



Produção de mudas de *Moringa oleifera* em diferentes concentrações de lodo de esgoto

Production of *Moringa oleifera* seedlings in different concentrations of sewage sludge

Alex Nascimento de Sousa⁽¹⁾; Débora de Melo Almeida⁽²⁾;
Rodolpho Stephan Santos Braga⁽³⁾; Vital Caetano Barbosa Júnior⁽⁴⁾;
José Augusto da Silva Santana⁽⁵⁾; Juliana Lorensi do Canto⁽⁶⁾

⁽¹⁾ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6529-3735>, Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestrando em Engenharia Florestal, BRAZIL, E-mail: alexndsousa@gmail.com;

⁽²⁾ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3336-5044>, Universidade Federal Rural do Pernambuco, Mestranda em Ciência Florestal, BRAZIL, E-mail: debooraalmeida@gmail.com;

⁽³⁾ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1858-1678>, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Graduando em Engenharia Florestal, BRAZIL, E-mail: rodolpho.stephan@gmail.com;

⁽⁴⁾ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6102-2631>, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Engenheiro Florestal, BRAZIL, E-mail: vital.caetano_uf@outlook.com;

⁽⁵⁾ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4150-8359>, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Professor Doutor em Agronomia, BRAZIL, E-mail: augusto@ufrnet.br;

⁽⁶⁾ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1551-1543>, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Professora Doutora em Ciência Florestal, BRAZIL, E-mail: jlcano@terra.com.br

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 26 de agosto de 2019; Aceito em: 27 de abril de 2020; publicado em 10 de 07 de 2020. Copyright© Autor, 2020.

RESUMO: O lodo de esgoto tem sido considerado uma fonte alternativa viável e sustentável para a produção de mudas de espécies florestais. No entanto, quando se deseja produzir mudas de qualidade, torna-se necessário que para cada espécie sejam adequadas as concentrações utilizadas na composição do substrato, buscando ampliar e viabilizar economicamente a produção. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Moringa oleifera* em diferentes concentrações de lodo de esgoto. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 6 tratamentos e 4 repetições, constituídas de 8 plantas cada, totalizando 32 plantas por tratamento. As concentrações testadas foram 100% de areia (T0 – controle), 20% de lodo de esgoto + 80% de areia (T20), 40% de lodo de esgoto + 60% areia (T40), 60% de lodo de esgoto + 40% areia (T60), 80% de lodo de esgoto + 20% areia (T80) e 100% de lodo de esgoto (T100). As variáveis avaliadas foram o comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e a massa seca da parte aérea e da raiz. Os valores médios obtidos para o comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e massa seca da parte aérea e da raiz das mudas de *Moringa oleifera*, apresentaram diferença estatística entre si, indicando que a concentração de lodo de esgoto utilizada no substrato influencia diretamente no crescimento e desenvolvimento da espécie. A concentração de lodo de esgoto que resultou no maior crescimento e desenvolvimento e, portanto, recomendada para a produção de mudas de *Moringa oleifera*, foi a de 60% associada a 40% de areia.

PALAVRAS-CHAVE: silvicultura, produção de mudas, substrato

ABSTRACT: Sewage sludge has been considered a viable and sustainable alternative source for the production of forest species seedlings. However, when it is desired to produce quality seedlings, it is necessary that for each species the concentrations used in the composition of the substrate are adequate, seeking to expand and make production economically viable. Given the above, this study aimed to evaluate the growth of *Moringa oleifera* seedlings in different concentrations of sewage sludge. The experimental design used was completely randomized, consisting of 6 treatments and 4 repetitions, consisting of 8 plants each, totaling 32 plants per treatment. The tested concentrations were 100% sand (T0 - control), 20% sewage sludge + 80% sand (T20), 40% sewage sludge + 60% sand (T40), 60% sewage sludge + 40% sand (T60), 80% sewage sludge + 20% sand (T80) and 100% sewage sludge (T100). The variables evaluated were shoot length, stem diameter, number of leaves, and shoot and root dry matter. The average values obtained for the length of the aerial part, stem diameter, number of leaves and dry mass of the aerial part and root of the *Moringa oleifera* seedlings, showed statistical difference between them, indicating that the concentration of sewage sludge used in the substrate directly influences the growth and development of the specie. The concentration of sewage sludge that resulted in the greatest growth and development and, therefore, recommended for the production of *Moringa oleifera* seedlings, was 60% associated with 40% sand.

KEYWORDS: silviculture, seedling production, substrate.

INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam., é uma espécie arbórea, pertencente à família Moraginaceae, originária do norte da Índia, a qual encontra-se amplamente distribuída nos países da Ásia, Oriente médio, África, América Central e América do Sul (NORONHA; MEDEIROS; PEREIRA, 2018). No Brasil, o cultivo da espécie teve início em meados da década de 50, para ser utilizada como planta ornamental e medicinal (PINA et al., 2018). Atualmente, pode ser encontrada em praticamente todo o território brasileiro, em decorrência da ampla divulgação dos seus usos e campanhas de doação de sementes (RODRIGUES et al., 2016). No entanto, a sua disseminação ocorreu, principalmente, na região Nordeste do país, especificamente, no semiárido, devido ter se adaptado satisfatoriamente as condições edafoclimáticas (OLIVEIRA et al., 2013; RODRIGUES et al., 2016).

Dentre os múltiplos usos que a *Moringa oleifera* apresenta, destacam-se: o medicinal; a utilização das folhas, frutos e sementes como forragem; o uso, principalmente, das raízes como condimento; o alimentício, atuando como suplemento alimentar, devido apresentar elevado valor nutritivo; a extração do óleo das sementes para ser utilizado na indústria de cosméticos; o melífero, em decorrência da elevada produção de flores; a produção de biocombustível, a partir do uso da madeira e do óleo extraído das sementes; e a utilização de solução coagulante produzida a partir de sementes no tratamento de purificação da água (PATERNIANI; MANTOVANI; SANT'ANNA, 2009; RABBANI et al., 2013; RODRIGUES et al., 2016; SILVA et al., 2020).

Por se tratar de uma espécie com uso amplamente diversificado, houve aumento do seu cultivo no Brasil, assim como do incentivo aos plantios, o que acarretou em maior procura por sementes e mudas nos últimos anos (RODRIGUES et al., 2016; NORONHA; MEDEIROS; PEREIRA, 2018). Porém, o êxito do plantio depende, em grande parte, da qualidade das mudas produzidas, as quais devem apresentar resistência às condições adversas encontradas no campo após o plantio e rápido crescimento, sendo capazes de competir com a vegetação espontânea, com possíveis danos causados por pragas, e, por fim, apresentarem produtividade economicamente desejável (GOMES et al., 2002; LELES et al., 2006).

Ao considerar os fatores que influenciam na qualidade das mudas, destacam-se as características do substrato, pois irão definir o vigor, a sanidade e o estado nutricional das mudas (SOUSA et al, 2013). De acordo com Terra et al. (2011), a composição do substrato exerce influência direta na obtenção de um material uniforme, com baixa densidade, alta capacidade de troca catiônica, alta capacidade de retenção de água e boa aeração e drenagem, características que proporcionam condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das mudas.

A associação de materiais, especialmente, em mistura, permite melhorar a composição do substrato e, conseqüentemente, as características que influenciam na qualidade das mudas, sendo aconselhável misturar materiais inertes, a exemplo da areia, a qual atua como condicionador físico, aos orgânicos, responsáveis pela retenção de umidade e fornecimento de nutrientes, visando a melhoria das propriedades físicas e químicas do substrato, para proporcionar condições adequadas ao desenvolvimento e estabelecimento das mudas (AFONSO et al., 2017). Além disso, os materiais constituintes do substrato precisam ser de fácil aquisição, apresentar baixo custo, baixa densidade, visando facilitar o transporte das mudas para o campo, e constante disponibilidade (RODRIGUES et al., 2016).

Em função disso, têm-se cada vez mais buscado fontes alternativas viáveis e sustentáveis de materiais, principalmente, orgânicos, para a formulação do substrato, com o intuito de fornecer ao viveirista a possibilidade de produzir mudas de qualidade a baixo custo. Nesse sentido, o lodo de esgoto tem sido considerado uma fonte alternativa viável e sustentável, pois apresenta elevado teor de matéria orgânica e nutrientes, beneficia a retenção de água e permite o retorno dos resíduos orgânicos produzidos no meio urbano ao campo, aumentando a sustentabilidade no setor florestal e diminuindo os custos de produção, em decorrência de ser um material de fácil aquisição e constante disponibilidade (ALBUQUERQUE et al., 2015; SIQUEIRA et al., 2019).

A utilização do lodo de esgoto na formulação do substrato para a produção de mudas, em estudos realizados utilizando espécies florestais de elevado interesse econômico e importância ecológica, apresentaram resultados promissores (SCHEER et al., 2012; CALDEIRA et al., 2013; GOMES et al., 2013; ABREU et al., 2017; SILVA et al., 2018; MONTEIRO et a., 2019; SIQUEIRA et al., 2019), sendo necessária a adequação da concentração do lodo de esgoto para cada espécie que se deseja produzir mudas de qualidade, ampliando e viabilizando economicamente a produção.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Moringa oleifera* em diferentes concentrações de lodo de esgoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECA), localizada na Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), campus de Macaíba, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), durante o período de novembro de 2018 a abril de 2019.

No município de Macaíba, de acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo As, ou seja, com estação chuvosa concentrada entre os meses de maio e julho, enquanto a estação seca ocorre entre os meses de setembro e dezembro. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.280 mm e a temperatura mensal varia entre 24 e 28° C (ALVARES et al. 2014).

Os frutos para a obtenção das sementes de *Moringa oleifera* foram coletados em matrizes de um plantio experimental localizado na Área de Experimentação Florestal da EAJ, sendo selecionados os que haviam atingido a fase de maturação, apresentando estágio inicial de deiscência. Após coletados, foram mantidos em local sombreado com temperatura ambiente para completarem o processo de deiscência e facilitar a extração das sementes, as quais foram extraídas manualmente.

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi fornecido pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da UFRN, a qual divide o procedimento em três etapas: a preliminar, que consiste na remoção dos sólidos grosseiros; a secundária, descrita como do tipo lodo ativado, ou seja, totalmente biológica e a terciária, realizada à base de cloro. De acordo com Siqueira (2017), a divisão do procedimento em três etapas possibilita maior eficiência na limpeza do esgoto, gerando uma água mais limpa e, conseqüentemente, maior concentração de nutrientes no resíduo sólido.

A caracterização química do lodo de esgoto é realizada constantemente pela empresa Bioagri, com o intuito de avaliar a aptidão do material ao uso agrícola, tendo em vista que só é disponibilizado quando os teores de metais pesados observados se encontram inseridos dentro dos limites estabelecidos pela resolução N° 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2006).

O material coletado foi encaminhado para a EAJ e acondicionado em casa de vegetação, durante o período de três meses, para ser higienizado. A higienização do lodo de esgoto, para eliminação dos ovos de helmintos, foi realizada através da aplicação de cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a 15% do peso do lodo seco, o qual foi determinado com base no peso seco médio de amostras em triplicada, armazenadas em placas de petri de peso conhecido, permanecendo em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante, conforme proposto por Siqueira (2017). A formulação dos substratos com diferentes concentrações de lodo de esgoto e areia (Tabela 1), foi realizada dois meses após a aplicação de cal hidratada.

Tabela 1. Percentuais de areia e lodo de esgoto utilizados na composição dos substratos para a produção de mudas de *Moringa oleifera*.

| Tratamento | Areia (%) | Lodo de esgoto (%) |
|------------|-----------|--------------------|
| T0 | 100 | - |
| T20 | 80 | 20 |
| T40 | 60 | 40 |
| T60 | 40 | 60 |
| T80 | 20 | 80 |
| T100 | - | 100 |

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas para a produção de mudas, compostas por 32 células de 188 mL, a 1 cm de profundidade. Posteriormente, as bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação com de sistema de irrigação por microaspersão. A irrigação foi realizada diariamente, duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde.

Após a emergência e estabelecimento das plântulas, os dados das variáveis comprimento da parte área e quantidade de folhas, foram coletados semanalmente, totalizando cinco medições. O comprimento da parte aérea foi obtido utilizando régua graduada em milímetros, considerando a região entre o coleto e a inserção da última folha. Enquanto o diâmetro do coleto das plântulas foi mensurado com auxílio de paquímetro digital, cinco semanas após a emergência e estabelecimento das plântulas.

Ao finalizar as medições do comprimento da parte aérea, número de folhas e diâmetro do coleto, em função do padrão de crescimento uniforme observado por tratamento, foram selecionadas, aleatoriamente, apenas quatro plantas de cada tratamento, as quais foram removidas dos substratos e lavadas em água corrente para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR). A parte aérea e a

raiz das plantas foram acondicionadas em sacos de papel, separadamente, e encaminhadas para a estufa com circulação forçada de ar a 65°C, onde permaneceram até atingir peso constante. Posteriormente, com o auxílio de balança analítica digital foi determinada a MSPA e MSR.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960) foi determinado em função do comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto, MSPA, MSR e massa seca total (MST), das plantas selecionadas, anteriormente, para a determinação da massa seca dos seus compartimentos, sendo calculado a partir da expressão:

$$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 6 tratamentos e 4 repetições, constituídas de 8 plantas cada, totalizando 32 plantas por tratamento. Os dados obtidos foram tabulados no Microsoft Word Excel e analisados estatisticamente utilizando os *softwares* BIOESTAT 5.3 (AYRES et al., 2007) e R version 3.5.0.

Primeiramente, para determinar se os dados eram, estatisticamente, divergentes quanto à distribuição normal, foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors. Os dados apresentaram distribuição não paramétrica, ou seja, $p < 0,01$, sendo submetidos à análise de variância de Kruskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste de Dunn ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos para o comprimento da parte aérea das mudas de *Moringa oleifera*, ao longo de cinco semanas, apresentaram diferença estatística entre si, indicando que a concentração de lodo de esgoto utilizada no substrato influencia diretamente no crescimento da parte aérea da espécie (Tabela 2).

Na primeira semana, observa-se que o comprimento médio da parte aérea das mudas foi inferior nos tratamentos T80 e T100, ou seja, nos que apresentavam maior

concentração de lodo de esgoto. No entanto, esses valores não diferiram estatisticamente dos tratamentos T60 e T0, destacando-se o comprimento médio da parte aérea obtido nos tratamentos T20 e T40. Enquanto na segunda e terceira semana, os tratamentos T20, T40 e T60 foram os que apresentaram os maiores valores médios para o comprimento da parte aérea, não diferindo estatisticamente entre si, e os menores valores passaram a ser observados nos tratamentos T0, T80 e T100.

O padrão observado para o comprimento médio da parte aérea apresentou mudança na quarta semana de avaliação, destacando-se os tratamentos em que foi utilizado o lodo de esgoto, sendo a maior média observada no T40, o qual diferiu estatisticamente apenas do T0 e do T80. Na quinta semana, esse padrão permaneceu constante, com os tratamentos T20, T40, T60 e T100 apresentando os maiores valores médios para o comprimento da parte aérea.

Tabela 2. Valores médios obtidos para o crescimento da parte aérea (cm) das mudas de *Moringa oleifera* submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto ao longo do tempo.

| Tratamentos | Semanas | | | | |
|-------------|----------|---------|---------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| T0 | 12,19 ab | 17,69 b | 19,47 b | 19,26 c | 19,14 c |
| T20 | 12,69 a | 22,20 a | 27,85 a | 31,75 ab | 35,10 a |
| T40 | 13,24 a | 23,64 a | 31,04 a | 34,70 a | 38,05 a |
| T60 | 11,48 ab | 20,95 a | 27,42 a | 33,39 ab | 38,44 a |
| T80 | 10,91 b | 16,90 b | 21,81 b | 28,68 b | 30,84 b |
| T100 | 10,28 b | 15,94 b | 20,63 b | 29,06 ab | 34,13 ab |

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar de na primeira semana de avaliação o T0 não ter diferido estatisticamente dos tratamentos que apresentaram as maiores médias para o comprimento da parte aérea, no decorrer das semanas esse valor decaiu, sendo observado mínimo crescimento, quando comparado aos demais, demonstrando a importância de utilização da matéria orgânica na composição do substrato, tendo em vista que a areia é um material inerte, que atua, principalmente, como condicionador físico, o que torna necessária a adição de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta.

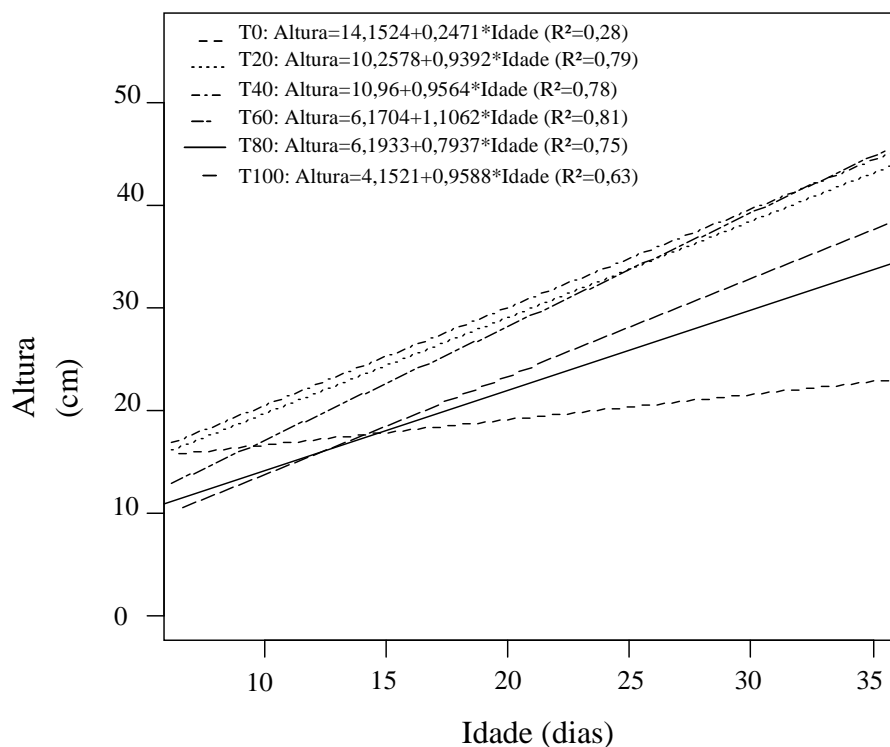
Dentre as fontes de matéria orgânica comumente utilizadas na composição do substrato para a produção de mudas de *Moringa oleifera*, o lodo de esgoto está entre as

menos estudadas (BEZERRA; MOMENTÉ; MEDEIROS FILHO, 2004; CAMARGO, 2011; FARIAS et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016). No entanto, resultados promissores foram encontrados ao utilizar o lodo de esgoto, visto que o comprimento da parte aérea de mudas da espécie produzidas em substrato composto por de lodo de esgoto e solo, foi semelhante ao das que foram produzidas em substrato à base de esterco bovino ou fibra de coco e solo, os quais estão entre os mais comumente utilizados pelos pesquisadores e produtores (NEVES; SILVA; DUARTE, 2010).

De modo geral, as mudas dos tratamentos utilizando lodo de esgoto na composição do substrato, provavelmente, apresentaram comprimento da parte aérea superior ao das mudas do tratamento testemunha, em decorrência do lodo de esgoto apresentar elevadores teores de N e P, assim como teores adequados de K, Ca, Mg e micronutrientes (GOMES et al., 2013; SANTOS et al., 2014; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2014).

A partir da análise de regressão do crescimento da parte aérea das mudas de *Moringa oleifera* ao longo dos dias, é possível constatar que apesar de na última semana de avaliação o T20, T40 e T60 não apresentarem diferença estatística entre si, o T60 foi o que proporcionou as melhores condições para o crescimento da parte aérea das mudas (Figura 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Trigueiro e Guerrini (2014), que recomendaram a utilização de doses de lodo de esgoto entre 40% e 60% em combinação com casca de arroz carbonizada para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* (Raddi). Gomes et al. (2013), ao avaliarem o crescimento da parte aérea de mudas de *Tectona grandis* L. em diferentes concentrações de lodo de esgoto, relataram que as melhores médias foram obtidas no tratamento utilizando 60% de lodo de esgoto, 30% de substrato comercial e 10% de subsolo, corroborando com o observado no presente trabalho.



Figura

1.

Crescimento da parte aérea das mudas de *Moringa oleifera* submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto ao longo do tempo.

Delarmelina et al. (2014), ao testar diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) indicaram a utilização de substrato com 60% de lodo de esgoto e 40% de vermiculita, o qual proporcionou maior crescimento da parte aérea. Enquanto Siqueira et al. (2018), encontrou condições adequadas para o crescimento da parte aérea de mudas de *Lafoensia glyptocarpha* ao utilizar concentrações de lodo de esgoto entre 25% e 100%.

O T0, T80 e T100 foram os tratamentos que as mudas apresentaram menor crescimento da parte aérea, sendo praticamente nulo no T0 (Figura 1). Siqueira et al. (2019), observaram que ao elevar a concentração de lodo de esgoto do substrato para a produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth, também houve redução do comprimento da parte aérea, sendo os menores valores encontrados nos tratamentos utilizando 80% e 100% de lodo de esgoto. Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, confirmam que doses iguais ou superiores a

70% de lodo de esgoto na composição do substrato foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas.

Segundo Gomes et al. (2013), apesar do lodo de esgoto apresentar elevada quantidade de macro e micronutrientes, não deve ser usado em concentrações muito elevadas ou puro, tendo em vista que apresenta baixa porosidade, acarretando na compactação do substrato, o que interfere no desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, na absorção de nutrientes e água, afetando o crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta. Desse modo, torna-se indispensável a sua mistura com outro material, visando a melhoria das suas propriedades físicas, principalmente, a porosidade.

Ao observar o diâmetro médio do coleto e o número médio de folhas das mudas de *Moringa oleifera* aos 35 dias, nota-se que apesar da utilização de diferentes concentrações de lodo de esgoto na composição do substrato, não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos. Os menores valores médios para o diâmetro do coleto e número de folhas foram observados no T0, provavelmente, devido à ausência de nutrientes minerais, o qual diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro do coleto (DC), número de folhas e da relação entre o comprimento da parte aérea e diâmetro do coleto (PA/DC) das mudas de *Moringa oleifera* submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto aos 35 dias.

| Tratamentos | CPA (cm) | DC (mm) | Nº de folhas | PA/DC |
|-------------|----------|---------|--------------|--------|
| T0 | 19,14 c | 2,30 b | 5,47 b | 8,42 a |
| T20 | 35,10 a | 4,08 a | 6,81 a | 7,42 a |
| T40 | 38,05 a | 4,16 a | 6,63 a | 8,39 a |
| T60 | 38,44 a | 4,05 a | 7,41 a | 8,37 a |
| T80 | 30,84 b | 3,90 a | 7,13 a | 7,94 a |
| T100 | 34,13 ab | 4,14 a | 7,28 a | 7,42 a |

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn ao nível de 5% de probabilidade.

O diâmetro do coleto, normalmente, é a variável mais observada para indicar a capacidade de sobrevivência das mudas quando forem a campo (GONÇALVES et al., 2000; SILVA et al., 2018). As mudas com menor diâmetro do coleto, quando comparadas aquelas com maior diâmetro do coleto, apresentam dificuldades para manterem-se eretas

após o plantio em campo e o tombamento pode resultar em morte ou deformações, comprometendo o valor silvicultural da planta (ARTUR et al., 2007). De acordo com Gonçalves et al. (2000), o diâmetro do coleto para mudas de espécies florestais serem consideradas de qualidade deve estar entre 5 e 10 mm, enquanto Xavier, Wendling e Silva (2009) consideram que estão aptas para irem ao campo quando o diâmetro do coleto estiver acima de 2 mm.

No presente trabalho, as médias obtidas para o diâmetro do coleto das mudas foram inferiores a 5 mm, tornando necessário o aumento do tempo de permanência no viveiro, de modo que venham a atingir os valores considerados adequados para a obtenção de mudas de qualidade. Entretanto, em todos os tratamentos as médias estão acima de 2 mm, ultrapassando o valor mínimo estabelecido por Xavier, Wendling e Silva (2009).

Ao considerar apenas os tratamentos com lodo de esgoto, é possível constatar que os valores médios são superiores ao obtidos no tratamento controle, demonstrando o aumento do crescimento do diâmetro do coleto, assim como do número de folhas, das mudas de *Moringa oleifera* ao utilizar lodo de esgoto na composição do substrato, provavelmente, em decorrência da presença de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, fornecidos pelo lodo de esgoto.

Abreu et al. (2018) quando compararam o crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi produzidas em diferentes concentrações de lodo de esgoto e substrato comercial, verificaram que o lodo de esgoto favoreceu o crescimento da parte aérea e do diâmetro do coleto das mudas, assim como observado nesse estudo, o que resultou em mudas de qualidade morfológica superior às das produzidas em substrato comercial com adubação de cobertura. Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2018), ao destacarem a viabilidade do uso do lodo de esgoto e casca de pupunha como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*, apresentando desempenho igual ou superior ao substrato comercial.

Apesar dos valores médios encontrados para a relação entre o comprimento da parte aérea e o diâmetro do coleto não apresentarem diferença estatística entre si (Tabela 3), é importante ressaltar que essa relação representa um importante apontador de qualidade, sendo recomendado que mudas de qualidade apresentem valores inferiores a 10, visto que quanto maior for o valor encontrado, aumenta a possibilidade de apresentarem dificuldade para se manterem eretas no campo, podendo levar ao

tombamento e morte após o plantio (BIRCHLER, T., 1998; JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005; ABREU et al., 2017). Diante desse contexto, observa-se que as mudas de *Moringa oleifera* produzidas se enquadram a esse parâmetro, apresentando valores inferiores a 10.

Os valores médios encontrados para o acúmulo de MSPA nos tratamentos demonstram que quanto maior for a concentração de lodo de esgoto no substrato, maiores serão as médias de acúmulo de MSPA, exceto no T80, o qual apresentou valores médios inferiores para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 4). Assim como o observado por Abreu et al. (2017), que ao aumentarem a concentração de lodo de esgoto, as mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos apresentaram maior acúmulo de MSPA, sendo recomendado para a produção de mudas das espécies estudadas substratos com 50 ou 100% de lodo de esgoto e 50% lodo de esgoto associado a 50% de substrato comercial, respectivamente.

Resultados similares foram encontrados por Neves, Silva e Duarte (2010), que ao buscar substratos alternativos para a produção de mudas de *Moringa oleifera*, verificaram que o uso de solo associado a diferentes fontes de matéria orgânica, entre elas o lodo de esgoto e as mais comumente utilizadas, o esterco bovino e a fibra de coco, proporcionaram os maiores valores de MSPA.

Na produção de mudas de *Acacia mearnsii* De Wild. em substratos formulados com lodo de esgoto, Monteiro et al. (2019) encontraram resultados que divergem dos obtidos nesse estudo, pois à medida que ocorreu o aumento da concentração de lodo de esgoto, observaram a redução da MSPA das mudas. Diante disso, os autores indicaram a utilização de apenas 20% de lodo de esgoto associado a 40% de vermiculita e 40% de cinza de casca de arroz, visto que as formulações dos substratos com menores proporções de lodo de esgoto, foram as que resultaram em eficiência agrônômica similar ou superior aos substratos comerciais.

O acúmulo médio de MSR, apesar de ter sido superior no T0, indicando a necessidade das plantas em investir no crescimento da raiz, como forma de aumentar a absorção de nutrientes, não diferiu estatisticamente do T20, T40, T60 e T100, enquanto o T80 foi o tratamento que apresentou a menor média, diferindo estatisticamente dos demais. Ao avaliar o acúmulo de MST, o T100 foi o tratamento que apresentou a maior média, principalmente, devido ao elevado acúmulo de MSPA, diferindo estatisticamente apenas do T80 (Tabela 4).

Tabela 4. Acúmulo médio de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e massa seca da parte aérea e (MSR/MSPA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Moringa oleifera* submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto aos 35 dias.

| Tratamentos | MSPA (g) | MSR (g) | MST (g) | MSR/MSPA | IQD |
|-------------|----------|---------|---------|----------|--------|
| T0 | 0,30 c | 0,76 a | 1,06 ab | 2,55 b | 0,26 a |
| T20 | 1,51 ab | 0,35 a | 1,85 ab | 0,22 a | 0,16 a |
| T40 | 1,54 ab | 0,29 a | 1,83 ab | 0,21 a | 0,12 a |
| T60 | 1,40 ab | 0,22 a | 1,62 ab | 0,19 a | 0,10 a |
| T80 | 0,70 b | 0,12 b | 0,82 b | 0,17 a | 0,06 a |
| T100 | 1,75 a | 0,39 a | 2,14 a | 0,16 a | 0,17 a |

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn ao nível de 5% de probabilidade.

Dentre os tratamentos utilizados, o T0 foi o que apresentou a maior média para a relação entre a MSR e MSPA, em função da discrepância existente entre os valores obtidos para a MSPA e MSR nesse tratamento, diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 4). Siqueira et al. (2018) ao avaliarem a distribuição de biomassa entre o sistema radicular e a parte aérea de mudas de *Lafoensia glyptocarpa* Koehne produzidas em diferentes concentrações de lodo de esgoto, através da relação MSR e MSPA, encontraram resultados semelhantes, pois as mudas produzidas em substratos que continham o lodo de esgoto apresentaram valores inferiores, quando comparadas àquelas produzidas em substrato puro, indicando que nesse tratamento houve desbalanço do crescimento aéreo em relação ao radicular.

Em relação ao IQD, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 4). No entanto, é considerado um dos índices mais completos para avaliação da qualidade de mudas florestais, incluindo em seu cálculo as relações entre os parâmetros morfológicos: comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto, MSPA, MSR e MST, quanto maior o seu valor, maior é o grau qualidade das mudas (GOMES, 2001; GOMES; PAIVA, 2006).

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho e da análise em conjunto com os resultados obtidos em estudos, disponíveis na literatura, dentro desse contexto, principalmente, com espécies que apresentam elevado valor econômico e importância ecológica, devido a busca crescente por mudas, observa-se que ao utilizar concentrações adequadas de lodo de esgoto, considerando as características e necessidades de cada

espécie, a utilização do lodo de esgoto na composição do substrato apresenta desempenho igual ou superior ao substrato comercial.

CONCLUSÃO

O lodo de esgoto proporcionou o aumento das médias de comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e massa seca da parte aérea das mudas de *Moringa oleifera*.

A concentração de lodo de esgoto que resultou no maior crescimento e desenvolvimento e, portanto, recomendada para a produção de mudas de *Moringa oleifera*, foi a de 60% associada a 40% de areia.

A utilização do lodo de esgoto como componente do substrato para a produção de mudas de *Moringa oleifera* mostrou ser uma alternativa tecnicamente viável, sendo possível produzir mudas de qualidade a baixo custo, além de contribuir para a destinação do resíduo. Deve-se, no entanto, obedecer aos aspectos legais para a sua utilização, que regulam os teores de metais pesados e os parâmetros sanitários.

REFERÊNCIAS

1. ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 4, p.1179-1190, 2017.
<http://dx.doi.org/10.5902/1980509830300>
2. ABREU, A. H. M.; OLIVEIRA, R. R.; ABEL, E. L. S.; LIMA FILHO, P.; LELES, P. S. S. Bio sólido e substrato comercial na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 38, p.1-10, 2018.
<http://dx.doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201501066>
3. AFONSO, M. V.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Parâmetros fisiológicos de mudas de *Albizia niopoides* produzidas em diferentes

composições de substrato. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 4, p.1395-1402, 2017.

<http://dx.doi.org/10.5902/1980509830221>

4. ALBUQUERQUE, H. C.; JUNIO, G. R. Z.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A.; PRATES, F. B. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Residual effect of sewage sludge fertilization on sunflower yield and nutrition. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 10, p.1005-1011, 2015.

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p1005-1011>

5. ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p.711-728, 2014. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

6. AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. OngMamiraua. Belém, PA. 2007.

7. BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 2, p.295-299, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362004000200026>

8. BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. *Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, v. 7, n. 1, p.109-121, 1998.

9. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 375/2006. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, p.141-146, 30 ago. 2006.

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

<http://dx.doi.org/10.1590/s1983-40632013000200002>

11. CAMARGO, R. Substratos para produção de mudas de *Moringa oleifera* L. em bandejas. *Agropecuária Técnica*, v. 32, n. 1, p.72-78, 2011.

12. DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes Substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 2, p.224-233, 2014.
<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.027>
13. DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, v. 36, p.10-13, 1960.
14. FARIAS, W. M.; ANDRADE, L. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; CUNHA, J. R. Utilização de macrófitas aquáticas em substrato para a produção de mudas de moringa. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 36, n. 85, p.25-30, 2016.
<http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.791>
15. GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. *Cerne*, v. 19, n. 1, p.123-131, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1590/s0104-77602013000100015>
16. GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 26, n. 6, p.655-664, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622002000600002>
17. GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. *Viveiros florestais (propagação sexuada)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.
18. GOMES, J.M. *Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K*. 2001. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
19. GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. D.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, p.309-350, 2000.
20. JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. *Cerne*, v. 11, n. 2, p.187-196, 2005.

21. LELES, P. S. S.; LISBOA, A. C.; OLIVEIRA NETO, S. N.; GRUGIKI, M. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. *Floresta e Ambiente*, v. 13, n. 1, p.69-78, 2006.
22. MONTEIRO, A. B.; BAMBERG, A. L.; PEREIRA, I. S.; STÖCKER, C. M.; TIMM, L. C. Características físico-hídricas de substratos formulados com lodo de esgoto na produção de mudas de acácia-negra. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 3, p.1428-1435, 2019. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509834590>
23. NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 5, n. 1, p.173-177, 2010.
24. NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, p.393-402, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831615>
25. OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SILVA, O. M. P.; MAIA, P. M. E.; CÂNDIDO, W. S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. *Revista Árvore*, v. 37, n. 1, p.79-87, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622013000100009>
26. PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p.765-771, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662009000600015>
27. PINA, J. C.; OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R.; SILVA, F. Influência de diferentes substratos na produção de fitoconstituintes de *Moringa oleifera* Lam. cultivada a pleno sol. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 3, p.1076-1087, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833394>
28. RABBANI, A. R. C.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R. A.; VASCONCELOS, M. C. Pré-embebição em sementes de moringa. *Scientia Plena*, v. 9, n. 5, p.1-8, 2013.
29. RODRIGUES, L. A.; MUNIZ, T. A.; SAMARÃO, S. S.; CYRINO, A. E. Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. *Revista Ceres*, v. 63, n. 4, p.545-552, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663040016>
30. SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de

esgoto para produção de mudas florestais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 9, p.971-979, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979>

31. SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Cerne*, v. 18, n. 4, p.613-622, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-77602012000400011>

32. SILVA, C. H. S. T.; NUNES, B. R. P.; MEDEIROS, L. G.; PINHEIRO, M. A. M.; ALMEIDA, S. N. R.; PORTO, H. C.; LEAL, M. C.; PIRES, J. J. B. Avaliação comparativa de agentes coagulantes químico e natural no processo de coagulação de águas de cisterna no município de Sumé-PB. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p.5109-5116, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-369>

33. SILVA, F. A. M.; NUNES, G. M.; ZANON, J. A.; GUERRINI, I. A.; SILVA, R. B. Resíduo agroindustrial e lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 2, p.827-835, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832101>

34. SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, D. G.; CARVALHO, G. C. M. W.; ERTHAL, R. M.; RODRIGUES, M. C. C.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 2, p.728-739, 2019. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509827297>

35. SIQUEIRA, D. P.; CARVALHO, G. C. M. W.; BARROSO, D. G.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. *Floresta*, v. 48, n. 2, p.277-284, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i2.55795>

36. SIQUEIRA, D. P. *Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de vinhático*. 2017. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2017.

37. SOUSA, W. C.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. *Revista Árvore*, v. 37, n. 5, p.969-979, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622013000500019>

38. TERRA, S. B.; FERREIRA, A. A. F.; PEIL, R. M. N.; STUMPF, E. R. T.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; CAVALCANTE, I. H. L. Alternative substrates for growth and production of potted chrysanthemum (cv. Funny). *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, n. 3, p.465-471, 2011.

<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i3.6991>

39. TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de bio sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Florestalis*, v. 1, n. 64, p.150-162, 2003.

40. TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. *Revista Árvore*, v. 38, n. 4, p.657-665, 2014.

<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622014000400009>

41. XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.