

LODO DE ESGOTO TRATADO NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATO
PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE VINHÁTICO

DAVID PESSANHA SIQUEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2017

LODO DE ESGOTO TRATADO NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE VINHÁTICO

DAVID PESSANHA SIQUEIRA

Dissertação de mestrado apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Deborah Guerra Barroso

Coorientador: Cláudio Roberto Marciano

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCH / UENF

010/2017

S618 Siqueira, David Pessanha.

Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de vinhático / David Pessanha Siqueira – Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

85 f. : il

Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

Coorientador: Cláudio Roberto Marciano.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2017.

Bibliografia: f. 58 – 85.

1. Biossólido. 2. Substratos alternativos. 3. *Plathymenia reticulata*. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 634.651

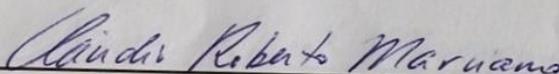
LODO DE ESGOTO TRATADO NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE VINHÁTICO

DAVID PESSANHA SIQUEIRA

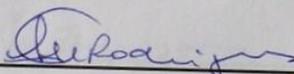
Dissertação de mestrado apresentada ao
Centro de Ciências e Tecnologias
Agropecuárias da Universidade Estadual
do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestrado em Produção Vegetal.

Aprovada em 23 de fevereiro de 2017

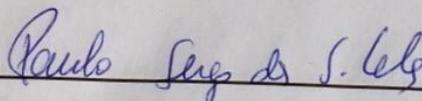
Comissão examinadora



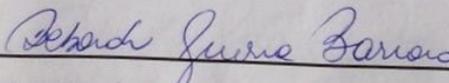
Prof. Cláudio Roberto Marciano (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Luciana Aparecida Rodrigues (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Paulo Sergio dos Santos Leles (D. Sc., Produção Vegetal) – UFRRJ



Prof. Deborah Guerra Barroso (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF

(Orientadora)

Bendito seja o Senhor, meu rochedo, que adentra minhas mãos para o combate e meus dedos para a guerra. Meu benfeitor e meu refúgio, minha cidadela e meu libertador, meu escudo e meu asilo."

Salmo 144:1

À minha bisavó Magnólia (*in memoriam*),

À minha mãe, Jane

Aos meus irmãos, Júlia e João Pedro

Ao meu sobrinho, Miguel,

DEDICO

AGREDECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado força e coragem durante esta longa caminhada e a Virgem mãe, por me acalantar nas horas difíceis;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense e ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização deste curso;

À CAPES e FAPERJ, por terem me concedido a bolsa de estudos e pela oportunidade e suporte para alcançar o tão sonhado diploma de mestre em produção vegetal;

Aos amigos do LFIT e do LSOL, por todo o apoio durante essa jornada, proporcionando momentos de trabalho árduo, e momentos de descontração e felicidade;

À orientadora Deborah, que mesmo atarefada, sempre se mostrou disponível, dividindo conhecimentos e dando todo o suporte e direcionamento necessários ao longo desses dois anos;

Ao professor Cláudio, que sempre esteve disposto a me auxiliar, sanando dúvidas e fazendo sugestões para o trabalho;

Ao técnico Guilherme, que sempre esteve a ajudar no que fosse necessário;

Ao técnico José Accacio, pelo auxílio e orientação nas análises nutricionais;

Aos bolsistas de iniciação científica: Giovanna, Rommel e Maria Clara, que tanto ajudaram para a realização deste trabalho;

Às amigas Barbara e Lidiane que, mesmo de longe, sempre me apoiaram e aconselharam durante essa caminhada;

Agradeço aos amigos que a UENF me deu, em especial: Inácio, Priscila, Laila, David (Mamute) e Tamara (Tamarina);

Aos meus amigos da vida, que sempre me proporcionaram momentos de alegria e descontração, me fazendo lembrar o real sentido das coisas;

A todos os familiares, que sempre me incentivaram, e nunca me deixaram desistir;

O meu muito obrigado a todos, mesmo aqui não citados, mas que de alguma forma contribuíram para a minha formação e a realização deste sonho.

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1. Vinhático (<i>Plathymenia reticulata</i> Benth)	4
3.2. Uso do lodo de esgoto na agricultura	7
3.3. Qualidade do substrato para produção de mudas	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Instalação e condução do experimento.....	18
4.1.1. Teste de germinação.....	20
4.2. Coleta e tratamento do lodo de esgoto	20
4.3. Caracterização química dos substratos	21
4.4. Caracterização física dos substratos	24
4.5. Avaliações biométricas e fisiológicas das mudas	25
4.6. Avaliação do torrão formado	27
4.7. Análises nutricionais	28
4.8. Análise dos dados.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Caracterização do substrato	30
5.1.1. Curvas de retenção de água	33
5.2. Sobrevivência	35
5.3. Avaliações biométricas e fisiológicas das mudas	36
5.4. Qualidade do torrão formado	50
5.5. Análises nutricionais	53
5.5.1. Teores de N, P e K.....	53
5.5.2. Conteúdo de N, P e K.....	57
6. CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

RESUMO

SIQUEIRA, David Pessanha. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro, 2017; Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de Vinhático. Orientadora: Deborah Guerra Barroso. Co-orientador: Cláudio Roberto Marciano

O lodo de esgoto é um problema socioambiental, pois há um constante crescimento da população e, conseqüentemente, da captação dos dejetos gerados. É um resíduo gerado ao final do processo de tratamento dos esgotos e seu uso na agricultura tem se mostrado viável para sua adequada destinação final. Há uma crescente demanda de mudas para adequação de propriedades rurais e para a silvicultura econômica, que pode ser feita em áreas de reserva legal. Uma espécie que vem se destacando é o vinhático (*Plathymenia reticulata*), por ser de fácil adaptação a solos depauperados, sendo eficaz na recomposição florestal e por possuir madeira de amplo uso em movelaria. O trabalho teve como objetivo avaliar o uso do lodo de esgoto tratado (LET) em mistura com o substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC), em diferentes proporções, como substrato para produção de mudas de vinhático. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na unidade de apoio a pesquisa da UENF, em Campos, RJ. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro blocos e 20 mudas por parcela. Utilizou-se 20, 40, 60, 80% de LET associados ao SC ou a FC, 100% de LET e um tratamento adicional com substrato comercial com adubação convencional (tratamento testemunha). O lodo de esgoto foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto da Chatuba, pertencente a Águas do Paraíba. Após a coleta, o lodo foi higienizado com adição de cal a 15% do peso seco. Os resultados revelam que as menores proporções de LET no substrato resultaram em mudas com melhor crescimento em altura, diâmetro do coleto, área foliar, matéria seca da parte aérea, do sistema radicular, matéria seca total, comprimento e volume radicular. A nodulação foi negativamente influenciada nas mudas produzidas em proporções acima de 20% de LET em SC ou FC. A agregação do torrão ao substrato não foi influenciada pela adição de LET, entretanto, houve aumento da curvatura do torrão nas mudas produzidas em maiores quantidades de LET. O conteúdo de N, P e K foi menor nas maiores proporções de LET. Para produção de mudas de vinhático, sugere-se a proporção

de 20% de lodo de esgoto, tratado pela adição de cal, associado ao SC ou a FC, não havendo prejuízos em relação às mudas produzidas em substrato comercial adubado, utilizado comercialmente.

Palavras chave: Biossólido, Substratos alternativos; *Plathymenia reticulata*.

ABSTRACT

SIQUEIRA, David Pessanha. North Fluminense State University Darcy Ribeiro February, 2017; Sewage sludge treated in the substrate composition for Vinhático seedlings production. Advisor: Deborah Guerra Barroso. Co-advisor: Cláudio Roberto Marciano

Sewage sludge is an environmental problem, whereas there's a constant growth of the population and, consequently, of the collection of the generated waste. It's a waste generated at the end of the sewage treatment process and the agricultural disposal has shown viability for final destination. There's a growing demand for seedlings for adequacy of rural properties and for economic forestry, which can be done in legal reserve areas. A species that has been highlighting is the vinhático (*Plathymenia reticulata*), because it is easily adapted to lean soils, being effective in the forest restoration and it has wood of ample use. The aim of this research was to evaluate the potential of sewage sludge treated (LET) in a mixture with the commercial substrate (SC) or coconut fiber (FC), in different proportions, as a substrate for vinhático seedlings. The study was conducted in a greenhouse, located in the research support unit of the UENF, in Campos, RJ. The experimental design was in randomized blocks, with four blocks and 20 seedlings per plot. 20, 40, 60, 80% LET associated with the SC or FC, 100% LET and an additional treatment with commercial substrate with conventional fertilization (control treatment) were used. The sewage sludge was collected at the Sewage Treatment Station of Chatuba, owned by "Águas do Paraíba". After collection, the sludge was sanitized with addition of lime to 15% of the dry weight. The results indicate that the lower LET proportions in substrate resulted in seedlings with better growth in height, stem diameter, leaf area, shoot dry mass, root and total dry mass, root length and volume. The nodulation was negatively influenced in the seedlings produced in proportions above 20% LET in SC or FC. The aggregation of the clod to the substrate was not influenced by the addition of LET, however, there was an increase of the curvature of the clod in the seedlings produced in larger amounts of LET. The content of N, P and K was lower in the higher proportions of LET. For the production of seedlings, the proportion of 20% of sewage sludge, treated by the addition of lime, associated with SC or FC, is suggested, with no

losses in relation to the seedlings produced in commercial fertilized substrate used commercially.

Key words: Biosolids, Alternative substrates; *Plathymenia reticulata*.

1. INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é o resíduo gerado após o tratamento das águas residuárias (esgotos), com a finalidade de torná-las menos poluídas, de modo a permitir seu retorno ao ambiente sem que sejam agentes de poluição (Freitas, 2005). A maior parte desse resíduo é destinada para os aterros sanitários, sendo um procedimento complexo e oneroso (Gomes et al. 2013), assim, tem-se buscado alternativas para uma melhor disposição desse material, destacando a aplicação agrícola, especialmente no setor florestal. O lodo de esgoto, após tratamento para uso agrícola, pode também ser denominado de bio sólido.

A utilização do lodo de esgoto na agricultura é vantajosa, devido à importância do mesmo como fonte de matéria orgânica, macro e micro nutrientes, conferindo maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão do solo e redução no uso de fertilizantes minerais (Bettioli e Dos Santos, 2006). Vega et al., 2004; Santos et al. (2014) afirmam que o lodo apresenta em sua composição alto teor de matéria orgânica, nitrogênio, cálcio e fósforo, além dos micronutrientes.

Caldeira et al (2011) e Ferraz, (2013) destacam, além do benefício ambiental, a economia financeira com a destinação do lodo voltada para produção de mudas florestais. De acordo com Trigueiro e Guerrini (2003), a economia com fertilizantes minerais podem chegar à ordem de 64%, em relação ao substrato comercial fertilizado utilizado convencionalmente.

Pesquisas relacionadas ao efeito de diferentes composições de substrato sobre a qualidade das mudas formadas são constantes e atuais, buscando-se integrar os preceitos da sustentabilidade e proporcionar redução de tempo e

custos do processo produtivo das mudas. Nesse cenário, o lodo de esgoto se destaca, apresentando viabilidade para uso na composição de substrato para produção de mudas nativas e exóticas (Caldeira et al. 2013; Faria et al. 2013; Rocha et al. 2013; Gomes et al. 2013; Trazzi et al. 2014). Maia (1999) reconhece a fertilidade potencial que o lodo apresenta, entretanto, afirma que este resíduo não deve ser utilizado como substrato puro.

A fibra de coco, gerada a partir das cascas do fruto consumidos *in natura*, também se apresentam como um problema ambiental, devido ao grande volume que é gerado e à dificuldade de decomposição deste resíduo. A fibra apresenta boas características físicas para utilização como substrato, entretanto, é necessária a complementação nutricional de acordo com a necessidade de cada espécie (Carrijo et al. 2012; Corradini et al. 2009; Simões et al. 2012; Silva et al. 2014). A utilização do lodo de esgoto associado à fibra pode ser uma boa alternativa para produção de mudas.

A constante exploração das florestas nativas, seja pela expansão agrícola, pela pecuária extensiva, ou pelo aproveitamento direto da madeira, muitas vezes de forma ilegal, acarreta grande diminuição da cobertura florestal, provocando a degradação e desequilíbrio ambiental. Associada às exigências de medidas compensatórias, este fator contribui para o aumento da demanda de mudas nativas para a recuperação das áreas degradadas, revegetação, reflorestamento para fins econômicos, adequação ambiental das propriedades, arborização, entre outros fins (Leles et al. 2006; Caldeira et al. 2013).

Tanto para a recuperação de áreas degradadas na adequação das propriedades, quanto para a silvicultura econômica, uma espécie com grande potencial é o vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth), por ser de fácil adaptação a solos pobres (Souza, 2012) e possuir madeira de boa qualidade (Lacerda et al., 2001).

A oferta de mudas depende, entre outros fatores, da disponibilidade de substrato na região, que apresente características químicas e físicas que favoreçam a produção de mudas de qualidade, viabilizando as operações de plantio e garantindo bom desempenho pós-plantio.

Espera-se que o uso do lodo de esgoto na composição do substrato seja uma boa alternativa para produção de mudas de vinhático.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth.), puro e em diferentes proporções, associadas ao substrato comercial ou à fibra de coco, sendo avaliada a qualidade das mudas formadas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth)

O gênero *Plathymenia* foi descrito primeiramente por George Bentham em 1942, que nele incluiu duas espécies, *Plathymenia reticulata* e *Plathymenia foliolosa*. Estudos realizados por Mendes e Paviani (1997) indicaram que as espécies do gênero *Plathymenia* eram um par vicariante, ou seja, muito próximas em relação a sua taxonomia, apresentando estreito grau de parentesco, e as características que as diferem foram atribuídas a variações do ambiente.

Essas divergências com relação ao gênero *Plathymenia*, em que alguns autores consideram um gênero monoespecífico, admitindo apenas a espécie *Plathymenia reticulata* (Warwick e Lewis, 2003) e outros afirmam que o gênero é representado por duas espécies, *Plathymenia reticulata* e *Plathymenia foliosa* (Heringer e Ferreira, 1972), fomentaram pesquisas acerca deste tema.

Lopes et al. (2010), em estudos da biometria de frutos e sementes e a germinação de *Plathymenia reticulata* e *Plathymenia foliosa*, afirmam que os frutos de *Plathymenia foliosa* se apresentaram mais largos, espessos e pesados e as sementes mais compridas em relação a *Plathymenia reticulata*. Os mesmos autores afirmam ainda que as espécies apresentaram comportamento germinativo diferente, em que, a *Plathymenia reticulata* apresentou impermeabilidade tegumentar, concluindo serem espécies distintas. Mendes e Paviani (1997), estudando a morfoanatomia das folhas de *Plathymenia foliosa* e *Plathymenia reticulata*, afirmam que houve diferenças significativas relacionadas à morfologia da folha, como espessura da lâmina foliolar, posição dos estômatos e feixe vascular.

Apesar das diferenças descritas acima, atualmente é conceituada pela botânica apenas uma espécie, denominada *Plathymenia reticulata* Benth (Warwick e Lewis, 2003; Morim, 2015), sendo assim considerada neste trabalho.

A produção de mudas de espécies florestais nativas atende tanto à recuperação de áreas degradadas e à recomposição florestal, quanto à demanda para silvicultura comercial, diminuindo assim a pressão sobre as florestas nativas (Neubert, 2014). O vinhático (*Plathymenia reticulata*) se apresenta promissor neste cenário, sendo recomendado para plantios mistos destinados à recuperação de áreas degradadas e, paralelamente, com boas características para exploração madeireira.

A espécie pode ser considerada como pioneira ou tardia, dependendo do bioma que se localiza. É adaptada a terrenos pobres, possui copa irregular, aberta, pouco densa e com ramos terminais avermelhados. Sua madeira é tida como de alta qualidade e fácil manuseio (Lacerda et al., 2002; Carvalho, 2009; Carvalho, 2014).

Souza (2012), acompanhando o crescimento de espécies florestais em povoamentos puros e sua relação com atributos edáficos em Trajano de Moraes, RJ, afirma que o vinhático se destaca entre as espécies estudadas, apresentando excelente desenvolvimento diamétrico. Além disso, a autora enfatiza que a espécie apresentou bom desenvolvimento até mesmo em situações de elevado teor de alumínio no solo, indicando tolerância do vinhático e sua adaptabilidade para recuperação de áreas degradadas.

Bigli (2013), avaliando o crescimento inicial do vinhático no campo, sob diferentes doses de fósforo, afirma que houve redução da altura e do diâmetro das plantas à medida que se aumentou a dose de fósforo, sendo utilizadas as doses de 0, 27, 47, 67 e 87 g cova⁻¹, sugerindo uma adaptação da planta a solos pobres em fósforo.

Também Carreço (2017), avaliando o crescimento do vinhático no campo, em plantio puro, sob diferentes doses de N, P e K, observaram que não houve efeito das doses de adubo aplicadas, sugerindo que a espécie não é exigente em termos nutricionais.

Esta espécie estende-se pelo território brasileiro, especialmente pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica. Pertencente à família das *Fabaceae* - *Mimosoideae* é uma espécie arbórea de comportamento decíduo, variando de 15

a 30 m de altura e 60 a 70 cm de diâmetro, quando localizada na mata atlântica. Quando a espécie se encontra no cerrado, em geral, apresenta diminuição no porte, variando de 6 a 12 m de altura e 30 a 50 cm de diâmetro (Lorenzi, 2002). Sua inflorescência é uma espiga insinuada nas folhas e nos ramos, ligeiramente pedunculada, medindo de 5 a 15 cm de comprimento (Carvalho, 2009). A dispersão de suas sementes ocorre principalmente através do vento (Pereira et al., 2008; Alves et al., 2013), com a abertura de seus frutos deiscentes.

O vinhático associa-se com bactérias do gênero *Rhizobium*, realizando a fixação biológica do nitrogênio, sendo observada por Souza (2010) nodulação abundante para esta espécie na Região Amazônica. Sousa (2016), avaliando o efeito de diferentes revestimentos nas sementes de vinhático sobre o número de nódulos nas raízes, encontrou que o uso da areia ou areia + calcário propiciou os maiores números de nódulos, 29,5 e 28,5 por planta, respectivamente.

Possivelmente em decorrência de irregularidades climáticas, nos últimos anos vem se observando um desequilíbrio no ciclo da planta, principalmente com relação à floração e frutificação, que vem ocorrendo em épocas e intervalos diferentes, dificultando a obtenção de sementes. Pott e Pott (1997) relataram o amadurecimento das vagens quase um ano após a floração.

Segundo Warwick e Lewis (2003) e Bighi (2013), a floração do vinhático ocorre nos meses de novembro a dezembro, junto com o surgimento de novas folhas, seus frutos iniciam a maturação no final de julho até o fim de agosto para a Região Norte do Espírito Santo. No entanto, a floração varia entre os diferentes locais e condições climáticas, sendo para o Estado do Rio de Janeiro, de outubro a dezembro (Carvalho, 2009). Pereira et al. (2008) afirmam que no Município de Silva Jardim – RJ, a floração ocorre de dezembro a fevereiro, sendo o ponto de maturação dos frutos entre julho e outubro.

Devido a esse comportamento supra-anual na produção de sementes, têm sido buscadas alternativas para a propagação do vinhático, como a utilização da miniestaquia, realizada por Pessanha (2016), que aplicou diferentes doses de ácido indolbutírico (AIB) e manejos diferenciados de luz e nitrogênio na condução das minicepas, ambos sem sucesso para o enraizamento das miniestacas.

Com relação à germinação, Fonseca et al. (2013) afirmam que o vinhático não apresenta dormência. Entretanto, Braga et al. (2007), Carrione et al. (2012), Lopes et al. (2010) e Moura et al. (2012) afirmam que a espécie apresenta baixa

germinação, o que é atribuído à impermeabilidade tegumentar, restringindo a entrada de água e oxigênio e retardando o processo de emergência.

Lacerda et al. (2004) afirmam que a escarificação mecânica foi eficaz na redução da impermeabilidade do tegumento do vinhático, resultando em 100% de sementes embebidas. Os autores observaram redução de até 50% de sementes embebidas nos tratamentos em que não houve escarificação mecânica. Segundo Braga et al. (2007) e Carrione et al. (2012), a escarificação mecânica com lixa na extremidade arredondada das sementes, resulta em taxa de germinação superior a 90%.

Quanto à madeira, é considerada de textura média, grã direita a irregular, superfície lustrosa e medianamente áspera. É tida como de alta resistência, sendo empregada na construção civil, naval e em mobiliários de luxo, usada também em forros, tacos, porta, na obtenção de folhas faqueadas, para revestimentos decorativos de móveis, painéis, tripés, persianas, dentre outras utilidades (Rizzini, 1978). O vinhático foi classificado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) como uma das espécies de maior utilidade do cerrado brasileiro (Almeida et al., 1998).

É considerada moderadamente densa ($0,50$ a $0,55 \text{ g cm}^{-3}$), com o cerne variando de amarelo dourado ao amarelo queimado. O alburno é bem definido, branco-amarelado (Carvalho, 2009). A madeira em pé atingiu valores entre R\$ 136,67 e R\$ 570,00/ m^3 (média 2014/2015), de acordo com o guia de árvores com valor econômico (Campos Filho e Sartorelli, 2015).

Além do uso da madeira, atribui-se ainda ao vinhático a riqueza em alguns compostos químicos, como o tanino e flavonoides, proporcionando atividade anti-inflamatória e antimicrobiana (Fernandes et al., 2005). O tanino presente na casca do vinhático pode também atuar como inibidor natural dos componentes do veneno de cobra, responsáveis pela indução da inflamação no local da picada, podendo ser utilizado como uma nova estratégia terapêutica, reduzindo a frequência de sequelas (Moura et al., 2016).

3.2. Uso do lodo de esgoto na agricultura

Os resíduos são divididos, de acordo com sua origem, em dois grandes grupos principais, denominados domésticos e industriais. Pires e Mattiazzo (2008)

definem que dentro do grupo de resíduos doméstico, se enquadram os lixos (restos alimentares, vidro, papel, pano e madeira) e os esgotos. Os resíduos industriais são os materiais descartados resultantes de atividades como a siderurgia, metalurgia, química e petroquímica.

Devido à diferença quanto à origem, os resíduos apresentam composição química muito variada, devendo cada lote ser avaliado quanto ao seu valor agrônômico e aos potenciais impactos de sua aplicação sobre atributos do solo, para que atendam aos critérios técnicos e de segurança à saúde e ao meio ambiente, estabelecidos para o uso agrícola deste tipo de resíduo (Trannin et al., 2008).

A origem do lodo, além de influenciar diretamente os teores de macro e micronutrientes, influi também no conteúdo de metais pesados presentes no composto. Bettiol et al. (1983) afirmam que as concentrações de metais pesados tendem a ser menores em lodos de origem residencial, em relação àqueles em que os efluentes industriais predominam.

Tendo em vista tais possíveis fatores prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, provenientes do uso do lodo de esgoto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu critérios e procedimentos para o emprego agrícola deste resíduo, visando regulamentar sua utilização, através da Resolução N° 375, de 29 de agosto de 2006 (Brasil, 2006), definindo os requisitos mínimos de qualidade quanto ao teor de substâncias inorgânicas, descritas em detalhes na metodologia deste trabalho.

O lodo de esgoto é um resíduo gerado após o tratamento dos esgotos, para que retornem ao ambiente sem que sejam agentes de poluição. O lodo pode ser definido como um resíduo urbano, de caráter predominantemente orgânico, semissólido, com variáveis teores de componentes inorgânicos, obtido do tratamento de águas residuárias (Cassini et al., 2003). Após tratamento para uso agrícola, o lodo de esgoto é também denominado de biossólido, termo criado para evitar preconceitos e atrair a atenção dos agricultores para o potencial agrícola do resíduo.

O destino final adequado dos resíduos gerados nos sistemas de tratamento de esgoto vem sendo alvo de muitos estudos diante dos significativos problemas causados pela disposição final inadequada desse tipo de material, sendo fonte potencial de riscos à saúde pública e ao meio ambiente (Brasil, 2006; Lima,

2010). O lodo de esgoto apresenta em sua composição alto teor de matéria orgânica, nitrogênio, cálcio e fósforo, além dos micronutrientes (Vega et al., 2004; Santos et al., 2014) de modo que, quando depositados de forma inadequada nos corpos hídricos, tal riqueza nutricional contribui de forma significativa para a eutrofização dos mananciais.

Grande parte do lodo de esgoto, atualmente gerado nos sistemas de tratamento do país, tem como destino final os aterros sanitários, o que limita a reciclagem e reaproveitamento do resíduo. Além disso, a remoção para os aterros gera grande complexidade no processo operacional e é um procedimento oneroso (Gomes et al., 2013). Gonçalves et al. (2000) ressaltam que a disposição do lodo de esgoto em aterros sanitários exige monitoramento constante devido ao risco ambiental, elevando os custos.

No Município de Campos dos Goytacazes, RJ, o aterro sanitário que recebe todo o lodo de esgoto gerado pelas estações de tratamento do Município situa-se a cerca de 34 km da maior estação de tratamento, localizada na Chatuba. De acordo com a concessionária Águas do Paraíba, são gerados em média 180 Mg/mês de lodo de esgoto nas estações de tratamento do município, sendo o transporte de todo esse material altamente oneroso.

O lodo de esgoto doméstico, após ter sido higienizado e estabilizado, pode ter aproveitamento agrícola, atuando no solo como corretivo de acidez e fertilidade, substituindo a aplicação de calcário nos solos (Brasil, 2006; Matos e Matos, 2012).

Dentre as técnicas para a higienização do lodo, a aplicação de cal se destaca pela facilidade de execução, baixo custo (Matos e Matos, 2012) e eficácia. O princípio do processo consiste na elevação do pH, caracterizando um ambiente desfavorável aos microrganismos nocivos, mitigando o odor fétido e, por consequência, tornando-o apto para uso agrícola (Pinto, 2001; Brasil, 2006; Lima, 2010; Matos e Matos, 2012).

Além da aplicação de cal, a resolução N°375/2006 do CONAMA (Brasil, 2006) regulamenta também outros procedimentos para desinfecção e estabilização do lodo de esgoto, sendo eles: digestão aeróbia, digestão anaeróbia, secagem em leitos de areia ou bacias e a compostagem.

A compostagem também se destaca como alternativa para desinfecção e estabilização do lodo e, de acordo com a resolução N°375/2006 do CONAMA,

esta técnica pode ser utilizada desde que a biomassa atinja uma temperatura mínima de 40°C, durante pelo menos cinco dias, com a ocorrência de um pico de 55°C ao longo de quatro horas sucessivas durante este período (Brasil, 2006).

O manual técnico proposto pelo Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), vinculado a Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR (Paraná, 1999), orienta quanto à compostagem, descrevendo detalhadamente o processo, indicando que o lodo deve ser misturado com resíduos orgânicos (restos vegetais picados, palha, bagaço de cana, etc.), respeitando a relação C/N entre 20 e 30, ou seja, 20 a 30 unidades de Carbono para uma unidade de Nitrogênio.

A utilização deste resíduo para fins agrícolas e florestais é uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental. Apresenta potencial como fertilizante e como condicionador de solo, proporcionando aumento de produtividade e redução da fertilização convencional, podendo gerar ganhos ao agricultor e aos geradores do lodo (Bettiol e Camargo, 2006; Guedes et al., 2006; Barbosa et al., 2007).

Com relação à aplicação do lodo de esgoto tratado (LET) no solo, diversos autores afirmam que seu uso é vantajoso e tem sido recomendado por promover benefícios como aumento na disponibilidade de macronutrientes, elevação do pH do solo e ainda incrementos lineares no teor de C-orgânico do solo (Berton et al., 1997; Silva et al., 2001; Oliveira et al., 2002).

Nascimento et al. (2004), em trabalho de caracterização do lodo de esgoto, encontraram riqueza de nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio e magnésio, trazendo grandes incrementos para o solo e, conseqüentemente, para a produção do milho e do feijão.

Trannin et al. (2008), avaliando os atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial (fibras e resinas PET) cultivado com milho, afirmam que, na dose de 12 Mg ha⁻¹, houve incremento na fertilidade do solo, com relação ao carbono orgânico, macro e micronutrientes. Os autores destacam ainda o potencial deste resíduo industrial como condicionador de solo.

Guedes e Poggiani (2003), acompanhando a variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com LET, quatro meses após o plantio das mudas, afirmam que, a aplicação do biossólido em cobertura foi benéfica para as plantas, que apresentaram, quando comparadas às plantas que receberam

adubação química convencional, teores mais elevados de N, P, e Ca, e teores mais baixos de Mg e Mn.

Barreiros et al. (2007), em estudos avaliando as características físicas e químicas da madeira em um plantio de *Eucalyptus grandis* com cinco anos de idade, adubado com LET, encontraram redução na densidade básica da madeira, o que foi compensado pelo aumento da produtividade. A redução da densidade básica da madeira foi atribuída ao aumento da taxa de crescimento, reduzindo a espessura da parede celular e a largura da fibra, retardando o amadurecimento da madeira. Os teores de celulose, lignina e o poder calorífico não foram alterados, porém os teores de hemicelulose e de cinzas aumentaram com a aplicação de lodo, sendo este incremento atribuído à maior absorção de nutrientes, principalmente de cálcio. Em caso de uso para carvão, o aumento das cinzas é indesejado, pois corresponde a substâncias que não entram em combustão, ficando na forma sólida (Chaves et al., 2013).

Devido à presença de diferentes substâncias tóxicas nos resíduos, tanto de origem industrial, como de origem doméstica, alguns trabalhos vêm indicando potencial de remediação do solo cultivado com algumas espécies. Labrecque et al. (1995), estudando os efeitos da aplicação de lodo de esgoto sobre o crescimento e a bioacumulação de metais pesados em *Salix discolor* e *Salix viminalis*, afirmam que a produtividade das plantas foi de cinco a seis vezes maior, em comparação com o tratamento controle (sem lodo). Os autores destacam ainda que as plantas não apresentaram nenhum sintoma de toxicidade pela absorção de metais pesados, havendo acúmulo em sua biomassa.

Caires et al. (2011), avaliando o desenvolvimento de cedro rosa em solo contaminado com cobre (Cu), afirmam que houve acúmulo do Cu na biomassa radicular, sendo uma espécie potencial para a fitorremediação de solos contaminados por tal elemento. Em geral, o lodo de esgoto apresenta consideráveis níveis de cobre.

Mosquera-Losada et al. (2012) afirmam que, a aplicação tanto de cal quanto do LET promovem o aumento da fertilidade do solo, elevando o pH, a capacidade de troca catiônica e a saturação por cálcio, reduzindo a saturação por alumínio. Os mesmos autores afirmam também que o efeito residual do lodo, na maior dose aplicada ($480 \text{ kg de N ha}^{-1}$), foi maior do que nos tratamentos com uso da cal, promovendo benefícios agrônômicos em longo prazo.

O lodo de esgoto apresenta ainda uso potencial na composição de substratos para espécies florestais. Neste contexto, pesquisas vêm sendo realizadas, como a avaliação das características químicas de substratos à base de LET para produção de mudas florestais, realizados por Santos et al. (2014). Os autores observaram que os substratos que continham o lodo tiveram a fertilidade complementada, sobretudo para o nitrogênio, fósforo e cálcio. Caldeira et al. (2013) encontraram no lodo de esgoto teores superiores de nitrogênio, fosforo, cálcio, enxofre, zinco, ferro e cobre, quando comparados com os teores presentes em substrato comercial.

Apesar de, em alguns casos, as mudas cultivadas nos compostos à base de lodo de esgoto responderem bem à fertilização complementar, os nutrientes já existentes são suficientes para a formação de plantas com boa qualidade, como afirmam Scheer et al. (2010), gerando economia temporal e financeira, comparado com a adubação convencional. Trigueiro e Guerrini (2003), em estudos utilizando o lodo de esgoto para produção de mudas de eucalipto, obtiveram uma economia de fertilizantes na ordem de 64%.

Diversos autores concordam com relação ao efeito positivo da utilização do biossólido (Trigueiro e Guerrini, 2003; Rocha et al., 2013; Gomes et al., 2013, Trigueiro e Guerrini, 2014 e Trazzi et al., 2014), porém, deve-se ter cautela com relação ao teor deste resíduo na composição total do substrato pela possibilidade de possuírem compostos prejudiciais às plantas, como os metais pesados.

Maia (1999), estudando o uso da casca de *pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*, encontrou uma produção de biomassa maior nos tratamentos com casca de *Pinus* e lodo, quando comparada ao uso do solo. A autora reconhece a fertilidade potencial que o lodo apresenta, porém afirma que este resíduo não deve ser utilizado como substrato puro.

Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando o uso de biossólido como substratos na produção de mudas de eucalipto afirmam que as doses de lodo de esgoto não devem ser superiores a 70% do total do substrato, podendo ser prejudicial a muda, sendo recomendados por eles entre 40 e 50%.

Rocha et al. (2013) afirmam que a utilização do composto de lodo de esgoto, com ou sem material estruturante, não ultrapassando percentual de 60%, é promissor como substrato para produção de mudas clonais de *Eucalyptus*, pois

resulta em desenvolvimento adequado das mudas, mesmo sem a aplicação de adubação suplementar no processo de produção.

Em trabalho realizado por Trigueiro e Guerrini (2014), utilizando o LET na produção de mudas de aroeira pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), os autores sugerem que a proporção de lodo deve situar-se entre 40 e 60%, em combinação com a casca de arroz carbonizada.

Já Nóbrega et al. (2007), em estudos da utilização de lodo de esgoto no crescimento inicial também de mudas de aroeira pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) afirmam que a proporção 37% de lodo de esgoto e 63% de solo é a mais adequada para o preparo do substrato, sendo a porcentagem usada de lodo menor do que a sugerida por Trigueiro e Guerrini (2014).

Gomes et al. (2013), em estudos utilizando o biossólido como substrato para mudas de teca (*Tectona grandis* L.), recomendam a proporção de 60% de lodo na composição do substrato associado a 30% de substrato comercial e 10% de terra de subsolo. Os mesmos autores verificaram ainda que os tratamentos que receberam lodo na sua composição revelaram um crescimento em altura superior às mudas do tratamento com substrato comercial.

Estudos com uso de biossólido também em mudas de teca (*Tectona grandis* L.), realizados por Trazzi et al. (2014), corroboram os autores acima, sugerindo o uso de 60-80% de lodo, no entanto, associado a fibra de coco triturada e a proporção de 80% de lodo, quando associada com a casca de arroz carbonizada, sendo essas proporções as mais benéficas para as mudas, resultando em maiores incrementos em altura, massa seca de parte aérea e diâmetro do coleto.

Scheer et al. (2012), avaliando compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), concluíram que, apesar de apresentar resposta positiva à fertilização adicional, os nutrientes presentes no substrato composto por resíduos de poda de árvores trituradas e lodo de esgoto foram suficientes para promover um bom crescimento das plantas.

Estudos quanto ao crescimento de quatro espécies arbóreas nativas (Aroeira-pimenteira, Cabreúva-vermelha, Pau-de-viola e Unha-de-vaca) adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral, realizados por Paiva et al. (2009), demonstraram que a aplicação do lodo

estimulou o crescimento das mudas das quatro espécies em altura e na produção de biomassa.

Siqueira et al. (2016), avaliando o uso do LET na composição de substrato para produção de mudas de mirindiba-rosa (*Lafoensia glyptocarpa*), obtiveram melhores resultados nos tratamentos com lodo, quando comparados ao substrato comercial, no entanto, para algumas variáveis, as maiores doses de lodo foram prejudiciais, sendo recomendada pelos autores proporções entre 60 e 70% de lodo, combinado com substrato comercial.

Avaliações quanto ao efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp., realizadas por Cunha et al. (2006), indicaram que as sementes que foram inoculadas com bactérias do gênero *Rhizobium* e submetidas a semeadura em substrato composto por 100% de lodo de esgoto apresentaram maior desenvolvimento das mudas, quando comparadas com aquelas conduzidas nos demais substratos. Entretanto, não foram descritas as características do torrão.

Trigueiro e Guerrini (2003) afirmam que a qualidade do torrão foi prejudicada na maior dose de lodo de esgoto (80% de lodo e 20% de casca de arroz carbonizada), sendo atribuído ao baixo enraizamento apresentado. Já Silva et al. (2015), utilizando resíduos agroindustriais do palmito pupunha e lodo de esgoto compostado, afirmam que a facilidade de extração e a firmeza foram prejudicadas nas menores doses de lodo de esgoto (33% de lodo e 77% dos resíduos do palmito pupunha). A maior dose de lodo utilizada pelos autores foi de 50% associada a 50% de resíduos do palmito pupunha, em que, para este tratamento, foi atribuída nota mediada para extração e firmeza do torrão, havendo boa agregação do sistema radicular ao substrato.

É importante lembrar que nem todas as espécies são tolerantes a determinados níveis de agentes contaminantes, sendo necessário avaliar cada espécie a ser cultivada, verificando suas características de sobrevivência em ambientes com elevados níveis de tais compostos.

3.3. Qualidade do substrato para produção de mudas

Para que se tenha êxito em um plantio florestal, se faz necessária a utilização de mudas com alto padrão de qualidade, conferindo maior resistência

às condições adversas encontradas no campo e redução no tempo de estabelecimento do plantio, reduzindo os tratos culturais de manutenção, fatores decisivos para sucesso do povoamento (Carneiro, 1995; Cruz et al., 2004; Duarte et al., 2015). César et al. (2014) ressaltam que a qualidade das mudas, no contexto de um sistema florestal deve ser observada qualquer que seja a natureza de sua finalidade.

O Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASEM), Lei 10.711/2003 (BRASIL, 2003), classifica como mudas de qualidade certificada as que são produzidas mediante controle de qualidade em todas as etapas do seu ciclo, incluindo conhecimento da origem genética e o controle de gerações.

Apesar do êxito dos plantios florestais estar atrelado às mudas que são utilizadas, Fonseca et al. (2002) destacam a dificuldade em determinar quais fatores, na fase de viveiro, vão interferir na sobrevivência e no desenvolvimento inicial das mudas no campo, especialmente em se tratando de espécies nativas.

As avaliações dos parâmetros determinantes da qualidade das mudas englobam avaliações morfológicas, biométricas, fisiológicas, anatômicas, bioquímicas e suas interações com os sítios de plantio. As análises morfológicas baseiam-se nas características de mais fácil observação, como por exemplo: altura da planta, diâmetro do coleto e volume de raízes. Já as análises fisiológicas englobam as características intrínsecas ao metabolismo da planta, como por exemplo, o conteúdo de clorofila, transpiração, condutância estomática e potencial hídrico.

Devido à sofisticação do uso e alto custo dos equipamentos utilizados para as avaliações fisiológicas, em geral, são utilizados apenas pelas instituições de pesquisas, correlacionando com as avaliações de mais fácil execução a campo, como as morfológicas e biométricas, possibilitando a seleção dos melhores materiais e técnicas de manejo.

Na fase de produção, o substrato exerce influência primordial no crescimento das mudas, e sua utilização pode ser feita de forma original ou combinada, tornando necessários estudos voltados para obtenção de substratos capazes de garantir adequado crescimento e qualidade das mudas produzidas em viveiro (Delarmelina et al., 2013).

Gonçalves et al. (2000) relatam que substratos adequados para a propagação de mudas via semente ou estaca podem ser obtidos a partir da

mistura de 70 a 80% de um componente orgânico (esterco bovino, casca de eucalipto ou pinus, bagaço de cana, lixo urbano, outros resíduos ou húmus de minhoca), com 20 a 30% de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado). Apesar de não citada por Gonçalves et al. (2000), a fibra de coco é também um material que apresenta alta porosidade (Carrijo et al., 2002).

Carneiro (1995) define substrato como o meio em que as raízes se proliferam, devendo fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também as necessárias quantidades de água, oxigênio e nutrientes.

Gonçalves et al. (2000) indicam algumas características desejáveis para que os substratos proporcionem o desenvolvimento de mudas de qualidade, entre elas, oferecer boa estrutura e consistência, de forma a sustentar as sementes ou estacas durante a germinação ou enraizamento, e ser suficientemente poroso, permitindo a drenagem do excesso de água para que se mantenha adequada aeração do sistema radicular.

Kampf (2005) também sugere algumas características desejáveis para um substrato, como por exemplo: estabilidade de estrutura (não compactar muito com o peso da água de irrigação); alto teor em fibras resistentes à decomposição, evitando a compostagem dentro do recipiente; e ausência de agentes causadores de doenças e pragas e de propágulos de ervas daninha.

Além das características físicas, a obtenção de mudas de boa qualidade exige a utilização de um substrato que forneça os nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento da planta. Para a maioria das espécies cultivadas, o enriquecimento do substrato com adição de adubação mineral representa uma prática conhecida para o processo de formação de mudas (Ceconi et al., 2007). Entretanto, pouco se conhece das exigências nutricionais das espécies florestais nativas. Os mesmos autores destacam que é comum a utilização de substratos pobres ou desequilibrados nutricionalmente, comprometendo o desenvolvimento das mudas.

Carneiro (1995) afirma que as características químicas modificam as propriedades físicas e biológicas do substrato, sendo também a recíproca verdadeira. A natureza química é influenciada pela quantidade de fertilização e

pela disponibilidade já existente de nutrientes minerais no substrato que, por sua vez, regula o desenvolvimento das mudas.

Kampf (2005) ressalta a importância do conhecimento do potencial hidrogênio (pH) dos substratos, devido estar relacionado com a disponibilidade de nutrientes, ocasionando efeitos sobre processos fisiológicos, podendo acarretar desequilíbrio nas mudas. Valeri e Corradini (2000) recomendam a faixa de pH do substrato entre 5,5 e 6,5, proporcionando adequado desenvolvimento de mudas. Já Kampf (2005) sugerem valores de pH entre 5,0 e 5,8.

Assim como o pH, a condutividade elétrica (CE) do substrato interfere diretamente na qualidade das mudas formadas e, de acordo com Wilson (1984), este parâmetro é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução. Segundo Rober e Schaller (1985), as plantas apresentam diferentes graus de sensibilidade à condutividade elétrica do substrato. De acordo com Kampf (2005), valores elevados de CE podem danificar as raízes, impedindo a absorção de água e nutrientes, devendo este parâmetro ser considerado na escolha dos materiais para composição do substrato.

Gonçalves et al. (2000) concordam com os efeitos deletérios da elevada concentração salina, destacando as falhas na germinação, distúrbios nutricionais e retardamento no crescimento inicial das mudas.

Pesquisas em relação ao efeito do substrato utilizado sobre a qualidade das mudas formadas são constantes, buscando-se novas alternativas que integrem os preceitos da sustentabilidade e proporcionem redução de custos do processo produtivo. Além disso, há uma crescente demanda de mudas florestais e o uso de um substrato que possibilite o desenvolvimento adequado da muda em menor tempo é desejado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Instalação e condução do experimento

O trabalho foi realizado em casa de vegetação localizada na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP), pertencente à Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), situada no Município de Campos dos Goytacazes, RJ. A temperatura média para o período experimental foi de 24,23°C e umidade relativa média de 72,51%.

Os substratos utilizados para preenchimentos dos tubetes foram: o preparado de lodo de esgoto tratado em mistura com substrato comercial ou fibra de coco nas proporções descritas na Tabela 1:

Tabela 1. Porcentagem de lodo de esgoto tratado (LET) (v:v), associado ao substrato comercial (SC) ou à fibra de coco (FC), na composição dos substratos utilizados na produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth.

TRATAMENTO	SC (%)	FC (%)	LET (%)
T1	100	0	0
T2	80	0	20
T3	60	0	40
T4	40	0	60
T5	20	0	80
T6	0	80	20
T7	0	60	40
T8	0	40	60
T9	0	20	80
T10	0	0	100

Apenas ao tratamento 1 (T1), composto pelo substrato comercial puro, foi adicionado adubo de liberação lenta (15-9-12 NPK), considerado como tratamento testemunha. Adicionou-se 8 kg m⁻³ de substrato comercial. O substrato comercial utilizado foi o Basaplant Florestais e a fibra de coco usada foi a Golden Mix – Amafibra de textura fina.

A espécie utilizada para a produção de mudas foi o vinhático (*Plathymania reticulata* Benth) que, inicialmente, foi semeada em bandejas plásticas contendo substrato comercial, sendo as plântulas repicadas para tubetes de 180 cm³, preenchidos com as misturas que representam os tratamentos, no dia 17/06/2016, irrigadas quatro vezes ao dia. Aos 11 dias após a realização do transplântio, observou-se grande mortalidade de mudas distribuídas em alguns tratamentos, As mudas apresentavam sintomas de tombamento, conforme Figura 1:

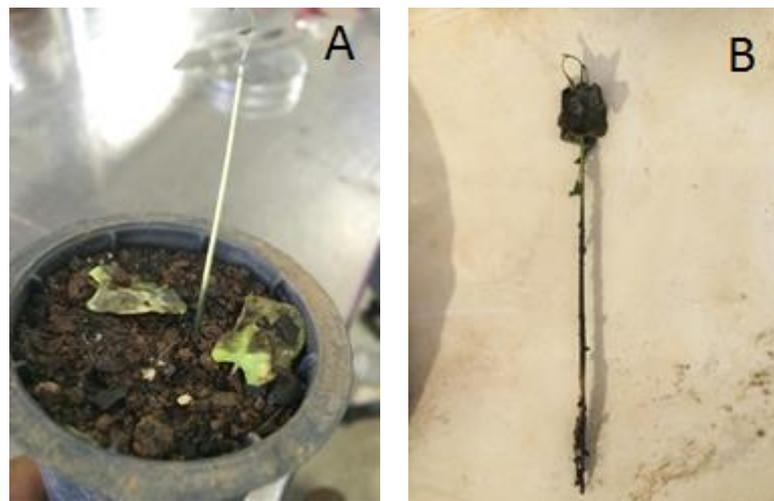


Figura 1. Escurecimento da base do caule de mudas de *Plathymania reticulata* Benth, sintoma de podridão (A); Muda morta após seis dias do início dos sintomas da podridão do coleto (B).

Avaliou-se a sobrevivência das mudas após repicagem e em seguida, as mudas que apresentaram os sintomas foram levadas para a clínica fitossanitária da UENF para averiguação da causa dos sintomas de tombamento. Não foram observados fungos causadores da doença, encontrados apenas *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp, podendo a podridão ser atribuída ao excesso de umidade ou aquecimento dos substratos. Assim, a irrigação foi reduzida para três vezes ao dia.

Foi realizado um novo semeio, colocando-se duas sementes em cada tubete. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com quatro blocos e 20 mudas por parcela.

4.1.1. Teste de germinação

Para avaliação da qualidade do lote de sementes e para a determinação da necessidade de realizar a quebra de dormência tegumentar, foi conduzido teste de germinação, em condições controladas de laboratório (BOD – 30 °C e 12 horas de fotoperíodo). O teste foi conduzido com a imersão das sementes em água quente (80 °C), conforme sugerido por Carrione et al. (2012), sendo a mesma contrastada com a germinação das sementes sem tratamento. Foi observado incremento na germinação das sementes de vinhático, com 95% de sementes germinadas, 16% superior ao controle, imersão em água sob temperatura ambiente. Assim como para a germinação, a imersão em água quente resultou em maior índice de velocidade de germinação (16,54%) em relação ao tratamento controle, favorecendo a uniformidade do plantio. Em função deste teste preliminar, as sementes foram então submetidas à quebra de dormência para a instalação do experimento.

4.2. Coleta e tratamento do lodo de esgoto

O lodo de esgoto foi fornecido pela estação de tratamento de esgoto (ETE) da Chatuba, da concessionária “Águas do Paraíba”, localizada na estrada do carvão, no Município de Campos dos Goytacazes, RJ. A ETE Chatuba é considerada uma das mais modernas do país, apresentando tratamento terciário, sendo sua eficiência de 97% de retirada das impurezas do esgoto. O tratamento terciário possibilita maior eficiência na limpeza do esgoto, gerando uma água mais limpa e, conseqüentemente, maior concentração de nutrientes no resíduo sólido. Após a coleta, o lodo seguiu para a higienização, realizada em casa de vegetação, possibilitando o uso para fins agrícolas.

Para a caleação foi determinado o peso seco, sendo retiradas amostras em triplicata, colocadas em placas de petri de peso conhecido. Em seguida, o material seguiu para estufa com temperatura de 65°C por 72 horas e depois para estufa a 105°C, até observar-se peso constante. A caleação foi realizada com

aplicação de cal hidratada Ca(OH)_2 a 15% do peso seco do lodo, conforme proposto por Garcia et al. (2009) e Lousada (2015). O lodo apresentou 80% de umidade, sendo aplicado 0,015 kg de Ca(OH)_2 para cada 1 kg de lodo seco.

De acordo com a legislação vigente (Brasil, 2006), após a adição de cal Ca(OH)_2 , o pH deve ser elevado até pelo menos 12, por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas, sendo esses valores alcançados sem que seja feita uma aplicação adicional de cal.

Os valores de pH medidos após a caleação foram determinados em extrato 2,5:1, V/V (Figura 2).

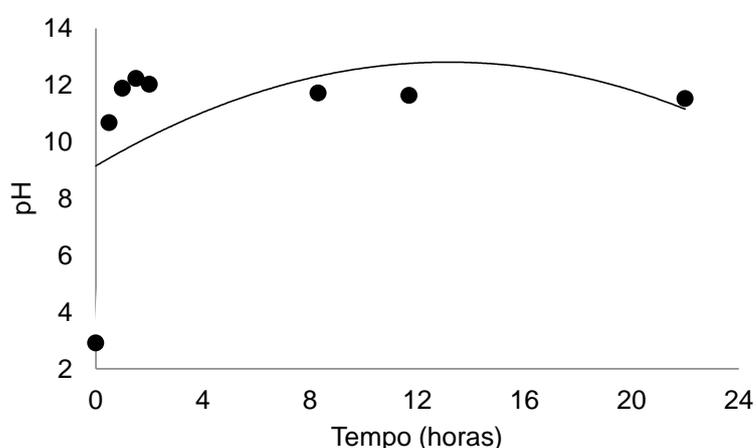


Figura 2. Valores de pH, nas primeiras 24 horas após a aplicação de cal hidratada Ca(OH)_2 , com base no peso seco, visando a higienização do lodo de esgoto.

A caleação do lodo a 15% do peso seco foi suficiente para manter o pH nos níveis preconizados pela legislação, logo, assumiu-se que o lodo estava livre, além de odores, de agentes patogênicos como ovos de helmintos, cistos de protozoários, colônias de bactérias, hifas de fungos e vírus.

4.3. Caracterização química dos substratos

Uma amostra composta foi retirada do leito de secagem na ETE da Chatuba, sendo coletados pontos em diferentes locais do leito. A amostra foi enviada para a empresa Hidroquímica – Grupo Oceanus, para caracterização quanto aos metais pesados. Os resultados obtidos foram comparados com os

limites estabelecidos pelo CONAMA 375/2006, em detalhes na Tabela 2, estando este lote apto para destinação agrícola.

Tabela 2. Análise do lote de lodo de esgoto da ETE Chatuba, após tratamento, e os requisitos mínimos de qualidade de lodo de esgoto ou produto derivado, quanto ao teor de substâncias inorgânicas, para que possa ser destinado ao uso agrícola, de acordo com a resolução N °375/2006 do CONAMA.

Substâncias Inorgânicas	Concentração observada (mg kg ⁻¹)	Concentração máxima (CONAMA 375/2006) (mg kg ⁻¹)
Arsênio	2,96	41
Bário	202,75	1300
Cádmio	0,79	39
Chumbo	31,84	300
Cobre	205,09	1500
Cromo	65,26	1000
Mercúrio	0,19	17
Molibdênio	8,75	50
Níquel	31,31	420
Selênio	2,56	100
Zinco	846,32	2800

Determinação feita pelo traço dos elementos em água ou resíduos (método 3050B), proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2008).

A condutividade elétrica do lodo de esgoto e suas proporções de mistura com o substrato comercial ou fibra de coco foi determinada em extrato 2,5:1 (v:v).

As composições de substrato que compunham os tratamentos foram submetidas à caracterização química, sendo determinados o pH, N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, S e B, com base na metodologia proposta pela Embrapa, 1997, realizada no centro de análises pertencente a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Campus de Campos dos Goytacazes, conforme a Tabela 3:

Tabela 3. Análise química dos teores totais das diferentes proporções de mistura do lodo de esgoto oriundo da ETE Chatuba, associado ao substrato comercial ou fibra de coco, após caleação.

Tratamento	pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	U	C	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B
	H ₂ O	g kg ⁻¹				--%--		--g kg ⁻¹ --	mg kg ⁻¹					
20% LE + 80% SC	6,5	9,38	3,21	1,93	220,79	22,88	37,70	168,00	16800	62	300	156	12,41	25,04
40% LE + 60% SC	7,1	11,41	3,34	1,93	234,52	18,30	39,90	189,60	20580	74	360	184	14,95	28,42
60% LE + 40% SC	7,7	12,53	3,62	1,42	237,12	38,27	40,80	153,60	23560	78	420	198	19,70	38,83
80% LE + 20% SC	7,2	14,56	4,17	1,42	274,56	34,32	38,30	158,40	32860	94	552	194	17,99	38,53
20% LE + 80% FC	6,6	12,81	4,03	9,78	161,87	14,35	32,50	352,80	20160	80	456	140	23,99	39,44
40% LE + 60% FC	7,0	16,38	3,34	5,47	237,12	35,78	27,60	228,00	31000	102	600	180	27,68	44,41
60% LE + 40% FC	7,4	17,64	4,33	3,95	230,52	18,30	26,10	170,40	21210	108	648	194	25,70	39,68
80% LE + 20% FC	7,8	19,88	4,46	2,43	176,75	20,03	25,30	165,60	32240	116	684	194	32,94	44,64
100% LE	7,7	19,81	3,89	0,92	228,80	34,11	25,10	146,40	31310	134	720	220	26,53	32,58

Análises realizadas de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

4.4. Caracterização física dos substratos

A densidade de partículas (d_p) e a porosidade foram determinadas utilizando-se o método do balão volumétrico, descrito por Embrapa (1997), em que, foram pesados 20 g de cada substrato seco ao ar (mssa) e transferidos para balões de 50 mL ($V_{\text{balão}}$). Foi adicionado álcool etílico até o menisco, anotando-se o volume gasto e agitando-se o balão para eliminar as bolhas de ar. Após 2 h (com o balão mantido tampado) foi feita nova agitação e o volume novamente completado com álcool, anotando-se o volume total de álcool adicionado ($V_{\text{álcool}}$). A densidade de partícula foi calculada por: $d_p = m_{\text{sse}} / v_p$ - em que, m_{sse} é a massa do substrato seco em estufa (105 °C) e v_p é o volume das partículas do substrato. O valor de m_{sse} foi obtido dividindo-se mssa pelo fator de correção (fc), também obtido conforme Embrapa (1997). O valor de v_p foi obtido por: $v_p = V_{\text{balão}} - (V_{\text{álcool}} + V_{\text{água}})$ - sendo $V_{\text{água}}$ o volume de água presente na amostra seca ao ar.

Para determinação da curva de retenção de água das diferentes composições de substrato, utilizou-se o método do funil de placa porosa, que consistiu na colocação de uma amostra dos diferentes substratos em anéis de volume conhecido ($V_{\text{anel}} = 100 \text{ mL}$). As amostras foram saturadas e colocadas em contato hidráulico com uma placa porosa no interior do funil, mantendo-se o nível do tubo flexível na saída do funil a uma altura superior a cada amostra (Figura 3). Depois de realizado o contato hidráulico, abaixou-se a mangueira flexível para quatro alturas desejadas, sequencialmente, sendo elas: 10 cm (1 kPa), 30 cm (3 kPa), 60 cm (6 kPa) e 100 cm (10 kPa), correspondentes, respectivamente, as tensões.



Figura 3. Método do funil de placa porosa para obtenção da curva de retenção de água das diferentes proporções de mistura de lodo de esgoto com o substrato comercial ou a fibra de coco para composição de substrato para produção de mudas de vinhático (*Plathymentia reticulata* Benth).

Com o desnível, ocorreu a drenagem de água presente nas amostras dos diferentes substratos (gotejando através da mangueira flexível), até que a condição de equilíbrio fosse alcançada e o gotejamento cessasse. O tempo em que as amostras foram deixadas em cada altura da mangueira flexível variou de dois até quatro dias, para que o equilíbrio fosse alcançado.

Após cessar o gotejamento do sistema na primeira altura da mangueira flexível, as amostras que ficaram em contato com a placa porosa foram pesadas, obtendo-se a massa úmida (μ), sendo novamente saturadas e retornando para o contato hidráulico com a placa, seguindo para o próximo nível da mangueira. O procedimento foi repetido para as quatro alturas.

As amostras foram levadas para estufa a 105 °C, para obtenção do peso seco (m_s). A densidade de cada substrato (d_s) foi obtida por $d_s = m_s/V_{anel}$, e a porosidade total (pt) por $pt = 1 - d_s/d_p$. A umidade volumétrica (U_v) em cada altura de sucção (ou tensão) foi obtida por $U_v = (m_a/d_a)/V_{anel}$ - em que, m_a é a massa de água da amostra ($m_a = \mu - m_s$) e d_a é a densidade da água.

Para confecção dos gráficos com as curvas de retenção de água de cada substrato, em função da tensão, foram utilizados os valores de umidade ajustados ao modelo de van Genuchten (1980). Tal ajuste foi feito usando a função "solver" do Microsoft Excel, assumindo-se a umidade na saturação como correspondente à porosidade total.

4.5. Avaliações biométricas e fisiológicas das mudas

Aos 120 dias após a semeadura (28/10/2016), as mudas seguiram para a fase de rustificação, permanecendo a pleno sol e com aumento gradual do turno de rega.

Após 20 dias na fase de rustificação (17/11/2016), avaliou-se a altura e o diâmetro de todas as plantas. A altura foi medida com o auxílio de régua milimetrada, do coleto até a gema apical e o diâmetro do coleto com o auxílio de paquímetro digital. Determinou-se a intensidade da cor verde por meio do medidor portátil de clorofila (SPAD – 502), com média de três leituras por planta, sendo uma leitura realizada em folha baixa, outra no terço médio e a última em folha localizada parte superior. Foram tomadas três mudas por parcela, com base no diâmetro médio, para as análises destrutivas. As folhas foram retiradas para

determinação da área foliar por meio do medidor de bancada modelo LICOR-LI3000. O sistema radicular foi separado da parte aérea e submetido ao processo de lavagem para retirada do substrato. Utilizaram-se jatos de água e, para que as raízes não se perdessem, foram utilizadas peneiras de malha fina.

Para análise e quantificação das raízes foi utilizado o equipamento WinRhizo acoplado a um scanner profissional equipado com uma unidade de luz adicional. As raízes foram dispostas em uma cuba de acrílico de 30 cm de largura e 40 cm de comprimento, contendo, aproximadamente, um cm de água. As raízes foram arranjadas de forma a não se sobreporem, para que não ocorresse subestimação da leitura pelo equipamento, conforme a Figura 4. Determinou-se o comprimento e o volume do sistema radicular com base em área de imagem ($8,4\text{cm}^2$), gerada pelo equipamento, conforme a Figura 4B.

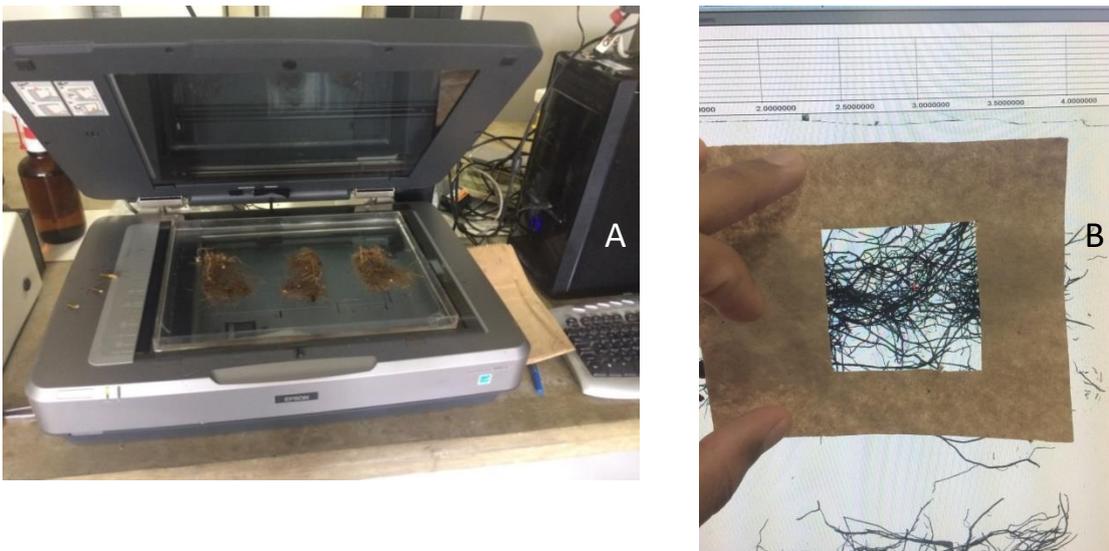


Figura 4. Scanner profissional acoplado a um microcomputador com o software WinRhizo, utilizado na quantificação das raízes (A) e determinação da área de imagem a ser utilizada para avaliação do comprimento e volume radicular (B) de mudas de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth).

Para determinação da massa de matéria seca, o sistema radicular e a parte aérea foram colocados em sacos de papel identificados e levados para estufa de circulação forçada de ar, a 65°C , por 72 horas. Após secagem, o material foi pesado em balança de precisão, sendo determinada a massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca da parte aérea (MSPA).

A massa seca total (MST) foi determinada pela soma dos dois compartimentos. Determinou-se a relação entre a matéria seca do sistema radicular e a matéria seca da parte aérea (MSSR/MSPA).

Para determinação do índice de qualidade de Dickson (IQD), foi utilizada a fórmula proposta por Dickson et al. (1960):

$$IQD = MST / (H/DC) + (MSPA/MSSR)$$

em que, MST – Massa seca total; H- Altura da planta; DC – Diâmetro do coleto; MSPA – Massa seca da parte aérea; MSSR – Massa seca do sistema radicular.

Avaliou-se a nodulação das plantas de acordo com a presença ou ausência de nódulos no sistema radicular das mudas, calculando-se a porcentagem de mudas com nódulos presentes.

4.6. Avaliação do torrão formado

Conforme proposto por Trigueiro (2002), a extração do tubetes foi analisada de acordo com a facilidade de livrar a muda do recipiente sem causar danos à planta ou ao torrão. Para este parâmetro foram atribuídas, pelo operador, notas de 1 a 5.

A agregação do torrão foi avaliada de acordo com a quantidade de substrato aderida ao sistema radicular, sendo atribuídas notas de 1 a 5, onde 1 menos de 20% do substrato aderido ao sistema radicular, nota 2, de 20 a 40% do substrato, nota 3, de 40 a 60% do substrato, nota 4, de 60-80% do substrato e nota 5, de 80-100% do substrato. Para determinar a porcentagem aderida, foi pesado o substrato aderido ao sistema radicular e o que restou no tubete, determinando o peso total do substrato em cada tubete. Do peso total de substrato, foi descontado o valor da massa fresca de cada raiz, pesado após a lavagem das raízes. Por fim, por meio de uma regra de três simples, foi determinada a porcentagem de substrato aderido ao sistema radicular.

Para avaliação da curvatura do torrão, capacidade de permanecer intacto ao manuseio, do momento da extração do tubete até o plantio, foram atribuídas notas de 1 a 5, utilizando como referência a Figura 5.

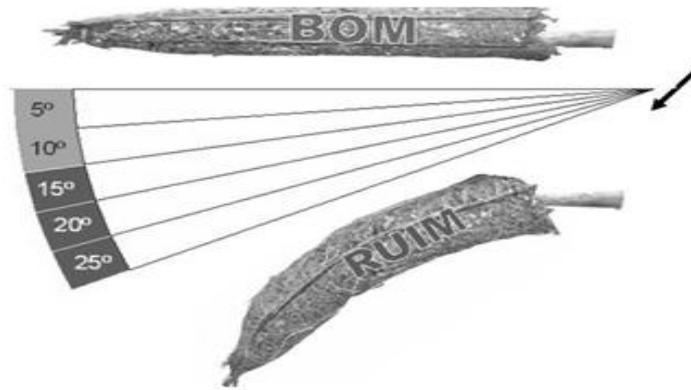


Figura 5. Parâmetro de firmeza do torrão avaliado em grau de deformação, sendo classificada com nota 5, até 5°, nota 4, até 10°, nota 3, até 15°, nota 2, até 20°, e nota 1, a partir de 25°.

4.7. Análises nutricionais

Após determinação da massa seca da parte aérea e do sistema radicular, a partir da secagem em estufa, os materiais foram moídos em moinho de facas tipo Willey e as amostras acondicionadas em frascos plásticos para determinação de N, P e K.

Para a determinação dos teores de N, ambos os compartimentos da planta foram submetidos à digestão sulfúrica separadamente, no qual o nitrogênio foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965), conforme a Figura 6.

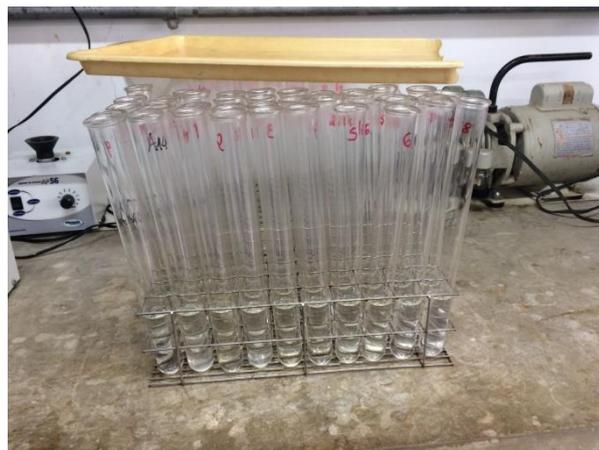


Figura 6. Tubos de digestão utilizados nas análises nutricionais após diluição e clareamento do material vegetal seco e moído de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth, produzidas em diferentes substratos.

A determinação do P foi realizada no Specord 210 e a do K, no espectrofotômetro de chama, ambas realizadas após digestão com HNO₃ concentrado e H₂O₂ em sistema de digestão aberta.

4.8. Análise dos dados

O tratamento utilizando o substrato comercial + adubo de liberação lenta foi considerado como um tratamento adicional, assim, as variáveis foram também submetidas a análise de variância (ANOVA) e comparação de média pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), para partição dos tratamentos em grupos semelhantes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização química das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado (LET) associado ao substrato comercial (SC) ou a fibra de coco (FC), utilizados para produção das mudas de vinhático, descrita na Tabela 3, revelou que os substratos testados apresentaram altos valores de pH, acima da faixa sugerida por Kampf (2005) como ideal, entre 5,0 e 5,8.

Caldeira et al. (2013) e Santos et al. (2014), utilizando lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas, encontraram valores de pH inferiores aos do presente trabalho, no entanto, o tratamento utilizado para destinação agrícola foi a solarização do material, periodicamente revolvidos, não havendo elevação do pH, como ocorre na higienização baseada na adição de cal. Alterações no manejo para o tratamento do lodo podem melhorar as características do resíduo, tornando-o mais adequado para o processo de produção de mudas.

Novais et al. (2007) destacam que, em função da oscilação dos valores de pH, ocorrem variações da disponibilidade de alguns nutrientes, o que pode ter influenciando o desenvolvimento das mudas.

5.1. Caracterização do substrato

Houve aumento da condutividade elétrica (CE) à medida que a proporção de lodo de esgoto tratado (LET) no substrato foi aumentada, tanto para as misturas com o substrato comercial (SC) como para a fibra de coco (FC) (Figura 7).

Guerrini e Trigueiro (2004) encontraram o mesmo comportamento observado no presente trabalho, sendo utilizada por eles a casca de arroz carbonizada nas

misturas. Os autores atribuíram o aumento da CE à alta carga de sais presente no lodo.

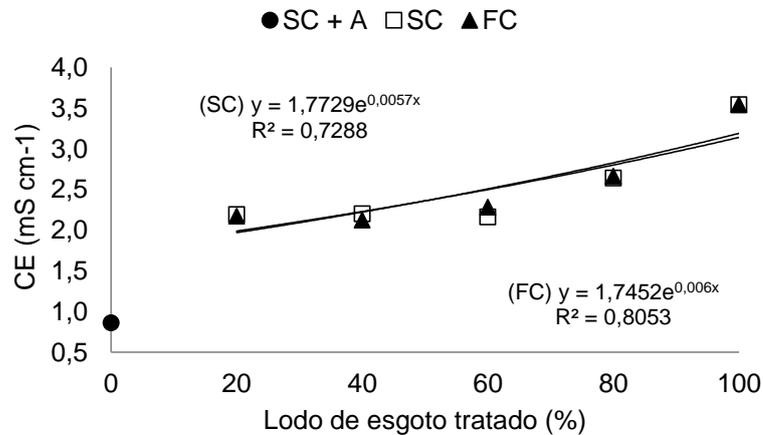


Figura 7. Condutividade elétrica das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), utilizados na composição do substrato para produção de mudas de Vinhático, determinada em extrato de 1:2,5 (v:v).

De acordo com Gonçalves et al. (2000), a CE do substrato não deve ser superior a $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$, assim, apenas o tratamento composto pelo substrato comercial puro se encontrava adequado para uso, apresentando CE de $0,86 \text{ mS cm}^{-1}$. A avaliação do SC foi realizada antes e depois da adição do adubo de liberação lenta (Osmocote - Scotts 15-9-12 NPK), não influenciando a CE. O maior valor de CE foi de $3,54 \text{ mS cm}^{-1}$, observado no tratamento utilizando 100% de LET. Guerrini e Trigueiro (2004) obtiveram CE de $2,99 \text{ mS cm}^{-1}$, para o tratamento composto de 100% de lodo, sendo determinada em extrato 1:5, diluição mais concentrada do que a utilizada neste trabalho, indicando que, o lote de lodo coletado neste trabalho, mesmo mais diluído, apresentou maior CE, quando comparado ao lodo utilizado por Guerrini e Trigueiro (2004).

Para o substrato composto por 80% de LET em SC observou-se CE de $2,64 \text{ mS cm}^{-1}$. Quando em mistura com FC, na mesma proporção, verificou-se CE de $2,66 \text{ mS cm}^{-1}$.

Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando o uso de lodo, em diferentes proporções de mistura com casca de arroz carbonizada, para utilização como substrato em mudas de eucalipto, encontraram na maior proporção de lodo testada (80% associado a 20% de casca de arroz carbonizada), CE de $3,02 \text{ mS cm}^{-1}$, valores superiores aos encontrados neste trabalho para a mesma proporção de LET.

Além dos diferentes materiais possíveis a serem misturados com o lodo para composição dos substratos, cada lote pode apresentar diferentes quantidades de sais, ocasionando variações na CE.

Os efeitos da CE sobre o crescimento e desenvolvimento podem variar conforme a espécie e a idade da planta, sendo maior a sensibilidade, quanto mais jovem a muda (Kampf, 2005).

Com relação aos atributos físicos, os substratos utilizando o LET em mistura com o SC apresentaram valores da densidade de partícula compatíveis com os de referência para materiais orgânicos, sugeridos por Prevedello (1996), no entanto, quando as misturas foram feitas com a FC, foram verificados resultados abaixo desta referência. Possivelmente este fato ocorreu devido a problemas metodológicos, com a preservação de ar no interior das fibras vegetais, durante a submersão em álcool, o que ocasionou a subestimação na densidade das partículas (Tabela 4).

Tabela 4. Densidade de partícula, densidade do substrato e porosidade total das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado (LET) em mistura com o substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC).

TRATAMENTO	DENSI. PARTÍCULA (g cm ⁻³)	DENSI. SUBSTRATO (g cm ⁻³)	POROSIDADE TOTAL (cm cm ⁻³)
100% SC	1,292	0,369	0,754
20% LET + 80 % SC	1,266	0,357	0,762
40% LET + 60% SC	1,240	0,348	0,768
60% LET + 40% SC	1,214	0,343	0,772
80% LET + 20% SC	1,188	0,358	0,761
100% LET	1,158	0,347	0,769
20% LET + 80 % FC	0,836	0,119	0,921
40% LET + 60% FC	0,915	0,208	0,861
60% LET + 40% FC	0,995	0,275	0,817
80% LET + 20% FC	1,075	0,305	0,797

Verificou-se a maior porosidade total no substrato composto por 20% de LET e 80% de FC, havendo redução à medida que a proporção de LET no substrato

foi aumentada em relação à FC. A alta porosidade é característica da fibra de coco (Zorzeto et al. 2014), que quando em altas proporções no substrato, eleva a porosidade total.

5.1.1. Curvas de retenção de água

Com relação à curva de retenção de água, na menor tensão de água (0 kPa), os valores de umidade volumétrica foram assumidos como correspondentes a porosidade total, com todas as proporções de LET e SC e o substrato comercial puro apresentando grande semelhança, próximo a $0,8 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, conforme a Figura 8.

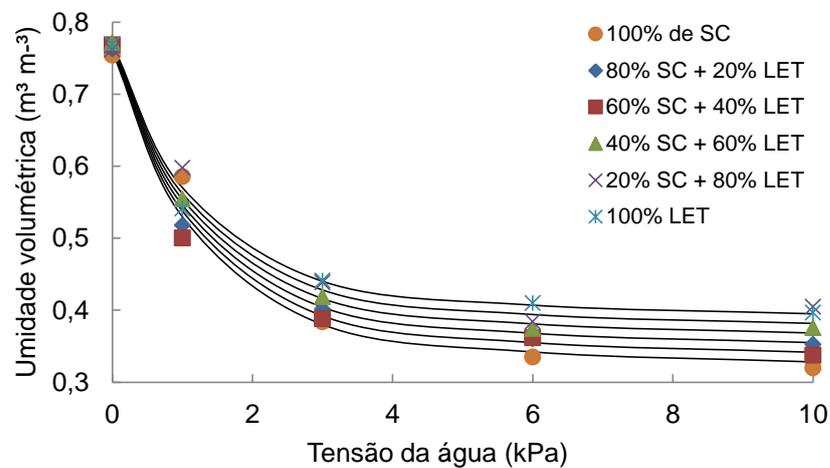


Figura 8. Curva de retenção de água pelo método do funil de placa porosa para as diferentes proporções de lodo de esgoto tratado associadas ao substrato comercial.

À medida que a tensão da água foi elevada, o aumento da proporção de LET no substrato favoreceu a retenção de água, em que, na maior tensão, 10 kPa, o tratamento utilizando 100% de LET revelou a maior quantidade de água retida, $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, enquanto, nesta mesma tensão, para tratamento composto apenas pelo substrato comercial, verificou-se a menor retenção de água, $0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Além da ocorrência de problemas como a podridão do coleto, Peroni (2012) destaca que a utilização de substratos com capacidade de retenção de água excessiva pode acarretar prejuízos ao sistema radicular das mudas, ocasionados pela redução do CO_2 e, com conseqüente diminuição da aeração na zona radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes e o crescimento da muda.

Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando o uso de diferentes proporções de lodo e casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de

eucalipto, afirmam que, à medida que se elevou a proporção de lodo no substrato, houve maior capacidade de retenção de água, corroborando os resultados obtidos no presente trabalho.

Verifica-se na Figura 9 que, nas menores tensões de água (0 e 1 kPa), a FC favoreceu a retenção de umidade dos substratos, observando-se a maior retenção no tratamento com a maior proporção de fibra em relação ao lodo de esgoto tratado (80% de FC e 20% de LET), o que é reflexo da maior porosidade total desse tratamento (Tabela 4).

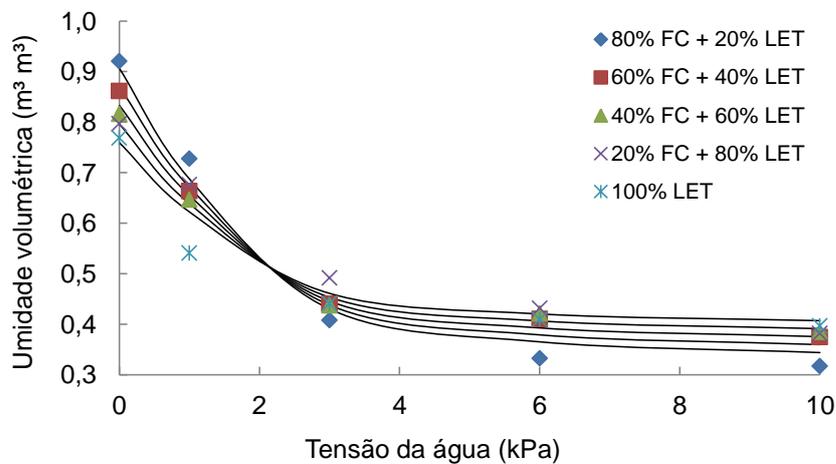


Figura 9. Curva de retenção de água pelo método do funil de placa porosa para as diferentes proporções de lodo de esgoto tratado associadas à fibra de coco.

A partir da tensão de 2 kPa, houve uma inversão no comportamento dos tratamentos, nos quais, a maior retenção de água passou a ser observada nos substratos com maiores proporções de LET, mantendo este comportamento até a maior tensão de água da curva (10 kPa). A partir da tensão de 2 kPa, os valores de retenção de água tornaram-se semelhantes entre os tratamentos utilizando LET em mistura com SC (Figura 8).

Na menor tensão, 0 kPa, o tratamento utilizando 20% de LET e 80% de FC apresentou a maior retenção de água, $0,91 \text{ m}^3 \text{ m}^3$, enquanto para o LET puro este valor é de $0,79 \text{ m}^3 \text{ m}^3$. Na maior tensão de água, 10 kPa, o tratamento supracitado apresentou a menor umidade retida, $0,317 \text{ m}^3 \text{ m}^3$, enquanto para o LET puro, o valor foi superior, $0,396 \text{ m}^3 \text{ m}^3$, evidenciando o favorecimento da retenção de água pela adição de LET aos substratos.

Corroborando o presente trabalho, Caldeira et al. (2013), avaliando as características de diferentes proporções de LET e vermiculita como substrato para

produção de mudas de eucalipto, concluíram que maiores proporções de LET e menores de vermiculita promoveram aumento da água disponível, sendo atribuído ao aumento da densidade e da microporosidade dos substratos.

Assim como nas mistura com SC, quando em mistura com FC, o LET favoreceu a retenção de umidade dos substratos à medida que a tensão da água foi elevada.

De acordo com Boodt e Verdonck (1972), a água facilmente disponível para as plantas se encontra nas tensões entre 1 e 5 kPa. A água presente em tensões mais elevadas, entre 5 e 10 kPa, é chamada de água tamponante, utilizada pelas plantas em situações de estresse hídrico.

Em eventuais condições de baixa disponibilidade de água (elevada tensão) em um viveiro, a manutenção do estado hídrico de mudas produzidas em substratos contendo LET será incrementada positivamente, sendo tais benefícios proporcionais à quantidade de LET adicionada ao substrato. Isso implica no aumento do turno de rega, sendo este um ganho operacional para o viveiro. Por outro lado, se a alteração no turno de rega não for adotada, poderá haver excesso de água nos substratos, ocasionando prejuízos para o desenvolvimento das mudas pela falta de oxigenação do sistema radicular.

Substratos orgânicos possuem variada capacidade de retenção de água, logo, requerem maior rigorosidade no controle da irrigação, evitando encharcamento lixiviação (Gonçalves et al. 2000; Gomes e Paiva, 2011).

5.2. Sobrevivência

Conforme relatado na metodologia, houve grande mortalidade das mudas num primeiro momento, apresentando sintomas de podridão logo após a repicagem, sendo mais acentuada nas maiores porcentagem de LET na composição do substrato, conforme a Figura 10.

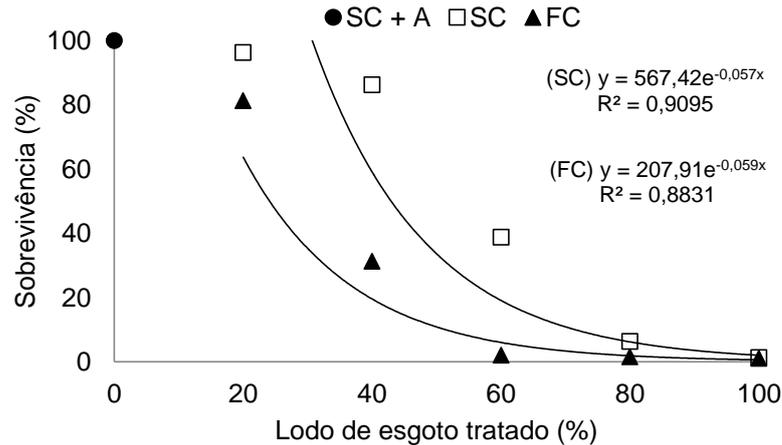


Figura 10. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado no substrato em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC+ A) sobre a porcentagem de sobrevivência de mudas de vinhático (*Plathymania reticulata*) 10 dias após a repicagem.

O tratamento utilizando 100% de LET apresentou a menor sobrevivência de mudas, 1,25%. Em contrapartida, para o tratamento utilizando o substrato comercial fertilizado, observou-se máxima sobrevivência, 100% das mudas.

Tal fato provavelmente ocorreu devido ao aquecimento do substrato ou à maior retenção de água (Figuras 8 e 9), em que, o LET favoreceu a retenção nas maiores tensões de água, contribuindo para o excesso de umidade na base das mudas, ocasionando a podridão.

Após a redução da irrigação, novo semeio do vinhático foi realizado, diretamente nos tubetes com as diferentes composições de substrato, verificando-se sobrevivência de 100% das mudas.

5.3. Avaliações biométricas e fisiológicas das mudas

As mudas produzidas com 20 ou 40% de lodo de esgoto tratado (LET) em fibra de coco (FC) apresentaram altura (H) inferior àquelas produzidas em substrato comercial fertilizado, no entanto, foram superiores aos substratos com as demais combinações de LET e SC ou FC. Para o diâmetro do coleto (DC), o substrato comercial que recebeu adubação revelou mudas com mesmo valor daquelas produzidas nas proporções de 20 e 40% de LET (Figura 11A e B).

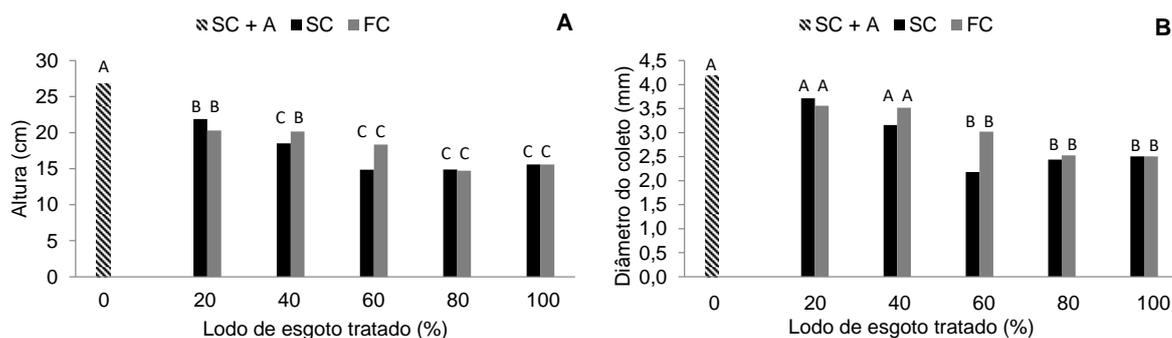


Figura 11. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A) como substrato para produção de mudas de vinhático (*Plathymeria reticulata*) sobre altura (A) e diâmetro do coleto das mudas (B), aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Pesquisas utilizando composto de lodo de esgoto associado à casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de eucalipto, realizados por Rocha et al. (2013), descrevem menor crescimento em H e DC no tratamento utilizando apenas o substrato comercial. Os autores explicaram o desempenho inferior deste tratamento pela falta de qualquer tipo de adubação mineral extra, assim, os nutrientes presentes não foram suficientes para produzir mudas com qualidade satisfatória.

Entre as proporções do composto de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada, os autores supracitados não encontraram diferenças para H e DC das mudas de eucalipto, o que indica que, mesmo em baixas proporções, a adição do composto foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais e a disponibilidade necessária de água para as plantas, corroborando o presente trabalho.

Teles et al. (1999), avaliando a produção de mudas de Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) em diferentes combinações de LET e terra de subsolo, observaram redução da H e DC das mudas a medida que se elevou a quantidade de lodo no substrato, mesmo comportamento observado neste trabalho. Os autores concluem que não devem ser utilizadas proporções acima de 50% de LET na composição do substrato, causando prejuízos ao crescimento das mudas.

Os elevados valores de pH verificados nos substratos, bem como a alta condutividade elétrica (Tabela 3 e Figura 7, respectivamente) possivelmente contribuíram para a redução em H e DC das mudas de vinhático, nos tratamentos

com maiores proporções de LET. Altos valores de pH contribuem para a indisponibilidade de nutrientes (Novais et al. 2007), o que possivelmente favoreceu a redução de crescimento das mudas de vinhático. Teles et al. (1999) também atribuíram a redução de H e DC aos elevados valores do pH observados nos substratos, causados pelo processo de higienização e estabilização do LET por meio da caleação, mesmo tratamento utilizado neste trabalho.

Caldeira et al. (2013), utilizando substratos alternativos para a produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii* encontraram os maiores valores de H, aos 150 dias após a semeadura, nas mudas produzidas com 80% de lodo, 10% de casca de arroz carbonizada (CAC) e 10% de palha de café (PC) *in natura* e 60% de lodo, 20% CAC e 20% PC *in natura*. As proporções de lodo na composição do substrato, que apresentaram os melhores resultados para a altura das mudas, foram superiores as deste trabalho. Os autores citados encontraram menor valor de DC (0,77mm) nas mudas produzidas em substrato comercial puro, sem descrição de qualquer tipo de fertilização, o que desfavorece este tratamento, tendo em vista a riqueza nutricional presente no lodo.

Avaliações quanto ao uso do LET e vermiculita na composição do substrato para produção de mudas de eucalipto, realizados por Caldeira et al. (2013), apontam que o substrato composto por 20, 40 e 60% de LET associados a vermiculita foram os que geraram mudas com maior altura. Os autores utilizaram fertilização em todas as composições de substrato, adicionando 750 g de sulfato de amônio, 1,667g de superfosfato simples e 172 g de cloreto de potássio por m³ de substrato. Para o DC, os mesmos autores não encontraram influência da adição do LET à vermiculita para mudas de eucalipto.

De acordo com Gonçalves et al. (2000), mudas de espécies nativa de boa qualidade para plantio devem possuir altura entre 20 a 35 cm e o diâmetro do colo entre 5 a 10 mm, contudo, esta afirmação é muito ampla, devendo os requisitos mínimos para plantio serem determinados para cada espécie. Os tratamentos: substrato comercial + adubo de liberação lenta, 20% de LET em SC ou em FC e 40% de LET em FC resultaram em mudas com valores de H sugeridos como adequados por Gonçalves et al. (2000), aos 140 dias após a semeadura.

Segundo Valeri e Corradini (2000) e Trazzi et al. (2014), há relação entre o potássio na fase de rustificação e o engrossamento do caule, cujo fornecimento adequado garante maior eficiência no controle da abertura estomática, o que faz

com que a planta perca menos água nas horas mais quentes do dia, aumentando, assim, a sua resistência às condições adversas do campo.

O maior teor total de K_2O no substrato foi observado no tratamento composto por 20% de LET em FC, apresentando $9,78 \text{ g kg}^{-1}$ de K_2O (Tabela 3). Neste tratamento, as mudas atingiram DC médio de 3,56 mm, sem diferença para as mudas produzidas no substrato comercial fertilizado.

O tratamento composto por 100% de LET apresentou teor total de K_2O de $0,92 \text{ g kg}^{-1}$. Verificou-se que o teor total de K_2O foi incrementado pela adição de FC aos substratos. De acordo com Gonçalves et al. (2000), o lodo de esgoto apresenta alto teor de matéria orgânica e baixo teor de potássio (K). Segundo Carrijo et al. (2002) a FC pode apresentar altos teores de cloreto de potássio para destinação agrícola, podendo, inclusive, atingir níveis tóxicos.

Não houve efeito da adição de LET ao substrato, até a proporção de 40% quando em mistura com SC e até 60%, quando associado à FC, para área foliar (AF), em relação aos valores verificados nas mudas produzidas em substrato comercial fertilizado (Figura 12A).

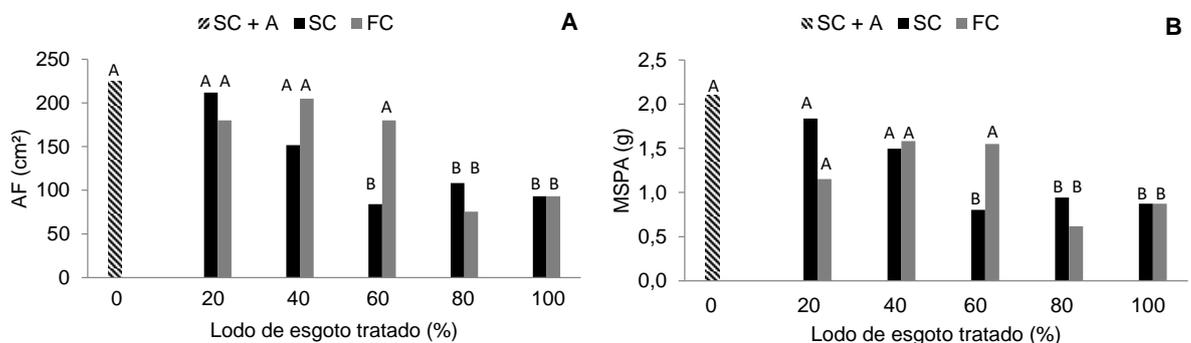


Figura 12. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A) como substrato para produção de mudas de vinhático (*Plathymentia reticulata*) sobre a área foliar - AF (A) e massa seca da parte aérea - MSPA (B) das mudas, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em trabalho utilizando composto de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada na composição de substrato, realizados por Rocha et al. (2013), para produção de mudas de eucalipto, foi observada maior AF no tratamento com 60% de composto de lodo. Os autores não utilizaram o lodo de esgoto puro, e sim um composto de lodo, em que foram adicionadas podas de árvores trituradas.

Lima Filho (2015) verificou maior AF das mudas de *Ceiba speciosa* produzidas em vasos de 20 L, com adição de 1,6 L vaso⁻¹ de LET ao solo, em relação à adubação feita com superfosfato simples e o tratamento testemunha (solo sem adubação).

Padovani (2006), utilizando composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de Ipê de Jardim, encontraram maior AF nos tratamentos utilizando 60% do composto de lodo de esgoto + 40% de casca de arroz carbonizada e na testemunha (100% esterco de curral), sendo a mesma proporção de composto de lodo sugerida por Rocha et al. (2013).

Santos (2010) avaliando uso do LET na composição de substrato para produção de mudas de espécies florestais da mata atlântica observaram que, para o Embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*), a maior AF foi verificada nas mudas produzidas em 20% de LET, 70% de argila e 10% de areia. As mudas foram produzidas em sacos plásticos.

A formação de mudas com maior AF está diretamente ligada ao maior fornecimento de água e nutrientes, contudo, caso o plantio ocorra em locais com temperatura elevada e/ou baixa pluviosidade, uma menor AF pode favorecer o pegamento das mudas, reduzindo a perda de água.

Quando o plantio é feito em locais de baixa luminosidade, uma maior AF pode ser benéfica, tendo em vista que haverá ampliação da AF disponível para interceptação da energia luminosa e consequente realização da fotossíntese (Forrester, 2013).

Os substratos com maiores proporções de LET, geraram mudas com AF reduzida, também ocasionando diminuição de outros parâmetros como a H, DC, comprimento e volume de raízes (Figuras 11 e 15), o que pode tornar as mudas inadequadas para plantio no campo, devido ao porte reduzido, aos 140 dias após a semeadura.

Tanto a sobrevivência quanto o crescimento inicial das mudas, após o plantio no campo, estão diretamente correlacionadas com o peso de matéria seca das mudas (Gomes e Paiva, 2011). Para o presente trabalho, observou-se que as mudas produzidas em substratos com menores quantidades de LET (20 e 40%) associado ao SC ou FC, e 60% de LET, quando em FC, apresentaram mesma MSPA em relação ao substrato comercial fertilizado, indicando que o lodo foi capaz de suprir a demanda nutricional das mudas, não ocasionando os problemas

de desenvolvimento encontrados nas maiores proporções do LET no substrato (Figura 12B).

A MSPA nas mudas é reflexo do crescimento da parte aérea (H, DC e AF). Seu maior acúmulo pode favorecer o pegamento das mudas e crescimento pós-plantio, pois sugere maior área fotossintetizante, produzindo maior quantidade de fotoassimilados que irão contribuir para o desenvolvimento das mudas após o plantio no campo.

Forrester (2013) destaca que, a redução da parte aérea das plantas resulta em menor captação de recursos por meio da fotossíntese, no entanto, muitas vezes tal redução pode ser compensada pelo aumento da eficiência do remanescente foliar, sendo capaz de suprir a demanda fotossintética.

Trazzi et al. (2014), utilizando LET na composição de substrato para produção de mudas de Teca (*Tectona grandis*), encontraram que o maior valor de MSPA foi obtido nos tratamentos utilizando elevadas proporções de lodo (80% e 60%) associados à casca de arroz carbonizada. Os autores observaram a menor MSPA nas mudas produzidas em substrato comercial puro, sem descrição de qualquer tipo de fertilização, o que favorece os substratos que receberam o LET.

Delarmelina et al. (2013), utilizando LET e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata*, encontraram os maiores valores de MSPA, sem diferença estatística entre si, nos tratamentos utilizando 80, 60 e 40% de LET associado ao composto orgânico. O composto orgânico utilizado pelos autores foi preparado com esterco bovino e palha de café *in natura*.

Teles et al. (1999) destacam que, quando se utiliza o método da caleação para higienização do lodo, permitindo sua disposição agrícola, pode haver alcalinidade dos substratos, favorecendo a indisponibilidade de nutrientes, prejudicando o crescimento das mudas, o que possivelmente contribuiu para a redução em H, DC e AF (Figuras 11 e 12A), refletindo menor MSPA das mudas de vinhático nas maiores proporções de LET no substrato.

Para o presente trabalho, a matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca total (MST) não diferiram entre os tratamentos com adição de 20% de LET em SC, em relação ao substrato comercial fertilizado, conforme as Figuras 13A e B.

Gomes e Paiva (2011) destacam que, a sobrevivência, estabelecimento e a boa produtividade dos povoamentos florestais é consideravelmente maior quanto

mais abundante for o sistema radicular, independente da altura da parte aérea, podendo ser representado pela MSSR, o que indica que as mudas produzidas no substrato comercial fertilizado e na proporção de 20% de LET associado ao SC possuem maior probabilidade de sobrevivência pós-plantio.

Trazzi et al. (2014), avaliando a produção de mudas de Teca (*Tectona grandis*) em substratos formulados com LET e casca de arroz carbonizada ou FC, encontraram maior MSSR no substrato utilizando 60% de LET e 40% de FC. Os autores atribuíram o bom desempenho do referido tratamento à boa interação entre as características químicas e físicas dos componentes do substrato, possibilitando adequada respiração das raízes e, conseqüentemente, maior crescimento radicular.

Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando os efeitos do uso do LET na composição do substrato para produção de mudas de eucalipto, encontraram os maiores valores de MSSR no tratamento utilizando o substrato comercial (Multiplant), havendo aplicação de adubos já nos primeiros estádios de desenvolvimento das mudas.

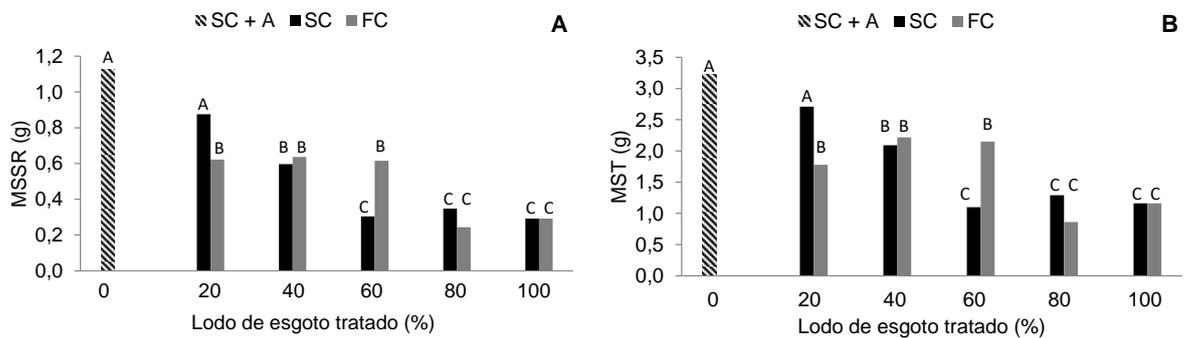


Figura 13. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A) sobre a massa seca do sistema radicular - MSSR (A) e massa seca total - MST(B) de mudas de vinhático (*Plathymentia reticulata*), aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Caldeira et al. (2013) encontraram, para mudas de eucalipto, MSSR superior na menor proporção de LET utilizada por eles (20%) associada a vermiculita (80%), mesma proporção de LET sugerida no presente trabalho, quando associado ao SC.

Substratos que promovem a formação de um sistema radicular mais robusto favorecem o índice de sobrevivência das mudas no campo pelo maior acesso das mudas a água e nutrientes, reduzindo os custos com replantio.

Em trabalho realizado por Rocha et al. (2013), avaliando o uso de diferentes proporções de composto de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de eucalipto, autores encontraram maior MSSR e MST nas mudas produzidas em 100% do composto de lodo de esgoto. Os autores observaram o menor valor para as variáveis supracitadas no substrato constituído pelo lodo de esgoto puro, no entanto, o composto de lodo de esgoto utilizado pelos autores foi misturado à poda de árvores trituradas, não sendo considerado o lodo absoluto.

Faustino et al. (2005), utilizando LET como substrato para produção de mudas de Cássia de sião (*Senna simea*), encontraram maior MST nos tratamentos utilizando 75% de LET + solo e 25% de LET + 25% de pó de coco e solo, sendo indicada pelos autores a segunda composição de substrato, cujo percentual de LET é próximo ao encontrado neste trabalho com maior valor de MST (20%), quando associado ao SC, sem diferença das mudas produzidas no substrato comercial adubado.

Faria et al. (2013), utilizando o LET na composição de substrato para produção de mudas de *Senna alata*, encontraram a maior MST na composição com 80% de LET e 20% de FC. Para o presente trabalho, a mesma proporção de lodo no substrato, associada ao SC ou a FC, revelou a menor MST, mesma observada nas mudas produzidas em 100% de LET.

Não houve diferença entre os substratos que receberam LET, sobre a relação matéria seca do sistema radicular/matéria seca da parte aérea (MSSR/MSPA) das mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura (Figura 14).

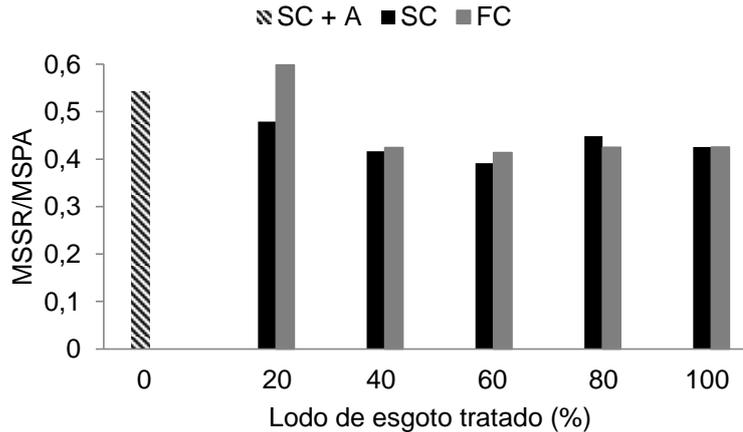


Figura 14. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre a relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea (MSSR/MSPA) de mudas de vinhático (*Plathymentia reticulata*), aos 140 dias após a sementeira.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Daniel et al. (1997) afirmam que uma relação MSSR/MSPA de 0,5 é um bom padrão para obtenção de uma muda de qualidade. Para este trabalho, os tratamentos que apresentaram uma relação MSSR/MSPA mais próxima a sugerida como ideal por Daniel et al. (1997) foram, o substrato comercial fertilizado e o que utilizou 20% de LET associado ao SC, pressupondo uma maior e estável alocação da biomassa das mudas.

Valores muito baixos ou muito elevados da relação MSSR/MSPA refletem desequilíbrio da distribuição da biomassa entre o sistema radicular e a parte aérea.

De acordo com Caldeira et al. (2013), a massa da parte aérea das mudas não deve ser muito superior à massa das raízes, podendo ocasionar possíveis problemas de sustentação e/ou na absorção de água pelas raízes.

As mudas produzidas no substrato comercial fertilizado e nos quais foi adicionado 20% ou 40% de LET à FC, apresentaram maior comprimento e volume de raízes em relação aos demais substratos testados, indicando que estas proporções foram suficientes para propiciar crescimento radicular semelhante ao substrato comercial adubado (Figura 15A e B).

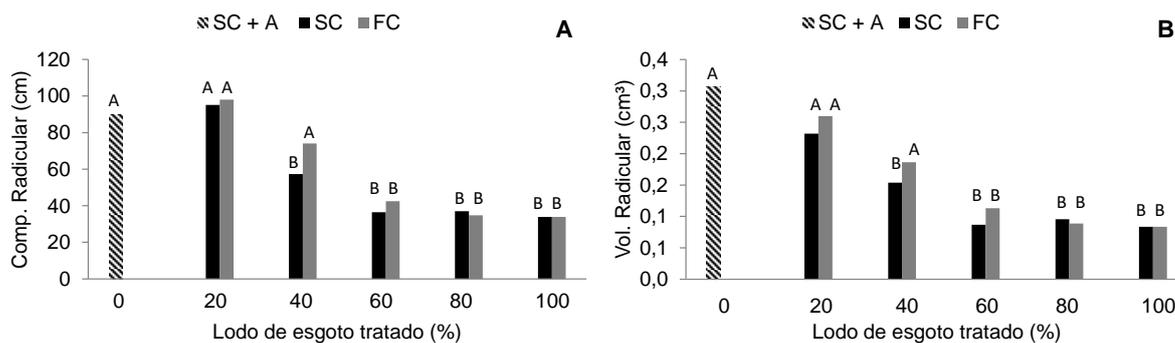


Figura 15. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o comprimento (A) e volume do sistema radicular (B), determinados em área de imagem do software WinRhizo (8,4cm²), de mudas de vinhático (*Plathymenia reticulata*), aos 140 dias após a semeadura. (*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A adição de 20% e 40% de LET, quando associados à FC, apresentou menor MSSR (Figura 13A), no entanto, para o comprimento radicular, as mesmas proporções não apresentaram diferença em relação ao substrato comercial fertilizado. Tal fato sugere a formação de um sistema radicular mais fino, e conseqüentemente mais ativo em tais formulações de substrato.

Os substratos que receberam maiores proporções de LET em sua composição apresentaram menor comprimento e volume radicular, corroborando os prejuízos verificados na parte aérea (Figuras 11 e 12) das mudas produzidas em tais composições de substrato.

Os maiores valores de IQD foram observados nas mudas produzidas no substrato comercial adubado, em 20% de LET, quando associado ao SC, 40% de LET em SC ou FC e 60% quando em FC (Figura 16).

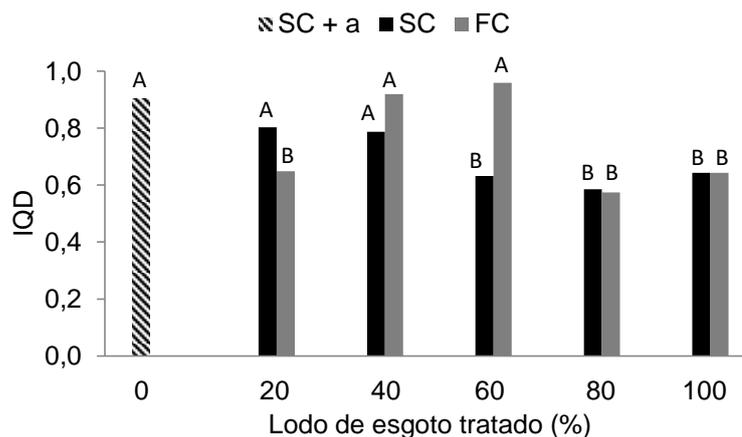


Figura 16. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de vinhático (*Plathymeria reticulata*), aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Trazzi et al. (2014), avaliando o uso do LET na composição de substrato para produção de mudas de Teca (*Tectona grandis*) encontraram o maior valor de IQD no tratamento utilizando 60% de LET associado a 40% de FC, mesma proporção observada no presente trabalho.

O índice de qualidade de Dickson, engloba apenas a relação raiz parte aérea, considerando valor absoluto de altura e diâmetro do colo e a massa seca de cada compartimento. Foi desenvolvido para *Pinus*, em uma região de clima específico, e vem sendo amplamente utilizado para auxiliar na comparação da qualidade de mudas nas diferentes situações de clima e manejo (Dickson et al. 1960). Trata-se de um índice comparativo, que não deve ser utilizado como parâmetro único para determinação da diferença de qualidade de mudas, tendo em vista o problema das relação englobadas. No presente trabalho, o IQD não foi um bom indicador da qualidade de mudas.

Gomes et al. (2013) obtiveram menor IQD, no tratamento utilizando 20% de LET + 70% de SC e 10% de terra de subsolo, para a Teca. Valores superiores foram observados nos demais tratamentos utilizados pelos autores, com maiores proporções de lodo na composição do substrato, não apresentando diferença significativa entre si.

Em seu estudo, avaliando diferentes composições de substrato à base de LET para produção de mudas de Candelabro (*Senna alata*), Faria et al. (2013)

encontraram o maior valor de IQD no tratamento utilizando 80% LET e 20% de FC, sendo a proporção de LET superior a verificada no presente trabalho, para esta variável.

Caldeira et al. (2013), avaliando o uso de casca de arroz carbonizada, LET, palha de café *in natura* e SC na formulação de substratos para produção de mudas de rabo de pitu (*Chamaecrista desvauxii*), encontraram valores de IQD que variaram entre 0,01 e 0,14. Os maiores valores foram observados nos seguintes tratamentos: 60% de LET + 20% de casca de arroz carbonizada + 20% de palha de café *in natura*; 20% de LET + 40% de casca de arroz carbonizada e 40% de palha de café *in natura* e 60% de LET + 40% de palha de café *in natura*, sem diferença estatística entre si.

Em trabalho realizado por Peroni (2012), utilizando diferentes substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, verificou maior valor de IQD nas mudas produzidas em substrato com 40% de LET e 60% de composto orgânico à base de palha de café *in natura* e esterco bovino.

O valor de IQD pode variar em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que muda foi avaliada (Trazzi 2011), impedindo a equiparação dos valores desta variável nas diferentes situações de manejo e espécies.

Com relação à fisiologia das muda, não houve efeito da adição de LET ao substrato para a intensidade da cor verde (Medidor portátil de clorofila (MPC) - SPAD) das mudas de vinhático, em relação às mudas produzidas em substrato comercial fertilizado, conforme a Figura 17.

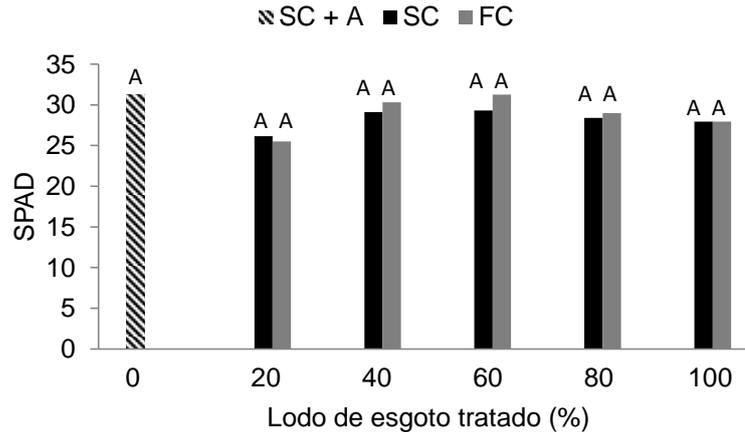


Figura 17. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o índice de verde (SPAD – 502), em mudas de vinhático (*Plathyenia reticulata*), aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando o uso do LET na composição de substrato para produção de mudas de eucalipto afirmam que, com relação ao teor de clorofila das folhas, o lodo provocou efeitos positivos, obtendo-se valores superiores ao substrato comercial puro. Os maiores valores do teor de clorofila foram atribuídos pelos autores à riqueza de N presente no resíduo.

No presente trabalho, observou-se aumento do teor total de N no substrato à medida que se elevou a proporção de LET em sua composição, tanto nas misturas feitas com o SC, como com a FC (Tabela 3). No entanto, não se verificou diferença para a intensidade de cor verde (SPAD) das mudas produzidas nas diferentes proporções de LET, o que possivelmente ocorreu devido à indisponibilidade do N, ocasionada pelos altos valores de pH (Tabela 3) e os efeitos deletérios ao sistema radicular promovidos pela alta condutividade elétrica (Figura 7).

No substrato comercial fertilizado houve 100% de mudas com presença de nódulos fixadores de nitrogênio (Figura 18), o que certamente influenciou os resultados obtidos neste tratamento para a intensidade da cor de verde.

À medida que se aumentou a proporção de LET na composição do substrato, em mistura com a FC, houve redução da porcentagem de mudas com presença de nódulos radiculares para fixação biológica do nitrogênio.

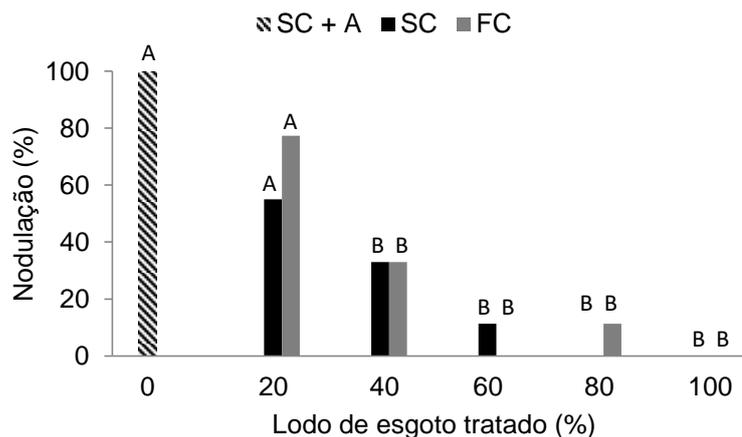


Figura 18. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre a porcentagem de mudas de vinhático (*Plathymenia reticulata*) com presença de nódulos radiculares de bactérias diazotróficas (NOD), aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O substrato comercial fertilizado e a proporção de 20% de LET resultaram em maior quantidade de mudas com presença de nódulos radiculares resultantes da simbiose com bactérias diazotróficas, quando comparados aos demais substratos testados.

Quando utilizados 20% de LET associado à FC na composição do substrato, 77,3% das mudas apresentaram nódulos em suas raízes. Quando a mesma proporção de LET foi utilizada em SC, 55% das mudas apresentaram nódulos radiculares, embora sem diferença entre esses tratamentos. As características físicas da associação do LET com a FC parecem favorecer a nodulação em relação àquelas feitas com o SC.

De acordo com Trazzi et al. (2014), a mistura de LET e FC apresenta boa interação entre as características químicas e físicas, possibilitando adequada aeração do sistema radicular.

A aplicação do LET e seus efeitos sobre a nodulação de mudas florestais são pouco conhecidos, especialmente para as espécies nativas. No entanto, para a soja, Souza et al. (2009), em experimento de campo, relatam que não houve prejuízos para a nodulação com a aplicação de LET até a dose de 6 Mg ha⁻¹, por um período de 2 anos. Também para a soja, Lobo et al. (2012) encontraram que o lodo influenciou positivamente o número e massa seca de nódulos até a dose de 20 Mg ha⁻¹ mas, acima desta dose, observaram decréscimos destes parâmetros.

Vieira et al. (2005) também relatam efeitos benéficos para a nodulação do feijoeiro com a aplicação de LET. Os resultados encontrados na literatura, com a utilização de lodo como fertilizante de plantios no campo, são divergentes dos encontrados no presente trabalho.

Alterações no pH, temperatura, umidade, disponibilidade hídrica e quantidade de sais no solo podem afetar as interações entre os rizóbios e as espécies vegetais e, conseqüentemente, influenciam a nodulação e a fixação biológica do nitrogênio (Aranjuelo et al. 2014). O pH (Tabela 3) e a quantidade de sais elevados, medidos por meio da condutividade elétrica (Figura 7) nos substratos com elevadas proporções de LET, em mistura com o SC, ou FC, possivelmente foram os fatores que mais contribuíram negativamente para a associação simbiótica entre as mudas de vinhático e os rizóbios.

Além disso, a quantidade de metais pesados presente no lote de lodo, apesar de estarem dentro dos limites preconizados pela instrução normativa N°375/2006 do CONAMA, podem também ter influenciado negativamente a nodulação das mudas de vinhático. Trannin et al. (2001), avaliando o crescimento e a nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata*, em solo contaminado com metais pesados, concluíram que a contaminação inibiu o crescimento e a nodulação das três espécies.

Motasso (1997) também encontrou efeitos deletérios sobre o desenvolvimento vegetativo e a nodulação em diferentes leguminosas arbóreas em ambientes em que as plantas foram expostas a metais pesados.

5.4. Qualidade do torrão formado

Além da qualidade final das mudas, deve ser considerada a qualidade do torrão formado, essencial para garantir boas condições para transporte e plantio das mudas no campo.

A extração das mudas do tubete foi levemente facilitada no grupo de tratamentos em que o LET foi associado à FC, em relação aos substratos que utilizaram SC em sua composição. Possivelmente este fato ocorreu devido as melhores características físicas apresentadas por essas formulações de substrato e não a um enraizamento diferenciado. Além disso, existe a facilidade das raízes se enovelarem nas fibras, melhorando a qualidade do torrão formado nos substratos utilizando LET e FC.

Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando o uso do LET na produção de mudas de eucalipto, concluíram que o lodo influenciou negativamente a extração do tubete, sendo atribuído ao baixo enraizamento apresentado nas maiores proporções do resíduo. Não foi descrita pelos autores a metodologia utilizada para esta avaliação.

Gomes e Paiva (2011) classificam, dentre outros parâmetros, a agregação do sistema radicular ao substrato como um dos requisitos para determinação da qualidade das mudas.

No presente trabalho, a agregação do torrão, não foi influenciada pela adição do LET em nenhum dos diferentes substratos testados (Figura 19B), comportamento contrário ao observado para a curvatura (Figura 20), indicando que esta avaliação não deve ser utilizada sozinha para determinação da qualidade do torrão formado.

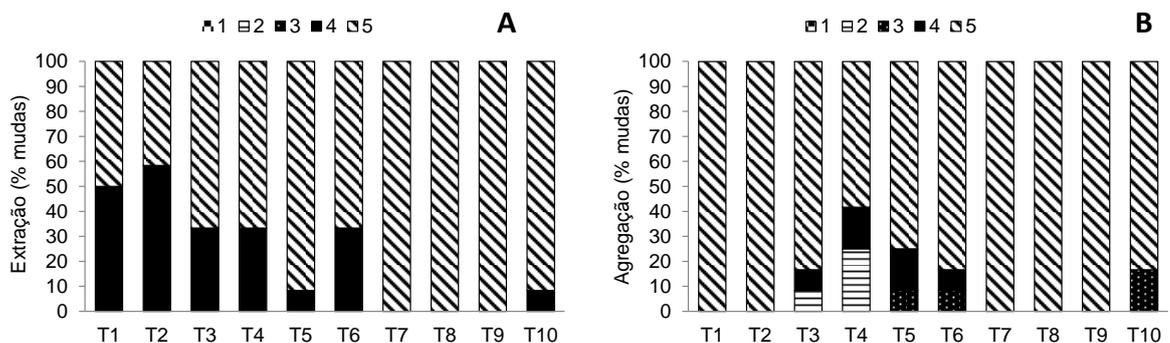


Figura 19. Pontuação qualitativa dada à extração (A) e a agregação do torrão (B) de mudas de vinhático (*Plathymenia reticulata*), aos 140 dias após a semeadura, em função das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado (LET), em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta.

T1 – SC adubado; T2 - 20% LET + 80% SC; T3 - 40% LET + 60% SC; T4 - 60% LET + 40% SC; T5 - 80% LET + 20% SC; T6 - 100% LET; T7 - 20% LET + 80% FC; T8 - 40% LET + 60% FC; T9 - 60% LET + 40% FC; T10 - 80% LET + 20% FC.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Padovani (2006), utilizando composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de Ingá e Coração de negro, observou maior dificuldade de extração no tratamento utilizando 100% do composto (lodo de esgoto + restos vegetais), concluindo que, de forma geral, o aumento do composto influenciou negativamente na extração das mudas do tubete, embora sem diferença estatística entre os tratamentos.

No presente trabalho, apesar do LET ter afetado negativamente o desenvolvimento radicular, evidenciando menor MSSR, comprimento e volume radicular nas maiores proporções de LET (Figuras 13A e 15), tal fato não trouxe prejuízos para extração das mudas e agregação do torrão.

Trigueiro e Guerrini (2003) afirmam que, à medida que se aumentou a proporção de lodo no substrato, houve prejuízos para agregação do torrão, em mudas de eucalipto, sendo este resultado atribuído ao baixo desenvolvimento radicular das mudas. A metodologia utilizada para avaliação desta variável também não foi descrita pelos autores.

Verificou-se que não houve efeito da adição do LET, nas proporções de 20%, e 40%, quando em FC, em relação ao substrato comercial fertilizado. A adição de maiores proporções de LET trouxe aumento na curvatura do torrão, rachaduras ou até mesmo quebra, o que pode ser atribuído à qualidade do enraizamento das mudas (Figura 20).

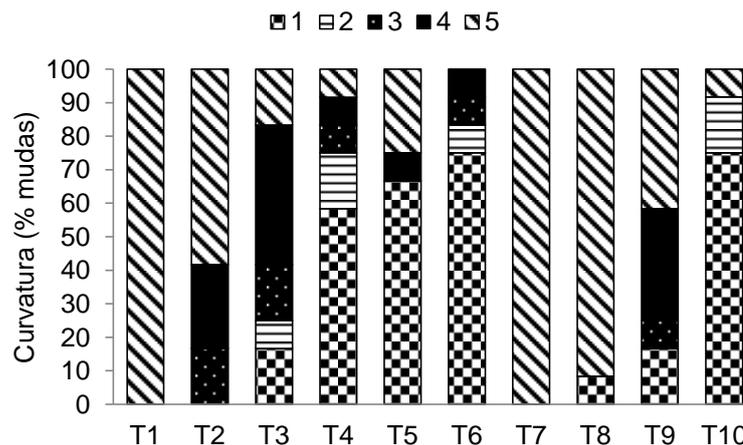


Figura 20. Pontuação dada à curvatura do torrão de mudas de vinhático (*Plathymentia reticulata*), aos 140 dias após a semeadura, em função das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado (LET), em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta, aos 140 dias após a semeadura.

T1 – SC adubado; T2 - 20% LET + 80% SC; T3 - 40% LET + 60% SC; T4 - 60% LET + 40% SC; T5 - 80% LET + 20% SC; T6 - 100% LET; T7 - 20% LET + 80% FC; T8 - 40% LET + 60% FC; T9 - 60% LET + 40% FC; T10 - 80% LET + 20% FC.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O substrato comercial fertilizado e a proporção de 20% e 40% LET em FC apresentaram a menor curvatura, indicando que os torrões destes tratamentos mantiveram alta estabilidade quando posicionados na horizontal, favorecendo o processo de plantio das mudas, especialmente plantios mecanizados.

Observou-se que, mesmo nas maiores proporções de LET na composição do substrato, os torrões apresentaram mesma agregação, entretanto, as maiores proporções revelaram torrões com alta curvatura, que podem dificultar o transporte e o plantio das mudas no campo.

Siqueira et al. (2016), avaliando o uso de LET associado ao SC para produção de mudas de Mirindiba-rosa (*Lafoensia glyptocarpa*), observaram que a partir da proporção de 50% de LET na composição do substrato, houve aumento da curvatura e consequente redução da qualidade do torrão formado.

Diferente do observado no presente trabalho, os autores acima encontraram a maior curvatura no tratamento composto pelo substrato comercial puro (1,9), entretanto, sem nenhum tipo de fertilização realizada. Este mesmo tratamento apresentou o menor enraizamento, revelando menor MSSR, o que possivelmente favoreceu a má formação do torrão pela não agregação do substrato pelas raízes.

Os atributos de qualidade do torrão estão diretamente ligados às propriedades químicas e físicas do substrato utilizado, que irão propiciar ou não, um sistema radicular bem formado, garantindo um torrão íntegro.

5.5. Análises nutricionais

5.5.1. Teores de N, P e K

Com relação ao teor de N observado nas mudas de vinhático, os menores valores ocorreram na proporção de 20% de LET, associado ao SC ou FC e 40% quando associado à FC, sem diferença com relação às mudas produzidas em substrato comercial adubado (Figura 21A e B).

Houve aumento no teor de N da parte aérea e sistema radicular das mudas de vinhático à medida que se elevou a quantidade de LET na composição dos substratos, comportamento inverso do observado em diversos parâmetros de crescimento como H, DC, AF, MSPA e MSSR (Figuras 11, 12 e 13).

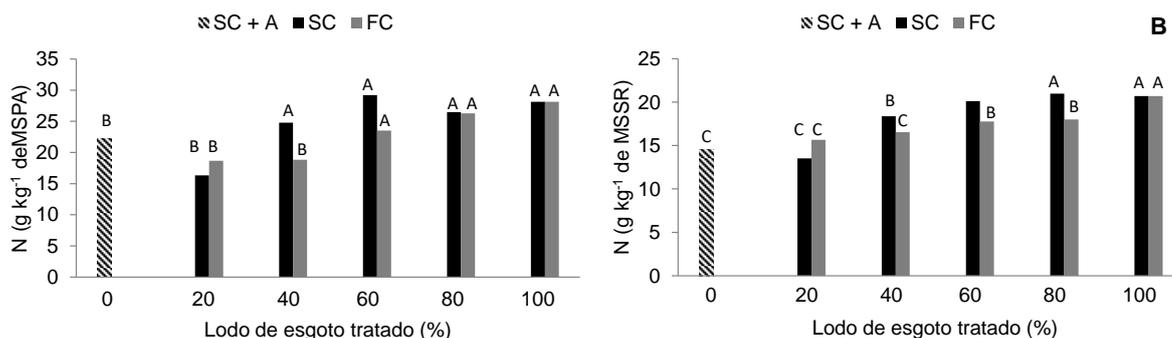


Figura 21. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o teor de nitrogênio acumulado na parte aérea (A) e no sistema radicular (B) de mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Esse comportamento pode ser explicado devido ao menor crescimento das mudas produzidas nos substratos que receberam maiores proporções de LET, assim, houve efeito de concentração do nutriente. Quando em baixas proporções de LET, as mudas apresentaram maior desenvolvimento aéreo e radicular, ocasionando o efeito de diluição do N nas mudas, revelando teores inferiores. (Barroso et al. 2005; Santos, 2010; Valeri et al. 2014).

O mesmo efeito de concentração foi observado por Barroso et al. (2005), em diagnóstico de deficiência nutricional em mudas de teca, cujos aumentos nos teores de Fe, Zn e Cu resultaram em mudas com crescimento reduzido.

Maas (2010), avaliando o uso de LET como substrato na produção de mudas de timburi (*Enterolobium contortisiliquum*), encontraram o mesmo comportamento observado no presente trabalho para o teor de N na parte aérea e no sistema radicular das mudas. A maior proporção de LET utilizada pelos autores (60% de LET associado ao SC) resultou em mudas com menor crescimento em altura e maior teor de N.

Scheer et al. (2012), utilizando composto de lodo de esgoto e poda de árvores trituradas (3:1 e 2:1; v:v, respectivamente) e três níveis de fertilizantes (0; 2,7 e 4,0 g dm⁻¹) para produção de mudas de *Lafoensia pacari*, encontraram os maiores valores de nitrogênio e fósforo na biomassa aérea das mudas produzidas nas maiores proporções do composto de lodo e nas maiores doses de fertilizantes, em relação ao substrato comercial, utilizado como testemunha.

Os maiores teores de fósforo das mudas de vinhático foram observados nas mudas produzidas em substrato comercial que foi fertilizado e na menor

proporção de LET (20%), quando associada à FC. As demais composições de substrato apresentaram teores menores (Figura 22A e B).

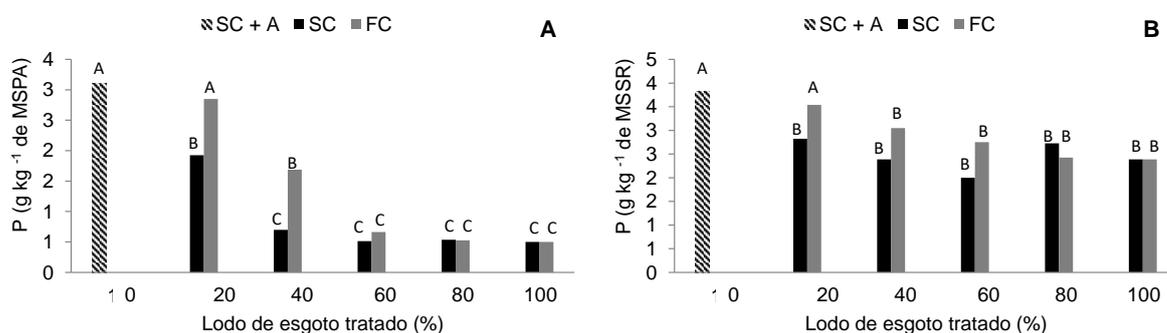


Figura 22. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o teor de fósforo acumulado na parte aérea (A) e no sistema radicular (B) de mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Silva et al. (2008), avaliando a concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis*, fertilizadas com LET, encontraram que, a dose de 20 e 30 t ha⁻¹ resultaram no mesmo teor de N,P e K em relação ao observado nas plantas submetidas a adubação mineral. Os autores afirmam também que os teores de N foliares foram superiores aos valores máximos sugeridos para eucalipto.

Maas (2010) observaram em mudas de timburi que, a adição de 40,5% de LET ao substrato gerou mudas com teor de P de 6,16 g kg⁻¹ na parte aérea e, quando adicionado 37%, 7,22 g kg⁻¹ de P no sistema radicular. A autora utilizou para mistura com o LET o substrato comercial. Os teores de P observados no presente trabalho são inferiores ao verificado por Maas (2010).

Os maiores teores de potássio (K) na parte aérea e no sistema radicular foram encontrados nas mudas produzidas em substrato comercial adubado (Figura 23A e B).

Não houve grande variação para o teor total de K₂O nos substratos compostos por LET e FC, porém, nas misturas feitas com SC, as menores proporções de LET apresentaram maior teor de K₂O, em relação aquelas produzidas em LET e FC (Tabela 3).

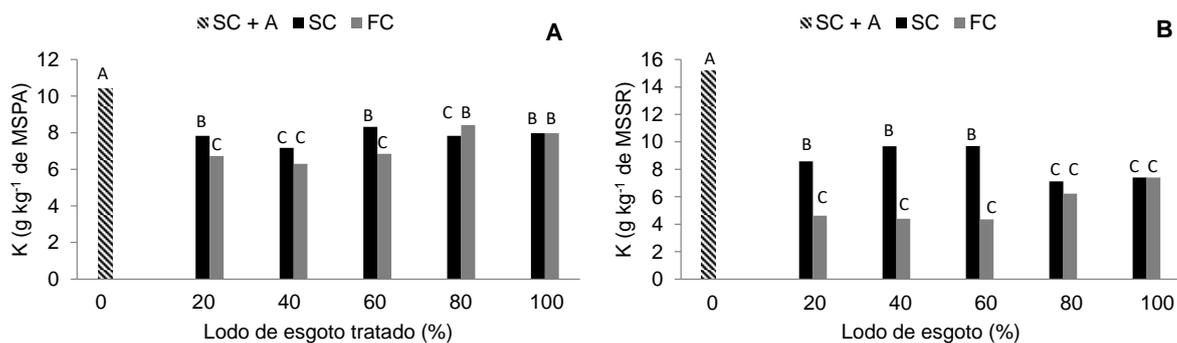


Figura 23. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o teor de potássio acumulado na parte aérea (A) e no sistema radicular (B) de mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores teores de K na biomassa aérea de mudas de Angico (*Anadenanthera colubrina*) foram observados, por Scheer et al (2012), nas mudas produzidas em substrato com maior quantidade de LET, submetido a maior dose de adubação.

Cunha et al. (2006), avaliando o uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Acacia* sp., entre os quais LET, observaram maior teor de K nas mudas produzidas no substrato composto por solo + areia lavada + esterco bovino. Os autores explicam este resultado devido à baixa concentração de K no LET, favorecendo os demais substratos.

Abreu (2014), estudando a aplicação do LET na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* observou efeito de concentração de K, no substrato utilizando 50% de LET e 50% de SC, no qual, as mudas apresentaram o menor crescimento.

Maas (2010) encontrou que, à medida que se elevou a proporção de LET no substrato, houve redução no teor de K no sistema radicular das mudas de timburi, em relação ao tratamento composto apenas pelo substrato comercial.

As maiores proporções de LET no substrato influenciaram negativamente o crescimento aéreo e radicular das mudas de vinhático, ocasionando efeito de concentração do N, redução no teor de P e K radicular.

5.5.2. Conteúdo de N, P e K

Não houve efeito da adição de LET ao substrato sobre o conteúdo de N da parte aérea das mudas de vinhático. No entanto, no sistema radicular, mudas produzidas em substrato com até 60%, em FC, e até 60% em SC apresentaram maior acúmulo de N (Figura 24A e B), igualando-se ao substrato comercial.

Verificou-se maior nodulação das mudas produzidas em substrato comercial puro fertilizado e na proporção de 20% de LET (Figura 18), associado ao SC ou a FC, entretanto, a maior nodulação não influenciou o conteúdo de N da parte aérea das mudas.

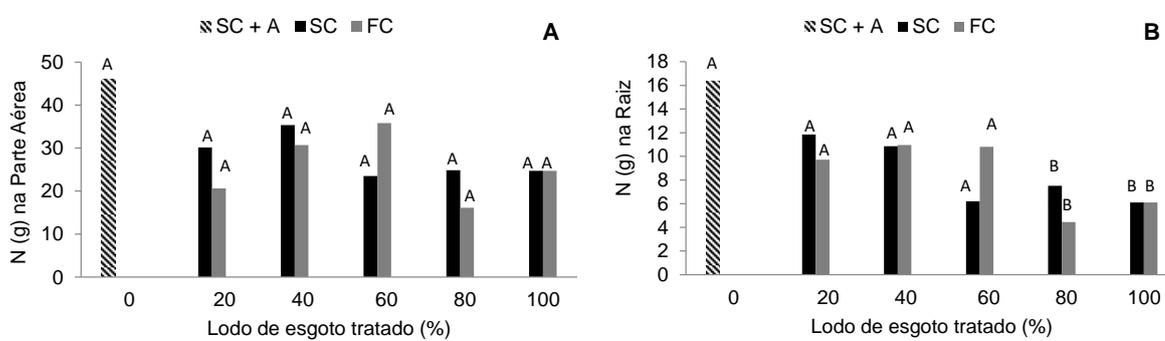


Figura 24. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o conteúdo de nitrogênio na parte aérea (A) e no sistema radicular (B) de mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Lima Filho (2015), avaliando o uso de LET na formação de mudas e aplicação na adubação de plantio de *Ceiba speciosa* e *Pseudobombax grandiflorum*, afirma que o conteúdo de N, Ca e Mg foram superiores nas plantas que receberam o LET, o que atribuiu à riqueza nutricional que o resíduo apresenta.

Cunha et al. (2006), avaliando o efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp., observaram maior acúmulo de nitrogênio nas mudas produzidas em 100% de LET, principalmente quando inoculadas com rizóbios, no entanto, estes tratamentos apresentaram maior crescimento das mudas, contrário ao crescimento observado no presente trabalho para as mudas produzidas em 100% de LET.

Trazzi et al. (2011), avaliando o uso de substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis*, encontraram maior acúmulo de N, P e K nas mudas produzidas em substratos que receberam LET. O maior conteúdo foi atribuído pelos autores à alta disponibilidade dos nutrientes. Os autores utilizaram como testemunha o substrato comercial sem qualquer tipo de adubação.

Observou-se que a maior nodulação no substrato comercial adubado e na menor proporção de LET (Figura 18) não influenciou o conteúdo de N na parte aérea das mudas, no entanto, o conteúdo de N no sistema radicular das mudas sofreu prejuízos nas maiores proporções de LET, assim como a nodulação.

Ao contrário dos resultados observados por Trazzi et al. (2011), o conteúdo de P e K, observados no presente trabalho, foi maior nas mudas produzidas em substrato comercial adubado (Figuras 25 e 26), com redução mais acentuada nas mudas produzidas em substratos com proporções a partir de 40% de LET. Não houve variação no conteúdo de K entre as mudas produzidas nos substratos com diferentes proporções de LET em fibra de coco.

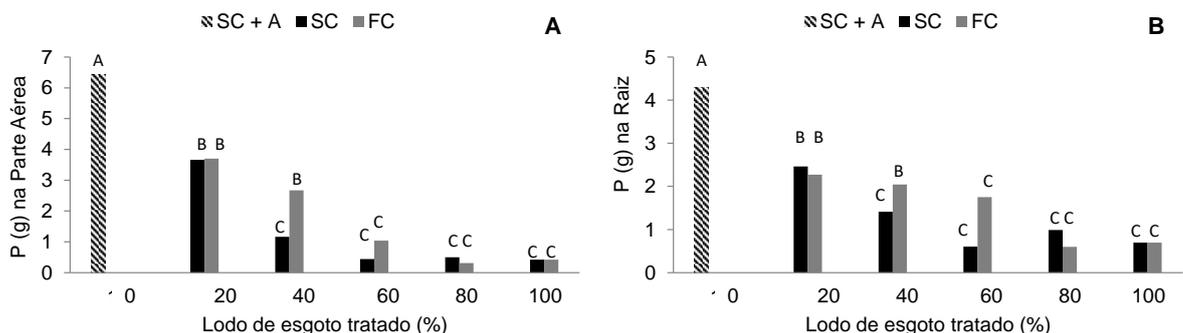


Figura 25. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o conteúdo de fósforo na parte aérea (A) e no sistema radicular (B) de mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se observar que também não houve grande variação dos teores médios de P_2O_5 e K_2O verificados nas diferentes composições de substrato utilizando LET com SC ou FC (Tabela 3), o que valida o pressuposto da indisponibilidade e redução na absorção dos nutrientes, que possivelmente foi ocasionada pelos altos valores de pH. Além disso, a elevada condutividade elétrica (Figura 7) apresentada pelos substratos testados certamente também

influenciou negativamente, prejudicando o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes.

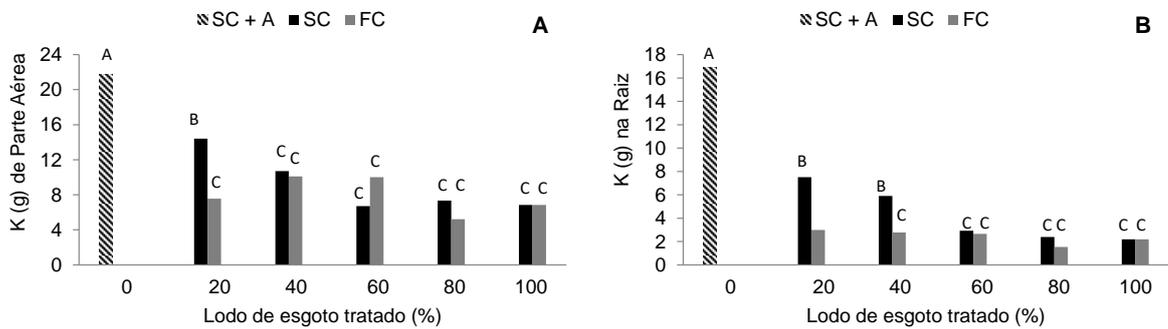


Figura 26. Efeito das diferentes proporções de lodo de esgoto tratado, em mistura com substrato comercial (SC) ou fibra de coco (FC) e o substrato comercial + adubo de liberação lenta (SC + A), sobre o conteúdo de potássio na parte aérea (A) e no sistema radicular (B) de mudas de vinhático, aos 140 dias após a semeadura.

(*) Médias seguidas de mesma letra se agrupam, sem diferença estatística, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Carrijo et al. (2002), a fibra de coco é rica em potássio, podendo, inclusive, atingir níveis tóxicos, no entanto, no presente trabalho observou-se que não houve diferença no conteúdo de K na parte aérea e no sistema radicular das mudas produzidas em diferentes proporção de FC associada ao LET, sendo estes inferiores ao apresentado pelas mudas produzidas em substrato comercial.

O aumento das proporções de LET no substrato, tanto nas misturas feitas com o SC como com a FC resultou em diminuição dos conteúdos de N, P e K, exceto para o conteúdo de N da parte aérea das mudas de vinhático, que não apresentou diferença significativa entre os substratos testados. Estes resultados estão em conformidade com os observados para as variáveis analisadas da parte aérea e sistema radicular das mudas, reduzidas à medida que se elevou a proporção de LET no substrato (Figuras 11, 12, 13 e 15).

As menores proporções de LET utilizadas no substrato, apesar de terem resultado em mudas com menor conteúdos de P e K, não houve prejuízo para as avaliações biométricas, evidenciando maior eficiência de utilização destes nutrientes pelas mudas nestes tratamentos. Embora sem diferença estatística para os conteúdos de N na parte aérea, também houve maior eficiência de utilização neste compartimento.

6. CONCLUSÕES

A higienização do LET por meio da caleação causa basicidade do resíduo, podendo influenciar negativamente o crescimento das mudas.

Dentre os substratos que receberam LET, a proporção de 20%, em mistura com SC ou FC, mostrou-se a mais adequada para produção de mudas de vinhático, com padrão de crescimento aéreo e radicular semelhante às produzidas em substrato comercial fertilizado.

A adição do LET, em proporções acima de 20%, influenciou negativamente a nodulação das mudas.

A agregação do torrão ao substrato não foi influenciada pela adição de LET ao substrato, no entanto, a curvatura foi mais acentuada nas maiores proporções de LET.

As maiores proporções de LET no substrato foram prejudiciais à absorção de nutrientes, revelando menores conteúdos de N, P e K, sem prejuízos para as avaliações biométricas, revelando maior eficiência de utilização dos nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.H.M. Biossólido na produção de mudas florestais da mata atlântica. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 78p., 2014.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: Espécies Vegetais Úteis. Planaltina, EMBRAPA-CERRADOS. 456p, 1998.

ALVES, H.R.; PRADO JUNIOR, J.F.; LOPES, S.F.; DA SILVA, P.P.F.; PEPPE, F.B.; SCHIAVINI, I. Fitossociologia e grupos ecológicos da comunidade lenhosa em um remanescente de cerradão em Uberlândia, MG. Caminhos da geografia. V.14, n.46, p.236-245, 2013.

ARANJUELO, I.; ARRESE-IGOR, C.; MOLERO, G. Nodule performance within a changing environmental context. Journal of plant physiology. V.171, p.1076-1090, 2014.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual de lodo de esgoto na produtividade de milho safrinha. Revista brasileira de ciência do solo, p.601-605, 2007.

BARREIROS, R.M.; GONÇALVES, J.L.M.; SANSÍGOLO, C.A.; POGGIANI, F. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. Revista árvore, Viçosa – MG, v.31, n.1, p.103-111, 2007.

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; PEREIRA, R.C.; MENDONÇA, A.V.R.; SILVA, L.C. Diagnóstico de deficiência de macronutrientes em mudas de teca. Revista árvore. V.29, n.5. p.671-679, 2005.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A.; BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. Revista brasileira de ciências do solo, v.21, p.685-691, 1997.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. Lodo de esgoto – Impactos ambientais na agricultura. Embrapa meio ambiente, Jaguariúna, SP, 2006.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T.; FRANCO, B.J.D.C. Utilização de lodo de esgoto como fertilizante. O solo, v.75, n.1, p.44-54, 1983.

BIGHI, K. N. Crescimento inicial de vinhático sob diferentes doses de fósforo. Monografia. Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. Acta horticultrae. V.26, n.5, 1972.

BRAGA, L.L.; TOLENTINO, G.S.; SANTOS, M.R.; VELOSO, M.D.M.; NUNES, Y.R.F. Germinação de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth (Fabaceae-mimosidae) sob influência do tempo de armazenamento. Revista brasileira de biociências, v.5, p.258-260, 2007.

BRASIL – Lei 10.711 de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o sistema nacional de sementes e mudas e dá outras providências.

BRASIL - Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA). Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos, e outras providências. 41p, 2006.

CAIRES, S.M.; FONTES, M.P.F.; FERNANDES, F.B.A.; NEVES, J.C.L.; FONTES, L.F. Desenvolvimento de mudas de cedro rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. Revista árvore. N.35, v.6, p.1181-1188, 2011.

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

CALDEIRA, M.V.W.; PERONI, L.; GOMES, D.R.; DELARMELINA, W.M.; TRAZZI, P.A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill). Scientia forestalis. V.40, n.93, p.15-22, 2012.

CAMPOS FILHO, E.M.C.; SARTORELLI, P.A.R. Guia de árvores com valor econômico. Agroicone. 141p. 2015.

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Universidade Federal do Paraná/ Universidade Estadual do Norte Fluminense. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 451p. 1995.

CARRIONE, R.M.; PACHECO, F.V.; PEREIRA, C.R.; ALVARENGA, C.A. Tratamentos pré germinativos em sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. Enciclopédia biosfera. Centro científico conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p.1614, 2012.

CARRIJO, O.A.; DE LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. Horticultura brasileira. V.20, n.4, p.533-535, 2002.

CASSINI, S.T.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás. Prosab, p.1-9, 2003.

CARREÇO, R.L.B. Crescimento de *Plathymenia reticulata* em plantio puro, sob fertilização de nitrogênio, fósforo e potássio. Dissertação de mestrado. Ciências florestais – Universidade Federal do Espírito Santo. 74p, 2017.

CARVALHO, P.E.R. Vinhático- *Plathymenia reticulata*. Comunicado técnico – EMBRAPA, 2009.

CARVALHO, M.B. Crescimento inicial do Vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.) sob diferentes doses de adubação com N, P e K. Monografia. Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

CECONI, D.E.; POLETTO, I.; LOVATO, T.; MUNIZ, M.F.B. Exigência nutricional de mudas de erva mate (*Ilex paraguariensis* A. St. –Hil.) à adubação fosfatada. *Ciência florestal*. V.17, n.1, p.25-32, 2007.

CESAR, F.R.C.F.; MATSUMOTO, S.N.; VIANA, A.E.S.; BONFIM, J.A. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. Conduzidas sob diferentes níveis de restrição luminosa artificial. *Ciência Florestal*. V.24, n.2, p.357-366, 2014.

CORRADINI, E.; ROSA, M.F.; MACEDO, B.P.; PALADIN, P.D.; MATTOSO, L.H.C. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. *Revista brasileira de fruticultura*. V.31, n.3, p.837-846, 2009.

CUNHA, A.M.; CUNHA, G.M.; SARMENTO, R.A.; AMARAL, J.F.T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp.* *Revista árvore*, v.30, n.2, p.207-214, 2006.

CHAVES, A.M.B.; VALE, A.T.; MELIDO, R.C.N.; ZOCH, V.P. Características energéticas da madeira e do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus spp.* *Enciclopédia biosfera*. V.9, n.17, p.533-542, 2013.

CRUZ, C.A.F.; DE PAIVA, H.N.; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). *Scientia forestalis*. N.66, p.100-107, 2004.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R.P.; SOUZA, E.F. Aplicação de fosforo em mudas de *Acacia mangium* willd. *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168, 1997.

DE BOODT, M., VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.26, p.37-44, 1972.

DELARMELINA, W.M.; CALDEIRA, M.V.W.; FARIA, J.C.T.; GONÇALVES, E.O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. *Revista Agro@ambiente*. V.7, n.2, p.184-192, 2013.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of while spruce and white pine seeding stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, v.36, p.10-13, 1960.

DUARTE, M.L.; DE PAIVA, H.N.; ALVES, M.O.; DE FREITAS, A.F.; MAIA, F.F.; GOULART, L.M.L. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. *Ciência Florestal*. V.25, n.1, p.221-229, 2015.

FAUSTINO, R.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. V.9, p.278-282, 2005.

FARIA, J.C.T.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; GONÇALVES, E.O. Uso de resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Mimosa setosa*. *Pesquisa Florestal Brasileira*. V.33, n.76, p.408-418, 2013.

FERNANDES, T.T.; DOS SANTOS, A.T.F.; PIMENTA, F.C. Atividade microbiana das plantas *Plathymenia reticulata*, *Hymenaeae courbaril* e *Guazuma ulmifolia*. *Revista de patologia tropical*. V.34, n.2. p.113-122, 2005.

FERRAZ, A.V. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade e na ciclagem de nutrientes em plantios de *Eucalyptus grandis* e no cultivo de plantas alimentícias (simulando alteração do uso agrícola do solo). Tese de doutorado. Universidade de São Paulo – Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. 160p., 2013.

FONSECA, E.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista árvore*. V.26, n.4, p.515-523, 2002.

FONSECA, M.D.S.; FREITAS, T.A.S.; MENDONÇA, A.V.R.; SOUZA, L.S.; ADBDALLA, A.D. Morfometria de sementes e plântulas e verificação da dormência da espécie *Plathymenia foliolosa* Benth. *Comunicata scientiae*. P.368-376, 2013.

FORRESTER, D.I. Growth responses to thinning, pruning and fertiliser application in *Eucalyptus* plantations: A review of their production ecology and interactions. *Forest ecology and management*. V.310, p.336-347, 2013.

GARCIA, G.O.; GONÇALVES, I.Z.; MADALÃO, J.C.; NAZÁRIO, A.A.; DOS REIS, E.F. Análise nutricional de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de lodo de esgoto doméstico. Engenharia Ambiental. V.6, n.3, p.275-290, 2009.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. Revista árvore. V.26, n.6, p.655-664, 2002.

GOMES, D.R.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; GONÇALVES, E.O.; TRAZZI, P.A. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. Revista Cerne, v.19, n.1, p.123-131, 2013.

GOMES, J.M.; DE PAIVA, H.N. Viveiros florestais: propagação sexuada. Viçosa, MG. Série didática, 116p. Editora UFV, 2011.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p. 309-350, 2000.

GUEDES, M.C.; DE ANDRADE, C.A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M.E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação do lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do solo, p.267 -280, 2006.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. Scientia forestalis. N.63, p.188-201, 2003.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólido e casca de arroz carbonizada. Revista brasileira de ciências do solo. V.28, p.1069-1076, 2004.

HERINGER, E.P.; FERREIRA, M.B. Árvores úteis no cerrado: Vinhático – o gênero *Plathymeria* Benth. *P. foliolosa* Benth *P. reticulata* Benth., vinhático da mata e vinhático do campo (par vicariante). Cerrado, Brasília, DF. v.5, n.17, p.28-34, 1972.

JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 498p, 1965.

KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2000.

LABRECQUE, M.; TRAIAN, I.T.; DAIGLE, S. Effect of wastewater sludge on growth and heavy metal bioaccumulation of two *Salix* species. *Plant and soil*. V.171, p.303-316, 1995.

LACERDA, D.R.; MACEDO, M.D.P.; LEMOS FILHO, J.P.; LOVATO, M.B. A técnica RAPD: uma ferramenta molecular em estudos de conservação de plantas. *Lundiana*. V.3, n.2, p.87-92, 2001.

LACERDA, D.R.; LEMOS FILHO, J.P.; GOULARD, M.F.; RIBEIRO, R.A.; LOVATO, M.B. Seed-dormancy variation in natural populations of two tropical leguminous tree species: *Senna multijuga* (*Caesalpinoideae*) and *Plathymenia reticulata* (*Mimosideae*). *Seed Science research*. V.14, p.127-135, 2004.

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.

LIMA FILHO, P. Biossólido na restauração florestal: formação de mudas e adubação de plantio. Mestrado em ciências ambientais e florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 101p, 2015.

LIMA, M.R.P. Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto. Tese de doutorado – Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2010.

LOUSADA, L.L. Nutrição e crescimento de sorgo sacarino e alterações nos atributos do solo pela aplicação de lodo de esgoto doméstico. Tese de doutorado - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; CARDOSO, E.J.B.N.; ALMEIDA, L.S.; NOMIYAMA JUNIOR, N. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. *Semina: ciências agrárias*. V.33, n.4, p.1333-1342, 2012.

LOPES, R.M.F.; FREITAS, V.L.O.; LEMOS FILHO, J.P.; Biometria de frutos e sementes e germinação de *Plathymenia reticulata* Benth e *Plathymenia foliosa*

Benth (Fabaceae – mimosidae). Revista árvore, Viçosa, MG, v.34, n.5, p.797-805, 2010.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 4 ed, v.1, 2002.

MAIA, C.M.B.F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. Boletim de pesquisa florestal, Colombo, n.39, p.81-92, 1999.

MATOS, M.P.; MATOS, A.T.; Doses de cal hidratada e características químicas de um lodo de esgoto doméstico submetido a caleação. Engenharia na agricultura. v.20, n.4, p.357-363, 2012.

MAAS, K.D.B. Biossólido como substrato na produção de mudas de timburi. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso. 46p. 2010.

MENDES, I.C.; PAVIANI, T.I. Morfo-anatomia das folhas do par vicariante *Plathymenia foliosa* Benth e *Plathymenia reticulata* Benth (Leguminosa – mimosiade). Revista brasileira de botânica, São Paulo, v.20, n.2, p.185-195, 1997.

MOURA, V.M.; DA SILVA, W.C.R.; RAPOSO, J.D.A.; DE SOUSA, L.A.F.; DOS SANTOS, M.C.; DE OLIVEIRA, R.B.; MOURÃO, R.H.V. The inhibitory potential of condensed-tanin-rich fraction of *Plathymenia reticulata* Benth. (fabaceae) against *Bothrops atrox* envenomation. Journal of Ethnopharmacology. V.183, p.136-142, 2016.

MORIM, M.P. *Plathymenia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83633>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2017.

MOURA, L.C.; TITON, M.; MIRANDA, N.A.; MOREIRA, T.P.; OLIVEIRA, M.L.R. Multiplicação e alongamento *in vitro* de Vinhático (*Plathymenia reticulata*). Scientia Forestalis. V.40, n.96, p.499-505, 2012.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RODRIGUEZ, A.R.; DOMINGUEZ, N.F. Residual effects of lime and swage sludge inputs on soil fertility and tree and pasture

production in a *Pinus radiata* D. Don silvopastoral system established in a very acid soil. Agriculture, ecosystems and environment. V.161, p.165-173, 2012.

MOTASSO, F. Crescimento e nodulação de leguminosas em solo contaminado com metais pesados. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, 74p, 1997.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. Revista brasileira de ciências do solo. V.28, p.385-392, 2004.

NEUBERT, V.F. Propagação vegetativa do vinhático (*Plathymenia foliosa* Benth) por miniestaquia. Dissertação de mestrado, Viçosa – UFV, 2014.

NOBREGA, R.S.A.; VILAS BOAS, R.C.; NOBREGA, J.C.A.; DE PAULA, A.M.; MOREIRA, F.M.S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi). Revista árvore, Viçosa, MG, v.31, n.2, p.239-246, 2007.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG. Sociedade brasileira de ciência do solo, 2007.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ROSSETTO, R. Efeito de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo vermelho amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. Revista Brasileira de ciência do solo, p.505 – 519, 2002.

PADOVANI, V.C.R. Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas. Universidade Estadual de Campinas. Dissertação de mestrado, 2006.

PAIVA, A.V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; FERRAZ, A.V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. Scientia florestalis, v.37, n.84, p.499-511, 2009.

- PARANÁ. Companhia de saneamento do Paraná (SANEPAR). Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Programa de pesquisa em saneamento básico. Curitiba, PR, 1999.
- PEREIRA, T.S.; DA COSTA, M.L.M.N, MORAES, L.F.D.; LUCHIARI, L. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. IHERINGIA, v.63, n.2, p.329-339, 2008.
- PERONI, L. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Dissertação de mestrado – ciências florestais – Universidade Federal do Espírito Santo. 82p., 2012
- PESSANHA, S.E.G.L. Miniestaquia de Vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth.). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 80p. 2016.
- PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgoto: tratamento e disposição final. Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental – UFMG. Companhia de Saneamento do Paraná, v.6, cap. 6, p.261-296, 2001.
- PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. Embrapa – circular técnica 19. Jaguariuna, SP, 2008.
- POTT, A.; POTT, V.J. *Plathymenia reticulata*, Leguminosae-Mimosoidaeae. In: Plants of Pantanal, 155p. Brazilian Agricultural Reserach Corporation, 1997.
- PREVEDELLO, C.L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, PR. 446p. 1996.
- RIZZINI, C.T. Árvores e madeiras úteis do Brasil – Manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blucher. 296p, 1978.
- ROCHA, J.H.T.; BACKES, C.; DIOGO, F.A.; PASCOTTO,C.B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. Pesquisa Florestal Brasileira, v.33, n.73, p.27-36, 2013.
- SANTOS, G.R. Uso de biossólido na composição de substratos para produção de mudas de espécies florestais da mata atlântica. Monografia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 39p, 2010.

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 a produção de mudas florestais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.18, n.9, p.971-979, 2014.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEXE, C.A.; BERNARDES, E.M. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo vermelho amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesq. Agropecuária brasileira*, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

SILVA, F.A.M.; DE SOUZA, I.V.; ZANON, J.A.; NUNES, G.M.; SILVA, R.B.; FERRARI, S. Produção de mudas de Juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. V.9, P.109-121, 2015.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodos de esgoto úmido e seco. *Revista árvore*, v.32, n.5, p.845-854, 2008.

SIMÕES, D.; DA SILVA, R.B.G.; DA SILVA, M.R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Ciência Florestal*. V.22, n.1, p.91-100, 2012.

SIQUEIRA, D.P.; BARROSO, D.G.; ERTHAL, R.M. Lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas de Mirindiba-rosa. *In: XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*. Poços de Caldas, MG, 2016

SOUSA, P.G.F. Revestimento em sementes de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth). Dissertação de mestrado em produção vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense. 112p, 2016.

SOUZA, C.A.; REIS JUNIOR, F.B.; MENDES, I.C.; LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja. *Pesquisa agropecuária brasileira*. V.44, n.10, p.1319-1327, 2009.

SOUZA, L.A.G. Levantamento da habilidade nodulífera e fixação simbiótica de N₂ nas fabáceas da região amazônica. Enciclopédia biosfera. V.6, n.10, 2010.

SOUZA, M.G.O.S. Crescimento de espécies florestais em povoamentos puros e sua influência sobre atributos edáficos em Trajano de Moraes – RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2012.

SCHEER, M.B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K.G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (benth) Brenan. Scientia Florestalis, v.38, n.88, p.637-644, 2010.

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

TELES, C.R.; DA COSTA, A.N.; GONÇALVES, R.F. Produção de lodo em lagoas de estabilização e seu uso no cultivo de espécies florestais na região sudoeste do Brasil. Revista técnica SANARE, v.12, n.12, 1999.

TRANNIN, I.C.B.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Crescimento e nodulação de *Acacia magium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. Revista brasileira de ciências do solo.v.25, p.743-753, 2001.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. V.12, n.3, p.223-230, 2008.

TRAZZI, P.A. Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F. Dissertação de mestrado em ciências florestais – Universidade Federal do Espírito Santo. 98p, 2011.

TRAZZI, P.A.; CALDEIRA, M.V.W.; REIS, E.F.; SILVA, A.G. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. Revista Cerne, v.20, n.2, p.293-302, 2014.

TRIGUEIRO, R.M. Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de Pinus e Eucalipto. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. 94p., 2002.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A.; Use of biosoils as substrate for *Eucalyptus* seeding production. *Scientia florestalis*, n.64, p.150-162, 2003.

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

VALERI, S.V.; PIZZAIA, L.G.E.; SÁ, A.F.L.; CRUZ, M.C.P. Efeitos da omissão de nutrientes em plantas de *Caesalpineia echinata*. *Revista Cerne*, v.20, n.1, p.73-80, 2014.

VEGA, F.V.A.; BOVI, M.L.A.; BERTON, R.S.; GODOY JUNIOR, G.; CEMBRANELLI, M.A.R.; Aplicação de biossólido na cultura da pupunheira. *Horiticultura Brasileira*, v.22, n.1, p.131-135, 2004.

VIEIRA, R.F.; TSAI, S.M.; TEIXEIRA, M.A. Efeito do lodo de esgoto no crescimento e fixação simbiótica do N₂ em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento Embrapa*, 2004.

WARWICK, M.C.; LEWIS, G.P. Revision of *Plathymenia* (Leguminosae – Mimosidae). *Edinburgh Journal of Botany*, p.111-119, 2003.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; DE ABREU, M.F.; FERNANDES JUNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. *Bragantia*. V.73, n.3, p.300-311, 2014.