 29,3 °C (variando de 19,8 °C a 39,0 °C). A média da temperatura mínima diária foi de 19,0 °C (variando de 11,0 °C a 24,6 °C). A umidade relativa média diária desse período foi de 73,5%.

Os biossólidos utilizados no experimento foram cedidos pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), sendo oriundos de duas estações de tratamento de esgoto.

A ETE Ilha do Governador se localiza na Rua Domingos Mondin, 315, sub-bairro Tauá, na Ilha do Governador, Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro – RJ (22°47'44"S e 43°11'15"W). Essa ETE trata todo o esgoto da Ilha do Governador, região prioritariamente residencial da cidade. O tratamento de esgoto é realizado a nível primário e secundário pelo sistema de lodos ativados. O lodo proveniente do processo de tratamento primário é misturado ao do tratamento secundário para depois passar por adensamento em centrífuga. Após o adensamento o material é disposto em leitos de secagem semipermeáveis ao ar livre, onde permanece em média 90 dias. Esquema do tratamento do lodo de esgoto deste tipo de ETE é apresentado na Figura 1.

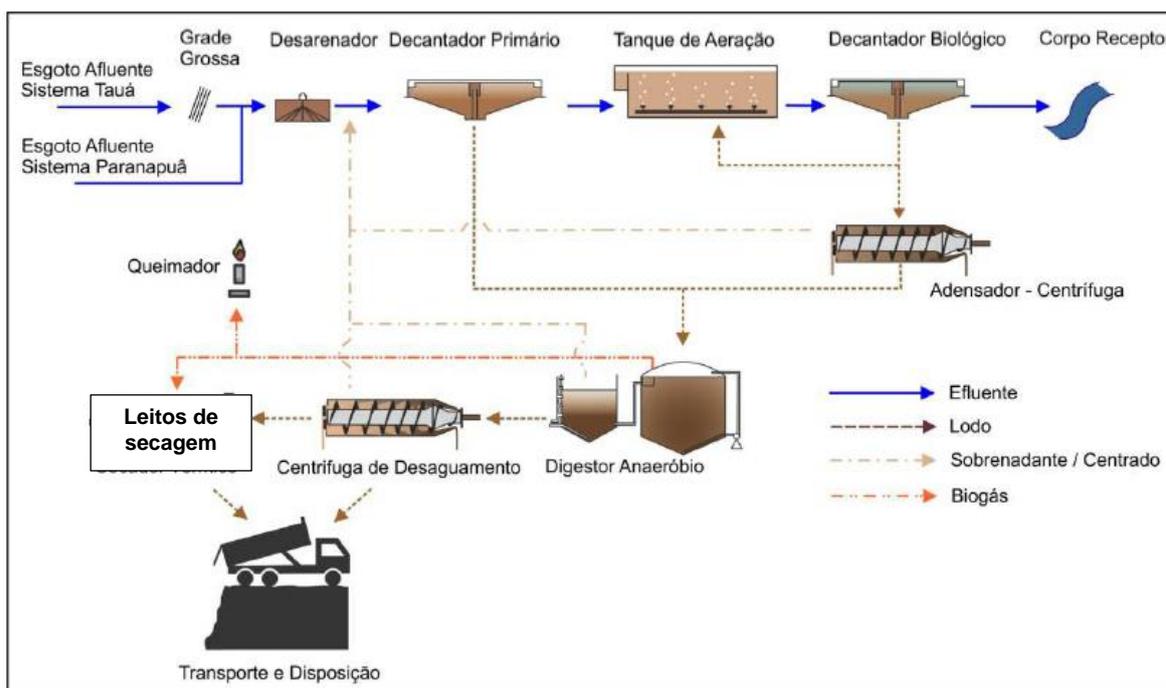


Figura 1: Fluxograma ETE Ilha do Governador. Fonte: Adaptado Bielschowsky, 2014.

A ETE Sarapuú se localiza na Rua Demóstenes, s/nº, Bairro Jardim Gláucia, município de Belford Roxo – RJ (22°45'21"S e 43°20'42"W). O esgoto tratado nessa ETE é de origem residencial e comercial, proveniente dos municípios de Duque de Caxias, Nilópolis, São João de Meriti e Nova Iguaçu, na Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro. Nessa ETE é realizado tratamento primário quimicamente assistido (emprego de

sulfato de alumínio ou cloreto férrico como coagulante do lodo) e secundário pelo sistema de lodos ativados. O lodo do tratamento secundário é adensado e misturado ao do tratamento primário para passagem por centrífuga de desaguamento. Após esse processo o material é levado ao secador térmico, no qual permanece até atingir baixo teor de umidade. Esquema do tratamento do lodo de esgoto deste tipo de ETE é apresentado na Figura 2.

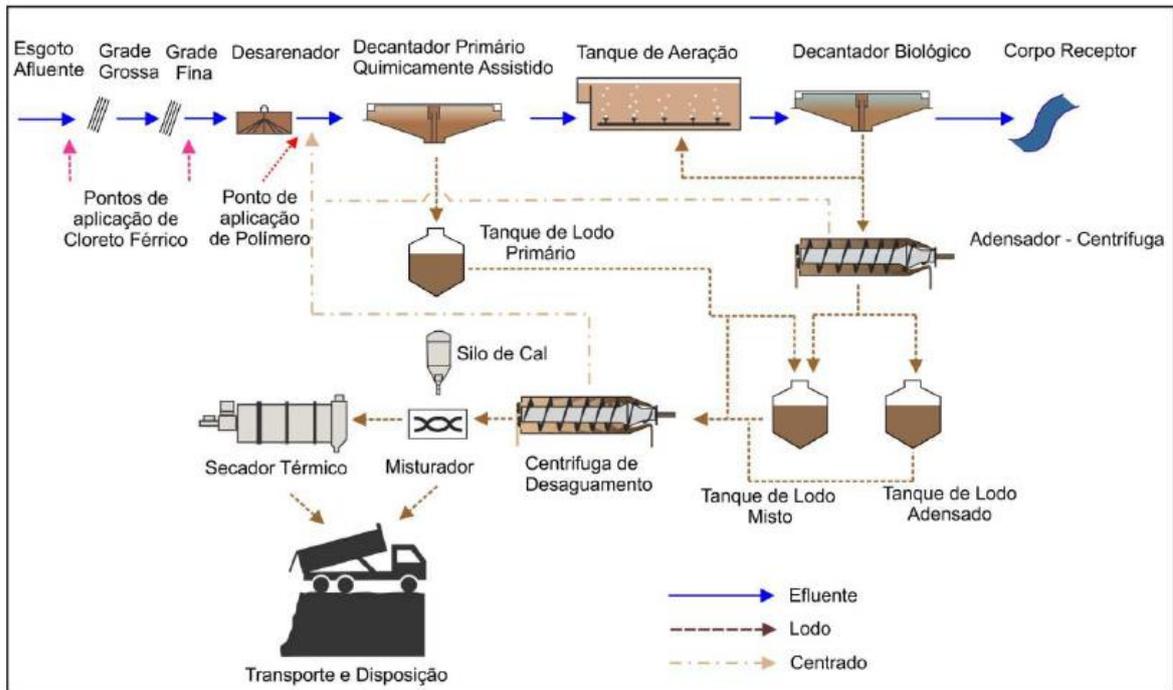


Figura 2: Fluxograma da ETE Sarapuí. Fonte: Bielschowsky, 2014

O substrato comercial é o Mecplant® à base de casca de pinus bioestabilizada com granulometria uniforme, sendo a casca produzida na fábrica Wolff Klabin, na região central do Paraná. A densidade desse substrato sem compactação situa-se entre 360 e 400  $\text{Kg m}^{-3}$ .

Conforme determina a Resolução CONAMA nº 375/2006 (CONAMA, 2006) foi realizada a caracterização química dos dois biossólidos e também do substrato comercial, sendo avaliada a presença de metais pesados (Tabela 1), bem como os teores de macro e micronutrientes (Tabela 2). Os elementos avaliados foram: P, K, Ca, Mg, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn. O método aplicado foi o EPA 3050, com digestão ácida ( $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) em blocos digestores em temperatura de 95 °C. A determinação de K foi realizada por fotometria de chama e os demais elementos por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Pelos dados da Tabela 1, mostra que ambos os biossólidos podem ser utilizados para atividades florestais e estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

Os teores de C e N foram determinados pelo método de combustão a seco, em um auto analisador CHN-600. A matéria orgânica foi calculada a partir do teor de carbono total presente em cada amostra, usando o fator de conversão de 2,20 verificado por Carmo e Silva (2012) para diferentes amostras de biossólido. O pH e condutividade elétrica (CE) foram determinados usando 5 g de cada amostra diluída em 50 ml de água deionizada, agitado por 30 minutos e em seguida medidos em pHgâmetro e condutivímetro de bancada (Tabela 3).

Tabela 1: Teores de metais pesados ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de biossólidos de duas estações de tratamento de esgoto e de substrato comercial para produção de mudas *Luehea divaricata*

Tratamentos (substrato)	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	Zn
Substrato comercial	0,2	47,6	0,2	24,2	12,5	13,3	6,3	nd	28,1
ETE Sarapuí	nd	503,6	1,9	121,2	127,0	22,8	100,8	nd	827,6
ETE Ilha do Governador	nd	178,1	1,1	33,7	212,0	17,3	141,8	nd	822,6
CONAMA 375/2006	41	1300	39	1000	1500	420	300	100	2800

\*valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 375/ 2006 ( $\text{mg kg}^{-1}$ , base seca); nd: não detectado.

Tabela 2: Teores totais de macronutrientes, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , e de matéria orgânica, em %, e relação carbono / nitrogênio (C/N) de biossólidos de duas estações de tratamento de esgoto e de substrato comercial para produção de mudas de *Luehea divaricata*

Tratamento (substrato)	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	M.O	C/N
Substrato comercial	7,90	2,19	2,13	3,73	3,52	222,85	49,32	28,21
ETE Sarapuí	19,39	16,38	2,36	16,67	3,56	119,52	27,00	6,17
ETE Ilha do Governador	18,33	7,62	1,26	12,51	1,90	150,45	33,68	8,21

Tabela 3: Valores médios de pH, Condutividade Elétrica (CE), Densidade Úmida (DU), Densidade Aparente (DA), Densidade de partículas (DP), Macroporosidade (Macro), Microporosidade (Micro), Porosidade Total (PT) e Capacidade de Retenção de Água (CRA) de substratos em colunas de duas alturas

Substrato	pH	CE	DU	DA	DP	Macro	Micro	PT	CRA (10cm)	CRA (50cm)
		dS/m	$\text{kg m}^{-3}$	--- $\text{g cm}^{-3}$ ---	-----%-----	-----	-----	-----	-----10 mL	50 $\text{cm}^3$ -----
S. comercial	6,1	0,65	520	0,23	519,6	43,5	38,7	82,2	31,9	19,4
ETE Sarapuí	7,6	2,44	728	0,68	727,8	28,8	34,3	63,0	24,0	17,1
ETE Ilha	5,7	2,66	532	0,50	531,9	35,5	41,5	77,0	33,1	20,8

Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma: T1 – (testemunha) substrato comercial à base de casca de pinheiro bioestabilizada (Mecplant®); T2 - biossólido proveniente da ETE Sarapuí; e T3 – biossólido proveniente da ETE Ilha do Governador. O experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, sendo cada repetição composta por 6 mudas, totalizando 24 mudas de cada tratamento.

Foram utilizados como recipiente tubetes de polipropileno com capacidade volumétrica de  $280 \text{ cm}^3$ , os quais foram preenchidos manualmente com o substrato correspondente a cada tratamento e dispostos em bandejas suspensas. Em seguida, procedeu-se a repicagem das plântulas de açoita-cavalo, que foram germinadas em sementeiras evitando perdas no experimento por eventual baixa taxa de germinação. Nos primeiros 20 dias após a repicagem foi mantido sobre as plântulas sombrite de cor preta com passagem de 50% da luminosidade, como forma de proteção da incidência solar direta. A irrigação foi realizada por microaspersores, três vezes ao dia. Não houve fertilização complementar, em função da finalidade do trabalho em avaliar o potencial nutricional dos biossólidos utilizados como substrato. Aos 45 dias após repicagem, foi feito reespaçamento das mudas nas bandejas para ocupação de 50% das “células”, a fim de diminuir a competição por luz. Ao longo do experimento a irrigação foi realizada de acordo com as condições ambientais e experiência do viveirista. Sempre que necessário, foram realizadas limpezas das mudas, sendo retiradas plantas espontâneas presentes no substrato.

Aos 60 dias após a repicagem iniciaram-se as medições de altura da parte aérea (H), que se repetiram em intervalos de 15 dias, até a fase de expedição das mudas para o

campo. Esse intervalo de 15 dias para a medição das mudas de açoita-cavalo foi determinado visando acompanhar o ritmo de crescimento da espécie em cada tratamento. Aos 105 dias após a repicagem, quando julgou que as mudas estavam em condições de irem para o campo, além da altura da parte aérea, também foi mensurado o diâmetro do coleto (D). Após o processamento dos dados, foram selecionadas 4 mudas médias, com base na altura, de cada tratamento para determinação dos parâmetros área foliar (AF), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raízes (MSR). Para isso, foi realizado o fracionamento das mudas, que foram separadas em parte aéreas (folhas e caule) e raízes. A área foliar foi mensurada com auxílio de medidor LICOR-3600. Após a medição da área foliar, a parte aérea e o sistema radicular das mudas foram devidamente acondicionados em sacos de papel identificados e em seguida levadas para uma estufa de circulação de ar forçada, onde permaneceram a 65° C, durante 72 horas.

A partir dos dados obtidos foram calculados os parâmetros massa seca total (MST) relação altura/ diâmetro (H/D), relação matéria seca da parte aérea/ matéria seca radicular (MSPA/ MSR). Calculou-se também o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960, citado por Lisboa et al., 2012), por meio da equação:

$$IQD = \left( \frac{MST}{\frac{H}{D} + \frac{MSPA}{MSR}} \right)$$

em que: MST é a massa de matéria seca total (gramas); H é a altura da parte aérea (cm); D é o diâmetro do coleto (mm); MSPA é a massa de matéria seca da parte aérea (gramas); e MSR é matéria seca radicular (gramas).

Com os dados de altura, para cada tratamento foi ajustada modelo de regressão e obtida a equação, onde o tempo de 60 a 105 dias após a repicagem está relacionado com as alturas das mudas produzidas. Os dados da altura da última medição e das demais variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade

#### 4. RESULTADOS

Constata-se, pela Figura 3, o crescimento linear do valor médio de altura das mudas de *Luehea divaricata* produzidas nos três substratos em função do tempo de repicagem. A partir de 75 dias após a repicagem, a altura média das mudas foi aumentando. A reta de crescimento de altura das mudas produzidas com biossólido da ETE Sarapuí apresentou maior inclinação nas quatro épocas avaliadas e do substrato comercial a menor inclinação. A figura mostra também que usando substrato comercial foi onde a equação linear apresentou menor grau de ajustamento ( $R^2$ ), indicando altura de mudas mais heterogêneas, o que não é bom para o produtor.

De acordo com a análise de variância foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis medidas e calculadas, ao nível de 95% de probabilidade. Observa-se, pela Tabela 4, que na avaliação final, as mudas produzidas com o biossólido de ambas as ETES obtiveram valores médios significativamente superiores, em comparação com o tratamento de substrato comercial, sendo as provenientes da ETE Sarapuí significativamente superiores em alguns parâmetros avaliados e outros calculados.

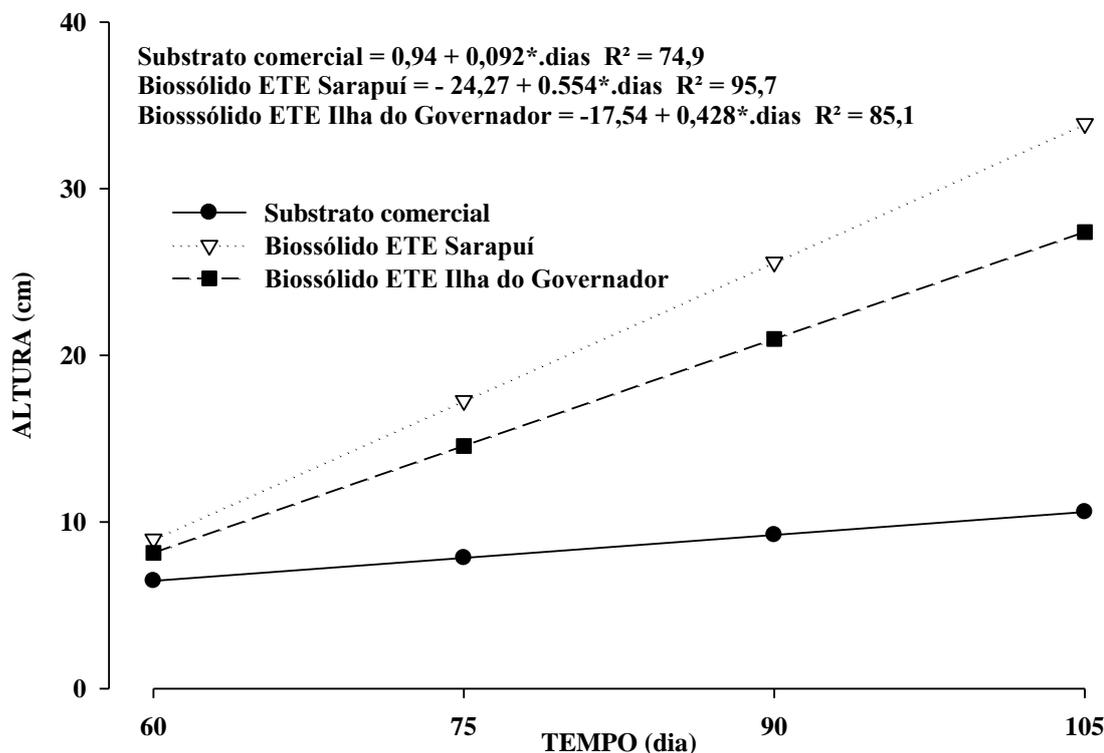


Figura 3: Altura de mudas de *Luehea divaricata* após repicagem, produzidas com três substratos. \*significativo ao nível de 95% de probabilidade pelo teste t de student.

Tabela 4: Valores médios de altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), área foliar (AF), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR), relação altura/diâmetro (H/D), relação massa de matéria seca de raízes (MSR)/ massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em função dos diferentes substratos para produção de mudas de *Luehea divaricata*, aos 105 dias após a repicagem

Substrato	H (cm)	D (mm)	AF (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g planta <sup>-1</sup> )	MSR (g planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	H/D	MSR/MSPA	IQD
ETE Sarapuí	33,5 a	4,8 a	268 a	2,57 a	0,68 a	3,25 a	7,0 b	0,26 a	0,30 a
ETE Ilha	26,8 b	4,0 b	225 a	2,27 a	0,21 b	2,48 a	6,7 b	0,09 b	0,14 b
S. comercial	10,2 c	1,0 c	14 b	0,34 b	0,05 c	0,39 b	10,2 a	0,14 b	0,03 c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,95$ ).

Observa-se pela Tabela 4 que para altura e diâmetro de coleto, que são duas variáveis facilmente visualizadas, relativamente de fácil determinação e não precisa destruir as mudas, substrato ETE Sarapuí proporcionou crescimento significativamente superior as mudas de *Luehea divaricata* e com substrato comercial valores médios significativamente inferior. Em relação à área foliar e massa de matéria seca da parte aérea, variáveis relacionadas à capacidade fotossintética da planta, não houve diferenças significativas entre as mudas oriundas dos dois substratos de biossólido, mas foram superiores as do substrato comercial. Em relação à produção de raízes, muito importante para auxiliar na sobrevivência e crescimento inicial no campo, as mudas produzidas com biossólido da ETE Sarapuí foi significativamente superior as demais e com substrato comercial significativamente inferior. Em relação H/D com substrato comercial as mudas cresceram pouco em altura e ainda ficaram com caule relativamente fino, podendo ser classificada como estiolada, contribuindo para as condições de seu tombamento no campo após o plantio,

principalmente se plantada em locais de maiores altitudes, como áreas de planalto. A relação massa de matéria seca da parte aérea/ massa de matéria seca do sistema radicular evidencia que as mudas produzidas com bioestabilizado da ETE Sarapuú apresentaram valores médios significativamente superiores, indicando maior possibilidade de sobreviver as condições adversas do ambiente. O índice de qualidade de Dickson (IQD) que reuni várias características indica que, comparativamente, as mudas produzidas com bioestabilizado da ETE Sarapuú são teoricamente de melhor qualidade e com substrato comercial com menor qualidade e com bioestabilizado da ETE Ilha do Governador com valores intermediários, na época que julgou adequada a serem plantadas no campo.



Figura 4: Mudanças de *Luehea divaricata* produzidas com os tratamentos T1 – (testemunha) substrato comercial à base de casca de pinus bioestabilizada (Mecplant®); T2 - bioestabilizado proveniente da ETE Sarapuú; e T3 – bioestabilizado proveniente da ETE Ilha do Governador, aos 5 meses após repicagem.

## 5. DISCUSSÃO

O uso do bioestabilizado de ambas as ETES proporcionou maior crescimento das mudas de *Luehea divaricata*, sendo que o bioestabilizado da ETE Sarapuú apresentou maior crescimento e inclinação da reta do que o da ETE Ilha aos 105 dias após a repicagem (Figura 3). Tal fato ocorreu provavelmente pela diferença nos processos de tratamento do esgoto e do lodo entre as duas ETES. De acordo com Carvalho et al. (2015) bioestabilizados oriundos de secagem térmica tendem a preservar melhor os nutrientes e as frações biodegradáveis do carbono, enquanto no processo de secagem ao ar livre pode ocorrer degradação da matéria orgânica mais disponível, bem como lixiviação de nutrientes.

Considerando que a espécie avaliada é uma pioneira de rápido crescimento, que são plantas em geral responsivas a maiores quantidades de nutrientes no substrato, os resultados do presente trabalho indicam que bioestabilizados secos termicamente podem promover maior crescimento de espécies com essas características, podendo até mesmo reduzir a necessidade de fertilização, reduzindo custos de produção. Tal aspecto foi estudado por Cabreira et al. (2017b) que avaliaram doses de 0 a 12 kg/m<sup>3</sup> de fertilizante de liberação controlada para produção de mudas da espécie pioneira *Schinus terebinthifolius* em substrato com 100% de bioestabilizado, também em tubetes de 280 cm<sup>3</sup>, constatando que a

aplicação da dose de 3 kg/m<sup>3</sup> foi suficiente para produzir mudas de qualidade. Resultados semelhantes foram observados por Scheer et al. (2012) para a espécie pioneira *Anadenanthera colubrina* em substratos com altas proporções de bio sólido, comprovando que o uso desse material como substrato pode reduzir a necessidade de fertilização.

Pelos dados apresentados na Tabela 2 o bio sólido de Sarapuí apresentava maiores teores de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, em comparação com o da Ilha. Considerando a importância do N para o crescimento inicial das plantas, Trazzi et al. (2014) apontam o alto teor desse elemento nos bio sólidos como uma das principais justificativas para o maior crescimento de mudas florestais produzidas em substratos a base desse material. Ainda, para Ceconi et al. (2006) o P garante um arranque vigoroso na planta, estimulando o crescimento radicular.

Avaliando diferentes lotes de bio sólidos das mesmas ETEs que o presente trabalho, Abreu et al. (2017b) obtiveram resultados semelhantes, verificando maiores teores de nutrientes, principalmente N e P, nos bio sólidos da ETE Sarapuí, sem a necessidade de fertilização complementar para produção de mudas de *Lafoensia pacari*. O bio sólido de Sarapuí também apresentou maiores valores para as variáveis morfológicas analisadas tanto quando comparado com o bio sólido da Ilha, bem como com os demais substratos avaliados (bio sólido da ETE Alegria, composto de lixo urbano e substrato comercial).

Na maioria dos parâmetros morfológicos avaliados, o bio sólido de ambas as ETEs contribuíram para maior crescimento das mudas de *L. divaricata* em relação às mudas produzidas somente com o substrato comercial, sendo observados valores superiores do bio sólido da ETE Sarapuí quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 4). Esses resultados provavelmente ocorreram em função da disponibilidade dos nutrientes associada à melhoria das características físicas dos substratos, propiciadas pelos os componentes, como densidade, macroporosidade, microporosidade e capacidade de retenção de água (Tabela 3). Guerrini e Trigueiro (2004), analisando atribuídos físicos de substratos de bio sólidos com casca de pinus em diferentes proporções, averiguaram que o aumento na dose de bio sólido nos substratos elevou a microporosidade, conseqüentemente, a maior retenção de água.

Comparando os resultados de altura e diâmetro observados no presente trabalho com aqueles apresentados para *Luehea divaricata* em diferentes substratos por Grutka et al. (2012) e Felker et al. (2015) é possível constatar que as mudas produzidas no presente trabalho, em ambos os bio sólidos, apresentaram maior crescimento que nos demais estudos. As mudas do substrato comercial para o presente trabalho proporcionaram as menores médias para todas as características avaliadas, resultados semelhantes foi encontrado por Caldeira et al. (2014) na produção de mudas de *Acacia mangium* Wild com substrato comercial.

Para a MSPA, os valores médios do bio sólido de ambas as ETEs não diferiram estaticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo o teste de Tukey. Em relação a MSR, Gomes et al. (2002) afirmam que essa característica pode ser utilizada para estimar a sobrevivência inicial da muda no campo. Dessa forma, as mudas produzidas com o bio sólido da ETE Sarapuí, que obteve valores médios significativamente superiores para esse parâmetro, teriam maior potencial de sobreviver após plantio em campo. Altas proporções de bio sólido no substrato tendem a proporcionar aumento na biomassa produzida pelas mudas em viveiro, conforme observado por Bortolini et al. (2017) para *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa*, onde substratos com proporções de 25% e 50% de bio sólido apresentaram aumento na MSPA, MSR e MST das espécies estudadas.

Foi viável produzir mudas em substratos com 100% de biossólido, conforme também utilizado por Lima Filho (2015) e por Cabreira et al. (2017b) e outros autores, como Caldeira et al. (2012) obtiveram sucesso aplicando altas proporções de biossólido ao substrato na produção de mudas *Ateleia glazioveana*, e evidenciaram que nas proporções de 60 a 80% de biossólido na composição de substrato, obtiveram valores significativamente superiores para parâmetros altura, diâmetro do coleto, massa de matéria seca de parte aérea e massa de matéria seca de raízes quando comparadas a produção de mudas de timbó com substrato na proporção de 0% biossólido, 90% substrato comercial e 10% terra de subsolo.

As mudas de *Luehea divaricata* oriundas do substrato comercial tiveram relação H/D alta, o que indica estiolamento. Segundo José et al. (2005), mudas com alta relação H/D podem apresentar dificuldade de se manterem eretas após o plantio, sendo recomendado valores abaixo de 10. Desta forma, as mudas produzidas em ambos biossólidos se enquadraram aos valores recomendados para esse parâmetro.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson, Caldeira et al. (2012) observaram que, quanto maior o valor do IQD, melhor é a qualidade das mudas dentro daquele lote. As mudas de Açoita-cavalo produzidas com o biossólido da ETE Sarapuú tiveram o maior IQD, indicando, comparativamente entre os tratamentos, maior qualidade. As mudas produzidas com substrato comercial demonstraram os valores mais baixos de IQD. Scheer et al. (2012), avaliando o uso do biossólido em mudas de *Lafoensia pacari* obtiveram resultados semelhantes ao presente trabalho, com maior qualidade das mudas produzidas com biossólidos em comparação com o substrato comercial.

## 6. CONCLUSÃO

Os biossólidos de ambas ETEs se mostraram superiores ao substrato comercial, proporcionando mudas com maior crescimento e qualidade, tendo potencial e podendo ser indicados para produção de mudas de *Luehea divaricata* em tubetes de 280 cm<sup>3</sup>.

Considerando as características da espécie avaliada e os resultados observados, para produção de mudas de espécies pioneiras é preferível à utilização do biossólido da ETE Sarapuú como substrato.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os problemas decorrentes da disposição final do lodo de esgoto no ambiente, a sua utilização como biossólido e como componente de substrato para produção de mudas florestais é uma alternativa promissora, pois como foi visto neste trabalho, ambos biossólidos testados proporcionaram um ganho maior em crescimento das mudas no viveiro quando comparados ao substrato comercial. Além disso, o uso desse material pode proporcionar uma economia para o produtor, tanto na aquisição de substratos comerciais, como na de fertilizantes químicos, os quais atingem altos valores no mercado.

Para ETE Ilha do Governador recomenda-se trocar o processo de desidratação do biossólido em leitos de secagem semipermeáveis para secagem térmica, pois como foi visto neste trabalho o biossólido oriundo de secagem térmica tende a aumentar a quantidade de nutrientes e melhorar as características físicas para o biossólido como componente de substrato para a produção de mudas arbóreas.

No substrato comercial, deve ser utilizado em regime de fertilização como geralmente é feito por viveristas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H.M., LELES, P. S. S., ALONSO, J. M., ABEL, E. L. S., OLIVEIRA, R. R. Characterization of sewage sludge generated in Rio de Janeiro , Brazil , and perspectives

for agricultural recycling, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 2433 – 2448, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.5433/16790359.2017v38n4Supl1p2433>

ABREU, A. H. M. D, MARZOLA, L. B., MELO, L. A., LELES, P. S. S., ABEL, E. L. S. ALONSO, J. M. Urban solid waste in the production of Lafoensia pacari seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 83–87, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p83-87>

ANDREOLI, C. V., VON SPERLING, M., FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. In: ANDREOLI, C. V., PEGORINI, E. S., FERNANDES, F. (Ed). **Disposição do lodo no solo**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. p. 317-392.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 349p

BIELSCHOWSKY, M. **Modelo de Gerenciamento de Lodo de Estação de Tratamento de Esgotos: Aplicação do Caso da Bacia da Baía de Guanabara**. 2014, 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BOENE, H. C. A. M., NOGUEIRA, A. C., SOUSA, N. J. KRATZ, D., SOUZA, P. V. D. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 407 – 420, jul. / set. 2013.

BORTOLINI, J., TESSARO, D., GONÇALVES, M S., ORO, S. R. Lodo de esgoto e cama de aviário como componente de substratos para a produção de mudas de *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth). Brenan. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 121-128, out./dez. 2017.

BOURIOUG, M.; GIMBERT, F.; ALAOU-SEHMER, L. Sewage sludge application in a plantation: Effects on trace metal transfer in soil – plant – snail continuum. **Science of the Total Environment**, v. 502, p. 309-314, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução – CONAMA. Resolução no 375/2006. **Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, p. 141-146, 30 ago 2006.

CABREIRA, G.V., LELES, P.S. S., ALONSO, J.M., DE ABREU, A.H.M., LOPES, N.F., AND DOS SANTOS, G.R. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 165–176, 2017a. DOI: 10.5380/ufpr.v47i1.44291

CABREIRA, G.V., LELES, P.S. D S., ARAÚJO, E. J. G., SILVA, E. V., LISBOA, A. C. LOPES, N. L. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando biossólido como substrato em diferentes recipientes e fertilizantes. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. abr/mai, 30-42, 2017b.

CALDEIRA, M. V. W., DELARMELINA, W. M., FARIA, J. C. T. JUVANHOL, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 31-39, jan/fev., 2013.

CALDEIRA, M. V. W., FAVALESSA, M., GONÇALVES, E. O., DELARMENLINA, M., SANTOS., F. E. V., VIERA, M. Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.1, p.34-43, jan./mar. 2014.

CALDEIRA, M. V. W., GOMES, D. R., 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, nov./dez., 2012.

CARVALHO, C. S; RIBEIRINHO, V. S.; ANDRADE, C. A.; GRUTZMACHER, P.; PIRES, A. M. M. Composição Química da Matéria Orgânica de Lodos de Esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.3, p. 413-419, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v10i3a5174>

CARVALHO, P. E. R. Açoita-Cavalo (*Luehea divaricata*). **Colombo**: Embrapa Florestas, 2008. 9 p.

CECONI, D. E., POLETTO, I., BRUN, E. J., LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.

CHRISTODOULOU, A.; STAMATELATOU, K. Overview of legislation on sewage sludge management in developed countries worldwide. **Water Science and Technology**, v. 73, n. 3, p. 453 – 462, 2016. DOI: 10.2166/wst.2015.521

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, mar./abr., 2006.

DELARMELINA, W. M. CALDEIRA, M. V. W., FARIA, J. C. T., GONÇALVES, E. O., ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, 224-233, abr./jun., 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.027>

FELKER, R. M., AIMI, S. C., STEFANELLO, M. M., PIAZZA, E. M., JUNG, P. H. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência de diferentes substratos e recipientes, em viveiro. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015. DOI: [http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2015\\_120](http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_120)

GARCIA, G. O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; REIS, E. F. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biossólidos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n.1, p. 87-94, 2012.

GOMES, J. M., COUTO, L., LEITE, H. G., XAVIER, A. GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664. Nov./dez., 2002.

GRUTKA, T. H. H., FRIGO, M. S., FRIGO, E. P., TESSARO, D. Efeito de diferentes proporções de adubação orgânica sobre o desenvolvimento de mudas de açoíta-cavalo (*Luehea divaricata*). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 1, p. 017-025, mar./abr. 2012.

GUEDES, M. C., ANDRADE, C. A., POGGIANI, F., MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n.2, p. 267-280, 2006.

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.5, p. 1069-1076, 2004.

GUERRINI, I.A., CROCE, C.G.G., BUENO, O. DE C., JACON, C.P.R.P., NOGUEIRA, T.A.R., FERNANDES, D.M., GANGA, A., CAPRA, G.F. Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. **Urban Forestry and Urban Greening**, v.22, p. 93–104, 2017.

JOSÉ, A. C., DAVIDE, A. C., OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius raddi*) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, abr./jun. 2005. DOI: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74411209>

KOMINKO, H., GORAZDA, K., WZOREK, Z. The possibility of Organo-Mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste and Biomass Valorization**. v. 1, n. 1, p. 1 – 11, 2017. DOI: 10.1007/s12649-016-9805-9

LIMA FILHO, P. **Biossólido na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio**. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2015.

LISBOA, A. C.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. O.; CASTRO, D. N.; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 4, p.603-609, jul./ago., 2012.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum. 1992.

NOBREGA, M. A. S.; PONTES, M. S.; SANTIAGO, E. F. Incorporação do lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas nativas. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, jul., 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18571/acbm.121>

PEDROZA, M.M., VIERA, G. E. G., SOUSA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo d esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 11, n. 16, p. 89-94, jul./dez. 2010.

PEREIRA, R. D.; MURASHITA, E. M.; FLUMINHAN JR., A. Reciclagem agrícola de bio sólidos: aspectos ambientais e aceitação pública. **Colloquium Humanarum**, v. 10, n. 2, p. 90-101, jul./dez. 2013. DOI: 10.2166/wst.2015.521

PERS - **Plano estadual de resíduos sólidos do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SEA / INEA, 2014, 137 p.

QUINTANA, N. R. G. CARMO, M. S; MELO, W. J. Viabilidade econômica do uso do lodo de esgoto na agricultura, estudo de caso de São Paulo. **Informações econômicas**, São Paulo, v.39, n.6, p.32-36, nov./dez., 2009.

SAMPAIO, T. F., GUERRINI, I. A., OTERO, X. L., VAZQUEZ, F. M., BOGIANI, J. C., OLIVEIRA, F. C., HARRISON, R. B. The Impact of Biosolid Application on Soil and Native Plants in a Degraded Brazilian Atlantic Rainforest Soil. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 227, n. 1, p 37-45, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2689-7>

SANTOS, F. E. V., KUNZ, S. H., CALDEIRA, M. V. W., AZEVEDO, C. H. S., RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979>.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Cerne**, Lavras, v.18, n.4, p.613-621, 2012.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; REIS, E. F.; SILVA, A. G. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com bio sólido. **Cerne**, Lavras, v.20, n.2, p. 293 – 302, abr./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760.201420021134>.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4<sup>a</sup> Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472p.