

## II-330 - LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS PARA REFLORESTAMENTO NO CORREDOR ECOLÓGICO DO VALE DO PARAÍBA

### Danielle Salomão Ribeiro<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pelas Faculdades Oswaldo Cruz. Bióloga pela Universidade Paulista. Analista de Laboratório de Sementes a serviço da empresa Monsanto do Brasil Ltda.

### Amanda Cerqueira Carvalho<sup>(2)</sup>

Engenheira Ambiental pelas Faculdades Oswaldo Cruz. Técnica Ambiental a serviço da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - CPTM. Pós-graduanda em Direito Ambiental pelo Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

### Rodrigo de Freitas Bueno<sup>(3)</sup>

Engenheiro Ambiental e Biólogo. Professor Doutor do Centro de Engenharia, Modelagem Aplicada e Ciências Sociais da Universidade Federal do ABC – UFABC. Av. dos Estados, 5.001, 09210-580, Santo André – São Paulo, Brazil. E-mail: rodrigo.bueno@ufabc.edu.br

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Praça Hachiro Miyazaki, 33 - Parque Jabaquara - São Paulo - SP - CEP: 04343-030 - Brasil - Tel: +55 (11) 5589-7278- e-mail: [danii\\_se@hotmail.com](mailto:danii_se@hotmail.com)

### RESUMO

O aumento da população mundial tem levado ao crescimento do uso de terras, e seu manejo inadequado tem sido responsável pelo elevado número de áreas degradadas. Nesse contexto, reconhecendo o uso e manejo de terras, uma alternativa para recuperar essas áreas é o reflorestamento com o uso de espécies nativas. Considerando o cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar tratamentos feitos com um substrato alternativo – o lodo de esgoto – e avaliar seu desempenho na melhoria do desenvolvimento e viabilidade da produção de mudas e seu uso em corredores ecológicos. Para isso, em uma mini estufa, foi testado o lodo de esgoto em diferentes proporções em cinco espécies escolhidas segundo os critérios da SMA 08/08: *Schinus terebinthifolia* Raddi, *Samanea tubulosa* Bentham, *Erythrina speciosa*, *Caesalpinia peltophoroides* e *Psidium guajava* L. Os tratamentos testados foram: T0: 100% substrato, T1: 20% lodo e 80% substrato, T2: 40% lodo e 60% substrato e T3: 60% lodo e 40% substrato. Com o objetivo de confirmar sua eficácia, as espécies de cada tratamento foram avaliadas aos 30, 60 e 100 dias durante o tratamento quanto aos parâmetros fitométricos: comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA). Em cada avaliação, foram analisados os parâmetros fitométricos de cada espécie em cada um dos tratamentos, permitindo verificar a influência do lodo no desenvolvimento das mesmas, onde foi observado que T3 foi bem aceito pela espécie *Erythrina speciosa*, já T2 obteve melhor desempenho na espécie *Samanea tubulosa*, *Psidium guajava* em T1, *Schinus terebinthifolia* em T0 e *Caesalpinia peltophoroides* respondeu bem a todos os tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de Esgoto, Restauração Florestal, Corredores Ecológicos.

### INTRODUÇÃO

Os efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções humanas, garantem o conceito de degradação. Por sua vez, este raramente se aplica às alterações decorrentes de fenômenos ou processos naturais. Levando em conta o crescimento da necessidade de recuperação/restauração das áreas já degradadas ou em processo de degradação pela exploração de recursos, cada vez mais são procurados métodos para a recuperação ou diminuição dos impactos.

Os Corredores Ecológicos são sistemas de restauração florestal, realizados de formas estratégicas, os quais buscam locais de interesse para que florestas implantadas cumpram sua função de manter os recursos naturais e da biodiversidade. É através das chamadas de linhas de conectividade, que formam os corredores ecológicos com grau alto de interligação, onde os organismos conseguem se mover entre os elementos da paisagem, propiciando grande fluxo biológico entre os remanescentes de vegetação natural e permitindo a manutenção da alta diversidade e a redução dos riscos de extinções.

Assim sendo, foi considerado o uso do lodo de esgoto como uma alternativa para a produção de espécies arbóreas nativas, já que a disposição final do mesmo vem se mostrando como um desafio ambiental, posto que as práticas atuais adotadas, além de onerosas, se constituem como um dos focos dos problemas de saúde pública, pelo fato do lodo ter elevada carga orgânica, contaminando águas e contribuindo na proliferação de vetores de doenças (PIRES, 2006; MORAES NETO et al., 2007).

Logo, se faz imprescindível a realização de estudos sobre a utilização do lodo, a fim de buscar uma alternativa aos métodos de disposição adotados atualmente. Uma alternativa promissora e praticável, é a utilização do lodo como adubo, além de apresentar vantagens econômicas, o mesmo melhora as condições físicas do solo (ABREU JUNIOR et al., 2005; BETTIOL; CAMARGO, 2006; FARIA, 2000).

Sabendo disso, o presente trabalho tem como base verificar a viabilidade das diferentes dosagens de lodo no crescimento das espécies. E para o aproveitamento das mudas produzidas, estas, serão doadas para o projeto Corredor Ecológico do Vale do Paraíba, a título de auxiliar na recuperação de áreas degradadas e proporcionar formas sustentáveis para manter a biodiversidade.

Portanto, as análises do desenvolvimento das mudas foram realizadas com base nos parâmetros fitométricos: Comprimento da Raiz (CR), Comprimento da Parte Aérea (CPA), Massa Seca da Raiz (MSR) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) em 30, 60 e 100 dias, para verificar a viabilidade do uso do lodo de esgoto em diferentes condições como fertilizante na produção de mudas de espécies arbóreas nativas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em mini estufas, instaladas em uma área residencial da cidade de São Paulo. A estufa foi construída por estrutura metálica e base de madeira envernizada e recoberta com filme de polietileno transparente, ocupando uma área de 60 centímetros de largura por 90 centímetros de comprimento.

Os recipientes utilizados no plantio das mudas foram garrafas do tipo long neck, que foram cortados uma por uma, por um dispositivo composto por tijolo refratário e resistência de chuveiro. Quando aquecidas, as garrafas eram quebradas na medida padrão de 18 centímetros.

Segundo Cunha et al. (2005) a taxa de sucesso de projetos de reflorestamento depende diretamente da escolha correta das espécies a serem usadas. Nessas circunstâncias, com o objetivo de recuperar áreas degradadas, a sugestão é que sejam usadas mudas de espécies nativas e adaptadas ao ambiente que vai ser recuperado, sendo que a qualidade das mudas é um elemento importante para o projeto ser bem-sucedido, já que interfere na capacidade de desenvolvimento inicial da mesma no ambiente e no crescimento futuro das mesmas, no qual se encontra intimamente ligado ao rendimento da floresta (SAIDELLES et al., 2009).

Foram utilizadas espécies arbóreas usualmente indicadas na recuperação de áreas degradadas e em arborização urbana. As sementes foram doadas pelo Viveiro Municipal Harry Blossfeld, situado dentro do Parque CEMUCAM, pertencente à Prefeitura do Estado de São Paulo. Estas possuíam características homogêneas e vigor. Sendo assim, as espécies foram: *Schinus terebinthifolia* Raddi (Aroeira-pimenteira), *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes (Sete Cascas), *Erythrina speciosa* (Eritrina), *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) e *Psidium guajava* L. (Goiaba). Estas sementes de espécies florestais nativas, foram plantadas em garrafas de vidros, dispostos no interior da mini estufa.

Os compostos utilizados foram feitos através da mistura do substrato com diferentes dosagens de lodo de esgoto, as quais receberam os seguintes tratamentos, com cinco repetições cada: T0: 100% substrato; T1: 20% lodo + 80% substrato; T2: 40% lodo + 60% substrato; e T3: 60% lodo e 40% substrato. A quantificação dos tratamentos foi baseada em estudos semelhantes à produção de mudas utilizando o lodo como substrato.

O lodo, de origem doméstica, passou por um processo de higienização antes de ser misturado ao substrato. A calagem foi realizada a 40% de sólidos totais, onde foi utilizada a cal virgem (CaO) a 50% do peso seco do lodo (Fernandes et. al, 1996). Sendo assim, para aproximadamente 4,2kg de lodo, foram usados por volta de 2kg de CaO. O pH do mesmo ficou em torno de 12, gerando um ambiente alcalino que atua impedindo o desenvolvimento de microrganismos. A caracterização química do substrato, lodo de esgoto e fertilizante mineral estão contemplados na Tabela 1:

**Tabela 1: Caracterização química do substrato, lodo de esgoto e fertilizante mineral.**

| PARÂMETROS                       | Óxido de Potássio (K <sub>2</sub> O) | Calcário | Nitrogênio (Ureia) | Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Enxofre (S) |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------|--------------------|--|-------------|
|                                  | %                                    | %        | %                  | %  | %           |
| <b>Lodo de Esgoto</b>            | 0,4                                  | 8,3      | 1,2                | 0,7                                      | 0,8         |
| <b>Substrato</b>                 | 0,1                                  | 2,6      | 0,6                | 1,0                                      | 0,3         |
| <b>Fert. Mineral<sup>c</sup></b> | 8 <sup>(a)</sup>                     | 8,5      | 4                  | 14 <sup>(b)</sup>                        | 5           |

Observações:

<sup>(a)</sup>: K<sub>2</sub>O solúvel em água

<sup>(b)</sup>: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água

<sup>(c)</sup>: Fertilizante mineral consta na tabela para fins comparativos

Após o preparo experimental de substrato e biossólidos, apenas as sementes de Eritrina e Sibipiruna foram escarificadas e logo em seguida semeadas, juntamente com as demais espécies. E, a espécie de aroeira pimenteira e goiaba passaram por embebição da semente por 24 horas para quebra de dormência.

Foi dotado de sistema de irrigação por aspersão manual, três vezes ao dia, para germinação das sementes. As mudas foram acompanhadas por um período de 240 dias, no período de novembro de 2015 a julho de 2016. Este período foi considerado adequado para a observação das mudas na fase inicial de crescimento.

## COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

As análises das mudas foram feitas conforme método descrito por Bortolini (2014), onde após a instalação do experimento, a altura da parte aérea e da raiz das mudas foram medidas aos 30, 60 e 100 dias, com remoção do substrato e lavagem cuidadosa do sistema radicular com pissete. Foi utilizada uma régua de aço milimetrada (com comprimento total de 100 centímetros), possibilitando obter uma medida com um algarismo significativo. Para cada ensaio, foram utilizadas 3 mudas de cada espécie (Aroeira-pimenteira, Sete Cascas, Eritrina, Sibipiruna e Goiaba) com os 4 tratamentos (T0, T1, T2 e T3).

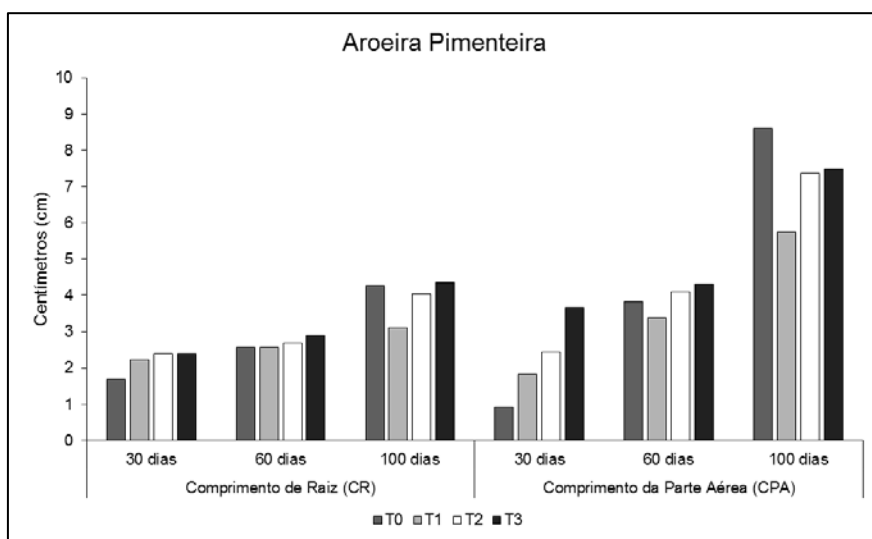
Cem dias após o início do experimento, realizou-se separadamente a coleta do material para determinação da biomassa seca. As mudas foram retiradas das garrafas, lavadas cuidadosamente com pissete para remoção do substrato excedente do sistema radicular. E, após lavagem, as plantas foram cortadas à altura do colo, para separar parte aérea e raiz.

A raiz e parte aérea foram secas em estufa a 60°C no Laboratório das Faculdades Oswaldo Cruz. Em seguida, realizou-se a pesagem do material em balança eletrônica de precisão e o registro dos dados de peso de matéria seca.

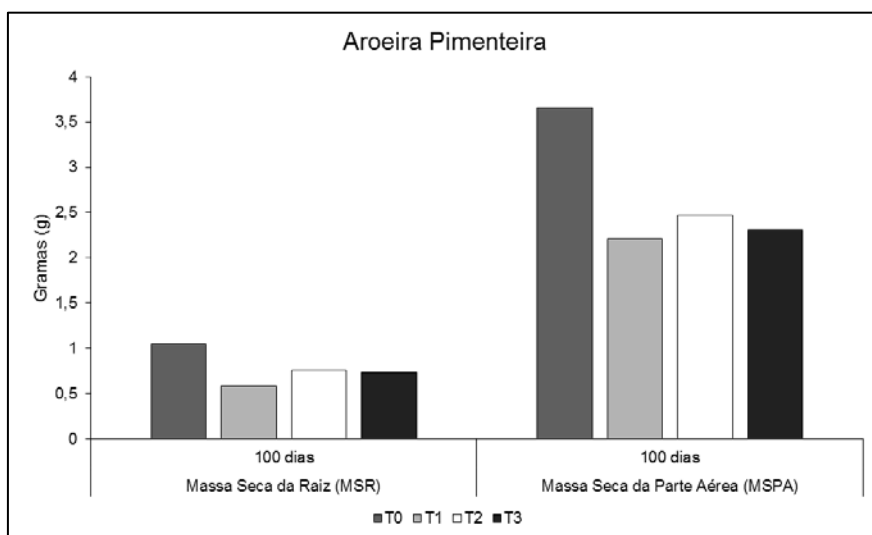
Os dados, após a coleta, foram analisados quanto à sua variância pelo método ANOVA (Análise de Variância). Após a verificação das diferenças entre os tratamentos, foi feita a comparação das médias através do teste de Tukey, a 5%. Para os cálculos estatísticos, foi utilizado o programa R Project for Statistical Computing, disponibilizado para download no site ESALQ-USP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente experimento, as observações fatoriais evidenciaram ter havido resposta significativa dos índices de qualidade de mudas à adubação de lodo de esgoto em diversas doses. Sendo assim, foram acompanhadas a germinação das espécies de Aroeira-pimenteira, Sete Cascas, Eritrina, Sibipiruna e Goiaba em 30, 60 e 100 dias conforme gráficos a seguir:



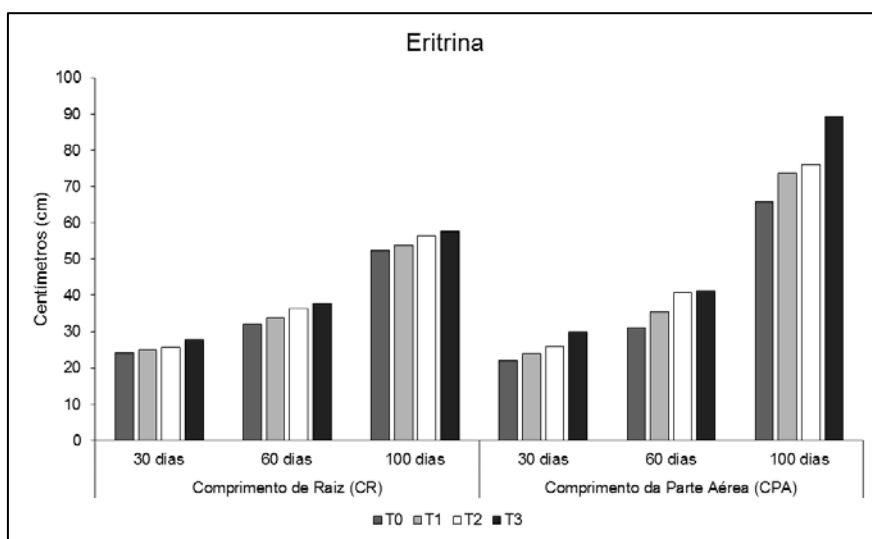
**Figura 1: Medidas de CR e CPA da espécie Aroeira Pimenteira em 30, 60 e 100 dias.**



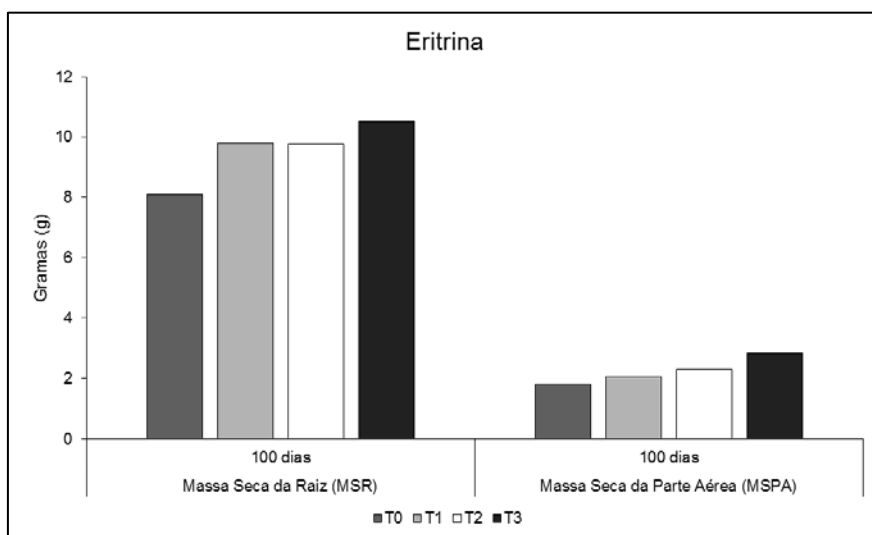
**Figura 2: Medidas de MSR e MSPA da espécie Aroeira Pimenteira em 100 dias.**

Através do acompanhamento da Aroeira Pimenteira, a germinação ocorreu em 10 dias após sementeira. E, de forma geral, as mudas apresentaram bom desenvolvimento germinativo durante todo o processo de acompanhamento. Para esta espécie, analisando a figura 1, o T3 apresenta resultados superiores aos demais tratamentos, tanto no comprimento de raiz quanto no comprimento da parte aérea (CR e CPA). Em 100 dias, T0 e T3 apresentaram resultados estatisticamente iguais no comprimento da raiz, com respectivamente 4,2a e 4,3a centímetros. Pela média geral, o tratamento T3 apresentou melhores resultados em CR e CPA, seguido de T2, T0 e T1.

Para a massa seca da parte aérea e raiz (MSR e MSPA), os resultados foram relevantes em T0 conforme mostrado na figura 2, com 1,05a gramas para massa seca da raiz e 3,65a gramas para a massa seca da parte aérea. Pela média geral, o T0 se apresentou como melhor tratamento, seguido de T2, T3 e T1. Em comparação com os resultados obtidos por Trigueiro e Guerrini (2014), seus parâmetros fitométricos foram semelhantes a este estudo. Ainda, acrescentam que quantidades maiores de lodo de esgoto proporcionaram menor crescimento em altura e diâmetro do colo, o que pode justificar o resultado obtido em 100 dias de acompanhamento no comprimento da parte aérea (CPA), onde o tratamento T0 se destacou com 8,6a centímetros contra T3 que apresentou 7,4b centímetros.



**Figura 3: Medidas de CR e CPA da espécie Eritrina em 30, 60 e 100 dias.**

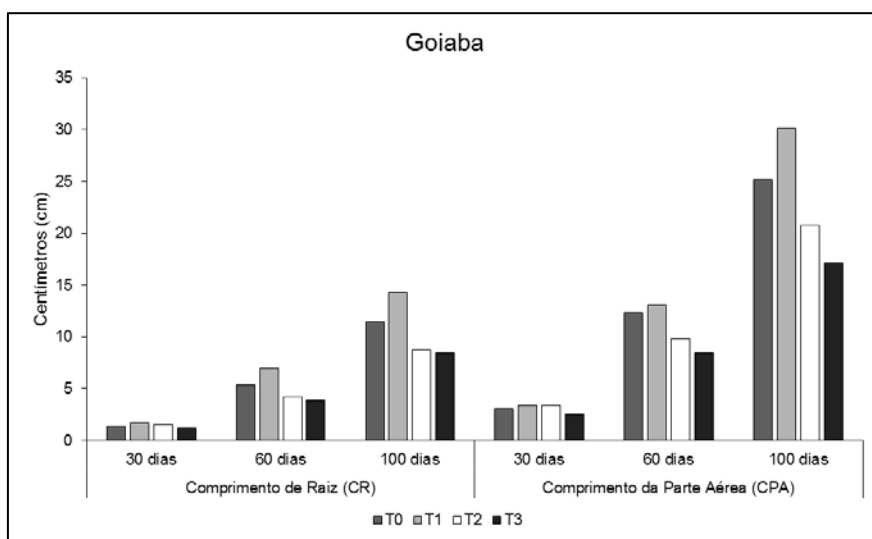


**Figura 4: Medidas de MSR e MSPA da espécie Eritrina em 100 dias.**

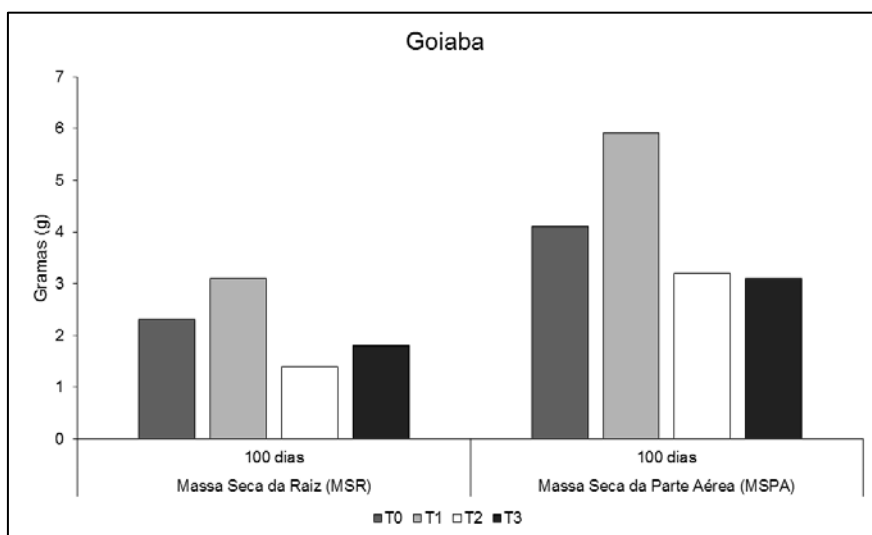
Para a espécie Eritrina, as sementes passaram por escarificação para quebra de dormência. Os primeiros sinais de desenvolvimento germinativo aconteceram ao sétimo dia de plantio da semente. Pode-se afirmar que a escarificação auxiliou no processo germinativo mais rápido da espécie.

As medições da espécie, conforme figura 3, apresentam o T3 como melhor tratamento em CR e CPA aos 30, 60 e 100 dias, seguido de T2, T1 e T0. Para a matéria seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR), em concordância com a figura 4, também se observou resultados superiores em T3, seguido de T2, T1 e T0.

Após o período de 30 dias, as mudas de Eritrina foram transplantadas em vasos para melhor desenvolvimento germinativo da planta e acompanhadas na mini estufa.



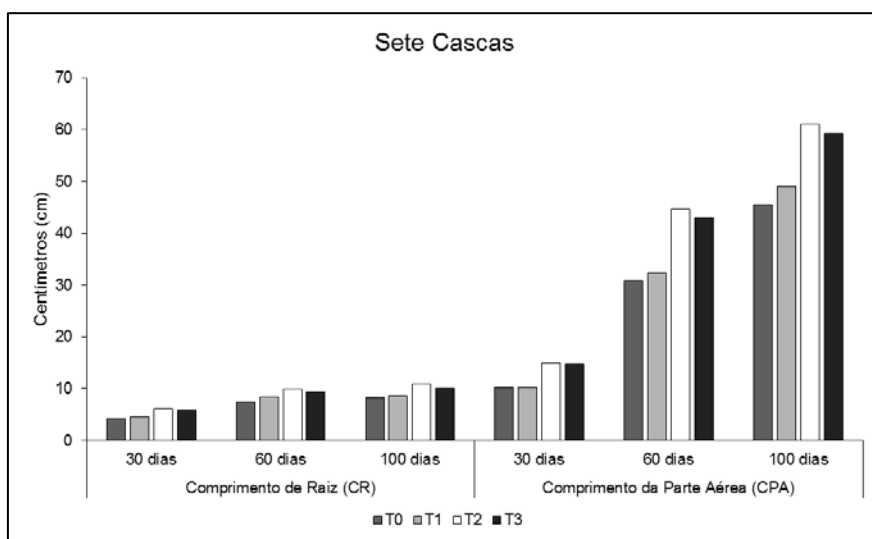
**Figura 5: Medidas de CR e CPA da espécie Goiaba em 30, 60 e 100 dias.**



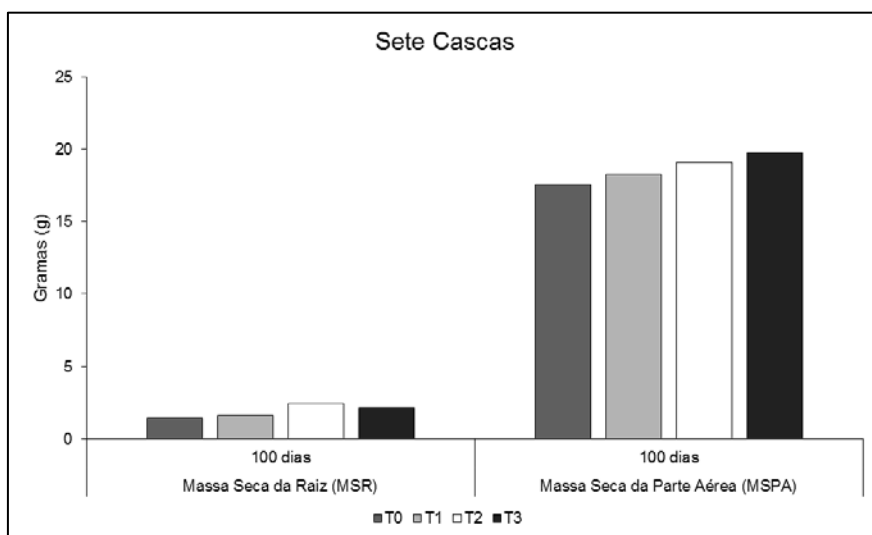
**Figura 6: Medidas de MSR e MSPA da espécie Goiaba em 100 dias.**

Para a espécie Goiaba, Singh e Son (1974) citaram que as sementes possuem um tegumento impermeável à água, apresentando uma baixa germinação. A germinação das sementes ocorreu após 20 dias do plantio.

Analisando os resultados da espécie, nas figuras 5 e 6, o T1 obteve os melhores resultados em todos os parâmetros e em todos os períodos, seguido por T0, T2 e T3. Segundo Caetano et. al (2009), o efeito médio das doses de lodo de ETE sobre a produtividade da goiabeira não diferiu em 5% da adubação com esterco e da adubação química.



**Figura 7: Medidas de CR e CPA da espécie Sete Cascas em 30, 60 e 100 dias.**

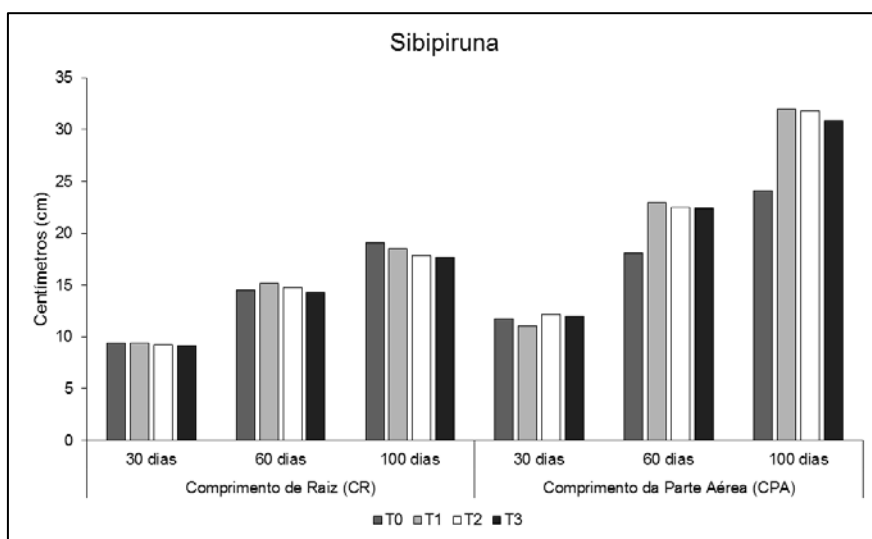


**Figura 8: Medidas de MSR e MSPA da espécie Sete Cascas em 100 dias**

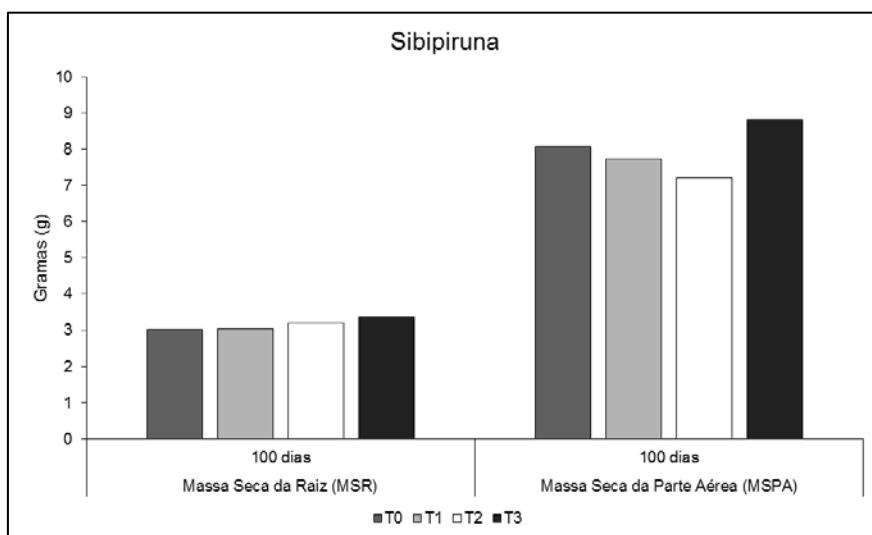
A espécie Sete Cascas, mostrou nos resultados que durante seu processo germinativo houve o efeito da escarificação nas sementes, pois o crescimento foi rápido, mesmo sendo classificada como secundária inicial com crescimento rápido.

Os resultados apresentados na figura 7 mostram que o T2 obteve melhor desempenho no CR e CPA, seguido por T3, T1 e T0. Para MSR e MSPA, conforme figura 8, também foram observados resultados significantes em T2 e T3. Em MSPA, foram obtidos resultados sem diferença estatística em T3 e T2, respectivamente com 19,76a e 19,09ab gramas e em MSR houve diferença entre T2 e T3, com 2,43a e 2,11b gramas.

Após o período de 30 dias, as mudas de Sete Cascas foram transplantadas em vasos para melhor desenvolvimento germinativo da planta e acompanhadas na mini estufa.



**Figura 9: Medidas de CR e CPA da espécie Sibipiruna em 30, 60 e 100 dias.**



**Figura 10: Medidas de MSR e MSPA da espécie Sibipiruna em 100 dias.**

Para a espécie Sibipiruna, após quebra de dormência por escarificação, a germinação de semente iniciou a partir de 12 dias.

Após as médias analisadas entre os tratamentos, conforme figura 9, o T0 apresentou maior CR com relação aos demais tratamentos, com 19,1a centímetros em 100 dias, porém T1 se mostrou estatisticamente igual com o resultado de 18,51ab centímetros. Na análise geral das médias do comprimento de raiz, T1 e T0 se apresentaram estatisticamente iguais.

Em CPA, T1 se apresentou o melhor resultado analisando as médias na figura 9, com 31,9a centímetros, seguido de T2 com 31,8a centímetros em 100 dias de acompanhamento. Na análise geral do comprimento da parte aérea, T2 e T1 são estatisticamente iguais.

Para a matéria seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR), foram observados resultados superiores em T3, conforme figura 10. E, na relação entre o peso da matéria seca da raiz e parte aérea, não houve diferença significativa entre os diferentes substratos.



## CONCLUSÃO

Cada espécie obteve sua particularidade no desenvolvimento dos parâmetros fitométricos. Sendo assim, a Aroeira-pimenteira obteve resultados significativos em T0 (100% substrato). O que comprova estudos de Aroeira-pimenteira na utilização do uso de lodo como substrato. Já para a espécie Sete Cascas o melhor tratamento foi o T2 (40% lodo+ 60% substrato). Não há trabalhos na literatura com o mesmo desempenho de tratamento para fins comparativos. Para a Eritrina, o melhor tratamento atribuído foi para o T3 (60% lodo + 40% substrato) e ainda, também podemos considerar que houve um bom desempenho através do T2 (40% lodo + 60% substrato). Após observar os resultados adquiridos na Sibipiruna, é possível concluir que a espécie obteve parâmetros fitométricos com pouca variação de crescimento. Assim, pode-se dizer que a espécie responde de forma positiva a qualquer um dos tratamentos submetidos a este experimento. Por fim, a Goiaba apresentou resultados significativos no desenvolvimento do T1 (20% lodo+80% substrato) onde a muda adaptou-se a pouca adubação, pois sua necessidade de adubação é maior no momento que antecede a produção de frutos. O uso de lodo de esgoto na produção de mudas florestais, na composição de substratos, é uma alternativa viável para a disposição final desse resíduo e a seleção das espécies (Aroeira-pimenteira, Goiaba, Sibipiruna, Eritrina e Sete Cascas) foram adequadas por oferecer maior diversidade em opções para o estabelecimento da biodiversidade para o plantio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* no. 4, p 391-470, 2005.
2. BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de (Ed.). *Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 349p, 2006.
3. BORTOLINI, J. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas para a recuperação de áreas degradadas utilizando cama de aviário e lodo de esgoto. *Coordenação de Engenharia Ambiental: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PR*, 2014.
4. CAETANO, L. C. S.; COSTAA, N.; COSTAA, F. S. Utilização do lodo de estação de tratamento de esgoto para adubação da goiabeira. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS*, Vitória. Anais. Vitória, 2009.
5. CUNHA, Adriane C. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.507-516, 2005.
6. FARIA, L. C. Fertilização de povoamentos de eucalipto com biossólido da ETE de Barueri, SP: demanda potencial e nível mínimo de resposta. 85p. *Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba*, 2000.
7. FERNANDES, F; ANDRAUS, S; ANDREOLI, C.V. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE Belém com vista a seu uso agrícola. *SANARE*, Curitiba, v. 5, n.5, p.4658, 1996.
8. MORAES NETO, S. P.; ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; *Uso de Biossólidos em Plantios Florestais*. Planaltina-DF. Embrapa Cerrados, 1ª ed, 26p, 2007.
9. PIRES, A. M. M. *Uso agrícola do lodo de esgoto: Aspectos Legais*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2006.
10. SAIDELLES, Fabio L. F. et al. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. *Seminário: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009.
11. SINGH, S; SON, S.L. Effect of water and acid soaking periods seeds germination in guava. *Punjab Horticultural Journ.*, Udaipur 14, p.122-124, 1974.
12. TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo na produção de mudas de aroeira-pimenteira. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014.