



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**MUDAS DE *HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS* (MART. EX DC.)  
MATTOS PRODUZIDAS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA: uso de  
biossólido e manejo de recipientes**

**CRISLLARA LILLIANN FERREIRA DE OLIVEIRA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**José Carlos Arthur Junior**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

Seropédica, RJ  
Agosto de 2022

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

048m Oliveira, Crisllara Lilliann Ferreira de, 1995-  
Mudas de Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex Dc.)  
Mattos produzidas para arborização urbana: uso de  
biossólido e manejo de recipientes / Crisllara  
Lilliann Ferreira de Oliveira. - Seropédica, 2022.  
46 f.: il.

Orientador: José Carlos Arthur Junior.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais e Florestais, 2022.

1. Florestas Urbanas. 2. Produção de Mudas. 3.  
Biossólido como substrato. 4. Adubação e Fertilização.  
I. Arthur Junior, José Carlos, 1980-, orient. II  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso  
de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais  
III. Título.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"



DECLARATÓRIA Nº 5 / 2022 - DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23083.070225/2022-70

Seropédica-RJ, 11 de novembro de 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE  
JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

**CRISLLARA LILLIANN FERREIRA DE OLIVEIRA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Ciências Ambientais e Florestais**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28 DE AGOSTO DE 2022.

---

José Carlos Arthur Junior / Prof. Dr. UFRRJ

Orientador

---

Angeline Martini / Prof. Dr<sup>a</sup>. UFV

Membro

---

Alan Henrique Marques de Abreu / Dr. CEDAE

Membro

*(Assinado digitalmente em 11/11/2022 13:31 )*  
JOSE CARLOS ARTHUR JUNIOR  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)  
Matrícula: 2270076

*(Assinado digitalmente em 16/11/2022 08:37 )*  
ANGELINE MARTINI  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 063.893.069-38

*(Assinado digitalmente em 14/12/2022 15:34 )*  
ALAN HENRIQUE MARQUES DE ABREU  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 097.675.836-96

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **5**, ano: **2022**, tipo: **DECLARATÓRIA**, data de emissão: **11/11/2022** eo código de verificação: **4e01fc0922**

## RESUMO

OLIVEIRA, Crisllara Lilliann Ferreira. **Mudas de *Handroanthus impetiginosus* (MART. EX DC.) Mattos produzidas para arborização urbana: uso de bio sólido e manejo de recipientes.** 2022. 32f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

O volume do recipiente, assim como as propriedades físicas e químicas do substrato, estão entre os fatores que influenciam a qualidade das mudas, aumentando as chances de estabelecimento destas no plantio. Objetivou-se avaliar o bio sólido como substrato e o manejo de recipiente na produção de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo) para fins de arborização urbana, bem como o potencial de uso do bio sólido como componente orgânico na cova de plantio. Utilizou-se dois substratos, o bio sólido (BIO) oriundo do tratamento de esgoto (sem fertilização) e uma formulação composta (SF) por terra de subsolo, esterco e areia na proporção 5:4:1, que recebeu fertilização de base no plantio, e de cobertura a cada quinze dias. O manejo de recipientes foi realizado de duas formas, sendo o primeiro manejo (TC) a produção da muda foi iniciada em tubete de 280 cm<sup>3</sup>, e após 120 dias, as mudas foram transferidas para o citropote de 3,0 litros (L), onde permaneceram por mais 120 dias. O segundo manejo (C) a produção teve início já no citropote de 3,0 L, onde as mudas permaneceram por 240 dias. Aos 240 dias todas as mudas foram transplantadas para o vaso de 15 L, onde permaneceram até os 510 dias. O experimento foi um fatorial 2 x 2, totalizando 4 tratamentos, tendo 5 repetições de 4 mudas em cada tratamento. Dados de altura e diâmetro de coleto foram coletados mensalmente para a avaliação do experimento. Foi calculado o crescimento relativo em percentagem das variáveis H e DC entre 90 e 510 dias. Os resíduos foram submetidos ao teste de normalidade e de homogeneidade de variâncias, na sequência os dados ao teste F, onde se constatou significância. Aos 510 dias o manejo BIO + C proporcionou 19,7% e 10,7%, maior crescimento em H e DC em relação ao manejo adotado convencionalmente SC + TC, atingindo dessa forma um ganho no manejo de mudas de ipê para arborização urbana. A segunda etapa foi a de plantio das mudas, realizado no dia 12 de maio de 2021, na via de acesso aos prédios do Instituto de Zootecnia e do Instituto de Tecnologia da UFRRJ, em Seropédica/RJ. As covas foram abertas nas dimensões de 0,6 m de comprimento, 0,6 m de largura e 0,5 m de profundidade, com volume de 180 litros. O bio sólido e as mudas utilizados foram os mesmos da etapa anterior. O delineamento experimental foi totalmente aleatório com 4 tratamentos e 5 repetições, totalizando o plantio de 20 mudas. As avaliações de crescimento iniciaram aos 60 dias e foram realizadas até 426 dias após o plantio. As mudas tiveram um período de aproximadamente 200 dias de adaptação às condições de campo, com crescimento nulo até essa data. Aos 426 dias após o plantio, não houve efeito no crescimento das mudas de *H. impetiginosus* em função do aumento da dose de bio sólido na cova de plantio.

**Palavras-chave:** ipê-roxo, silvicultura urbana, sustentabilidade.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Crisllara Lilliann Ferreira. **Planting and production of seedlings of *Handroanthus impetiginosus* (MART. EX DC.) Mattos produced under the management of containers and substrates for urban afforestation.** 32p. Dissertation (Master in Environmental and Forestry Sciences). Forestry Institute, Department of Forestry, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

The volume of the container, as well as the physical and chemical properties of the substrate, are among the factors that influence the quality of the seedlings, increasing the chances of their establishment at planting. In the seedling production phase, the objective was to evaluate the biosolid as substrate and the container management in the production of *Handroanthus impetiginosus* (purple ipe) seedlings for urban afforestation purposes. Two substrates were used, biosolid (BIO) from sewage treatment (without fertilization) and a compound formulation (SC) of subsoil soil, manure and sand in a 5:4:1 proportion, which received base fertilization at planting, and coverage every fifteen days. The handling of containers was carried out in two ways, the first handling (TC) being the seedling production started in a 280 cm<sup>3</sup> tube, and after 120 days, the seedlings were transferred to the 3.0 liter citropot (L), where they remained for another 120 days. The second management (C) production started in the 3.0 L citropot, where the seedlings remained for 240 days. At 240 days, all seedlings were transplanted to the 15 L pot, where they remained until 510 days. The experiment was a 2 x 2 factorial, totaling 4 treatments, with 5 replications of 4 seedlings in each treatment. Collect height and diameter data were collected monthly for the evaluation of the experiment. The relative growth in percentage of the variables H and DC between 90 and 510 days was calculated. The residues were submitted to the test of normality and homogeneity of variances, followed by the data to the F test, where significance was found. At 510 days, the BIO + C management provided 19.7% and 10.7%, greater growth in H and DC in relation to the conventionally adopted management SC+TC, thus achieving a gain in the management of ipe seedlings for urban afforestation. The second stage was the planting of seedlings, carried out on May 12, 2021, on the access road to the buildings of the Institute of Animal Science and the Institute of Technology at UFRRJ, in Seropédica/RJ. The hole was opened in the dimensions of 0.6 m in length, 0.6 m in width and 0.5 m in depth, with a volume of 180 liters. At this stage, the objective is to evaluate the potential for using biosolids as an organic component in the planting hole. The biosolid and the seedlings used were the same as in the previous step. The experimental design was completely randomized with 4 treatments and 5 repetitions, totaling the planting of 20 seedlings. Growth evaluations started at 60 days and were carried out up to 426 days after planting. The seedlings had a period of approximately 200 days to adapt to field conditions, with no growth until that date. At 426 days after planting, there was no effect on the growth and survival of *H. impetiginosus* seedlings due to the increase in the biosolid dose in the planting hole.

**Keywords:** purple ipe, urban forestry, sustainability.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química de macro e micronutrientes do substrato formulado (SF) e do bio sólido (BIO) utilizados para a produção de mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> .....	12
Tabela 2 - Atributos químicos do solo do local de plantio das mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> .....	17
Tabela 3 - Composição da mistura utilizada na cova de plantio.....	18
Tabela 4 - Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – $r^2_{aj}$ e erro padrão de estimativa – $S_{y,x}$ ) para modelos de crescimento em altura (H) e em diâmetro do colo (DC) de mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (bio sólido).....	22
Tabela 5 - Análise de variância para o crescimento em diâmetro do colo (DC), em diâmetro à 1,3 m do solo (DAP) e em altura total (H) aos 426 dias após o plantio das mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> utilizando doses crescentes de BIO (bio sólido).....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma ETE Ilha do Governador.....	7
Figura 2 - Mudanças de <i>Handroanthus impetiginosus</i> alocadas em citropotes de 3,0 litros em fileira dupla de forma linear aos 120 dias após a repicagem.....	13
Figura 3 - Mudanças de <i>Handroanthus impetiginosus</i> de todos os tratamentos alocadas e dispostas alternadamente em fileira dupla de forma linear aos 120 dias.....	14
Figura 4 - Mudanças de <i>Handroanthus impetiginosus</i> alocadas em vaso de 15 L aos 510 dias após a repicagem.....	15
Figura 5 - Aberturas de covas iniciada com motocoveadora e depois finalizada manualmente com cavadeira articulada (A), pás e enxada (B) nas dimensões de 0,6 m (C) x 0,6 m (D) x 0,5 m (E).....	17
Figura 6 - Procedimento de plantio com colocação da muda no centro cova, sendo adicionado a mistura (solo + composto orgânico), aplicação de hidrogel hidratado e fixação dos tutores de bambu (A); muda após o término do plantio (B).....	19
Figura 7 – Crescimento em altura (A), em diâmetro do colo (B) e em diâmetro a 1,30 m (C) aos 510 dias após a repicagem em mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido). Média com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.....	20
Figura 8 – Crescimento em altura (A), em diâmetro do colo (B) dos 90 aos 510 dias após a repicagem em mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido).....	22
Figura 9 – Crescimento relativo em altura (A e B), em diâmetro do colo (C e D) dos 90 aos 510 dias após a repicagem em mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido).....	25
Figura 10 – Crescimento em altura (H) de mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> em função do tempo após o plantio, utilizando-se doses crescentes de BIO (biossólido) na cova.....	28
Figura 11– Crescimento em diâmetro do colo (DC) em função do tempo após o plantio, utilizando-se doses crescentes de BIO (biossólido) na cova.....	30
Figura 12 – Crescimento em diâmetro a altura do peito (DAP) em função do tempo após o plantio, utilizando-se doses crescentes de BIO (biossólido) na cova.....	30

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2.OBJETIVOS GERAIS.....</b>	<b>3</b>
<b>3.HIPÓTESES.....</b>	<b>3</b>
<b>3.REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
4.1 arborização urbana e produção de mudas para sua composição.....	4
4.2 Substrato na produção de mudas.....	5
4.2.1. Biossólido como substrato.....	6
4.3. Recipiente.....	8
4.4. <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Ipê-roxo).....	10
<b>5.MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
5.1. Fase de Viveiro.....	11
5.2. Fase de Campo.....	16
<b>6.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
6.1. Fase de Viveiro.....	19
6.2. Fase de Campo.....	27
<b>7.CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>8.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
<b>9.AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>32</b>
<b>10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>33</b>



## 1.INTRODUÇÃO

As árvores urbanas desempenham importantes funções, entre elas a redução da poluição atmosférica, a moderação do balanço energético da paisagem e o escoamento superficial da água da chuva (SILVA FILHO, 2006). Também diminui os efeitos causados pelo intenso êxodo rural por meio da melhoria microclimática, da redução da poluição sonora e visual (MARTINI et al., 2017), propiciando ganhos na qualidade de vida, além de um ambiente visualmente agradável para população (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

Para que a arborização urbana tenha o sucesso, é primordial a utilização de mudas com padrão de qualidade adequado (OLIVEIRA et al., 2013). As mudas com qualidade além de ter maior capacidade de resistirem às condições adversas encontradas, podem possibilitar a redução da frequência dos tratos culturais e desenvolver-se produzindo árvores com crescimento desejável (NOVAES et al., 2002).

Esse padrão de qualidade da muda normalmente é aferido por atributos morfológicos, como tamanho mínimo de 2,00 m de altura total; altura da primeira bifurcação igual ou superior a 1,80 m; tronco retilíneo e perpendicular ao nível do solo; diâmetro mínimo à altura do peito superior a 3 cm; copa formada por no mínimo três ramos alternados; ramificação e folhagem reduzidas na época de plantio; rusticidade para tolerar as condições adversas do meio urbano; bom estado nutricional e fitossanitário; sistema radicular bem desenvolvido; volume de torrão adequado isento de plantas daninhas e adequadamente embalado (GONÇALVES et al., 2004; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Para atingir os padrões exigidos para arborização, é necessário um tempo considerável para produção, normalmente 2 anos, o que acarreta maiores custos (BIONDI; ALTHAUS, 2005, OLIVEIRA et al., 2013). Se através do manejo de recipientes ou a utilização de substratos alternativos for possível acelerar o crescimento das plantas, elas atingirão estes padrões mais precocemente, diminuindo tempo e custos de produção.

No processo de produção das mudas, depois que as mudas esgotam o crescimento nos recipientes menores, elas devem ser transplantadas para recipientes maiores ou para o viveiro de espera (PAIVA; GONÇALVES, 2001). Essas trocas de recipientes acarretam maior demanda por espaço e por substrato, tendo em vista que para alcançar a altura requerida para arborização as mudas devem ser produzidas em recipientes com capacidade volumétrica superior a 15 litros, a fim de proporcionar condições para que o crescimento do sistema radicular seja compatível com o da parte aérea.

Assim, o volume de substrato é relativamente alto, quando comparado com mudas produzidas para outras finalidades (RIBEIRO et al., 2018). Ao se utilizar a formulação padrão terra de subsolo, para produção de mudas de arborização urbana em recipientes é necessário a fertilização de base e cobertura, então, se possível utilizar um substrato que atenda às necessidades nutricionais das plantas sem que seja preciso realizar fertilizações complementares, isso diminui os custos de produção, simplifica o processo e constitui uma inovação para o setor florestal.

Entre as alternativas para composição do substrato para produção de mudas está o biossólido de lodo de esgoto, resíduo sólido tratado, estabilizado e higienizado oriundo do tratamento de esgoto. Possui em sua composição elevados teores de nutrientes e matéria orgânica que poderiam ser reaproveitados, aumentando a produtividade e diminuindo a dependência de fertilizantes químicos (LOZADA et al., 2015; CABREIRA et al., 2017), o que contribui para diminuição da necessidade de tratamentos culturais.

No Brasil, as principais destinações desse resíduo são os aterros sanitários, reuso industrial, incineração, construção civil, onde, na maioria das vezes essas práticas acabam immobilizando os nutrientes contidos neste material. A sua aplicação agrícola florestal constitui uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final (ABREU et al., 2014).

Considerando que a produção de mudas para arborização demanda grandes volumes de substrato, em função dos maiores volumes dos recipientes de produção, a adoção de resíduos sólidos urbanos como substrato pode contribuir para solucionar essa necessidade do setor florestal e ainda contribuir para que estes resíduos gerados em grandes quantidades sejam dispostos de forma mais sustentável do que em aterros sanitários, por exemplo. Além disso, pode melhorar o condicionamento de solos urbanos, visando plantios de arborização urbana, paisagismo, implantação e manutenção de parques, entre outras necessidades das áreas urbanas (ABREU, et al., 2015; GUERRINI et al., 2017; CABREIRA et al., 2017).

Dentre as espécies nativas utilizadas em projetos de arborização de ruas e paisagismos no Brasil, está o *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos, popularmente conhecido como ipê-roxo (GEMAQUE et al., 2002). Considerada ótima para paisagismos, é melífera e suas flores prestam-se como alimento de aracuãs, jacutingas, papagaios e bugios (GEMAQUE et al., 2002), o que contribui para sobrevivência de diversas espécies. A floração ocorre entre os meses de maio a setembro, com picos em junho e agosto, sendo muito abundante, e toma toda a copa das árvores, proporcionando um efeito paisagístico de rara beleza. Possui folhas caducifólias que caem durante o outono/inverno favorecendo a iluminação e a insolação nos meses mais frios do ano. O sistema

radicular pivotante favorece o plantio sem danos as calçadas e possui crescimento monopodial (GEMAQUE et al., 2002; Instituto Brasileiro de Florestas, 2010). Por todas essas características, seu uso é bastante difundido em arborização urbana.

Como nas cidades brasileiras, a arborização de ruas é composta principalmente por espécies exóticas, devido à falta de conhecimento sobre o comportamento de espécies nativas no meio urbano e a produção de mudas, assim como é defasado estudos que envolvam o tipo e o volume de recipientes para produção de mudas para fins de arborização urbana, esta pesquisa objetiva encontrar alternativas que descrevam uma forma mais sustentável para produção e plantio dessas mudas.

Sendo o plantio de mudas para arborização urbana, um plantio que demanda grandes quantidades de condicionador de solos, visto que os solos urbanos são em sua maioria compactados e pobres nutricionalmente, logo, se conseguirmos um resíduo sólido urbano que possa melhorar essas características do solo de plantio, isto pode configurar uma vantagem importante, pois estaríamos melhorando as condições para as plantas ao mesmo tempo em que utilizaríamos o resíduo urbano dentro da própria cidade onde está sendo gerado.

## **2.OBJETIVOS GERAIS**

- Avaliar o crescimento de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC) Mattos produzidas sob o efeito de dois substratos e dois manejos de recipientes, e posteriormente avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial dessas mudas após o plantio sob o efeito de doses crescentes de bio-sólido de lodo de esgoto na cova.

## **3.HIPÓTESES**

- A utilização de bio-sólido como substrato proporcionará maior crescimento de mudas de *H. impetiginosus*, devido a sua melhor disponibilidade de nutrientes, ou seja, com nutrientes na forma orgânica que são mineralizados lentamente, e melhorando a absorção pelas plantas, em comparação ao substrato formulado;
- A utilização do manejo de recipiente citropote 3 L + vaso de 15 L (C) proporcionará maior crescimento de mudas de *H. impetiginosus*, devido disponibilizar maior volume de substrato desde o início do processo de produção de mudas;
- Haverá maior crescimento inicial e sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus* em função do aumento da dose de bio-sólido na cova de plantio.

## **4.REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Arborização urbana e produção de mudas para sua composição**

A arborização urbana é composta por árvores e arbustos dispostos em grupos ou isolados, plantados ou por regeneração natural (CAMAÑO, 2016), ocupando as áreas livres de uso público, as áreas livres particulares e as áreas acompanhando o sistema viário (CECCHETTO et al., 2014). Assim, a arborização de ruas é considerada a rede de união entre as áreas verdes urbanas, as quais são constituídas por praças, parques e jardins (CECCHETTO et al., 2014).

Segundo Dantas e Souza (2004), a arborização urbana no Brasil iniciou a pouco mais de 120 anos, sendo assim uma prática relativamente nova em comparação com os países europeus. Atualmente, em cidades onde ocorre o planejamento da arborização a preocupação é tornar o ambiente urbano diversificado quanto às espécies empregadas, tornando mais homogêneo e envolvente com a paisagem circundante (ROMANI et al., 2012).

A arborização urbana diminui os efeitos causados pela expansão urbana, pois possibilita a criação de microclimas urbanos diferenciados por meio de sombreamento, da redução da velocidade dos ventos, da proteção solar ao ambiente urbano edificado, da redução das temperaturas urbanas, da poluição sonora e visual, evapotranspiração e retenção de umidade do solo e do ar (BASSO; CORREA, 2014; MARTINI et al., 2017).

O planejamento prévio para realização dos projetos de arborização de vias públicas, como a realização dos tratamentos culturais das mudas no viveiro, reduz a possibilidade de ocorrência de problemas futuros, como a baixa percentagem de sobrevivência das mudas após o plantio nas ruas, devido ao tamanho pequeno e facilidade de depredação por vandalismo (BIONDI e ALTHAUS, 2005).

A produção de mudas de qualidade, em quantidade adequada e com custos reduzidos, consiste em uma das etapas mais importantes para garantir o sucesso dos projetos de arborização (GONÇALVES, 2013). Em função da necessidade de mudas com qualidade diferenciada, alguns parâmetros morfológicos são importantes como altura total mínima total de 2,00 m, tronco retilíneo e perpendicular ao nível do solo, galhos bem distribuídos e com boa inserção no tronco, assim como detalhado na introdução (GONÇALVES et al., 2004; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Além da necessidade de maior volume de substrato e de recipientes maiores (RIBEIRO et al., 2018), o tipo e a qualidade do substrato utilizado também estão relacionados à boa formação de mudas, apresentando essencial importância no crescimento e no desenvolvimento das plantas (CALDEIRA et al., 2008). Segundo Davide e Silva (2008), a produção de mudas com qualidade

superior é o resultado da conjugação da utilização de materiais genéticos superiores e das técnicas silviculturais que as mudas recebem no viveiro.

#### **4.2 Substrato na produção de mudas**

As características desejáveis para conseguir uma boa produtividade ou rápido fechamento de copa, estão intensamente ligadas à qualidade da muda, sendo indispensável à escolha de substratos que auxiliem ou proporcionem esses aspectos (CALDEIRA et al., 2013; KRATZ et al., 2013).

O substrato deve fornecer às plantas, para um crescimento saudável, propriedades físicas e químicas, sendo as características físicas do substrato mais importantes a densidade aparente, porosidade total, macro e micro porosidade (KRATZ, 2015) e como propriedades químicas, o potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, nutrientes minerais e matéria orgânica (KÄMPF, 2005), que variam em função de sua origem e proporções dos seus componentes, denotando a importância de realizar a análise de suas características (WENDLING et al., 2007).

Para produzir mudas de arborização urbana, normalmente utiliza-se terra de subsolo para proporcionar consistência e estrutura e utiliza-se material orgânico para oferecer nutrientes e porosidade ao substrato (PAIVA e GONÇALVES, 2013). Há diversos tipos de substratos que vêm sendo testados para serem utilizados no processo de produção de mudas de espécies florestais. Dentre eles se destaca o lodo de esgoto, que após tratado, higienizado e estabilizado é chamado de biossólido (FAUSTINO et al., 2005; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003).

Atualmente, observado na aprovação da lei federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, popularmente conhecida como o “novo marco regulatório do saneamento básico” e que tem como objetivos principais melhorar a qualidade da prestação dos serviços públicos de saneamento básico e garantir, até 31 de dezembro de 2033, o atendimento de 99% da população brasileira com água potável e de 90% com coleta e tratamento de esgotos (TCESP, 2021), o que demandará estratégias sustentáveis para os resíduos que serão gerados com o avanço do saneamento.

Como alternativa para utilização mais sustentável destes resíduos temos o biossólido, que possui em sua composição todas as características requeridas para um substrato de qualidade, por isso, sua utilização poderá resultar na produção de mudas de qualidade superior com redução de custo de produção (CABREIRA, et al., 2017), tendo em vista que grandes volumes deste produto é gerado nas vias urbanas.

A maioria dos substratos utilizados atualmente apresenta oferta apenas em locais específicos no país, aumentando o custo quando transportados para regiões mais distantes (KRATZ et al.,

2013). A utilização de substratos com baixo custo aliada a formação de mudas com padrão morfológico superior às demais, resulta na redução do ciclo de produção e num menor dispêndio econômico (SIMÕES et al., 2012, p. 99).

Portanto, utilizar biossólido como substrato em projetos de floresta urbana vai além do baixo custo e disponibilidade local para o setor florestal. Trata-se também de uma forma de aproveitamento ou reciclagem de resíduos sólidos urbanos, dentro do próprio ambiente da cidade, trazendo benefícios para o bem-estar dos moradores, diminuindo a pressão sobre os aterros sanitários, diminuindo a logística de transporte de materiais, entre outras finalidades.

#### **4.2.1. Biossólido como substrato**

O tratamento da água residuária proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) gera um resíduo sólido denominado lodo de esgoto, que produzidos nas ETEs convencionais podem exibir características indesejáveis, como instabilidade biológica, possibilidade de transmissão de patógenos e grandes volumes de materiais (PEDROZA et al., 2010).

De acordo com Pedroza et al. (2010), o processo de tratamento acontece em três processos: físico, químico e biológico. Segundo Cassini (2003), o tratamento do lodo de esgoto, após ser gerado, obedece as seguintes etapas: I – Adensamento: redução de umidade, principalmente para diminuir o volume; II – Estabilização: redução de matéria orgânica e sólidos voláteis; III – Condicionamento: preparação para a desidratação, que ocorre principalmente de forma mecânica; IV – Desidratação: redução adicional de umidade, sobretudo para reduzir ainda mais o volume; e V – Disposição final: destinação final dos subprodutos gerados a partir do tratamento do lodo. Este lodo depois de tratado, estabilizado e higienizado é chamado de biossólido (BONINI; ALVES; MONTANARI, 2015; CABREIRA et al., 2017). A Figura X ilustra fluxograma da ETE Ilha do Governador.

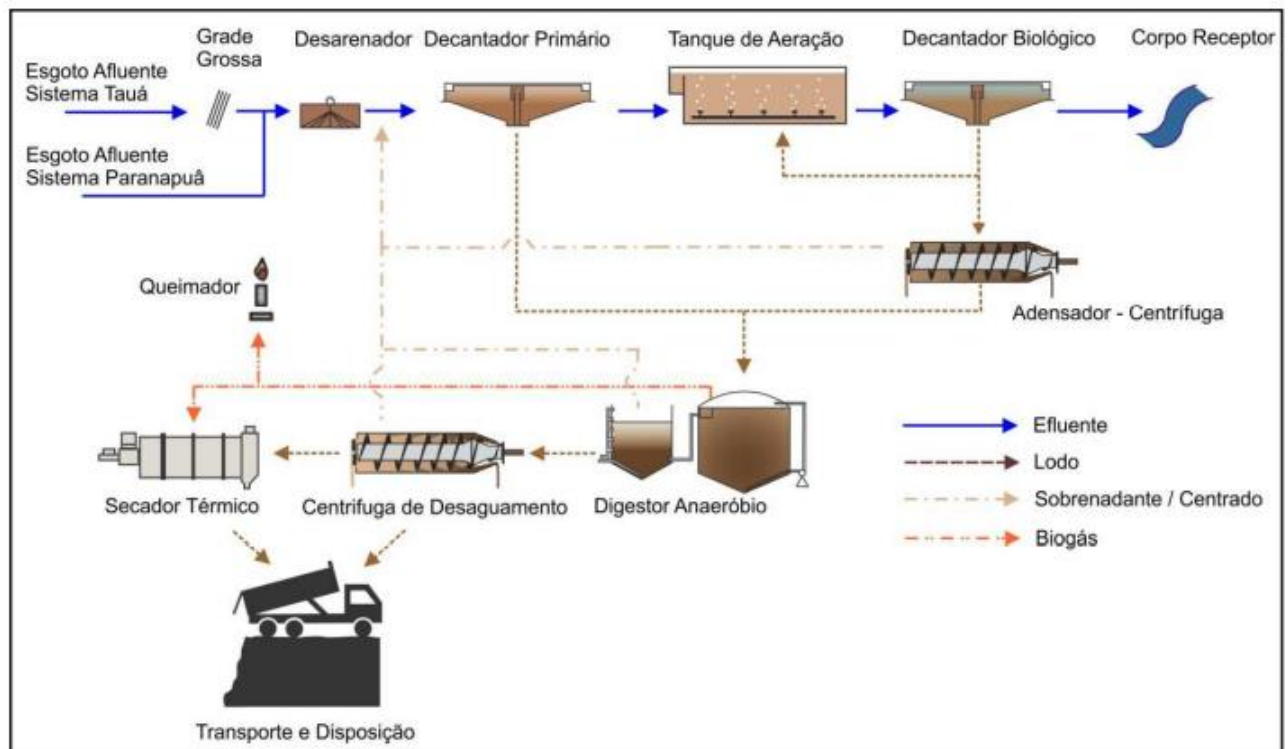


Figura 1 : Fluxograma da ETE Ilha do Governador

O biossólido tem como disposição final ou aproveitamento: a disposição em aterros sanitários, o reuso industrial, a incineração e o uso agrícola e florestal (BETTIOL; CAMARGO, 2006). Sendo seu uso na área florestal uma das alternativas mais promissoras para aproveitamento final, podendo ser aproveitado de diferentes formas, desde substrato para produção de mudas e condicionador de solo para recuperação de áreas degradadas, até como fertilizante em plantios comerciais, na restauração florestal e em plantios de arborização urbana (BONINI et al., 2015; LIMA FILHO, 2015; MARRON, 2015; ABREU et al., 2017; CABREIRA et al., 2017; GUERRINI et al., 2017).

A aplicação de biossólido em plantações florestais apresenta uma série de vantagens como: as florestas podem responder à aplicação de biossólido com significativos aumentos de biomassa e de nutrientes absorvidos; o sistema radicular perene e bem distribuído das árvores forma um verdadeiro emaranhado de raízes finas na camada mais superficial do solo, isto aumenta a eficiência de absorção dos elementos e pode funcionar como um filtro para evitar, por exemplo, a lixiviação de nitrato (GUEDES, 2005).

Em relação aos solos urbanos, estes se apresentam normalmente muito antropizados e possuem condições desfavoráveis ao crescimento das plantas, como características físicas,

químicas e biológicas inadequadas, sendo pH desfavorável, teor de nutrientes insuficientes, além dos problemas de compactação (CAPRA et al., 2015).

O uso de biossólido para o manejo urbano de árvores e solos é atraente, dados os muitos benefícios ambientais potenciais (SHARMA, et al., 2017), sendo gerado a partir de resíduos, e sua aplicação no solo desvia materiais que, de outra forma, acabariam em aterros sanitários (SCHARENBRUCH, et al., 2014).

A aplicação de biossólidos no solo para fins agrícolas tem sido um método de aproveitamento amplamente praticado devido aos seus múltiplos benefícios de reciclagem de nutrientes das plantas, melhoria nas propriedades físico-químicas e biológicas do solo, fonte rica de matéria orgânica, que contribuem significativamente para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e aumento dos rendimentos das culturas (SHARMA, et al., 2017).

O alto teor de matéria orgânica e nutriente contidos no biossólido pode melhorar o condicionamento desses solos, visando plantios de arborização urbana, paisagismo, implantação e manutenção de parques, entre outras necessidades das áreas urbanas (ABREU, et al., 2015; GUERRINI et al., 2017).

Scharenbroch, et al. (2014) em estudo avaliando os impactos de algumas alternativas de substrato, dentre eles o biossólido para melhorar três tipos de solos urbanos e o crescimento de mudas de árvores, constatou nos três tipos de solo que o biossólido diminuiu o pH do solo, proporcionou os maiores aumentos no crescimento das árvores e também a maior quantidade de N fornecida, mineralização de N e respiração microbiana, entre outros fatores, os autores concluíram que o biossólido é uma das alternativas aceitáveis e possivelmente preferidas para melhorar a qualidade do solo urbano e o crescimento das árvores.

### **4.3. Recipiente**

O recipiente é a estrutura física utilizada para a disposição de qualquer substrato para o cultivo intensivo de plantas, desde a germinação de sementes, crescimento até a destinação final da muda (RIBEIRO et al., 2018). O tamanho, altura e diâmetro do recipiente influenciam diversas características das mudas e podem impactar no percentual de sobrevivência no campo (LIMA et al., 2006). Assim, a escolha do recipiente adequado é realizada considerando as condições locais e a espécie a ser reproduzida (AGUIAR; MELLO, 1974).

Para as espécies nativas, a escolha do recipiente, vai depender da morfologia do sistema radicular e de aspectos econômicos (LUNA et al., 2009), ponderando sua influência na disponibilidade de água e de nutrientes para o crescimento da planta (CABREIRA et al., 2017).



Além disso, deve-se levar em consideração a dimensão dos recipientes relacionados ao volume de substrato que será utilizado.

Autores como Carneiro (1995); Caldeira et al. (2007) e Gomes et al. (2013), destacam a importância das dimensões dos recipientes, ressaltando que o uso de recipientes maiores que os volumes recomendáveis resultam em custos desnecessários de materiais, e que os volumes dos recipientes devem variar com as características de cada espécie, e respectivo tempo de permanência no viveiro. Contrário a isto, o menor volume de substrato, associado ao pequeno porte destes recipientes geralmente ocasiona maior necessidade de replantio e de irrigação em campo (JOSÉ et al., 2005).

A possibilidade de reaproveitamento, os custos, a facilidade de manuseio e a disponibilidade no mercado são critérios que devem ser observados na escolha do tipo de recipiente e substrato mais adequado para a produção de mudas florestais (WENDLING et al., 2001). Os recipientes mais utilizados são os sacos plásticos de polietileno negro, tubetes de polipropileno reutilizáveis e vasos de polipropileno, disponíveis no mercado em diversos tamanhos (RIBEIRO et al., 2018).

Na produção de mudas em tubetes deve-se ter atenção redobrada na escolha do substrato, já que estes recipientes requerem substratos orgânicos porosos, o que normalmente ocasiona lixiviação de nutrientes e conseqüentemente necessidade de reposição deles. Neste caso, é imprescindível que se faça constantes adubações de cobertura, visando suprir a demanda das mudas (DAVIDE; SILVA, 2005), o que eleva os custos do processo levando em consideração o tempo e quantidade de substratos requeridos para produção de mudas para arborização urbana.

As mudas destinadas à arborização urbana necessitam de um volume de substrato maior em virtude do porte das mudas a serem produzidas (PAIVA e GONÇALVES, 2013). Dessa forma, as mudas são produzidas em recipientes menores e posteriormente são transplantadas para recipientes maiores, com capacidade volumétrica em torno de 15 a 25 litros, garantindo o crescimento adequado dessas mudas (OLIVEIRA et al., 2013). Conseqüentemente para o aporte desses maiores recipientes, são requeridas maiores áreas de viveiros e por um maior período, tendo em vista o tempo necessário para as mudas para arborização estarem aptas para o plantio, em torno de 2 anos.

#### **4.4. *Handroanthus impetiginosus* (Ipê-roxo)**

O *H. impetiginosus* recentemente incluído no gênero, é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae (GROSE; OLMSTEAD, 2007), conhecida vulgarmente como ipê-roxo, pau-

d'arco-roxo, ipê-roxo-da-mata, ipê-comum, ipê-rosado, ipê-preto, ipeúna ou ipê-de-minas (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

Sua ampla distribuição geográfica nos trópicos americanos estende-se desde o México até o Brasil, onde ocorre nas regiões Norte (Acre, Pará, Rondônia, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso) e Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) (LOHMANN, 2016).

O ipê-roxo é uma árvore de porte médio a grande, podendo alcançar até 35 m de altura e 100 cm de diâmetro do tronco. A flor, roxo-violácea, é pouco pilosa e muito abundante. As folhas são compostas, oposta, digitadas, larga de cinco folíolos desiguais, de coloração verde-escura, glabros, com ápice acuminado (LORENZI, 2002; Instituto Brasileiro de Florestas, 2010).

As sementes germinam com relativa facilidade e a emergência ocorre entre 6 e 12 dias, com percentual de germinação muito variável (RIBEIRO et al., 2012). Sua floração ocorre entre os meses de maio a setembro, com picos em junho e agosto (GEMAQUE et al., 2002), como detalhado na introdução.

As espécies do gênero *Handroanthus*, apresentam flores vistosas e coloridas, o que lhes atribui valor ornamental, além de porte compatível com o ambiente urbano, contribuindo positivamente para a arborização urbana (BACKES et al., 2011).

O ipê apresenta boas taxas de crescimento em vários tipos de solos, cujos relevos podem ser desde planos a pouco ondulados, de fertilidade média a alta, profundos, com boa drenagem e de textura que varia de franca a argilosa (OLIVEIRA et al., 2017), sendo atributos positivos quando considerados às condições para plantios urbanos.

De acordo com o sítio eletrônico do CNCFlora (Centro Nacional de Conservação da Flora), por apresentar características de uma madeira de excelente qualidade, pode sofrer declínio populacional devido à sobre-exploração, correndo o risco de ser considerada uma espécie ameaçada, o que justifica a sua inclusão em recuperação de áreas degradadas, restauração de ecossistemas florestais e de paisagismo (GEMAQUE et al., 2002; CORRÊA et al., 2008).

Portanto, é importante ressaltar que o ipê-roxo é uma árvore de grande valor ornamental, podendo ser utilizada na arborização de praças e jardins (PACHECO e SILVA, 2019), sendo mais utilizada para este fim nas cidades das regiões sudeste e centro-oeste brasileiro (LORENZI, 2008).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Fase de Viveiro**

O experimento foi conduzido no período de 12 de outubro de 2018 a 13 de março de 2020, no Viveiro Florestal “Luiz Fernando de Oliveira Capellão” do Departamento de Silvicultura, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica/RJ. O clima da região é do tipo Aw com temperatura média de 23,5°C e pluviosidade média anual de 1354 mm (KÖPPEN; GEIGER, 2018).

A espécie arbórea utilizada para a realização do experimento foi *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo), comumente utilizada para arborização urbana. As sementes foram obtidas por meio de coletas realizadas em matrizes localizadas dentro do campus da UFRRJ, no mesmo dia foi realizada a semeadura indireta em sementeiras com areia. Efetuando-se a repicagem das plântulas para os recipientes de cultivo quando estas apresentavam dois pares de folhas. As mudas com seus respectivos recipientes foram alocadas no pátio do viveiro, mantidas e acompanhadas diariamente com irrigação automática duas vezes ao dia, pela manhã e no final da tarde, com volume aproximado de 15 mm diários.

O delineamento experimental foi em esquema fatorial 2 x 2, sendo o fator 1 os tipos de substratos (SF – substrato formulado e BIO - biossólido) e o fator 2, os manejos de recipientes (TC - tubete + citropote + vaso e C – citropote + vaso), totalizando 4 tratamentos. Cada tratamento foi composto por cinco repetições com quatro mudas cada uma, totalizando 80 mudas. As repetições foram dispostas de forma inteiramente casualizada em ambos os fatores.

O substrato formulado (SF) foi considerado como referência, sendo composto por uma mistura de 50% de terra de subsolo + 40% de esterco bovino + 10% de areia. Este substrato recebeu fertilização de base segundo recomendação de Gonçalves (2000) com as seguintes doses: 150 g de N por meio do uso de sulfato de amônio, 300 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por meio do uso de superfosfato simples, 100 g de K<sub>2</sub>O por meio do uso de cloreto de potássio, e 150 g de FTE para fornecimento de micronutrientes, para 1 m<sup>3</sup> de substrato. O segundo substrato foi o biossólido (BIO), utilizado na proporção de 100%, doado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE).

A terra de subsolo utilizada foi coletada na UFRRJ a uma profundidade 30 a 40 cm, a fim de se coletar uma terra livre de contaminação por patógenos e de plantas daninhas. O esterco bovino utilizado foi retirado do curral de gado de leite da Estação de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), unidade Seropédica, onde a alimentação dos animais é a base de capim elefante e ração, complementado com pastejo em áreas com predomínio de capim colômbio. O esterco, após retirado do curral, foi deixado em monte ao ar por aproximadamente 30

dias, para estabilização. A areia lavada foi adquirida em casa de material de construção no comércio local de Seropédica/RJ.

A mistura entre os componentes do substrato formulado e os fertilizantes minerais foi realizada manualmente, o substrato foi umedecido com auxílio do regador, com objetivo de melhorar a homogeneização do substrato e proporcionar adequada compactação no enchimento. Após, foi realizado enchimento manual dos 40 tubetes de 280 cm<sup>3</sup> e dos 40 citropotes de 3,0 litros, e quando cheios, foram levados para o canteiro.

O biossólido disponibilizado pela CEDAE foi proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) da Ilha do Governador, localizada no bairro Ilha do Governador, município do Rio de Janeiro/RJ. Esta ETE apresenta, tratamento primário convencional, tratamento secundário de lodos ativados, adensamento de lodo secundário através de centrifugas, estabilização do lodo por biológica anaeróbia, desidratação permanecendo por aproximadamente 90 dias em leitos de secagem a pleno sol e desde 2018, a destinação final tem sido o reaproveitamento como substrato para produção de mudas florestais nos viveiros da CEDAE.

Uma amostra do substrato formulado (sem fertilização de base) e do biossólido foi retirada e enviada para o Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa/MG para determinação dos atributos químicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise química de macro e micronutrientes do substrato formulado (SF) e do biossólido (BIO) utilizados para a produção de mudas de *Handroanthus impetiginosus*.

Substrato	pH (H <sub>2</sub> O)	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	C/N
		%						mg kg <sup>-1</sup>					
SF	7,2	0,45	0,15	0,56	0,47	0,34	0,16	164	15245	283	17	6,7	11,4
BIO	5,4	1,96	0,68	0,16	1,84	0,29	1,12	1009	25294	230	209	8,9	4,9

Teores Totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico); N - Método do Kjeldahl; CO - Método Walkley – Black.

Os recipientes utilizados foram os tubetes de 280 cm<sup>3</sup>, o citropote de 3,0 litros e o vaso de 15 litros. O manejo tubete + citropote + vaso (TC) teve início com a repicagem das plântulas no tubete de 280 cm<sup>3</sup>, onde permaneceram por 120 dias, e na sequência foram transplantadas para o citropote de 3,0 litros, permanecendo neste por mais 120 dias e por 270 dias no vaso de 15 litros. O manejo citropote (C) teve início com a repicagem da plântula diretamente no tubete de 3,0 litros, onde permaneceu por 240 dias e depois por mais 270 dias no vaso de 15 litros.

No manejo TC os tubetes de 280 cm<sup>3</sup> ficaram alocados em grupos de quatro mudas de forma casualizada em bandejas de polipropileno do tipo caixa com 54 células sobre o piso do viveiro. No

período de 0 à 30 dias a densidade foi de 206 mudas m<sup>2</sup>. Entre 30 e 120 dias, as mudas foram reespaçadas, ficando na densidade de 103 mudas m<sup>2</sup>.

No manejo C, os citropotes ficaram alocados em fileira dupla de forma linear, acompanhando o sistema de irrigação, amarrados com auxílio de arame e bambu (Figura 2). As fileiras dos citropotes de 3,0 litros também ficaram dispostas de forma casualizada. Como os orifícios no fundo do citropote de 3,0 litros são relativamente maiores e há possibilidade de as raízes penetrarem no solo, o piso foi revestido com lona. No manejo C no período de 0 à 120 dias a densidade foi de 40 mudas m<sup>2</sup>.



Figura 2 - Mudanças de *Handroanthus impetiginosus* alocadas em citropotes de 3,0 litros em fileira dupla de forma linear aos 120 dias após a repicagem.

Após 120 dias da repicagem nos recipientes, as mudas dos tubetes de 280 cm<sup>3</sup> (manejo TC) foram transplantadas para os citropotes de 3,0 litros. Nesse momento, como todos os tratamentos passaram a utilizar o citropote de 3,0 litros, eles foram novamente aleatorizados. Nessa data também foi realizado o reespaçamento entre recipientes em função do desenvolvimento das mudas intercalando um recipiente de 3,0 litros com muda e na sequência um vazio (Figura 3). No período de 120 a 240 dias a densidade foi de 20 mudas m<sup>2</sup> para todas as mudas de todos os tratamentos.



Figura 3 - Mudanças de *Handroanthus impetiginosus* de todos os tratamentos alocadas e dispostas alternadamente em fileira dupla de forma linear aos 120 dias.

E para promover o crescimento adequado dessas mudas, elas foram transplantadas para vasos de 15 litros, onde permaneceram até os 510 dias (Figura 4), quando alcançaram as características adequadas para plantio. Nesse período as mudas também foram tutoradas com bambu, com o objetivo de formar um tronco único e reto. Nessa etapa os vasos ficaram espaçados 1m x 1m, com a densidade de uma muda por m<sup>2</sup>.



Figura 4 - Mudanças de *Handroanthus impetiginosus* alocadas em vaso de 15 L aos 510 dias após a repicagem.

Ao longo do experimento foram realizados tratos culturais como retirada de plantas daninhas (mondas) e a partir dos 150 dias todas as mudas foram submetidas a uma poda de condução, com intuito de livrar o tronco das ramificações indesejadas ou brotações laterais, o que diminuiu a competição por luz e evitou problemas fitossanitários. Em função da arquitetura da copa da espécie foram necessárias várias podas de condução para eliminar a bifurcação natural. Essa bifurcação só foi permitida após o caule apresentar 2,0 m livre de ramos, conforme padrão de qualidade comumente exigido para mudas com fins de arborização urbana.

A fertilização de cobertura foi realizada apenas nas mudas do substrato formulado (SF), utilizando-se a recomendação de adubação de Gonçalves (2000). Essa fertilização foi composta de 200 g de N por meio do uso de sulfato de amônio, e 180 g de  $K_2O$  por meio do uso do cloreto de potássio, para 100 litros de solução nutritiva, aplicando-se 5 ml por muda com auxílio de seringa. A primeira fertilização de cobertura ocorreu após 30 dias da repicagem, repetindo-se a cada 15 dias para a fertilização nitrogenada e a cada 30 dias para fertilização potássica, até os 240 dias. Após 240 dias a dose foi de 50 ml por muda na mesma frequência.

As avaliações de crescimento tiveram início aos 90 dias após a repicagem e foram realizadas posteriormente a cada 30 dias até os 510 dias. Foram avaliados os parâmetros morfológicos: diâmetro do coleto (DC) e a altura da parte aérea (H), sendo mensurados com um paquímetro digital e régua graduada, respectivamente. Na última avaliação foi realizada a medição a 1,30 (DAP) utilizando paquímetro digital. Foram avaliados também, os aspectos visuais sanidade e sintomas de deficiência.

Foi calculado o crescimento relativo em percentagem das variáveis H e DC entre 90 e 510 dias após a repicagem. Foi considerado o manejo TC como referência e assim calculou-se percentualmente o crescimento das mudas do tratamento do manejo C (Equação 1). Isso foi realizado para a comparação dos substratos, considerando o SF como referência para estimar percentualmente o crescimento das mudas produzidas no substrato BIO (Equação 2).

$$\text{Crescimento relativo recipiente} = (C * 100) / TC \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Crescimento relativo substrato} = (\text{BIO} * 100) / \text{SF} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

C – altura (cm) ou diâmetro do coleto (mm) das mudas do manejo C

TC – altura (cm) ou diâmetro do coleto (mm) das mudas do manejo TC

SF – altura (cm) ou diâmetro do coleto (mm) das mudas do substrato SF

BIO – altura (cm) ou diâmetro do coleto (mm) das mudas do substrato BIO

Para a análise dos dados, os resíduos foram submetidos ao teste de normalidade e de homogeneidade de variâncias, na sequência os dados foram submetidos à análise de variância, onde constou significância. A comparação entre eles foi então realizada por meio do teste de médias de Tukey a 95% de probabilidade. Também foram realizados ajustes de equações quando pertinentes.

## 5.2. Fase de Campo

O plantio foi realizado no dia 12 de maio de 2021, na via de acesso aos prédios do Instituto de Zootecnia e do Instituto de Tecnologia da UFRRJ, em Seropédica/RJ. Esse local se encontrava sem arborização da via e possui grande fluxo de estudantes, de servidores e de professores, além do constante tráfego de veículos, por isso foi o local escolhido para realização da arborização.

Para o plantio foram abertas covas nas dimensões de 0,6 m de comprimento, 0,6 m de largura e 0,5 m de profundidade, com volume de 180 litros. A abertura das covas teve início com



auxílio de motocoveadora e na sequência com auxílio de pá reta, cavadeira articulada e enxada sendo realizado o ajuste para o tamanho recomendado (Figura 5).



Figura 5 – Aberturas de covas iniciada com motocoveadora e depois finalizada manualmente com cavadeira articulada (A), pás e enxada (B) nas dimensões de 0,6 m (C) x 0,6 m (D) x 0,5 m (E).

Após abertura das covas, coletou-se amostras de solo de todas as covas, na sequência homogeneizou-se e retirou-se uma amostra composta para determinação dos parâmetros químicos do solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Atributos químicos do solo do local de plantio das mudas de *Handroanthus impetiginosus*.

pH	M.O.	P	K	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Na
	g Kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>
4,94	42,95	22,0	5,0	3,1	31	0,08	0,63	0,17	0,1

Extratores: Ca, Mg e Al (solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); K, P e Na (solução de Mehlich-1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>); H+Al (solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, ajustada a pH 7,1).

Nessa etapa da pesquisa o objetivo foi de avaliar o potencial de uso do biossólido como componente orgânico na cova de plantio, dessa forma, como composto estabilizado utilizou-se

esterco bovino e o biossólido em diferentes proporções. Devido às limitações decorrentes da Pandemia da COVID-19 o solo utilizado foi o da própria cova aberta. As mudas não foram adubadas e nem irrigadas após o plantio.

O biossólido utilizado foi o mesmo da etapa de produção de mudas, oriundo da CEDAE, e o esterco bovino também teve a mesma origem da etapa anterior. O delineamento experimental foi totalmente aleatório com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando o plantio de vinte mudas (Tabela 3).

Tabela 3 – Composição da mistura utilizada na cova de plantio.

Tratamento	Terra	Esterco	Biossólido
	Litro cova <sup>-1</sup>		
T1	135	45	0
T2	135	0	45
T3	90	0	90
T4	0	0	180

Os componentes foram mensurados com auxílio de baldes de volume conhecido e misturados manualmente com auxílio de pás e enxadas até obtenção de uma mistura homogênea. As mudas utilizadas no plantio foram da etapa anterior. Em março de 2020 as mudas estavam aptas ao plantio, porém foi decretado em todo o País a suspensão das atividades presenciais em função da pandemia da COVID-19. Em função da paralização as mudas ficaram sem receber cuidados de fertilização e de poda pelo período de 14 meses, apenas mantidos os cuidados com irrigação. Dessa forma, foram realizadas as manutenções necessárias, como podas de condução e mondas, e selecionadas apenas mudas oriundas dos tratamentos em que o substrato utilizado foi o biossólido.

O plantio teve início com colocação da mistura na cova e a cada 20 cm realizava-se uma ligeira compactação. Os tutores de bambus com aproximadamente 3,0 metros de comprimento também foram alocados na cova nesse momento para melhor fixação. As mudas foram retiradas do recipiente e colocadas no centro da cova quando a altura do torrão permitia coincidir a região do colo com a superfície do solo, de modo a evitar soterramento do coleto e exposição do sistema radicular. Nesse momento aplicou-se 2,0 litros de solução hidratada com hidrogel (Figura 6A). Foi utilizado o hidrogel da marca Hydroplan na concentração de 5,0 g de produto para cada litro de água. Essa aplicação tem como objetivo ajudar no fornecimento de água durante o período de menor precipitação do ano. Na sequência foi adicionado o restante da mistura, realizando a compactação a cada 20 cm. Por fim realizou-se a amarração com fitilho plástico, em oito deitado para não ferir o caule da muda, para orientar o caule na posição mais perpendicular possível em relação ao solo (Figura 6B).

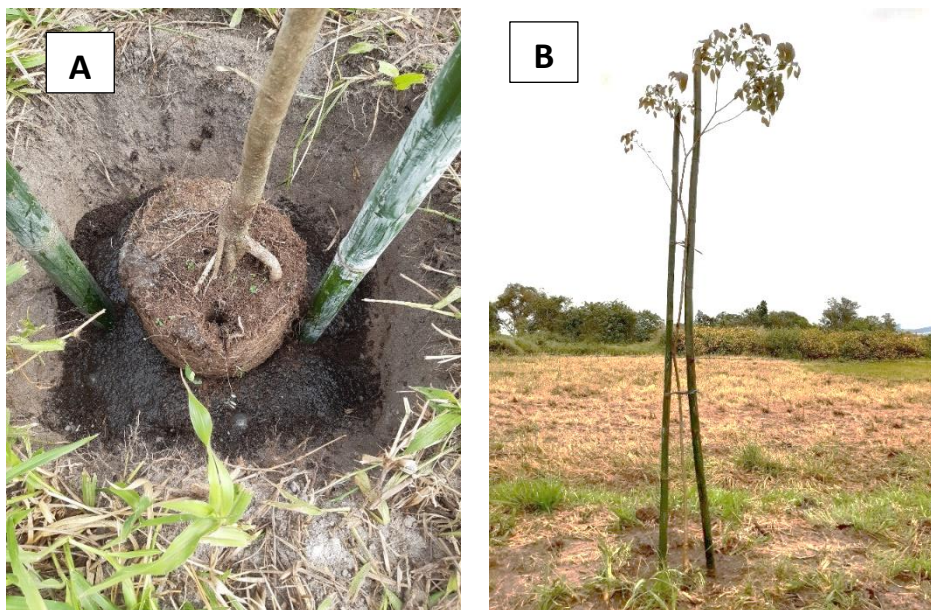


Figura 6 – Procedimento de plantio com colocação da muda no centro cova, sendo adicionado a mistura (solo + composto orgânico), aplicação de hidrogel hidratado e fixação dos tutores de bambu (A); muda após o término do plantio (B).

As avaliações de crescimento iniciaram aos 60 dias e foram realizadas até 426 dias após o plantio. As variáveis morfológicas mensuradas foram altura total, diâmetro do colo e diâmetro à 1,3 m do solo (DAP). A altura total foi mensurada com auxílio de régua hipsométrica de inventário, o diâmetro do colo e o DAP com paquímetro digital. A realização de poda de ramos foi realizada sempre que necessário com equipamentos adequados.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e de homogeneidade de variâncias, na sequência os dados serão submetidos à análise de variância. A comparação das médias foi realizada por meio do teste de Tukey a 95% de probabilidade. Também foram realizados ajustes de equações quando pertinentes.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1. Fase de Viveiro

Aos 510 dias houve diferença para os fatores manejo de recipiente e substrato para altura e diâmetro do colo. Para o diâmetro a 1,30 houve diferença apenas para o fator substrato. Não houve significância para a interação entre os fatores para nenhuma das variáveis morfológicas. Quando houve diferença, o manejo C foi superior ao manejo TC, assim como o BIO foi superior ao SF (Figura 7). Nenhuma muda apresentou problemas fitossanitários ao longo do experimento.

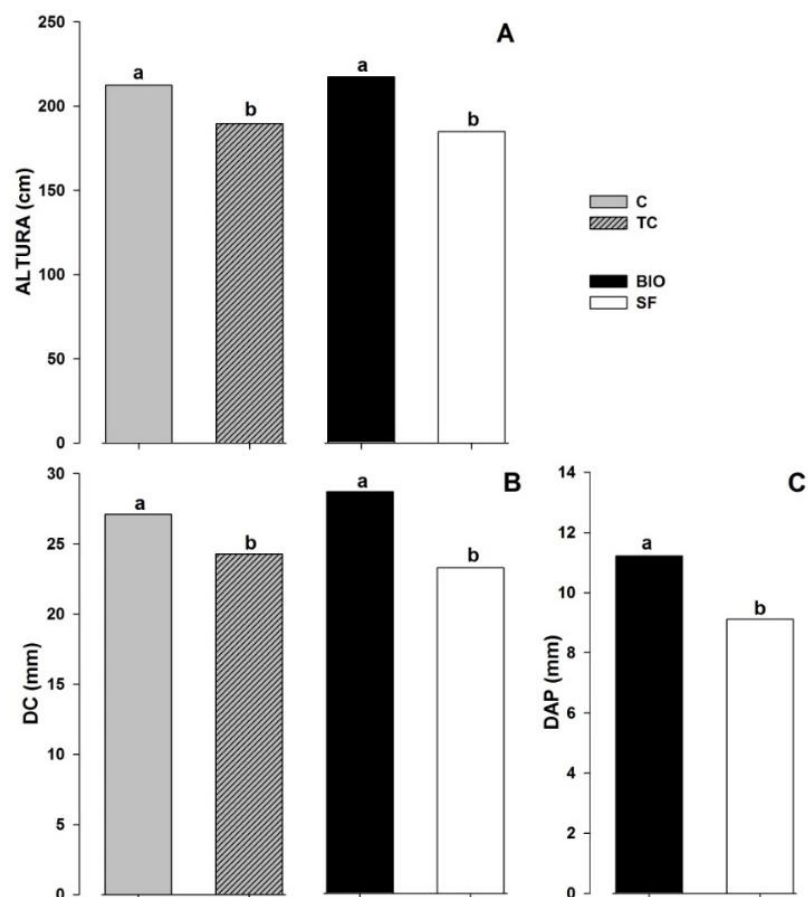


Figura 7 – Crescimento em altura (A), em diâmetro do colo (B) e em diâmetro a 1,30 m (C) aos 510 dias após a repicagem em mudas de *Handroanthus impetiginosus* sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido). Média com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

A diferença significativa no recipiente para as variáveis H e DC, apresentando maiores crescimentos no recipiente de manejo C (Figura 7), pode ter ocorrido devido a este manejo proporcionar maior volume de substrato desde o início da produção das mudas, conseqüentemente maior espaço para crescimento radicular, maior disponibilidade de nutrientes e de água. Esse resultado corrobora com os observados por Abreu et al. (2015) para mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, Lima Filho et al. (2019) para produção de *Ceiba speciosa* e Antoniazzi et al. (2013) para a espécie *Cedrela fissilis* (cedro) para aplicação em projetos de recomposição florestal. Neste último trabalho, concluíram que para produção de mudas de grande porte, os sacos de plástico de maior volume representaram a melhor alternativa devido ao maior desenvolvimento das plântulas. Essas considerações podem ser estendidas ao presente estudo.

Ao se analisar o efeito do substrato sobre o crescimento das mudas, foi possível observar diferença neste fator nas três variáveis (altura, diâmetro do colo e diâmetro a 1,30m), destacando-se o melhor desenvolvimento com a utilização do BIO como substrato (Figura 7). A superioridade

de crescimento das mudas no substrato BIO ocorreu provavelmente devido aos maiores teores de nutrientes presentes nesse substrato (Tabela 1), como também observado por Abreu et al. (2018), ao compararem o crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira pimenteira) produzidas com bio sólido e com substrato comercial, sob doses de monoamônio fosfato (MAP) em adubação de cobertura, concluíram que as mudas produzidas com bio sólido na composição do substrato, apresentaram tendência de maior crescimento em altura e diâmetro do colo durante todo o ciclo de produção em viveiro. Este comportamento ratifica os resultados obtidos até os 510 dias no presente experimento, em que o ritmo de crescimento das mudas produzidas desde o início no bio sólido, alcançaram maior crescimento em H e DC, em comparação ao substrato comercial, com fertilização de base e cobertura.

No entanto, Ribeiro et al. (2018), ao avaliar o potencial do bio sólido como componente de substrato para a produção de mudas de *Libidibia ferrea*, *Poincianella pluviosa* e *Handroanthus impetiginosus* (mesma espécie utilizada neste estudo) para fins de arborização urbana em recipientes de 18 litros, quando apresentavam altura média de 30 a 40 cm, concluiu que para a produção destas espécies para estes fins, pode ser utilizado tanto o esterco bovino, quanto bio sólido em diferentes proporções, pois não demonstraram diferença significativa. Os autores atribuíram este resultado ao fato do tempo relativamente longo que as mudas permaneceram no viveiro, além da própria demanda nutricional das espécies. Fato que não foi observado no presente trabalho, pois os resultados deste demonstraram que o bio sólido mostrou influência significativa no crescimento das mudas de *Handroanthus impetiginosus*.

O crescimento em H dos 90 aos 510 dias apresentou comportamento linear para os substratos BIO e SF, independente do manejo de recipiente utilizado (Figura 8A; Tabela 4), o que demonstra que as mudas estavam em pleno crescimento. Ao contrário do comportamento do crescimento em DC, que se apresentou quadrático (Figura 8B; Tabela 4), sugerindo uma estagnação do crescimento em diâmetro se mantido nas condições de manejo atuais.

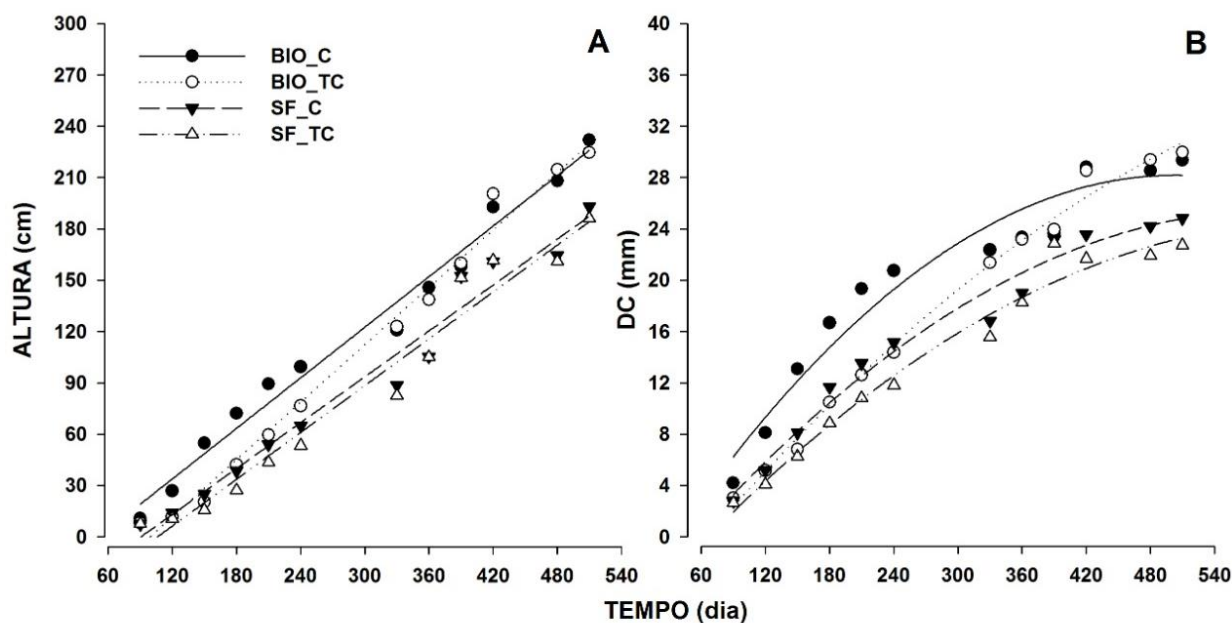


Figura 8 – Crescimento em altura (A), em diâmetro do colo (B) dos 90 aos 510 dias após a repicagem em mudas de *Handroanthus impetiginosus* sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido).

Tabela 4 – Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado –  $r^2_{aj}$  e erro padrão de estimativa –  $S_{yx}$ ) para os modelos de crescimento em altura (H) e em diâmetro do colo (DC) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido).

Recipiente	Equação	$r^2_{aj}$	$S_{yx}$
<b>Altura (H)</b>			
<b>cm</b>			
BIO_C	$H = -25,3353 + 0,4928 x$	0,98	9,7876
BIO_TC	$H = -55,6482 + 0,55593 x$	0,98	9,1241
SF_C	$H = -40,5264 + 0,4469 x$	0,97	11,3338
SF_TC	$H = -48,5976 + 0,4562 x$	0,96	13,4386
<b>Diâmetro do colo (DC)</b>			
<b>mm</b>			
BIO_C	$DC = -4,3513 + 0,1292 x - 0,0001 x^2$	0,93	2,1134
BIO_TC	$DC = -6,5768 + 0,1046 x - 0,00006165 x^2$	0,99	0,9046
SF_C	$DC = -5,2487 + 0,1026 x - 0,00008555 x^2$	0,97	1,2871
SF_TC	$DC = -6,0207 + 0,0951 x - 0,00007374 x^2$	0,97	1,2933

Analisando o crescimento em ambas as variáveis se observa que aos 90 dias todos os tratamentos apresentavam crescimento muito semelhante, no entanto aos 120 dias o tratamento BIO sob manejo de recipiente C começa a se destacar com maior crescimento (Figura 8). Gradativamente os demais tratamentos começam a se distanciar, destacando os tratamentos com uso do BIO como substrato com maiores inclinações da reta e os tratamentos SF + TC com as menores inclinações da reta (Figura 8).

Provavelmente, na primeira medição, todos os recipientes continham substrato e espaço suficiente para suprir a demanda de nutrientes e para o crescimento inicial do sistema radicular e

da parte aérea. A fertilização de base e de cobertura no SF, conseguiu manter o equilíbrio em relação aos maiores teores de macronutrientes do BIO. Porém, com o crescimento das mudas, os tubetes menores ficaram limitados para manter o ritmo de crescimento igual aos tubetes de maiores dimensões (citropote) e o substrato BIO conseguiu suprir as necessidades nutricionais das mudas com maior eficiência do que o SF, mesmo com fertilizações adicionais.

Esse comportamento de maior crescimento das mudas produzidas no manejo C está provavelmente relacionado com a oferta de maior volume de substrato desde o início da produção das mudas, o que propicia maior espaço para o crescimento radicial e maior disponibilidade de água. Lima et al. (2019) utilizando o biossólido como substrato para a produção de mudas de *Ceiba speciosa* e avaliando em diferentes volumes de tubetes, observou que houve tendência de maior crescimento das mudas nos tubetes de 280 cm<sup>3</sup> e menor crescimento nos tubetes de 55 cm<sup>3</sup>, atribuindo este resultado ao fato de que com o aumento da idade e conforme o crescimento das mudas, os tubetes menores ficaram limitados para manter o ritmo de crescimento igual aos tubetes de maiores dimensões, acarretando mudas com diâmetro do coleto e altura inferiores. Essas considerações podem ser estendidas as mudas de *H. impetiginosus*, pois as mudas produzidas sob maior volume de recipiente (3,0 L) desde o início, apresentaram os maiores crescimentos.

Em relação ao maior crescimento das mudas no manejo BIO provavelmente se explica pelo fato da maior disponibilidade de macronutrientes que são extremamente essenciais nas fases iniciais de crescimento das mudas (DAVIDE et al., 2015; ABREU et al., 2017) e estes macronutrientes na composição do biossólido se encontram em grande parte na forma orgânica, portanto sua liberação gradativa pode ter contribuído para a maior eficiência de utilização dos nutrientes pelas mudas, refletindo em maior crescimento, quando comparadas com o substrato comercial sob adubação mineral (ABREU et al., 2018).

Este resultado também foi observado por Donoso et al. (2015) que ao estudarem o crescimento de *Acacia caven*, no Chile, sob condições de estresse hídrico e aplicação de diferentes níveis de biossólidos concluiu, que as aplicações de BIO afetaram positivamente o crescimento do diâmetro do colo e a altura total da planta, além de melhorar a distribuição de água às plantas, o que promoveu melhor hidratação durante episódios de restrição hídrica. Este tipo de benefício proporcionado pelo substrato BIO pode ser muito interessante em plantios urbanos, tendo em vista que haverá menor constância de manejo neste tipo de plantio.

Sousa et al. (2019) em estudo para avaliar o potencial do biossólido de duas estações de tratamento de esgoto na produção de mudas de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. em comparação com um substrato comercial, observaram crescimento linear em altura das mudas produzidas nos

três substratos em função da idade. As equações de crescimento das mudas produzidas com substrato comercial obtiveram a menor inclinação entre as quatro épocas avaliadas e as do biossólido a maior inclinação, indicando maior resposta de crescimento em altura das mudas ao longo do tempo. Os dados encontrados por estes autores corroboram com os observados no presente estudo referentes ao crescimento em H, onde houve crescimento linear, apresentando a maior inclinação na reta dos manejos contendo o BIO como substrato (Figura 7).

Na última medição, aos 510 dias, as mudas produzidas sob manejo BIO, independente do recipiente, e as mudas do manejo SF produzidas no recipiente C, alcançaram os requisitos requeridos para plantios urbanos nas calçadas como a altura total padrão de 2,00 m de altura total, altura da primeira bifurcação igual ou superior a 1,8 m e diâmetro mínimo à altura do peito superior a 3 cm (Figura 9).

As mudas produzidas no manejo BIO + C alcançaram as maiores alturas e diâmetros do coleto, indicando redução no tempo de produção, tendo em vista que esse período é de aproximadamente de 2 anos (BIONDI et al., 2009), conseqüentemente diminuindo os custos para os viveiristas. As mudas produzidas sob manejo SF + TC não haviam obtido a altura mínima exigida até a última medição, indicando necessidade de permanecer mais tempo no viveiro (Figura 8).

Os gráficos das figuras 8A e 8C mostram o quanto as mudas produzidas no substrato biossólido (BIO) foram superiores em crescimento (altura e diâmetro do colo) às mudas do substrato formulado (SF) ao longo do tempo (em porcentagem) para o manejo de recipiente C (citropote) e TC (tubete + citropote). Já os gráficos das figuras 8B e 8D mostram o quanto às mudas produzidas no manejo de recipiente C (citropote) foram superiores em crescimento (altura e diâmetro do colo) às mudas do manejo TC (tubete + citropote), para o biossólido e o substrato formulado (SF) ao longo do tempo (em porcentagem).



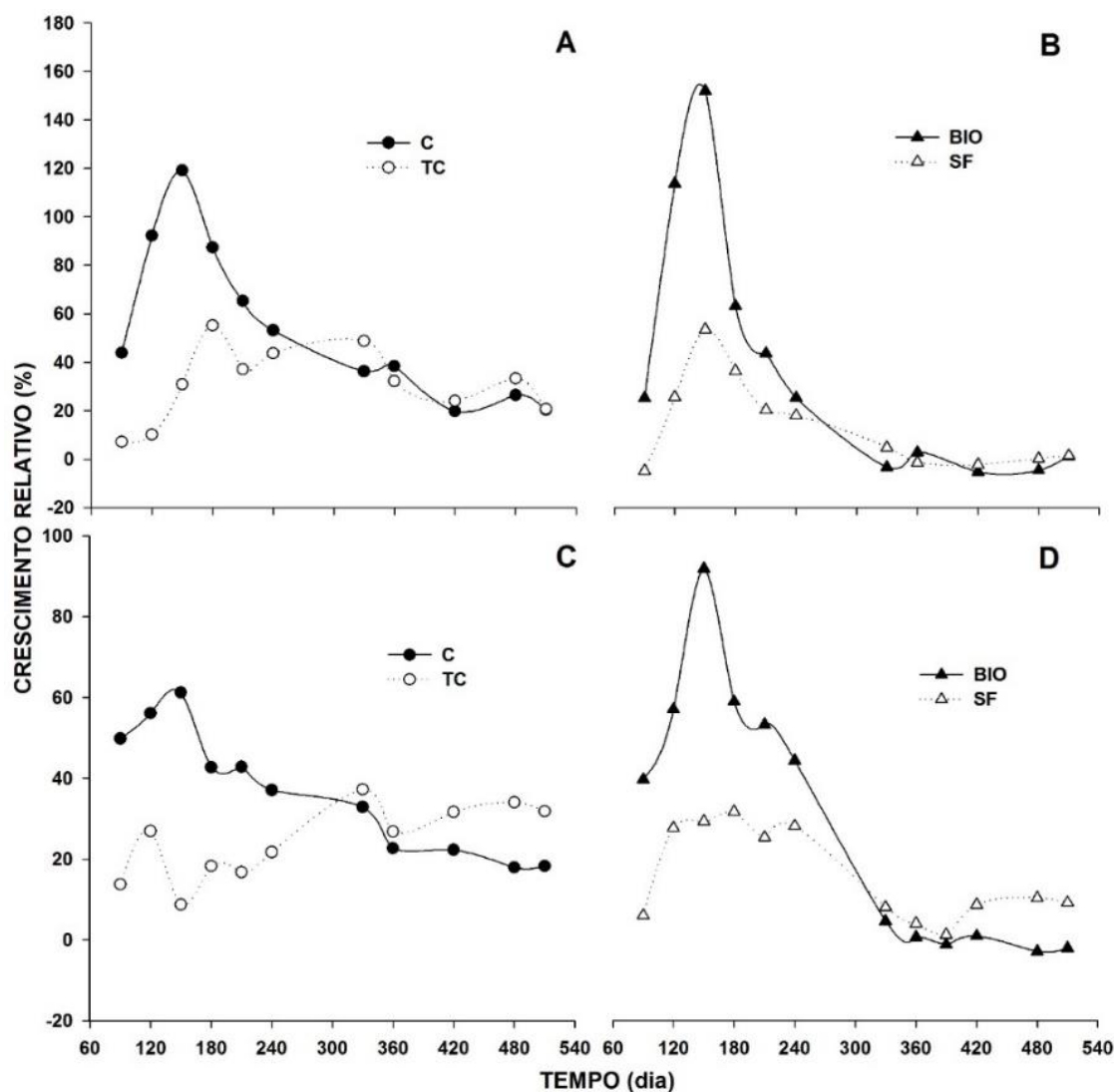


Figura 9 – Crescimento relativo em altura (A e B), em diâmetro do colo (C e D) dos 90 aos 510 dias após a repicagem em mudas de *Handroanthus impetiginosus* sob os manejos de recipientes TC (tubete + citropote + vaso) e C (citropote + vaso) e os substratos SF (substrato formulado) e BIO (biossólido).

No manejo de recipiente C o maior crescimento das mudas produzidas no substrato BIO comparado ao SF atingiu o ponto máximo de 120% e 60% por volta de 150 dias, para as variáveis H e DC, respectivamente (Figura 9A e 9C). Isso pode ser explicado pela maior fertilidade do BIO em conjunção com o maior volume de recipiente desde o início da produção das mudas. Após essa data, ocorre redução gradativa dessa superioridade, o que provavelmente é explicado pela redução da disponibilidade de nutrientes devido a absorção realizada pelas mudas (para crescimento e produção de biomassa) e pela lixiviação ocorrida pela irrigação.

No manejo TC as mudas produzidas no substrato BIO também apresentaram crescimento maior do que no substrato SF, até aproximadamente 50% e 20% aos 150 dias para a H e DC, respectivamente (Figura 9A e 9C). Porém a superioridade foi numa escala menor do que no manejo C, possivelmente pela limitação do recipiente de 280 cm<sup>3</sup> utilizado nos primeiros 120 dias. Após

as mudas serem transferidas (aos 120 dias) de um recipiente de menor volume (280 cm<sup>3</sup>) com um substrato possivelmente já exaurido (pela absorção e lixiviação) para um recipiente maior (3,0 L) e com substrato com maior fertilidade (sem uso), as mudas aumentaram o ritmo de crescimento, reduzindo a diferença para as mudas do manejo C.

Aos 240 dias os dois manejos foram para o balde de 15L, com renovação do substrato, dessa forma, a partir dessa data houve redução na diferença entre os manejos, com tendência de igualar os resultados. Ou seja, o maior volume inicial proporcionado pelo manejo C, acelerou o ritmo de crescimento das mudas. Porém, com o passar do tempo, ocorrendo a exaustão mais precoce do substrato no manejo C, as mudas do manejo TC tenderam a igualar o resultado. Dessa forma, ao se utilizar o BIO como substrato (considerando não se fazer nenhuma fertilização), não se justifica modificar o manejo de recipiente.

É fundamental enfatizar que mesmo sem receber nenhum tipo de fertilização ao longo do tempo, que as mudas produzidas no substrato BIO se mantiveram relativamente superiores ao SF durante todo o período, sendo em torno de 20 e 25% superiores aos 510 dias em altura e diâmetro do coleto, respectivamente (Figura 9A e 9C).

No substrato BIO, tanto para altura como para diâmetro do coleto houve inicialmente (até 150 dias) aumento da superioridade do manejo C sobre o TC (Figura 9B e 9D). O maior volume do substrato BIO no manejo C associado a maior fertilidade e disponibilidade de nutrientes desse substrato proporcionou ganhos relativos de aproximadamente 170% em altura e 90% em diâmetro do colo aos 150 dias (Figura 9B e 9D). Já no substrato SF esses ganhos foram menores, 60 e 30% respectivamente para altura e diâmetro do colo, aos 120 dias (Figura 8B e 8D). Em estudo observado por Cabreira et al. (2017) constatou que aos 112 dias após repicagem, as mudas de *Schinus terebinthifolius* produzidas nos tubetes de maior volume (280 cm<sup>3</sup>) em comparação aos de menor volume (110 cm<sup>3</sup>) apresentaram médias de todas as características morfológicas significativamente superior.

Resultado semelhante foi observado por Abreu et al. (2015) que ao avaliarem o crescimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes, constatou que as mudas produzidas em sacos plásticos, aos 150 dias após a semeadura, apresentaram altura da parte aérea e diâmetro do coleto superior às produzidas em tubetes de 280 e 180 cm<sup>3</sup>, relacionando esse resultado ao maior volume de substrato, o que propicia recursos favoráveis ao crescimento das mudas. Isso também foi observado no presente estudo, onde a produção iniciada no citropote de 3,0L proporcionou os maiores crescimentos em altura e diâmetro do coleto inicialmente.

Após 150 dias, em ambos os substratos, quando ocorre igualdade de condições entre os dois manejos de recipientes, há redução da diferença entre os manejos, com tendência de igualdade entre eles. Apenas no substrato SF, o diâmetro do coleto se mostra maior no manejo C do que no manejo TC.

Adicionalmente, deve-se levar em consideração o fato de que no manejo utilizando o substrato BIO não foi realizada fertilização mineral, gerando economia na aquisição de fertilizantes e de mão de obra. Ao analisar diferentes substratos para produção de mudas de *Lafoensia pacari* em tubetes de 280 cm<sup>3</sup>, Abreu et al. (2017) observaram que as mudas produzidas nos três tratamentos compostos por substrato constituído de 100% de lodo de esgoto obtiveram resultados de crescimento superiores aos demais tratamentos. Sendo constatado também que as mudas apresentaram qualidade satisfatória sem necessidade de fertilização química, o que representa uma simplificação no processo de produção de mudas florestais em tubetes. Isso foi observado neste experimento, em que as mudas produzidas com bio sólido apresentaram parâmetros dendrométricos superiores às mudas produzidas no substrato formulado com fertilização de base e de cobertura. As mudas apresentaram-se saudáveis, além de uma taxa de sobrevivência de 100%.

A partir dos 240 dias para altura e dos 300 dias para diâmetro do colo, a superioridade relativa do manejo C em relação ao TC se igualou ou se mantém muito próxima para ambos os substratos, comportamento que se manteve até os 510 dias. Observa-se que o maior volume inicial do manejo C permitiu um ritmo de crescimento mais acelerado no início, no entanto, ao final do período de produção o ganho não se manteve. Novamente, deve-se levar em consideração o fato de que no manejo utilizando o substrato BIO não foi realizada fertilização mineral, havendo então uma possível diminuição dos nutrientes disponibilizados.

## 6.2. Fase de Campo

Aos 426 dias após o plantio não foi constatada diferença entre os tratamentos para nenhuma variável morfológica mensurada (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise de variância para o crescimento em diâmetro do colo (DC), em diâmetro à 1,3 m do solo (DAP) e em altura total (H) aos 426 dias após o plantio das mudas de *Handroanthus impetiginosus* utilizando doses crescentes de BIO (bio sólido).

FV	GL	SQ	QM	Fc	VALOR P
DC	3	116,956	38,986	2,754 <sup>n.s.</sup>	0,0766
Resíduo	16	226,489	14,1556	-	-

DAP	3	281,070	93,690	2,534 <sup>n.s.</sup>	0,0935
Resíduo	16	591,558	36,972	-	-
H	3	0,2928	0,0975	2,489 <sup>n.s.</sup>	0,0975
Resíduo	16	0,6269	0,0392	-	-

n.s. – não significativo pelo teste t à 95% de probabilidade

Dessa forma, procedeu um ajuste de equação, considerando todos os tratamentos de forma conjunta. Para H ajustou-se para uma equação quadrática (Figura 9) entre 0 e 426 dias após o plantio.

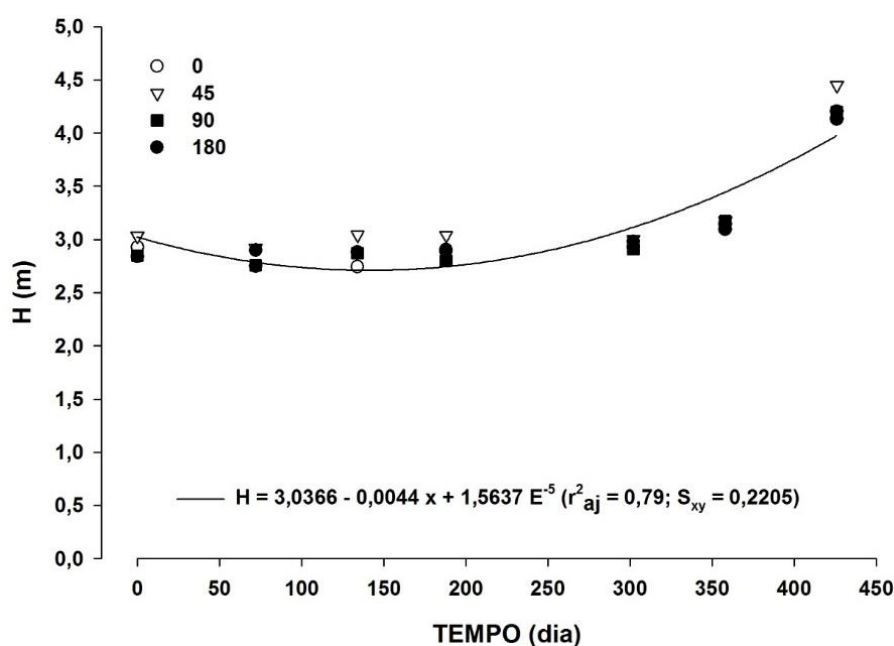


Figura 10 – Crescimento em altura (H) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* em função do tempo após o plantio, utilizando-se doses crescentes de BIO (biossólido) na cova.

As mudas se mantiveram praticamente sem incremento em altura no primeiro ano (Figura 10). Isso pode ser explicado em parte pela perda da qualidade fisiológica da muda, pois houve restrição de manejo durante o período da pandemia. Nessa condição de restrição, a muda reduziu todos seus processos fisiológicos para se manter viva. Ao se realizar o plantio e dar condições de retomar o ritmo de crescimento, as mudas não o fizeram pois não tinham condições de se aproveitar dos recursos ofertados. Houve necessidade de um longo período de adaptação ao local de plantio para que o crescimento em altura pudesse ser retomado.

Independente do tratamento, o crescimento foi semelhante, o que demonstra que a perda da qualidade foi muito impactante a ponto de não permitir observar o efeito das diferentes composições aplicadas na cova de plantio.

A qualidade da muda depende de vários fatores, entre eles a qualidade morfológica e fisiológica, que é função da genética e da procedência das sementes, das condições ambientais, dos métodos utilizados na produção das mudas, das estruturas e dos equipamentos utilizados no viveiro e do armazenamento e transporte das mudas (MEXAL, 2012a; 2012 b).

A fase final da produção das mudas no viveiro é a rustificação, sendo esta uma prática adotada habitualmente por viveiristas e aplicada durante as últimas semanas do processo de produção de mudas. Geralmente, esta fase coincide com o período final do crescimento vegetativo das mudas, ou seja, quando as mudas já alcançaram os padrões de crescimento desejável para a espécie (VILAGROSA et al., 2016). Até este período as plantas são cultivadas em ótimas condições, como irrigação e fertilização adequadas (GOMES, 2002; VILAGROSA et al., 2006).

Sendo, portanto, a rustificação, uma fase fundamental na produção de plantas em viveiro, pois é nesta fase que o viveirista estabelece ou induz os diferentes tipos de atributos que qualificam as plantas para vencer os diferentes fatores limitantes em um local específico de plantio. Desta forma, as falhas que ocorrem nessa fase podem acarretar plantas mal preparadas para condições do local de plantio (ESCOBAR, 2012), fato que ocorreu neste experimento, devido ao período de pandemia. As mudas que estavam aptas ao plantio, ficaram sem receber o manejo mais adequado devido ao isolamento social, e isso teve influência no estado em que as mudas se encontraram no momento do plantio, realizado com aproximadamente um ano de atraso.

Nesta fase de avaliação de campo, também deve-se levar em consideração que houve um período de 100 dias (dos 200 aos 300 dias) que não foi realizada medições de acompanhamento do desenvolvimento das plantas, devido ao período de pandemia onde não se teve acesso ao local de plantio nem aos recursos para as medições das plantas. Nesse período então as plantas não receberam manejo de condução e não foi realizado levantamento dos dados, justificando essa lacuna.

Para as variáveis morfológicas diâmetro do colo (DC) e diâmetro a altura do peito (DAP), obteve-se ajustes de equações exponenciais (Figuras 11 e 12).

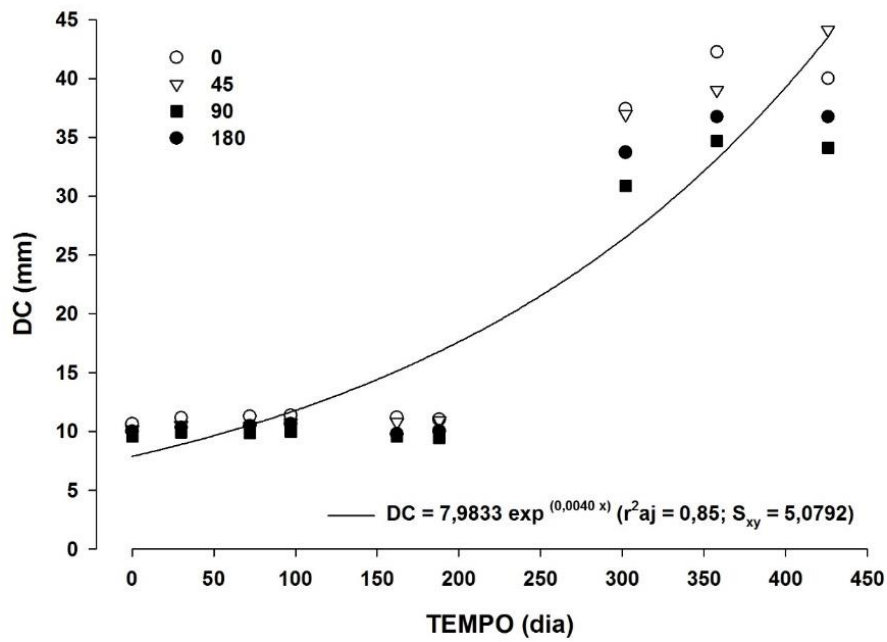


Figura 11 – Crescimento em diâmetro do colo (DC) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* em função do tempo após o plantio, utilizando-se doses crescentes de BIO (biossólido) na cova.

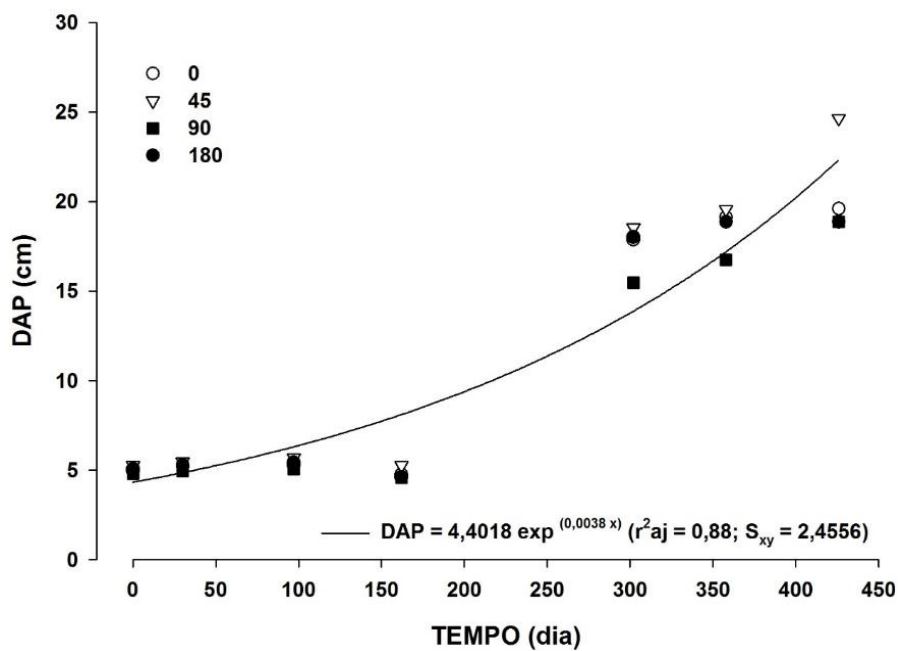


Figura 12 – Crescimento em diâmetro a altura do peito (DAP) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* em função do tempo após o plantio, utilizando-se doses crescentes de BIO (biossólido) na cova.

Assim como observado para a variável H, as variáveis DC e DAP, nos primeiros 200 dias após o plantio, praticamente não apresentaram incremento. Porém, na medição de 300 dias após o plantio, foi observado um incremento significativo em ambas as variáveis (Figura 11 e 12).

De maneira geral, algumas hipóteses para explicar os resultados obtidos são de que as mudas permaneceram em estado de “latência” no viveiro por mais de um ano devido ao isolamento causado pela pandemia. Dessa forma, as mudas não se estabeleceram como de forma habitual, não desenvolvendo raízes e explorando o solo para absorção de águas e de nutrientes, causando estagnação no crescimento em altura, diâmetro do colo e diâmetro à altura do peito nos primeiros meses após plantio.

Outra possível interpretação para a resposta após os 200 dias é que pode ter ocorrido um efeito de estiolamento das mudas, pois no momento do plantio as mudas apresentavam elevada relação H:DC, de aproximadamente 30, sendo que para mudas destinadas à restauração já se considera mudas estioladas com valores acima de 10. Isso pode explicar as mudas terem aportado recursos para crescimento da região do colo, para que tivesse sustentação física suficiente para suportar o peso da copa. Na etapa de viveiro, as mudas se encontravam protegidas de ventos fortes e o tutoramento também auxiliou para que as mudas se mantivessem crescendo mais em altura do que em diâmetro do colo.

Outra possibilidade para explicar o resultado observado é pelo fato de o local de plantio ser totalmente aberto, sem vegetação no entorno, e com vento frequente. Isso causa estresse hídrico na planta e dificulta seu desenvolvimento. O vento frequente pode também ter induzido o espessamento da região do colo justamente para obter maior resistência a ação desse fator.

A tendência é que as mudas, após esse período de adaptação ao local de plantio, continuem a demonstrar crescimento em todas as variáveis. Porém, até o presente momento, não foi possível observar resposta aos tratamentos aplicados a cova de plantio.

## **7. CONCLUSÕES**

Considerando o manejo convencionalmente adotado para produção de mudas de arborização, SF (substrato formulado) + TC (tubete 280 cm<sup>3</sup> + citropote 3,0 litros + vaso 15,0 litros), foi verificado estatisticamente melhores resultados quando se realizou a adoção do manejo BIO (biossólido) + C (citropote 3,0 litros + vaso 15,0 litros), que aos 510 dias de viveiro proporcionou maior crescimento em altura e diâmetro do coleto, atingindo os padrões requeridos em menor tempo.

Na fase de plantio, as mudas mostraram o mesmo tempo de adaptação às condições de campo. Não houve efeito no crescimento e na sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus* em função do aumento da dose de biossólido na cova de plantio.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que as mudas para arborização urbana necessitam alcançar critérios específicos, exigindo um manejo diferenciado, com recipientes de maior volume e maior quantidade de substrato, ocupando maior espaço dentro do viveiro e ocasionando maiores custos de produção, principalmente devido à sua permanência no viveiro por um longo período (acima de 2 anos), é fundamental buscar alternativas para otimizar a produção.

O potencial de uso do biossólido de lodo de esgoto, resíduo sólido urbano, como substrato e como composto orgânico na cova de plantio, para mudas de arborização urbana compreende a busca por sustentabilidade urbana, uma vez que incorpora aspectos ambiental, econômico e social, ao utilizar resíduo no próprio local da fonte geradora.

## 9. AGRADECIMENTOS

À Companhia Estadual de Águas e Esgoto (CEDAE) pela doação dos materiais e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pela disponibilização da infraestrutura.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M.; 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. *Agriambi*, v. 21, n. 2, p. 83-87, 2017.

ABREU, A.H.M.; LELES, P.S.S.; MELO, L.A.; FERREIRA, D.H.A.A.; MONTEIRO, F.A.S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. *Floresta*, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.

ARTHUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

BACKES, F. A. A. L.; GIRARDI, L. B.; NEUHAUS, M.; BELLÉ, R. A.; SCHWAB, N.T.; PEITER, M. X. Caracterização das espécies utilizadas na arborização urbana em Silveira Martins, RS. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 17, n. 2, p. 167-174, 2011.



BASSO, J.M.; CORRÊA, R.S. Arborização urbana e qualificação da paisagem. Paisagem e Ambiente: Ensaios, n.34, p.129-148, 2014.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 25-36, 2006.

BIONDI, D.; ALTHAUS. M. Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005. 182 p.

BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C.; MONTANARI, R. Lodo de Esgoto e Adubação Mineral na Recuperação de Atributos Químicos de Solo Degradado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.19, n.4, p. 388-393, 2015.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as leis nº 9.984, de 17 de julho de 2000, nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, nº 11.107, de 6 de abril de 2005, nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017.

CABREIRA, G.V. Biossólido de lodo de esgoto na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Ciências Ambientais e Florestais, 2017.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163. 2013.

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

CAMAÑO, J.D.Z. Serviços ecossistêmicos de regulação climática e da qualidade do ar pela arborização em Patos-PB / Jorge Danilo Zea Camaño. – Patos, 2016. 79f.: il. color.

CAPRA, G.F., GANGA, A., GRILLI, E., VACCA, S., BUONDONNO, A. A review on anthropogenic soils from a worldwide perspective. Journal of Soils and Sediments, v. 15, n. 7, p. 1602 -1618, 2015.

CARNEIRO, D.C.; CARVALHO, S.M. As estruturas de gestão e planejamento da arborização urbana de Ponta Grossa – PR. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 1, n. 1, p. 94 - 116, 2013.

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

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2003, v.1. 1039 p.

CECCHETTO, C.T.; CHRISTMANN, S.S.; OLIVEIRA, T.D. Arborização Urbana: Importância e Benefícios no Planejamento Ambiental das Cidades. Disponível em <<http://unicruz.edu.br/mercosul/pagina/anais/2014>. Acesso em 01 de abril de 2015.

CNCFlora. *Handroanthus impetiginosus* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus impetiginosus](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus%20impetiginosus)>. Acesso em 27 maio 2020.

BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. A. Adaptação das Plantas ao Déficit Hídrico. Acta Iguazu, Cascavel, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. Manual de arborização. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.

CORRÊA, M.G.C.; ORANDIN, C.M.; SILVA, A.C.; PEREIRA, S.G.; OLIVEIRA, S.A. Armazenamento de sementes de Ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart.). In: Simpósio Nacional Cerrado 9, E 2, Simpósio Internacional Savanas Tropicais, Brasília. Anais. Brasília, DF: ParlaMundi, 4 p, 2008.

DANTAS, I.C.; SOUZA, C.M.C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.4, n.2, 2004.

DAVIDE, A.C., SILVA, E.A.A. Produção de sementes e mudas de espécies florestais. Lavras: UFLA; 2008. 174 p.

EPSTEIN, E. Land application of sewage sludge and biosolids. CRC Press, Boca Raton, FL, 2002, 216p.

ESCOBAR, R. Extracción y manejo de poscosecha. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversioes. Argentina. 2012. 220p.

ROMANI, G. N.; GIMENES, R.; SILVA, M. T.; PIVETTA, K. F. L.; BATISTA, G. S. Análise Quali-Quantitativa da Arborização na Praça XV de Novembro em Ribeirão Preto - SP, Brasil. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.3, p. 479-487, 2012.

- GEMAQUE, R.C.R.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standel). *Cerne*, 8(2), 84-91, 2002.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais: propagação sexuada. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.
- GOMES, J.M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*. Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W.; JACOVINE, L. A. G. Avaliação qualitativa de mudas destinadas à arborização urbana no Estado de Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 479-486, 2004.
- GROSE, S. O.; OLMSTEAD, R. G. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). *Systematic Botany*, v. 32, n. 3, p. 660-670. 2007.
- GUEDES, M. C. Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido sobre Latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis*. 2005, 154f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GUERRINI, I. A.; CROCE, C. G. G.; BUENO, O. C.; JACON, P. R. P.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, D. M.; GANGA, A.; CAPRA, F. Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. *Urban Forestry e Urban Greening*. Amsterdam, v. 22, p. 93-104, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. *Tabebuia impetiginosa*. Disponível em: <http://www.ibflorestas.org.br/pt/venda-de-mudas/141-ipe-roxo-do-grande-tabebuia-impetiginosa.html>. Acesso em 2 Ago. 2010.
- KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. 2.ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.
- KRATZ, D. Substratos para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*: formulação e estimativa de propriedades físico-químicas por meio da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR). 112f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Ciências Agrárias, 2015.
- KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. *Floresta*, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, jan./mar. 2013.
- LIMA, FILHO, P. Biossólido na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio. 2015. 98 f.

- LOHMANN, L.G. 2015 Bignoniaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114086>>. Acesso em: 27 Mai. 2020
- LORENZI H., MATOS FJA. Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum;. p. 93-94, 2002.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Editora Plantarum, v. 1, 7. ed, 2008. 384p.
- LOZADA, P. T.; LEAL, J. A. S.; OROBIO, B. A. P.; CASTRO, V. C. PARRA, C. A. M. Influencia de La aplicación de biosólidos sobre el suelo, la morfología y productividad del cultivo de caña de azúcar. Revista U.D.C.A. Act.& Div. Cient., Cartagena, v. 18, n. 1, p. 69 – 79, 2015.
- MARRON, N. Agronomic and environmental effects of land application of residues in short-rotation tree plantations: A literature review. Biomass and Bioenergy, v. 81, p. 378 – 400, 2015.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; SILVA FILHO, D. F. Análise microclimática das diferentes tipologias de floresta urbana de Curitiba. Floresta, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 137-144, 2017.
- MEXAL. G. Calidad de plantines: atributos morfológicos. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012a. 220p.
- MEXAL. G. Calidad de plantines: atributos morfológicos. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012b. 220p
- NOVAES, A.B.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSOS, D.G.; LELES,P.S.S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de Pinus taeda L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. Revista Árvore, v. 26, n.6, p. 675-681, 2002.
- OLIVEIRA, A.F. et al. Produção e doação de mudas realizada pela companhia energética de Minas Gerais (CEMIG) e a percepção de moradores quanto ao plantio destas em áreas urbana. REVSBAU, Piracicaba-SP, v. 8, n.4, p. 47-58, 2013.
- OLIVEIRA, A.I.V. Tópicos na produção de mudas de ipê “*Tabebuia spp.*”. 2017. 52f. Monografia (Agronomia) - Universidade Federal Rural do Maranhão.
- PACHECO, C. S. G. R.; SILVA, A. M.. Arborização urbana em Petrolina (PE): melhoria paisagística e de qualidade ambiental com plantas nativas da Caatinga. Nature and Conservation, v.12, n.2, p.77-87, 2019.

- PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. Produção de mudas para arborização urbana. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2013. 171 p.
- PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. Boletim acadêmico, série: Arborização urbana. Jaboticabal, UNESP, Jaboticabal, SP, 74 p. 2002
- RIBEIRO, C.A.D.; COSTA, M.P.; SENNA, D.S.; CALIMAN, J.P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. *Floresta*, 42(1), 161-168, 2012.
- RIBEIRO, J. G. et al. Biossólido na composição de substratos para produção de mudas de duas espécies florestais utilizadas na arborização urbana. *REVSBAU*, Curitiba-PR, v. 13, n.2, p. 01-12, 2018.
- ROCHA, Y, T.; BARBEDO, A. S. C. Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam., leguminosae) na arborização urbana de São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Recife (PE). *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v.3, n.2, 2008.
- SCHARENBRUCH, B.C., MEZA, E.N., CATANIA, M., FITE, K., 2014. Biochar and Biosolids Increase Tree Growth and Improve Soil Quality for Urban Landscapes. *J. Environ.* 42:1372–1385. doi:10.2134/jeq2013.04.0124
- SHARMA, B., SARKAR, A., SINGH, P., SINGH, R. P., 2017. Agricultural utilization of biosolids: a review on potential effects on soil and plant grown. *Waste Manage.* 64, 117–132. doi: 10.1016/j.wasman.2017.03.002
- SILVA FILHO, D.F. Videografia Aérea Multiespectral em Silvicultura Urbana. *Ambiência Guarapuava*, PR. Edição Especial, v.2 p. 55-68, abr. 2006.
- SIMÕES; D.; SILVA, R. B. G da.; SILVA, M. R da. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Ciência Florestal*, v. 22, n. 1, p. 91-100. 2012.
- SOMMERS, L. 1977. Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizers. *J. Environ. Qual.* 6:225–232. doi:10.2134/jeq1977.00472425000600020026x.
- TCESP – Tribunal de Contas do Estado de São Paulo. Manual – Novo Marco do Saneamento Básico. São Paulo, janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/publicacoes/manual-marco-legal-saneamento-basico-2021>. Acesso em: 02 fev. 2021.

VILAGROSA, A.; VILLAR-SALVADOR, P.; PUÉRTOLAS, J. El endurecimiento em vivero de espécies forestales mediterrâneas. In: Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Savé, R., Vilagrosa, A. (Eds). Calidad de planta florestal para la restauración en ambientes mediterrâneos. Estado actual de conocimientos. DGB. Ministerio de Medio Ambiente, Serie forestal., Madrid. Pp. 119-140. 2006.

WENDLING, I.; GUASTALA, D; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilexparaguariensis* St. Hil. Revista *Árvore*, v. 31, p. 209-220, 2007.