



Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae)

Utilization of sewage sludge in the production of seedlings of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae)

A. M. das C. Mendonça^{1*}, G. da S. Dias², A. V. de S. Nascimento², J. A. Campos²,
M. C. de Santana², C. D. da Silva Júnior², P. A. A. Santos²

¹ Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

² Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marechal Rondon, Bairro Jardim Rosa Elze, 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil.

* anemarcela@hotmail.com

(Recebido em 16 de fevereiro de 2019; aceito em 07 de agosto de 2019)

A necessidade da destinação correta do lodo de esgoto doméstico vem atraindo pesquisas para sua utilização como componente de substrato para mudas arbóreas. Uma das características que permitem essa utilização é a sua composição rica em matéria orgânica e elementos minerais essenciais. Objetivou-se avaliar a viabilidade da utilização de diferentes proporções de lodo de esgoto doméstico na composição do substrato para aroeira e sua influência no crescimento das mudas. A aroeira foi cultivada durante 180 dias em diferentes substratos: T1- 100% Terra Vegetal (T); T2- 100% Sedimento Arenoso (A); T3- 20% Lodo de Esgoto (LE) + 80% A; T4- 60% LE + 40% A; e T5- 100% LE. As variáveis de crescimento foram analisadas mensalmente, enquanto a eficiência do fotossistema II (F_v/F_m) a cada 60 dias. Ao final do experimento foram determinadas as concentrações de carboidratos, proteínas, clorofila total, além da razão entre a biomassa de raiz e da parte aérea. Plantas cultivadas em 100% A apresentaram menores valores para as características de crescimento e bioquímicas avaliadas. Nas proporções de 20% e 60% LE, as plantas alcançaram maior altura, diâmetro do caule e número de folhas, assim como elevados teores de açúcares e clorofila. Entretanto, na concentração de 100% LE, aos 180 dias, as plantas apresentaram redução em altura e número de folhas. Apesar disso, o lodo de esgoto doméstico demonstrou ser viável para composição de substrato para mudas de aroeira em proporções que podem variar desde 20% até 100%.

Palavras-chave: Aroeira, Biossólido, Substrato.

The need of a correct disposal of domestic sewage sludge has been attracting studies about its utilization as a component of substrate for tree seedlings. One of the characteristic that allow its utilization is the rich composition in organic matter and essential mineral nutrients. The aim was to evaluate the feasibility of different domestic sewage sludge proportion in the substrate composition for *Schinus terebinthifolius* seedlings and its influence on the growth. *S. terebinthifolius* were grown during 180 days in different substrates: T1- 100% Vegetable Soil (VS); T2- 100% Sand (S); T3- 20% Sewage Sludge (SS) + 80% Sand (S); T4- 60% Sewage Sludge (SS) + 40% Sand (S); and T5- 100% Sewage Sludge (SS). The growth characteristics were evaluated monthly, while the photosystem II efficiency (F_v/F_m), every 60 days. At the end of the experiment were measured the content of carbohydrates, proteins, and total chlorophyll, besides the root-to-shoot biomass ratio. Plants in 100% S conditions showed lower values for the growth and biochemical characteristics. Using 20 and 60% SS, the plants reached higher height, stem diameter, and number of leaves, besides increasing carbohydrates and chlorophyll content. However, at the end of the experimental period, plants in 100% SS reduced height and number of leaves. Regardless, the sewage sludge may be an alternative for the substrate composition for *S. terebinthifolius* seedlings, in proportions that may range from 20 to 100%.

Keywords: Aroeira, Biosolid, Substrate.

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas florestais de espécies nativas é considerada uma etapa importante para garantir o plantio no campo, seja com finalidade comercial ou conservacionista [1, 2]. Vários fatores influenciam essa produção, havendo a necessidade da escolha de matéria-prima de qualidade [2]. Dentre estas, as características do substrato possuem relação direta com a qualidade

das mudas que serão produzidas [3]. Os substratos possuem a função de fornecer sustentação para as plantas, além de influenciar na retenção de água e no fornecimento de nutrientes [4, 5], ocasionando o bom desenvolvimento de raízes e parte aérea [3].

Entretanto, o difícil acesso a substrato adequado e o alto custo atrelado à obtenção de fertilizantes pode restringir a produção de mudas em algumas regiões [6]. Assim, é necessário encontrar alternativas que garantam a obtenção de material de qualidade, com baixo custo de produção [7]. Nesse contexto, o lodo de esgoto vem se mostrando como uma opção para o cultivo vegetal, uma vez que possui um elevado teor de matéria orgânica, bem como a presença de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio [8].

O rápido processo de urbanização pelo qual países como o Brasil vêm passando, contribui para o aumento da quantidade de resíduos provenientes do tratamento de esgoto, gerando assim problemas sociais e ambientais [9, 10]. Embora existam diversas maneiras de dispor esses resíduos, a maior parte ainda é encaminhada para aterros sanitários, o que gera altos custos [11]. Dessa forma, uma maneira viável de diminuir os impactos ambientais e econômicos seria usar esse tipo de resíduo na agricultura [12, 13], o que ainda ajudaria a baratear os custos ligados à produção de mudas.

A espécie *Schinus terebinthifolius* é uma espécie pioneira, nativa do Brasil, conhecida como aroeira, aroeira pimenteira ou aroeira vermelha, que pertence à família Anacardiaceae [14]. Além de ser uma espécie utilizada na recuperação de áreas degradadas por ter uma alta capacidade de colonização em solos com diferentes características e disponibilidade hídrica [15], possui uma importância comercial por conta da utilização de seus frutos e medicinal por conta do seu óleo essencial. Entretanto, a exploração extrativista dessa espécie gera preocupações acerca da manutenção de suas populações [16]. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de lodo de esgoto doméstico na composição do substrato para *S. terebinthifolius* e sua influência no crescimento das mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *S. terebinthifolius* foram coletadas em matrizes localizadas no campus da Universidade Federal de Sergipe (10°55'34"S; 37°06'08"O), foram semeadas em terra vegetal e após trinta dias, as plântulas com cerca de 2,8 cm de altura, foram transplantadas para sacos de polietileno preto (30 x 8,5 cm) com volume de substrato padronizado para 2 litros, contendo: T1- 100% terra vegetal (T); T2- 100% sedimento arenoso (A); T3- 20% lodo de esgoto (LE) + 80% A; T4- 60% LE + 40% A; e T5- 100% LE. A proporção dos substratos foi definida com base no volume dos sacos utilizados. O lodo utilizado foi obtido através do sistema de aeração prolongada, seco por 15 dias ao sol e aplicado cal, proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico da DESO (Companhia de Saneamento de Sergipe) localizada em Aracaju, SE. Antes de ser misturado ao sedimento arenoso, o lodo foi triturado para ser uniformizado. Realizou-se caracterização físico-química dos três tipos de substratos (sedimento arenoso, lodo de esgoto e terra vegetal) utilizados no experimento no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de *Schinus terebinthifolius*.

Substrato	pH	M.O. g.dm ⁻³	Fe	Cu mg.dm ⁻³	Mn	Zn	K ⁺	Mg ²⁺ cmolc.dm ⁻³	S.B.	CTC	Granulometria %		
											Areia	Argila	Silte
Sedimento Arenoso	6,22	<1,90	297,4	0,32	17,1	0,95	0,05	0,87	1,70	1,83	74,6	10,9	14,5
Terra Vegetal	5,31	10,5	399,7	0,26	9,4	2,23	0,05	0,99	3,80	6,67	38,4	20,8	40,8
Lodo de Esgoto	6,16	97,4	667,8	16,0	53,0	214,0	0,79	11,3	23,3	25,7	66,4	14,9	18,6

M.O.- Matéria orgânica (método colorimétrico WB); Fe- Ferro, Cu- Cobre, Mn- Manganês, Zn- Zinco e K⁺- Potássio (método Mehlich- 1); Mg²⁺- Magnésio (método KCl); S.B.- Soma de Bases Trocáveis; CTC – Capacidade de Troca de Cátions; Granulometria (método de Densímetro de Bouyoucos).

Durante o período experimental de 180 dias as plantas foram mantidas em casa de vegetação com média de temperatura de 29°C e de umidade relativa de 68%, monitorada com o termohigrômetro AKSO modelo AK172 e irrigadas diariamente.

As análises de crescimento foram realizadas mensalmente, sendo iniciadas no dia da instalação dos tratamentos. A altura (cm) foi medida desde a base do colo até a inserção da última folha utilizando-se uma régua milimetrada. O diâmetro do caule (mm) foi medido na base da planta, no mesmo ponto previamente marcado com o uso de um paquímetro digital. Além disso, foi realizada a contagem do número de folhas. Ao final do período experimental, as plantas foram coletadas e separadas em raízes, caule e folhas. Todas as partes foram secas em estufa de aeração forçada à 70°C, a fim de determinar a massa seca de cada um desses componentes. A partir desses dados calculou-se a razão raiz: parte aérea (*R:PA*).

As avaliações de eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII) (F_v/F_m) foram realizadas aos 60, 120 e 180 dias de experimento, utilizando folíolos da região mediana da quarta folha madura e completamente expandida. As medidas foram realizadas entre 8:00 e 9:00 h da manhã em folhas intactas, ligadas a planta e adaptadas previamente ao escuro por 30 minutos e, após esse período, expostas a um pulso de luz saturante de 3000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de intensidade e comprimento de onda de 650 nm por um segundo. O equipamento utilizado para as medições foi o fluorômetro portátil Handy-PEA (Hansatech Instruments, King's Lynn Norfolk, UK).

Para a avaliação das características bioquímicas, realizada aos 180 dias, foi coletada a primeira folha completamente expandida e livre de injúrias de cinco plantas por tratamento, entre 10:00 e 11:00 h da manhã. Estas foram armazenadas em sacos plásticos e depositadas em isopor com gelo. No laboratório, foram extraídos cinco discos foliares (um de cada folíolo) com meio centímetro de diâmetro, para cada análise bioquímica. Os discos foram utilizados para a determinação de proteínas solúveis [17], açúcares solúveis totais [18] e clorofila total [19].

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, de modo que uma parcela experimental foi composta de uma muda. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) ($P < 0,05$), utilizando o programa estatístico SigmaPlot 11.0.

3. RESULTADOS

As plantas de *S. terebinthifolius* submetidas a diferentes substratos apresentaram diferenças significativas em relação às variáveis de crescimento. A altura, o diâmetro do caule e o número de folhas apresentaram diferença aos 30 dias de avaliação. Os maiores valores de 14,5 cm, 2,31 mm e 10 folhas, respectivamente, foram observados no tratamento com 20% LE + 80% A (Figuras 1A-C). Ao final do período experimental as plantas cultivadas em 20% LE + 80% A e 60% LE + 40% A apresentaram as maiores médias de 103,90 e 97,12 cm em altura e de 96 e 62 folhas, respectivamente (Figuras 1A-C).

Apesar das plantas cultivadas com 100% LE terem apresentado um padrão de incremento em altura durante todo o período experimental, aos 180 dias pode-se perceber uma redução significativa na altura em relação aos outros tratamentos que utilizaram lodo como substrato (Figura 1A). Já para diâmetro do caule, durante todo o período experimental não foram observadas diferenças entre os tratamentos onde foi utilizado lodo na composição do substrato. Ao final do experimento, o maior valor de 8,50 mm foi registrado em 20% LE + 80% A e o menor de 2,62 mm em 100% A (Figura 1B).

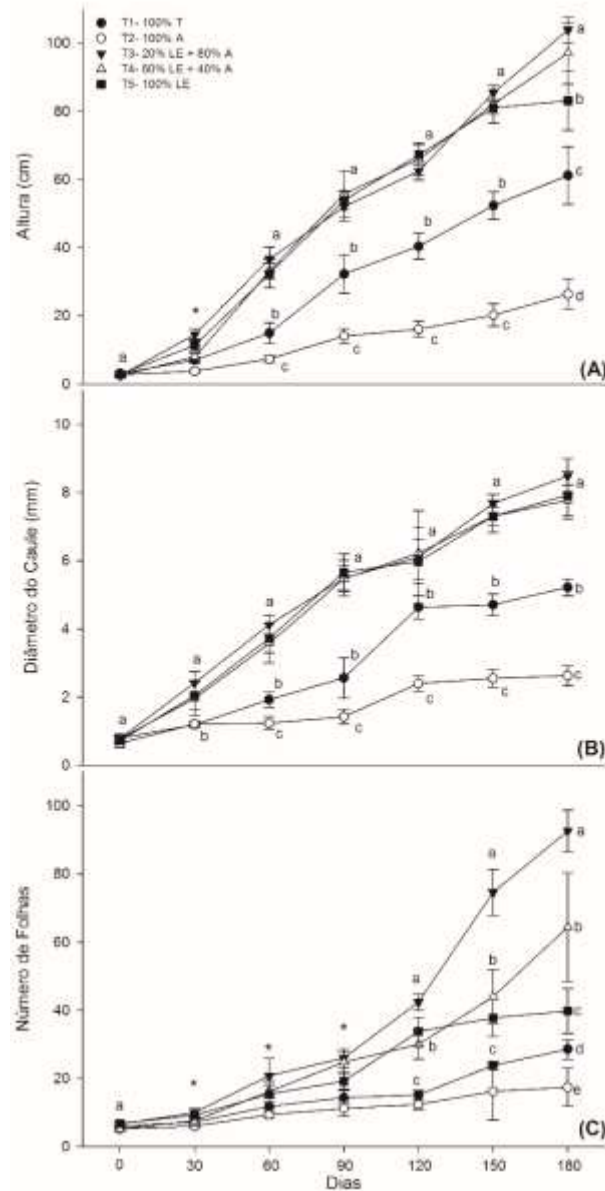


Figura 1. Variáveis de crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* cultivadas em diferentes substratos durante 180 dias. Altura (A), diâmetro do caule (B) e Número de folhas (C). T1- 100% Terra Vegetal (T); T2- 100% Sedimento Arenoso (A); T3- 20% Lodo de Esgoto (LE) + 80% A; T4- 60% LE + 40% A; T5- 100% LE. Símbolos representam as médias \pm desvio padrão. Letras iguais entre os tratamentos não diferem pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

Apesar das menores médias para as variáveis de crescimento das plantas cultivadas em substrato 100% A, estas apresentaram um padrão de alocação de biomassa preferencial para as raízes, sendo registrada a maior média de 0,742 para $R:PA$ (Figura 2). Para Fv/Fm , não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos nas avaliações dos 60 e 180 dias. Entretanto, aos 120 dias, houve diferença com o menor valor de 0,71 observado em 100% A (Figura 3).

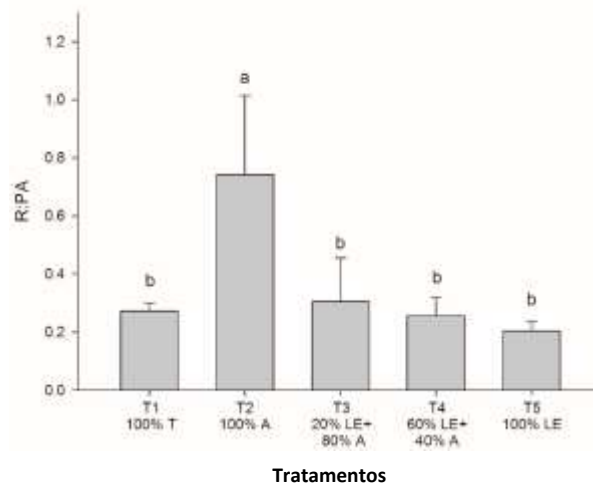


Figura 2. Razão raiz: parte aérea (R:PA) de mudas de *Schinus terebinthifolius* em diferentes substratos durante 180 dias. T1- 100% Terra Vegetal (T); T2- 100% Sedimento Arenoso (A); T3- 20% Lodo de Esgoto (LE) + 80% A; T4- 60% LE + 40% A; T5- 100% LE. Barras representam as médias \pm desvio padrão. Letras iguais nas colunas não diferem pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

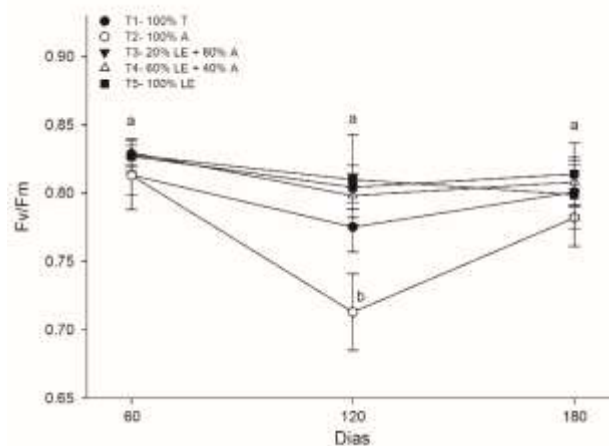


Figura 3. Eficiência fotoquímica do Fotossistema II (F_v/F_m) de mudas de *Schinus terebinthifolius* cultivadas em diferentes substratos durante 180 dias. Altura (A), diâmetro do caule (B) e Número de folhas (C). T1- 100% Terra Vegetal (T); T2- 100% Sedimento Arenoso (A); T3- 20% Lodo de Esgoto (LE) + 80% A; T4- 60% LE + 40% A; T5- 100% LE. Símbolos representam as médias \pm desvio padrão. Letras iguais entre os tratamentos não diferem pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

O maior acúmulo de açúcares solúveis totais foi observado nos tratamentos que utilizaram lodo, sendo o maior valor de $30,26 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MS}$ foi registrado para 20% LE + 80% A e o menor de $4,91 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MS}$ para 100% A (Figura 4A). Resultado inverso foi obtido para o teor de proteínas de modo que o tratamento 100% A apresentou $1,84 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$ enquanto o menor valor de $0,17 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$ para 100% LE (Figura 4B). Em relação à clorofila total, o maior valor $0,23 \text{ mg.cm}^{-2}$ foi observado em 100% LE e o menor de $0,10 \text{ mg.cm}^{-2}$ em 100% A (Figura 4C).

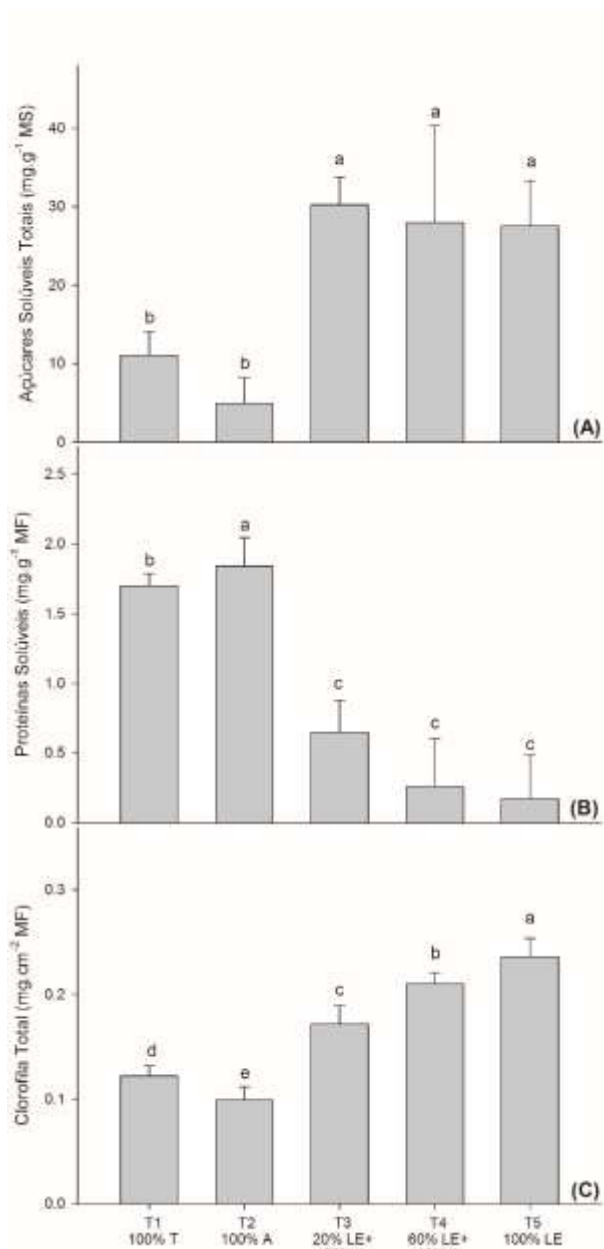


Figura 4. Teores foliares de Açúcares Solúveis Totais (A), Proteínas Solúveis (B) e Clorofila Total (C) de mudas de *Schinus terebinthifolius* em diferentes substratos durante 180 dias. T1- 100% Terra Vegetal (T); T2- 100% Sedimento Arenoso (A); T3- 20% Lodo de Esgoto (LE) + 80% A; T4- 60% LE + 40% A; T5- 100% LE. Barras representam as médias \pm desvio padrão. Letras iguais nas colunas não diferem pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

A utilização de diferentes proporções de lodo de esgoto doméstico promoveu a modificação das características analisadas. As mudas de aroeira costumam responder bem à adubação orgânica independente do resíduo orgânico utilizado [14]. Além disso, a utilização de lodo de esgoto na composição do substrato está relacionada com o favorecimento do crescimento vegetal, por aumentar a disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio [20].

O incremento no crescimento observado em mudas cultivadas no substrato com lodo em sua composição demonstra que estas atingem, em tempo reduzido, valores de altura e diâmetro do caule necessários para serem levadas a campo. De acordo com Caldeira et al. (2008a) [5], no momento

do transplântio para condições de campo as mudas devem ter entre 30-35 cm de altura, enquanto José et al. (2005) [7] afirmam que o diâmetro mínimo do caule deveria ser de aproximadamente 3 mm. As mudas de aroeira cultivadas com as porcentagens de lodo avaliadas atingiram aos 60 dias os valores satisfatórios para serem levadas a campo, enquanto as plantas cultivadas em substrato composto exclusivamente por terra vegetal levaram o dobro do tempo. As plantas cultivadas em substrato composto por 100% A, apesar do maior investimento em raízes observado pelos valores de razão $R:PA$, não atingiram os valores considerados adequados tanto para altura quanto para diâmetro do caule, demonstrando a baixa capacidade desse substrato na produção de mudas de qualidade para plantio em campo.

A maior quantidade de matéria orgânica no substrato presente nos tratamentos com 20 (T3), 60 (T4) e 100% LE (T5) pode ter uma relação com a redução da biomassa de raízes de plantas cultivadas nessas condições. Experimentos com *Tabebuia impetiginosa*, *Tectona grandis* e *S. terebinthifolius* demonstram que a maior quantidade de compostos orgânicos no solo provoca a diminuição da alocação de biomassa para o sistema radicular [3, 5, 21]. Além disso, substratos que possuem elevada concentração de compostos orgânicos tendem a reter mais água [5], resultando na produção de sistemas radiculares menores, como observado para plantas de *Cassia grandis* cultivadas em fibra de coco, que possui alta capacidade de retenção de água [22].

No entanto, apesar da razão raiz: parte aérea indicar uma ideia de estabilidade da muda, esta não vem sendo utilizada como medida indicativa da qualidade de mudas [23]. A determinação de biomassa além de ser uma medida destrutiva, pode ser subestimada por conta da perda de raízes durante a lavagem antes da quantificação [24]. Assim, vários autores vêm se referindo à altura e ao diâmetro do caule como características coerentes para a avaliação de qualidade de mudas, além de serem medidas fáceis de serem realizadas e não destrutivas [2, 3, 7, 23].

É possível que o maior crescimento das plantas de aroeira cultivadas com lodo de esgoto tenha relação com as características do substrato, uma vez que os maiores valores de capacidade de troca de cátions (CTC) e de soma de bases trocáveis observadas na análise química do lodo (Tabela 1) auxiliam na obtenção de mudas de qualidade [25]. Resultados similares de maior investimento em altura foram encontrados para *S. terebinthifolius* cultivada em substrato com resíduos de algodão [25] e *Spondias tuberosa* em esterco bovino [2], ambos com composição rica em matéria orgânica. Já o cultivo de *Sesbania virgata* em proporções de 40 e 60% de lodo de esgoto adicionados a composto orgânico resultou em maior investimento em altura após 150 dias de cultivo [26].

Apesar disso, alguns estudos apontam que o excesso de compostos orgânicos promove a redução do crescimento de mudas [21]. Dessa maneira, aos 180 dias de experimento, o tratamento 100% LE apresentou redução significativa em altura e número de folhas quando comparados aos tratamentos que utilizaram menores proporções de lodo. Elevadas concentrações de lodo de esgoto conferem maior microporosidade ao substrato, aumentando a retenção de água, além de possuir alta atividade microbiológica, ocasionando na redução da disponibilidade de nutrientes como nitrogênio e enxofre [3, 5, 27]. Dessa forma, é possível que o cultivo prolongado em lodo resulte em efeitos negativos para o crescimento vegetal. Ainda assim, durante o período de 180 dias, as características de crescimento das plantas foram superiores em 100% LE em comparação a 100% T e 100% A.

Embora tenha sido observado menor crescimento ao final do período experimental, provavelmente isto não está relacionado com danos fotoinibitórios, uma vez que aos 60 e 180 dias não houve diferença para F_v/F_m . Somente aos 120 dias, menores valores de F_v/F_m foram observados para o tratamento 100% A, o que pode estar relacionado com danos em relação à etapa fotoquímica da fotossíntese. A razão F_v/F_m faz referência aos danos que podem ocasionar fotoinibição dos centros de reação do PSII, de modo que valores abaixo de 0,75 são reflexo de uma redução do rendimento quântico [28, 29].

Em relação aos açúcares solúveis totais, os maiores valores foram observados para os tratamentos com proporções de 20, 60 e 100% LE, sendo o inverso para as proteínas solúveis totais, no qual esses tratamentos obtiveram valores menores. É possível que os maiores valores de açúcares solúveis observados estejam correlacionados com a osmoproteção [30, 31] em função dos altos teores de alguns metais pesados presentes no lodo [30, 31, 32]. O acúmulo de proteínas também é frequentemente relacionado com o ajuste osmótico frente a condições de estresses abióticos [33]. Entretanto, Maleki et al. (2017) [34] descrevem que altas concentrações de metais

pesados podem resultar na redução da concentração de proteínas. Considerando esse padrão inverso observado, é possível que o acúmulo de açúcares solúveis seja decorrente de uma restrição à síntese proteica [35]. Assim, é possível que a maior quantidade de metais observada no lodo de esgoto tenha ocasionado o aumento da concentração deste tipo de material nos tecidos vegetais, sendo o padrão oposto de conteúdo de açúcares e proteínas uma resposta à provável condição de estresse. Em experimentos futuros, será necessária a quantificação de metais pesados, a fim de responder a essas questões.

As plantas de aroeira cultivadas em lodo (T3, T4 e T5) apresentaram maiores valores médios de clorofila total em comparação a 100% T e 100% A. Mudanças de aroeira cultivadas com adição de biossólido e adubação apresentaram maiores índices de clorofila quando comparadas àquelas sem adição de biossólido [36]. D'Ávila et al. (2016) [37] observaram uma elevação nos teores de clorofila em *Cymbopogon citratus* na medida em que houve o aumento das doses de lodo empregado no substrato para essas plantas. Dessa forma, é provável que o lodo seja capaz de disponibilizar mais nitrogênio e magnésio para as plantas, de modo que para os tratamentos que o utilizaram na composição do substrato apresentaram maior síntese de clorofila.

Uma vez que cultivos utilizando lodo de esgoto como substrato não promovem redução da eficiência de carboxilação da Rubisco [38], além de não ocorrer redução dos valores de clorofila e de F_v/F_m aos 180 dias, o acúmulo de açúcares solúveis pode ser resultado de uma possível elevação da taxa fotossintética dessas plantas em relação à 100% A e 100% T.

Apesar dos tratamentos que utilizaram alguma proporção de lodo no substrato apresentarem menores valores de proteínas solúveis aos 180 dias, a manutenção do crescimento e de valores de F_v/F_m , além da maior concentração de clorofila e açúcares solúveis totais são indicativos de que não houve toxicidade a ponto de prejudicar o crescimento vegetal. Entretanto, a redução significativa em altura para 100% LE aos 180 dias poderia ser um indicativo de que, em longo prazo, concentrações elevadas desse material no substrato trariam desvantagens para o cultivo de plantas de *S. terebinthifolius*. Com a finalidade de produção de mudas de aroeira vermelha de boa qualidade, que possuam uma boa altura, a quantidade ideal de composto orgânico pode variar desde 20 até 100%, durante o período de 180 dias, da mesma forma que já foi previamente observado por Caldeira et al. (2008b) [39] e Siqueira et al. (2018) [40]. Vale ressaltar, conforme já indicado por Nóbrega et al. (2007) [27] que os resultados obtidos são referentes ao local, uma vez que a composição do esgoto é dependente do hábito social de cada localidade, podendo afetar a quantidade de componentes.

5. CONCLUSÃO

O lodo de esgoto doméstico é viável para ser utilizado na composição de substratos para a produção de mudas de *S. terebinthifolius*, podendo ser utilizado em proporção entre 20 e 100%, quando considerado o período de 180 dias.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo para o desenvolvimento desse trabalho e à Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) pela disponibilização do biossólido.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lustosa-Filho JF, Nóbrega JCA, Nóbrega RSA, Dias BO, Amaral FHC, Amorim SPN. Influence of organic substrates on growth and nutrient contents of jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*). Afr J Agric Res. 2015 June;10(26):2544-2552, doi: 10.5897/AJAR2015.9781.
2. Cruz FRS, Andrade LA, Feitosa RC. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. Ci Fl. 2016 Jan-Mar;26(1):69-80, doi: 10.5902/1980509821092.
3. Trigueiro RM.,Guerrini IA. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. Rev Árvore. 2014 July-Aug;38(4):657-665, doi: 10.1590/S0100-67622014000400009.

4. Araújo AP, Paiva Sobrinho S. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. Rev Árvore. 2011 May-June;35:581-588.
5. Caldeira MVW, Rosa GN, Fenilli FAB, Harbs RMP. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. Sci Agraria. 2008a;9(1):27-33, doi: 10.5380/rsa.v9i1.9898.
6. Araújo EF, Aguiar AS, Arauco AMS, Gonçalves EO, Almeida KNS. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. Nativa. 2017 Jan-Fev;5(1):16-23, doi: 10.5935/2318-7670.v05n01a03.
7. José AC, Davide AC, Oliveira SL. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. Cerne. 2005 Abr-Jun;11(2):187-196.
8. Alvarenga P, Mourinha C, Farto M, Santos T, Palma P, Sengo J, Morais MC, Cunha-Queda C. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors. Waste Manage. 2015 June;40:44-52, doi: 10.1016/j.wasman.2015.01.027.
9. Deepesh V, Verma VK, Suma K, Ajay S, Gnanavelu A, Madhusudanan M. Evaluation of an organic soil amendment generated from municipal solid waste seeded with activated sewage sludge. J. Mater. Cycles Waste Manag. 2016 Apr;18(2):273-286. doi: 10.1007/s10163-014-0329-8
10. Fávaris NAB, Lopes JC, Freitas AR, Zanotti RF, Monteiro CB. Qualidade fisiológica de genótipos de tomate fertilizados com lodo de esgoto. Nucleus. 2016 Out;13(2):231-240, doi: 10.3738/1982.2278.1653.
11. Pérez PV, Malavasi UC, Malavasi MM, Lang A, Zachow K. Efeito de biossólido no crescimento inicial de *Corymbiacitriodora*. Ambiência. 2011 Jan-Abr;7(1):13-23. doi: :10.5777/ambiencia.2011.01.01
12. Venegas A, Rigol A, Vidal M. Changes in heavy metal extractability from contaminated soils remediated with organic waste or biochar. Geoderma. 2016 Oct;279:132-140, doi: 10.1016/j.geoderma.2016.06.010.
13. Yue Y, Yao Y, Lin Q, Li G, Zhao X. The change of heavy metals fractions during hydrochar decomposition in soils amended with different municipal sewage sludge hydrochars. J Soils Sediments. 2016 Mar;17: 763-770. doi: I 10.1007/s11368-015-1312-2
14. Carnevali TO, Vieira MCV, Carnevali NHS, Gonçalves WV, Aran HDVR, Zarate NAH. Adubos orgânicos na produção de biomassa de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Pimenta rosa). Cadernos Agroecol. 2014 Fev;9(4):1-10.
15. Silva KA, Martins SV, Miranda Neto A, Demolinari RA, Lopes AT. Restauração florestal de uma mina de bauxita: avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. Floresta Ambiente. 2016 Fev;23(3):309-319, doi: 10.1590/2179-8087.142515.
16. Álvares-Carvalho SV, Duarte JF, Santos TC, Santos RM, Silva-Mann R, Carvalho D. Structure and genetic diversity of natural brazilian pepper populations (*Schinus terebinthifolius*Raddi). Genet Mol Res. 2016 June;15:1-13, doi: 10.4238/gmr.15028123.
17. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Anal Biochem. 1956 May;72:248-254.
18. Ashwell G. Colorimetric analysis of sugar. In: Colowick SP, Kaplan NO, editors. Methods in enzymology. 1957 London: Academic Press; p.73-105.
19. Arnon DI. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgares*. Plant Physiol. 1949 Jan;24:1-15.
20. Wang Y, Jensen LS, Magid J. Localized application of sewage sludge improved plant nitrogen and phosphorus uptake by rhizobox-grown spring wheat. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2016 Dec;179(6):689-695, doi: 10.1002/jpln.201600153.
21. Gomes DR, Caldeira MVW, Delarmelina WM, Gonçalves EO, Trazzi PA. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectonagrandis* L. Cerne. 2013 Jan-Mar;19(1):123-131, doi: 10.1590/S0104-7760201300010001.
22. Leal CCP, Torres SB, Brito AAFD, Freitas RMO, Nogueira NW. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Cassia grandis* L. F. em função de diferentes substratos. Ci Fl. 2016 Jul-Set;26(3):727-734, doi: 10.5902/1980509824196.
23. Gomes JM, Couto L, Leite Garcia H, Xavier A, Garcia Lages Ribeiro S. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. Rev Árvore. 2002 26(6):655-664.
24. Burdett AN. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodge pole pine stock quality. Can J Forest Res. 1979 Mar;9(1):63-67, doi: 10.1016/0003-2697(76)90527-3.
25. Caldeira MVW, Marcolin M, Moraes E, Schaadt SS. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. EtDrude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. Et Drude. Ambiência. 2007 Set-Dez;3(3):311-323.
26. Delarmelina WM, Caldeira MVW, Faria JCT, Gonçalves EO. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Rev Agro@mbiente On-line. 2013 Mai-Ago;7(2):184-192, doi:10.18227/1982-8470ragro.v7i2.888.

27. Nóbrega RSA, Boas TCV, Nóbrega JCA, Paula AMD, Moreira FMDS. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi). *Rev Árvore*. 2007 31(2):239-246, doi: 10.1590/S0100-67622007000200006.
28. Sousa JRM, Gheyi HR, Brito MEB, Lacerda CF, Silva FV, Soares FAL. Quantum efficiency of photosystem II and production of orange under salt stress and nitrogen fertilization. *Rev Bras Eng Agri Ambient*. 2016 Apr;20(5):434-440, doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p434-440.
29. Corrêa MJP, Alves PLCA. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. *Ciênc Agrotec*. 2010 Set-Out;34:1136-1145. doi: 10.1590/S1413-70542010000500009.
30. Hu T, Zhu S, Tan L, Qi W, He S, Wang G. Overexpression of *oslea4* enhances drought, high salt and heavy metal stress tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.). *Environ Exper Bot*. 2016 Mar;123:68-77, doi: 10.1016/j.envexpbot.2015.10.002.
31. Cheng S, Tam NFY, Li R, Shen X, Niu Z, Chai M, Qiu GY. Temporal variations in physiological responses of *Kandelia obovata* seedlings exposed to multiple heavy metals. *Mar Pollut Bull*. 2017 Nov; 1:1089-1095, doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.060.
32. Ahmad P, Abd Allah EF, Hashem A, Sarwat M, Guzel S. Exogenous application of selenium mitigates cadmium toxicity in *Brassica juncea* L. (Czern & Cross) by up-regulating antioxidative system and secondary metabolites. *J Plant Growth Reg*. 2016 Dec;35:936-950, doi: 10.1007/s00344-016-9592-3.
33. Savvides A, Ali S, Tester M, Fotopoulos V. Chemical priming of plants against multiple abiotic stresses: mission possible? *Trends Plant Sci*. 2016 Apr;21(4):329-340, doi:10.1016/j.tplants.2015.11.003.
34. Maleki M, Ghorbanpour M, Kariman K. Physiological and antioxidative responses of medicinal plants exposed to heavy metals stress. *Plant Gene*. 2017 Sept;11(partB):247-254, doi: 10.1016/j.plgene.2017.04.006.
35. Moura AR, Nogueira RJMC, Silva JAA, Lima TV. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. *Ci Fl*. 2016 Abr-Jun;26(2):345-354, doi: 10.5902/1980509822735.
36. Silva MI, Mackowiak C, Minogue P, Reis AF, Moline EFV. Potential impacts of using sewage sludge biochar on the growth of plant forest seedlings. *Ciênc Rural* 2016 Nov;47(1):1-5, doi: 10.1590/0103-8478cr20160064.
37. D'ávila JV, Martinazzo AP, Santos FS, Teodoro CES, Portz A. Essential oil production of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) under organic compost containing sewage sludge. *Rev Bras Eng Agri Ambient*. 2016 Sept;20(9):811-816, doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n9p811-816.
38. Camilli L, Ikejiri L, Klein J, Rodrigues JD, Boaro CSF. Produtividade e estimativa da eficiência de carboxilação in vivo da enzima Rubisco em girassol ornamental cultivado em lodo de esgoto. *Rev Bras Biociênc*. 2007;5(s2):858-860.
39. Caldeira MVW, Blum H, Balbinot R, Lombardi KC. Uso do resíduo de algodão no substrato para produção de mudas florestais. *Rev Acad Ciên Anim*. 2008b Abr-Jun;6(2):191-202.
40. Siqueira DP, Carvalho GCMW, Barroso DG, Marciano CR. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para a produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. *Floresta*. 2018 Abr-Jun; 48(2):277-284, doi: 10.5380/ufv48 i2.55795.