



Universidade Federal de Minas Gerais

Campus Regional de Montes Claros

Mestrado em Produção Vegetal

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO
[*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville]
EM SUBSTRATO CONTENDO LODO DE ESGOTO**

ISABELA REIS QUEIROZ

Montes Claros – MG

2014

ISABELA REIS QUEIROZ

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO
[*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] EM
SUBSTRATO CONTENDO LODO DE ESGOTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Ernane Ronie Martins

Coorientadora: Leticia Renata Carvalho

Montes Claros

2014

Queiroz, Isabela Reis.

Q3p

2014

Produção de mudas de barbatimão [Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville] em substrato contendo lodo de esgoto, Montes Claros - MG / Isabela Reis Queiroz. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2014.

70 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Produção Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

Orientador: Ernane Ronie Martins.

Banca examinadora: Ernane Ronie Martins, Jatnel Alonso, Letícia Renata Carvalho, Regynaldo Arruma Sampaio.

Inclui bibliografia: f. 59-69.

1. *S. adstringens*. 2. Sustentabilidade. 3 Propagação. I. Martins, Ernane Ronie. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.88

ISABELA REIS QUEIROZ

PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO [*Stryphnodendron adstringens*
(Mart.) Coville] EM SUBSTRATO CONTENDO LODO DE ESGOTO

Prof. Dr. Ernane Ronie Martins
(UFMG/ICA)

Aprovada em 31 de Julho de 2014.

MONTES CLAROS

2014

Aos meus amores,

Joaquim Cesar Queiroz e Marise Freitas Reis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e ao pai Seta Branca, por sempre me concederem sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir e proteção para me amparar;

À minha amada mãe, pelo amor angelical;

Ao meu pai pela confiança, dedicação e motivação;

Ao amor, Leonardo Proença, pelo amor, abrigo e proteção;

Ao professor Ernane Ronie Martins pela paciência e dedicação na orientação deste trabalho;

Aos meus queridos biólogos, Franciellen Moraes e Wesley Alves, pelo incentivo incondicional durante toda caminhada acadêmica;

Ao professor Eduardo Robson pela oportunidade de conhecer e trabalhar no Instituto de Ciências Agrárias;

Aos colegas Leandro Cruz e Gustavo Amaral pelo apoio na execução deste trabalho;

À FAPEMIG pelo apoio financeiro;

E a todos os professores, funcionários, e colegas que contribuíram para esta conquista.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] EM SUBSTRATO CONTENDO LODO DE ESGOTO

FIGURA 1 - Porcentagem de emergência (30 dias após a semeadura) e porcentagem de sobrevivência (180 após a semeadura) de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville], em função das doses de lodo de esgoto aplicadas ao substrato.....39

FIGURA 2 - Altura da planta (cm) (A), diâmetro (mm) (B), e número de folhas (C) de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] em função das doses de lodo de esgoto aplicadas no substrato (variando de 0 a 15%) e dos dias após a semeadura.....41

FIGURA 3 - Valores médios e desvio padrão do peso seco da raiz(g) e da parte aérea (g) de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville], em função das doses de lodo de esgoto no substrato. Atributos avaliados 180 dias após a semeadura.....44

FIGURA 4 - Valores médios e desvio padrão para o Índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville], em função das doses de lodo de esgoto no substrato. Atributos avaliados 180 dias após a semeadura.....45

FIGURA 5 - Principais sintomas de intoxicação/deficiência observados nas folhas do barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] aos trinta dias após a semeadura. NA = encarquilhamento, B = manchas cloróticas na parte central da lâmina foliar, C = clorose generalizada, D = clorose e necrose nas pontas das folhas.....54

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] EM SUBSTRATO CONTENDO LODO DE ESGOTO

- 1 - Características químicas e físicas do solo de Cerrado utilizado na produção de substrato para produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville].....35
- 2 - Características químicas do lodo de esgoto utilizado na produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville]..... 35
- 3 - Limites da concentração máxima de metais tóxicos presentes no lodo ou derivados para aplicação no solo, e os teores de metais tóxicos determinados nas amostras de lodo de esgoto da ETE de Juramento- MG.....36
- 4 - Teor de macronutrientes, matéria orgânica e pH dos substratos (com doses crescentes de lodo de esgoto), utilizados na produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville].....47
- 5 - Teor de micronutrientes e condutividade elétrica dos substratos (com doses crescentes de lodo de esgoto), utilizados para produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] e níveis ótimos de micronutrientes para substratos para cultivo de plantas recomendados por Abad *et al.* (1992) e Cavins *et al.* (2000).....50
- 6 - Características físicas dos substratos (com doses crescentes de lodo de esgoto), utilizados para produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] e níveis ótimos de propriedades físicas para substratos para cultivo de plantas recomendados por Abad *et al.* (1992) e Gonçalves e Poggiani (1996).....52
- 7 - Concentração foliar de macro e micronutrientes de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] (adubadas com lodo de esgoto) em função dos sintomas de toxidez apresentados e valores de referência para a interpretação dos resultados de análise de tecidos de eucalipto.....55

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

A	Alto
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Bx	Baixo
CE	Condutividade elétrica
CL-G	Clorose generalizada
CL/NEC	Clorose e necrose
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DC	Diâmetro do colo
DSTs	Doenças sexualmente transmissíveis
ENCA	Encarquilhamento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de tratamento de esgoto
H	Altura da parte aérea
HPV	Vírus papiloma humano
ICA	Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
IQD	Índice de qualidade de Dikson
L.E	Lodo de esgoto
M	Médio
MA	Muito alto
MBx	Muito baixo
MO	Matéria orgânica

MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca do sistema radicular
MST	Massa seca total
Rpm	Rotação por minuto
Rec.	Recomendação
Sb	Substrato
S/ sint	Sem sintomas
Valores ref.	Valores Referência

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 O barbatimão, [<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville].....	13
2.1.1 Ocorrência	13
2.1.2 Características Botânicas e Morfológicas	13
2.1.3 Ecologia da espécie	14
2.1.4 Uso medicinal e fitoterápico	15
2.1.5 Outras propriedades.....	16
2.2 Produção de mudas	16
2.2.1 Características morfológicas das mudas	17
2.2.2 Substratos para produção de mudas	18
2.2.3 Propriedades químicas dos substratos	19
2.2.4 Propriedades físicas dos substratos	20
2.2.5 A utilização de resíduos como substrato	22
2.3 O Lodo de esgoto	22
2.3.1 Processo de obtenção e deposição final	22
2.3.2 Composição	23
2.3.3 Uso na agricultura	24
2.3.4 Uso do lodo de esgoto como substrato para produção de mudas	25
2.3.5 Limitações para o uso agrícola	26
3 OBJETIVOS	28
3.1 Objetivo geral	28
3.2 Objetivos específicos	28
CAPITULO 2 - LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO	29
RESUMO	29
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAIS E MÉTODOS	33
2.1 Área experimental, coleta e tratamento das sementes.....	33
2.2 Tratamento das sementes e semeadura	33
2.3 Coleta do lodo de esgoto e do solo.....	33
2.4 Preparo dos substratos	34
2.5 Caracterização dos atributos do solo e lodo de esgoto	34
2.6 Determinação das porcentagens de emergência das plântulas e sobres atributos do solo e lodo de esgoto	36
2.7 Avaliação da qualidade das mudas	36

2.8 Análise foliar	37
2.9 Análise estatística	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 Emergência e sobrevivência de mudas de barbatimão em função das doses de lodo de esgoto no substrato	39
3.2 Características morfológicas de mudas de barbatimão adubadas com lodo de esgoto	40
3.2.1 Altura	42
3.2.2 Diâmetro do coleto	42
3.2.3 Número de folhas	43
3.2.4 Biomassa.....	43
3.3 Índice de qualidade de Dickson	45
3.4 Atributos químicos do substrato	46
3.5 Características físicas do substrato	51
3.6 Análise foliar	53
4 CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS	59

CAPITULO 1- REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Stryphnodendron adstringens*, também conhecida como barbatimão, pertence à família Fabaceae e destaca-se por ser uma planta medicinal muito conhecida e utilizada no Cerrado brasileiro. Além disso, é indicada para a recuperação de áreas degradadas e pode ser utilizada para a extração da madeira, que é pesada, dura e resistente à ação da água e do sol (LORENZI, 1992).

A casca de *S. adstringens* é considerada uma das maiores fontes naturais de tanino, chegando a conter 40% desse composto fenólico responsável pelas características medicinais da espécie. Por esse motivo, o barbatimão ganhou significativa importância econômica em o todo país (ARDISSON *et al.*, 2002). As indústrias farmacêuticas já comercializam a pomada fitoterápica produzida por meio do extrato seco de *S. adstringens* a 50%, que é indicada como agente cicatrizante em vários tipos de lesões e em feridas cutâneas.

Em decorrência da escassez de publicações científicas a respeito dos métodos de propagação das espécies do Cerrado, não se encontram registros que descrevam as condições ideais para cultivo do barbatimão, especialmente a produção de mudas. A carência dessas informações limita a produção de mudas de *S. adstringens*, seja para manutenção da biodiversidade e recomposição de ecossistemas degradados ou para o fornecimento da matéria-prima para as indústrias farmacêuticas.

O substrato é um fator de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. A escolha do substrato ideal para produção de mudas vai depender das necessidades da cultura de interesse, todavia esse deve assegurar estabilidade à planta, permitir a fixação do sistema radicular, garantir o fornecimento de água e nutrientes, assim como possibilitar as trocas gasosas entre a raiz e a atmosfera (LAMAIRE, 1995).

Uma alternativa para a composição do substrato é o uso de lodo de esgoto. Tal procedimento está mundialmente em evidência, pois a utilização

do lodo na agricultura, além de promover melhorias físicas e químicas no substrato, pode viabilizar a reciclagem de nutrientes e diminuir a utilização de fertilizantes minerais, sendo ainda uma solução definitiva para a disposição desse resíduo.

A intensa demanda pelos metabólitos secundários localizados na casca do barbatimão, faz com que as populações de *S. adstringens* estejam sujeitas ao extrativismo desordenado. Somado a isso, não há registros de que os laboratórios farmacêuticos, farmácias de manipulação ou viveiristas cultivem a espécie para a produção de medicamentos, fato que corrobora o risco de extinção da espécie (BORGES FILHO; FELFILI, 2003). Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso do lodo de esgoto, em adição ao solo de Cerrado, como substrato na produção de mudas de *S. adstringens*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville]

2.1.1 Ocorrência

O *Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville ou *Stryphnodendron barbatiman* Mart – Leguminosae conhecido popularmente como barba-de-timão, barbatimão, borãozinho-roxo, casca-da-virgindade, uabatimô é encontrado com frequência em fitofisionomias de cerrado típico (*stricto sensu*), campo-sujo e cerradão, estando distribuído nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Tocantins e no Distrito Federal (ALMEIDA *et al.*, 1998; LORENZI, 2002). O gênero *Stryphnodendron* é tipicamente brasileiro; apenas o *S. levelii* Cowan teve sua ocorrência registrada na Venezuela e o *S. porcatwn* Neill Occhjá foi descrito no Equador (OCCHIONI, 1990).

2.1.2 Características botânicas e morfológicas

A espécie é classificada na divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsidae*, ordem Fabales, família Fabaceae, gênero *Stryphnodendron* (ALMEIDA *et al.*,1998). De acordo com Lorenzi e Matos (2002), o *S. adstringens* é uma árvore de copa alongada, com 4 a 5 m de altura, tronco cascudo e tortuoso, folhas bipinadas, folíolos, ovados, pequenos, glabros, flores creme ou quase brancas, dispostas em espigas cilíndricas, axilares densas. O fruto é uma vagem grossa, um pouco carnosa, quase cilíndrica, séssil, com aproximadamente 10 cm de comprimento. A raiz é pivotante, tendo o seu desenvolvimento, na planta jovem, mais rápido que o do caule. É uma dicotiledônea e tem germinação epígea (GUINET; CACCAVARI, 1992).

2.1.3 Ecologia da espécie

O Brasil é um dos países com maior diversidade de plantas, contando com número estimado de mais de 20% do número total de espécies do planeta. Devido à sua dimensão continental e à grande variação geomorfológica e climática, abriga sete biomas. Dentre eles, está o Cerrado (MMA, 2005). Considerado como um “hotspot”, o cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas. Do ponto de vista da diversidade biológica, é reconhecida como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas (MYERS *et al.*, 2000), grupo onde se enquadra o barbatimão.

Ecologicamente, são encontradas poucas referências sobre o papel desempenhado por indivíduos de barbatimão nas comunidades naturais. Carvalho *et al.* (2009) estudaram a espécie em uma área de cerrado no sudeste de Goiás e concluíram que os indivíduos nativos encontram-se arranjados em uma população estável, autoregenerante, aparentemente tolerante a distúrbios antrópicos como queimadas e à presença de capim exótico (capim-gordura).

Mendonça (2011) avaliou populações de barbatimão em três estados, São Paulo, Minas Gerais e Goiás, e observou que a variabilidade genética do *S. adstringens* é maior dentro das populações do que entre as mesmas. Glasenapp *et al.* (2011), estudando populações de barbatimão na região Sudeste e Centro-oeste, observaram também que a diversidade genética do *S. adstringens* é relativamente alta dentro das populações e relativamente baixa entre as populações. Para esses autores o fluxo gênico é alto o suficiente para prevenir a diferenciação, pelo menos em nível local.

O barbatimão é uma espécie decídua, perde as suas folhas durante os meses de julho, voltando a brotar em fins de agosto. A sua floração inicia-se em setembro e a frutificação ocorre em novembro (FELFILI *et al.*, 1999). Além de possuir raízes gemíferas, o *Stryphnodendron* perpetua-se na natureza por meio de sementes, é hermafrodita e sua polinização é feita essencialmente por abelhas de diversas espécies. A dispersão dos seus

frutos e sementes é autocórica, do tipo barocórica (por gravidade) e zoocórica (LORENZI; MATOS, 2002).

2.1.4 Uso medicinal e fitoterápico

O barbatimão é empregado em larga escala na medicina popular como adstringente para o tratamento de diarreias, hemorroidas, DSTs e até hemorragias (VILAR *et al.*, 2010). Apresenta propriedades cicatrizantes e sua casca pulverizada é frequentemente usada para tratamento de feridas e úlceras (ARDISSON *et al.*, 2002). O uso medicinal dessa espécie está ligado à sua ação anti-inflamatória, cicatrizante, analgésica, antifúngica e protetora da mucosa gástrica (BRANDÃO *et al.*, 2006; SIMÕES *et al.*, 2004).

As propriedades medicinais do *S. adstringens* estão principalmente associadas aos taninos, produtos naturais de composição polifenólica, que são produzidos pelo metabolismo secundário da planta em reação ao ataque de insetos e microrganismos. Logo, essa espécie apresenta grande potencial econômico, principalmente na área farmacêutica em decorrência da grande quantidade de taninos produzidos em suas cascas, até 40%, e nas folhas, cerca de 30% (ALMEIDA *et al.*, 2010).

De acordo com a legislação sanitária brasileira, fitoterápico pode ser definido como um medicamento obtido empregando-se exclusivamente matérias primas vegetais (BRASIL, 2004). No Brasil, o órgão responsável pela regulamentação de plantas medicinais e seus derivados é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Para garantir a segurança da saúde da população, a Anvisa realiza o registro de medicamentos que são avaliados quanto à sua eficácia e à qualidade antes de serem expostos à venda para utilização pela população. Carvalho *et al.* (2008) observaram um total de 512 medicamentos fitoterápicos registrados, sendo 80 fitoterápicos associados e 432 simples, ou seja, obtidos de derivados de apenas uma espécie vegetal. Dentre esses, encontra-se o cicatrizante de uso tópico produzido por meio do extrato seco de *Stryphnodendron adstringens* a 50%.

Extratos produzidos a partir das cascas e folhas de barbatimão vêm sendo testados com sucesso no controle biológico de microrganismos. Alves

et al. (2000) verificaram alta atividade do extrato das cascas de *S. adstringens* contra bactérias como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* e *Pseudomonas ruginosa*. Holetz *et al.* (2005) observaram o efeito inibitório dose-dependente do extrato hidroalcoólico de *S. adstringens* sobre o protozoário *Herpetomonas Samuel pessoai*, um tripanosomatídeo não patogênico utilizado como modelo biológico, que apresenta antígenos semelhantes aos do *Trypanosoma cruzi*, inseto vetor da doença de chagas.

Dentre os estudos pioneiros sobre o *Stryphnodendron adstringens*, destaca-se a fabricação de uma pomada de ação antiviral. O produto foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas, e contém 20% (p/p) do extrato hidroetanólico do barbatimão. A pomada conseguiu eliminar sem dores, nem problemas colaterais, as verrugas genitais, causadas pelo vírus papiloma humano (HPV), em todos os 46 pacientes que foram tratados nos testes clínicos.

2.1.5 Outras propriedades

As aplicações do barbatimão não se restringem apenas à sua natureza medicinal. O *S. adstringens* também é utilizado como matéria-prima de um corante de cor avermelhada aplicado na fabricação de tintas para escrita e no tingimento de fibras têxteis, papel, couro, madeiras e cosméticos. Pode ser empregado com sucesso no paisagismo, principalmente na arborização de ruas estreitas, na construção civil, por apresentar uma madeira resistente a condições adversas e ainda é recomendado para os plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente (ALMEIDA *et al.*, 1998; LORENZI, 1992).

2.2 Produção de mudas

A produção de mudas de espécies nativas é de grande importância para a preservação e manutenção da biodiversidade florística de um bioma, para atender à demanda de reflorestamentos de áreas degradadas e

arborização urbana, para a formação de pomares de espécies nativas frutíferas, assim como favorecer a produção de espécies nativas com diferentes potenciais econômicos (SALOMÃO *et al.*, 2003).

Para otimizar o plantio e garantir bons resultados referentes à qualidade das mudas é preciso atentar-se a alguns fatores como: origem e viabilidade das sementes, semeadura, germinação, tipos de substrato, recipiente, irrigação, adubação, condições gerais do viveiro e tempo de permanência no mesmo até o momento de plantio no campo (REGHIN *et al.*, 2004).

2.2.1 Características morfológicas das mudas

Segundo Paiva e Gomes (2012), várias são as características utilizadas na avaliação da qualidade das mudas; dentre elas, destacam-se: altura da parte aérea, diâmetro do colo, número de folhas, matéria seca da parte aérea, e matéria seca da raiz. Esses atributos morfológicos são muito utilizados em viveiros comerciais, para classificar as plantas, devido à sua fácil mensuração.

A altura da parte aérea é um atributo aplicado principalmente na classificação e na seleção das mudas em viveiros florestais (GOMES, 1978). Não é recomendado considerar esse parâmetro isoladamente tendo em vista a possibilidade de obter falsos resultados. Mudanças com maior altura podem apresentar balanço desfavorável entre a parte aérea e radicular, favorecendo o tombamento das plantas e a baixa sobrevivência em campo (GURTH, 1976; SHIMIZU, 1976), estudando a seleção fenotípica de mudas de *Pinus*, constatou que a altura avaliada, juntamente com a rigidez do caule, foi eficiente na formação de populações produtivas da espécie.

O diâmetro do coleto é considerado por muitos pesquisadores como a principal característica para estimar a sobrevivência em campo e prever a

aptidão da espécie plantada (GOMES, 2001). Alguns trabalhos comprovam a correlação entre a porcentagem de sobrevivência das mudas em casa de vegetação e pós-plantio com o diâmetro do colo. Zwolinki e Donald (1993) constataram que as mudas de cedro com diâmetros de colo superiores a 4,7mm apresentaram maiores índices de sobrevivência em viveiro, maiores incrementos em altura, além de apresentarem inter-relação positiva com a porcentagem de sobrevivência após o plantio.

Em viveiros, avaliar a quantidade e a qualidade das folhas é extremamente importante para estimar o potencial metabólico nutricional das mudas. A falta ou mesmo o excesso de qualquer um dos macronutrientes ou micronutrientes provoca anomalias no crescimento e no desenvolvimento da planta, expressas, na maioria das vezes, nas folhas por meio de sintomas como: cloroses, que são zonas claras; necroses, que se trata de zonas escuras, ou até mesmo abscisão (GLINSKI; LIPIEC, 1990).

O peso seco da parte aérea e da raiz reflete a assimilação de nutrientes pelas plantas ao longo de seu ciclo produtivo, que, em condições normais, é progressiva ao longo do ciclo da planta. Essas variáveis estão estritamente associadas às atividades de natureza fisiológica das mudas no complexo ambiente-solo-água-planta (CARNEIRO, 1995). A raiz absorve água e nutrientes do solo e fornece à parte aérea, e a parte aérea fornece carboidratos, fitohormônios e nutrientes orgânicos para as raízes (GLINSKI; LIPIEC, 1990). Por envolver a destruição completa das mudas e utilização de estufas, essa avaliação não é viável em muitos viveiros (AZEVEDO, 2003).

2.2.2 Substratos para produção de mudas

O substrato tem funções importantes e determinantes na produção de mudas, uma vez que serve de meio para a sustentação da raiz e parte aérea,

fornece nutrientes, água, oxigênio e propicia pH adequado (ROSA JÚNIOR *et al.*, 1998).

Entre os materiais utilizados nas misturas que compõem os substratos para a produção de mudas florestais, destacam-se: vermiculita, composto orgânico, esterco bovino, resíduo urbano, húmus de minhoca, turfas, moinha de carvão, terra de subsolo, serragem, bagaço de cana e acículas de pinus (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

Segundo Gonçalves *et al.* (2000), os substratos adequados para produção de mudas, por meio de sementes ou estacas, 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, composto orgânico de lixo urbano, húmus de minhoca e outros resíduos), com 20 a 30% de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa e bagaço de cana carbonizado).

Objetivando avaliar o desenvolvimento de mudas de barbatimão, Gomes Junior (2006) semeou duas sementes de *S. adstringens* em saquinhos de polietileno contendo diferentes substratos e verificou que o tratamento que proporcionou o maior crescimento das mudas foi o substrato contendo areia e composto preparado com restos de podas de grama, juntamente com esterco bovino na proporção de 3:1.

2.2.3 Propriedades químicas dos substratos

Mundialmente, as características químicas avaliadas em um substrato são: teor de nutrientes, matéria orgânica, pH e condutividade elétrica. O equilíbrio dessas propriedades influencia diretamente as condições necessárias para o desenvolvimento das mudas. Se uma dessas características estiver desfavorável, o sistema pode ficar desequilibrado, dificultando a germinação, o desenvolvimento e o manejo na produção (ANDREOLI *et al.*, 2006).

A presença de macronutrientes e micronutrientes nos substratos é indispensável por ser um fator determinante para sobrevivência, para o

crescimento e para o desenvolvimento das mudas. Contudo, a formulação e a dosagem de nutrientes são variáveis de acordo com as características do substrato utilizado e a espécie que será produzida (ANDREOLI *et al.*, 2006). Para Silva *et al.* (2005), devido à baixa fertilidade natural dos solos do Cerrado, as plantas nativas do bioma, como *S. adstringens*, são provavelmente adaptadas às condições de escassez de nutrientes associados ao baixo pH, fato que não elimina a possibilidade de resposta à fertilização.

Do ponto de vista químico, a matéria orgânica adicionada aos substratos fornece nutrientes às mudas e ajuda torná-los mais disponíveis, elevando a capacidade de troca catiônica e, podendo ainda ampliar o poder tampão do meio, impedindo grandes oscilações de pH. Do ponto de vista físico, a matéria orgânica favorece a coesão dos agregados e, conseqüentemente, eleva a estabilidade do substrato, o que resulta na melhoria da capacidade de retenção de água, porosidade, densidade e aeração, favorecendo o desenvolvimento radicular das plantas (MELO; MARQUES, 2000). Segundo Abad *et al.* (1992) e Cavins *et al.* (2000), a quantidade ótima de matéria orgânica para ser usada na composição de substratos para produção de mudas de diversas espécies é de 8 dagkg⁻¹.

O pH do solo influencia diretamente tanto a solubilidade, quanto a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Para Kampf (2000), entre os valores de pH de 6,0 a 7,0, ocorre adequada disponibilidade de nutrientes nos substratos minerais, mas, para substratos orgânicos, esse valor varia de 5,2 a 5,5.

A condutividade elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do substrato. Quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de CE obtido. Tomé Júnior (1997) afirma que o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas. Isso porque a maior concentração da solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico), prejudicando os seus processos metabólicos essenciais. Segundo Gonçalves *et al.* (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve ficar acima de

1,0 mS cm⁻¹, em determinações realizadas a partir de extrato na diluição de 1:1,5.

2.2.4 Propriedades físicas dos substratos

As características físicas indispensáveis para a caracterização dos substratos podem ser resumidas em: capacidade de retenção de água, porosidade e densidade. A partir dessas propriedades, é possível indicar a qualidade e sugerir usos e limitações dos substratos para produção de mudas (KAMPF, 2008).

A quantidade de água retida pelo substrato, depois de saturado e deixado drenar livremente, corresponde à sua capacidade de retenção de água (MARTÍNEZ, 2002). Conhecer a capacidade de retenção de água de um substrato permite a programação mais adequada do manejo da irrigação das mudas. É imprescindível esse conhecimento para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, pois o espaço de aeração deficiente e a alta retenção de água podem reduzir a oxigenação para as raízes, além de dificultar o seu desenvolvimento (LUDWIG *et al.*, 2008). Em condições ótimas, o substrato ideal deve apresentar entre 24 e 40% (v v⁻¹) de água total disponível para as plantas (ABAD *et al.*, 1992).

A porosidade total expressa o volume de substrato não ocupado por partículas e é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra, sendo variável com o passar do tempo do cultivo, devido à acomodação das partículas (MARTÍNEZ, 2002). A importância desse atributo está no estabelecimento da capacidade de regular o fornecimento de água e de ar às plantas, por meio da dimensão dos seus poros (HANDRECK; BLACK, 1999). Boodt e Verdonck (1972), em seus estudos caracterizando substratos para horticultura, consideram que o substrato ideal deve possuir 85% de seu volume em poros.

A densidade pode ser dividida em densidade real ou densidade aparente. A densidade aparente expressa a relação entre a massa (incluindo

o espaço de poros) e o volume de uma amostra de substrato. Quanto menor for o recipiente utilizado, menor deve ser a densidade do substrato nele disposto, pela limitação do espaço para o desenvolvimento das raízes e das plantas. Consideram-se, como referência para substrato para a produção de mudas, valores de densidade aparente entre 0,45 e 0,55 g cm⁻³(ABAD, *et al.*,1992).

É importante destacar, ainda, que a densidade está ligada à força que o agente imprime ao material no momento de preenchimento do recipiente e a umidade presente nas partículas. Quanto maior a força e a umidade, mais pesado fica o substrato e menor volume ele ocupará, se for comparada à mesma massa com umidade menor (FERMINO, 2002). O valor da densidade é importante também para a interpretação de outras características, como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (FERMINO, 2003).

A densidade de partícula, também denominada densidade real, expressa a relação entre a massa de material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo o espaço ocupado por poros. Os valores de referência para esse parâmetro variam de 1,45 a 2,65 g cm⁻³ (ABAD, *et al.*,1992).

2.2.5 A utilização de resíduos como substrato

Há resíduos e subprodutos da atividade agropecuária, urbana e industrial que podem ser utilizados como substrato, tais como: as cascas de pinus, fibra de coco, cama de frango, resíduos de mineração, resíduos da cinza de biomassa de caldeira, resíduos de algodão gerados pelas indústrias têxteis e lodo de esgoto (MAEDA *et al.*, 2007).

O uso desses resíduos orgânicos como componentes de substratos propicia a reutilização de materiais alternativos, de fácil e constante disponibilidade e de baixo custo, auxiliando na minimização decorrente do acúmulo de resíduos no ambiente. Além disso, esses resíduos podem atuar de forma benéfica nas propriedades físicas e químicas dos substratos.

Estudos com a finalidade de viabilizar a utilização desses resíduos representam uma demanda atual (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2004).

2.3 O Lodo de esgoto

2.3.1 Processo de obtenção e deposição final

O lodo de esgoto ou bio-sólido é o resultado do tratamento dos resíduos líquidos e sólidos urbanos (domésticos, comerciais e industriais) encaminhados por meio das redes coletoras às estações de tratamento de esgoto (ETE). Os vários sistemas de tratamento dão origem a lodos com características físicas e químicas distintas (SANTOS, 2009). De modo geral, ocorre uma depuração biológica das águas residuais com posterior separação da fase líquida da sólida.

Grande parte do lodo, gerado nos sistemas de tratamento do país, tem como destino final os aterros sanitários, sistema oneroso e que limita a reciclagem e o reaproveitamento do resíduo. Outros métodos de deposição final são: incineração, descarte nos oceanos, reúso industrial e reúso agrícola (SILVA *et al.*, 2000).

2.3.2 Composição

A composição química do lodo pode variar em função do local de origem (residências ou indústrias, por exemplo), da época do ano e do sistema de tratamento empregado (BETTIOL; CAMARGO, 2000). As características qualitativas e quantitativas do lodo também estão relacionadas

com ao tipo de urbanização, aos hábitos sanitários, às condições ambientais e ao perfil de saúde da comunidade que gera o resíduo (PROSAB, 1999)

O lodo de esgoto doméstico provém principalmente das residências, dos edifícios comerciais ou de quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas onde um grupo restrito utilize água pra fins particulares. Esse resíduo possui na sua composição 99,9% de água e 0,01% de sólido. Do total de sólidos, 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras) e 30% inorgânicos (areia, sais, metais etc.) (PROSAB, 1999).

O lodo de esgoto industrial é resultado de qualquer utilização de água para fins industriais, adquirindo características próprias em função, por exemplo, do processo de produção empregado e do sistema de tratamento utilizado pela empresa (FERREIRA *et al.*, 1999). Raramente os lodos são tratados para remoção de constituintes inorgânicos (PROSAB, 1999).

Em relação à fertilidade, o lodo de esgoto típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio e 2% de fósforo e demais macro e micronutrientes. É relatada, em muitos casos, a ausência de potássio (SIMONETE, 2003). As características físicas do lodo, com ênfase para a granulometria, estão intimamente ligadas aos processos de secagem ao qual o resíduo é submetido. De modo geral, o lodo destaca-se pela presença de matéria orgânica que melhora o estado de agregação das partículas do solo, diminuindo sua densidade e aumentando a sua aeração (MELO; MARQUES, 2000).

2.3.3 Uso na agricultura

A aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas, como fertilizante orgânico ou condicionador do solo, vem crescendo substancialmente no Brasil, seguindo uma tendência mundial e acompanhando a demanda gerada

pelo acentuado crescimento no volume de esgoto tratado no país (TSUTIYA, 2001).

Somado às suas características físico-químicas favoráveis, como grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica, o uso do lodo de esgoto na agricultura tem-se tornado cada vez mais atraente, também, pelos baixos custos e redução dos impactos ambientais relacionados os demais métodos de disposição (GALDOS *et al.*, 2004).

Pesquisas, principalmente com cereais como soja e milho, indicam que o lodo de esgoto proporciona desenvolvimento e produtividade maior ou igual ao proporcionado pelos fertilizantes convencionais (ANDREOLI; PEGORINI, 2000).

Nascimento *et al.* (2004), ao estudarem o efeito da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto sobre o crescimento das plantas de milho e feijão cultivadas em casa de vegetação, concluíram que todos os tratamentos aumentaram a produção de matéria seca das duas culturas. Quintana *et al.* (2004) afirmaram que a substituição da fertilização nitrogenada inorgânica por lodo de esgoto proporcionou a melhoria de alguns parâmetros da couve brócolos de cabeça única (*Brassica oleraceae*), tais como número de folhas comercializáveis, diâmetro médio de caule e de cabeça, e peso médio de cabeça. Ao avaliarem a eficiência do lodo de esgoto como fonte de fósforo, em comparação ao superfosfato triplo, aplicado em doses equivalentes, Silva *et al.*, (2002) constataram que o lodo foi mais eficiente.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da resolução N° 375/2006, define os critérios e procedimentos para a utilização do lodo de esgoto no meio agrícola e florestal. Segundo essa resolução, a caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado a ser aplicado deve incluir os seguintes aspectos: potencial agrônômico; substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas; indicadores bacteriológicos, agentes patogênicos, e, estabilidade. Para a caracterização do potencial agrônômico do lodo de esgoto ou produto derivado, deverão ser determinados, de acordo com a resolução N° 375/2006, os seguintes parâmetros: carbono orgânico,

fósforo total, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato/nitrito, pH em água, potássio total, sódio total, enxofre total, cálcio total, magnésio total, umidade e sólidos voláteis e totais. O artigo 11 da resolução Nº 375/2006 dispõe sobre os limites máximos das substâncias inorgânicas permitidas e sobre a classe do lodo de acordo com sua concentração de patógenos.

2.3.4 Uso do lodo de esgoto como substrato para produção de mudas

O uso do lodo de esgoto no substrato pode aumentar a capacidade de retenção hídrica, fornecer macro e micronutrientes às mudas, permitir uma economia na adubação, podendo ser uma alternativa menos onerosa que os substratos comerciais ou outros componentes. E, de forma não menos importante, deve-se considerar o reforço ao apelo ambiental. (FAUSTINO *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 1997; NOBREGA *et al.*, 2007; SCHEER *et al.*, 2010). O crescimento de trabalhos científicos publicados sobre o assunto indica que o lodo de esgoto está cada vez mais, sendo utilizado como substrato para produção de mudas.

Caldeira *et al.* (2013), avaliando proporções de lodo de esgoto e vermiculita para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, verificaram que o melhor substrato testado foi o que apresentou 20% de lodo de esgoto associado a 80% de vermiculita. Com o objetivo de avaliar o uso do bio-sólido como componente no substrato para a produção de mudas de *Murraya paniculata*, Caldeira *et al.* (2011) verificaram que, dentre as proporções de bio-sólido e substrato comercial avaliadas, aquelas com 20% e 40% de bio-sólido influenciaram positivamente as características morfológicas da espécie estudada, em comparação com o substrato comercial puro.

Trigueiro (2002) avaliou a viabilidade da utilização do lodo de esgoto para produção de mudas de pinus e eucalipto. Os resultados revelaram que mudas de eucalipto e pinus desenvolvidas em substrato contendo proporção de 50/50 e 40/60 (biossólido/casca de arroz carbonizada) apresentaram resultados satisfatórios quando comparados à testemunha (Multiplant ®). Morais *et al.* (1997), comparando esterco bovino, biossólido e acículas de pinus; comprovaram que o melhor substrato para o crescimento em diâmetro do colo e altura total, para mudas de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), foi obtido por meio da mistura de 70% de solo, sem adubação, mais 30% de lodo de esgoto.

Em trabalho realizado por Moreira *et al.* (1996), comparando esterco bovino, biossólido e acículas de *Pinus*, ficou comprovado que o maior crescimento em diâmetro do colo e altura total para mudas de cedro na fase de viveiro, foi obtido em mudas desenvolvidas no substrato com 70% de solo sem adubação + 30% biossólido. Esse resultado evidencia, mais uma vez, o efeito benéfico do lodo de esgoto na produção de mudas em viveiros.

Portanto, vários estudos vêm demonstrando que o uso de lodo de esgoto como componente de substratos para produção de mudas pode ser uma alternativa viável para a sua disposição final e constitui uma ferramenta a ser utilizada na produção de mudas para arborização urbana e recuperação de áreas degradadas (CALDEIRA *et al.*, 2013; FAUSTINO *et al.*, 2005).

2.3.5 Limitações do uso agrícola

O uso de lodo na agricultura não pode ser entendido simplesmente como uma forma de se livrar de um problema urbano, mas ao contrário, como o compromisso em produzir um insumo de boa qualidade, que traga benefícios à produção agrícola, garantindo a qualidade ambiental das áreas onde for utilizado, dos produtos produzidos e a segurança ao produtor rural.

Nos processos de disposição final de resíduos, é necessária a avaliação dos riscos e dos impactos ambientais decorrentes da prática a ser adotada (PROSAB, 1999).

Entre os contaminantes químicos, que podem limitar o uso do lodo na agricultura, destacam-se: os metais tóxicos, os pesticidas organoclorados e bifenilas policloradas, ésteres de fitalatos, clorobenzenos e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (SAITO, 2007).

Os principais impactos ambientais relacionados à disposição do lodo no solo são: 1) acúmulo de metais tóxicos, poluentes orgânicos e patógenos; 2) lixiviação dos compostos resultantes da decomposição do lodo com destaque para os nitratos; 3) contaminação de áreas adjacentes e corpos hídricos devido ao transporte por escoamento superficial do material; 4) volatilização de compostos tóxicos; 5) odor e atração de vetores de doenças (PROSAB, 1999).

Dreher (2003) relata o acúmulo de compostos inorgânicos (bifenilas policloradas) no solo agriculturável como resultado da aplicação do lodo de esgoto no mesmo, destacando a alta persistência dessas substâncias, cerca de 14 anos. Baran e Oleszczuk (2003) observaram que a aplicação do lodo em solo degradado resultou no aumento da concentração de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos nas camadas superiores e inferiores do solo (20 – 40 cm).

Suzuki *et al.* (1977) comprovaram, em seu experimento com o pesticida aroclor 1242 e 1254, incorporado propositalmente ao lodo utilizado como substrato, que essa classe de substância pode ser translocada para plantas por meio da absorção pelas raízes, tendo sido detectadas nas diferentes partes das plantas. Tal fato ressalta a importância da investigação do lodo a ser utilizado, principalmente na cultura de alimento

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a produção de mudas de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), utilizando o lodo de esgoto como componente do substrato.

3.2. Objetivos específicos

- 1) Avaliar o crescimento e o desenvolvimento de mudas de *S. adstringens* cultivadas em substratos constituídos por níveis crescentes de lodo de esgoto.
- 2) Caracterizar os efeitos do lodo de esgoto sobre as propriedades químicas e físicas do substrato para a produção de mudas de barbatimão.

CAPÍTULO 2. PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARBATIMÃO [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] EM SUBSTRATO CONTENDO LODO DE ESGOTO

RESUMO

Sabe-se que a produção de mudas é de grande importância para favorecer a propagação das espécies ameaçadas e com potencial econômico, e que a utilização do lodo de esgoto na agricultura como adubo orgânico é considerada como a alternativa mais promissora para a disposição final desse resíduo, em razão da sua sustentabilidade. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a produção de mudas de barbatimão, usando lodo de esgoto como componente do substrato. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. O experimento foi composto por seis tratamentos, quatro repetições e a unidade experimental formada por quatro mudas. Os tratamentos foram compostos por lodo de esgoto misturado a solo típico de Cerrado (v:v); sendo 0:100 o tratamento testemunha (T1); 2,5:97,5 (T2); 5:95 (T3); 10:90 (T4); 15:85 (T5) e 20:80 (T6). Foram avaliados: emergência, sobrevivência, as características nutricionais e qualidade das mudas, e características químicas e físicas do substrato. A testemunha (T1), e os tratamentos (T2) e (T3) apresentaram as maiores taxas de emergência e sobrevivência, respectivamente. A concentração de 15% (T5) foi a que proporcionou o maior crescimento das mudas, seguida de 5% (T3) e 2,5% (T2). Todas as plantas do tratamento com 20% de lodo (T6) morreram. As plantas cultivadas no tratamento composto por 15% de lodo e 85% de solo do cerrado (T5), expressaram sinais foliares de intoxicação. A adição de 2,5 e 5% de lodo de esgoto ao substrato proporcionou mudas com maior qualidade. Em relação às propriedades químicas do substrato, observou-se que as doses 10, 15 e 20% de lodo elevaram os teores micronutrientes a níveis tóxicos para as plantas. No que diz respeito às propriedades químicas, o lodo favoreceu a capacidade de retenção de água dos substratos em todas as concentrações. Conclui-se que a utilização de baixas concentrações de lodo

de esgoto parece ser uma alternativa promissora na composição de substratos para produção de mudas de barbatimão.

Palavras-chave: Planta nativa. *S. adstringens*. Sustentabilidade. Propagação

CHAPTER 2. PRODUCTION OF BARBATIMÃO SEEDLINGS [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] IN SUBSTRATE CONTAINING SEWAGE SLUDGE

ABSTRACT

It is known that the production of seedlings is very important to favor the propagation of endangered species and with economic potential, and that the usage of sewage sludge as organic fertilizer in agriculture, is considered as the most promising alternative for this residue final disposal, due to its sustainability. In this context, this study aimed to evaluate the production of barbatimão seedlings using sewage sludge as a substrate component. The experimental design was completely randomized. The experiment consisted of six treatments, four replications and the experimental unit comprised of four seedlings. The treatments were composed of sewage sludge mixed with typical Cerrado soil (v: v); being 0: 100 the control treatment (T1); 2.5: 97.5 (T2); 5:95 (T3); 10:90 (T4); 15:85 (T5) and 20:80 (T6). Were evaluated: emergency, nutritional characteristics survival and quality of the plants, and chemical and physical characteristics of the substrate. The control (T1), and treatment (T2) and (T3) had the highest rates of emergency and survival, respectively. The concentration of 15% (T5) was the one that provided the greatest seedling growth, followed by 5% (T3) and 2.5% (T2). All treatment plants with 20% sludge (T6) died, and the ones cultivated in the treatment composed of 15% sludge and 85% of the Cerrado soil (T5), expressed foliar signs of intoxication. The addition of 2.5 and 5% of sewage sludge to the substrate showed the best results for quality seedlings. Regarding the chemical properties of the substrate, it was observed that the doses 10 and 15 and 20% of sludge increased micronutrient levels to levels toxic to plants. Regarding the chemical properties, the sludge favored water retention capacity of the substrates in all concentrations. We conclude that the usage of low concentrations of sewage sludge seems to be a promising alternative in the composition of substrates for barbatimão seedling production.

Keywords: Native plant. *S. adstringens*. Sustainability. Pread

1 INTRODUÇÃO

O *Stryphnodendron adstringens* é uma espécie arbórea, decídua, pertencente à família Fabaceae e distribui-se amplamente pelo Cerrado brasileiro. Também conhecida como barbatimão, destaca-se por possuir taninos em sua casca, que é amplamente utilizada na medicina popular e indústria farmacêutica para produção de medicamentos com ação anti-inflamatória e cicatrizante (LORENZI, 1992).

A extração de forma desordenada da casca de *S. adstringens*, estimulada em grande parte por indústrias farmacêuticas e pelo mercado informal, tem deixado as árvores suscetíveis a doenças e ataques de insetos, podendo ocasionar erosão genética e até mesmo o esgotamento do recurso (BORGES FILHO; FELFELI, 2003). A exploração inadequada de espécies com potencial econômico, como o barbatimão, e a necessidade de recuperação de áreas degradadas reforçam a importância da ampliação de estudos sobre a propagação de mudas das espécies nativas brasileiras.

Dentre os diversos insumos utilizados para produção de mudas, está em evidência o lodo de esgoto, resíduo das estações de tratamento de esgoto (ETE). O lodo provoca alterações benéficas no substrato, uma vez que, além de incorporar matéria orgânica, promove a liberação de nutrientes de forma lenta e contínua. As propriedades físicas do solo, como porosidade e capacidade de retenção de água também são favorecidas pela adição de lodo de esgoto ao substrato (MODESTO *et al.*, 2009). A utilização do lodo na agricultura é uma alternativa viável, pois diminui ou mesmo elimina a necessidade da aplicação de corretivos e fertilizantes minerais, tornando o plantio em que foi empregado mais sustentável e conservativo.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade da utilização do lodo de esgoto, como componente do substrato, na produção de mudas de *Stryphnodendron adstringens*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área experimental, coleta e beneficiamento das sementes

O trabalho foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA -UFMG), Campus Montes Claros, MG.

Os frutos de barbatimão foram colhidos no mês de Julho de 2013, em fragmentos de Cerrado localizados no norte de Minas Gerais, e conduzidos até o Laboratório de Plantas Medicinais da UFMG, onde foram beneficiados manualmente para retirada das sementes. Foram selecionadas as sementes visualmente intactas e eliminadas aquelas chochas, malformadas e danificadas por fungos e insetos.

2.2 Tratamento das sementes e semeadura

As sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos, lavadas em água corrente e deixadas à sombra por seis horas. Logo após, foram tratadas, por cinco minutos, com o fungicida Vitavax Thiram, 200 mgmL⁻¹ (MARTINS *et al.*, 2008). Foram semeadas cinco sementes por recipiente (saco de polietileno com dimensões de 15x9 cm). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, cercada lateralmente com sombrite e coberta com polietileno transparente.

2.3 Coleta do lodo de esgoto e do solo

O lodo de esgoto foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG), no município de Juramento – MG. O solo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999), foi adquirido no comércio local.

2.4 Preparo dos substratos

Ao chegarem ao Instituto de Ciências Agrárias, o solo do Cerrado, (Tabela 1) foi peneirado e o lodo de esgoto (Tabela 2) foi triturado e peneirado. Os substratos utilizados no experimento foram compostos por: 1) 100% de solo do Cerrado, 2) 2,5% de lodo de esgoto e 97,5% de solo do Cerrado, 3) 5% de lodo de esgoto e 95% de solo do Cerrado 4) 10% de lodo de esgoto e 90% de solo do cerrado, 5) 15% de lodo de esgoto e 85% de solo do Cerrado e 6) 20% de lodo de esgoto e 80% de solo do Cerrado.

2.5 Caracterização dos atributos do solo e lodo de esgoto

As análises químicas e físicas do solo do Cerrado e a caracterização química do lodo de esgoto puro foram realizadas de acordo com metodologias preconizadas por Tedesco *et al.* (1995) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997), e estão apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3. Posteriormente, os substratos contendo doses variadas de lodo de esgoto também foram avaliados segundo estas metodologias. Para caracterização física dos tratamentos, foram realizadas as análises de densidade, porosidade total e capacidade máxima de retenção de água.

Na Tabela 3, encontram-se os teores de metais tóxicos presentes no lodo de esgoto. De acordo com a resolução CONAMA – 375/2006, esse material está apto para uso.

Para determinar a condutividade elétrica dos substratos, foram colocados 5 g da amostra de substrato mais 25 mL de água deionizada em frasco de 50 mL, agitando-se em mesa agitadora (150 rpm), por 120 minutos. Após 30 min de repouso, as amostras foram filtradas e as determinações feitas no extrato aquoso com auxílio do condutivímetro HANNA modelo HI-98311- Hanna instruments (adaptado de TRIGUEIRO; GRERRINI, 2004).

TABELA 1

Características químicas e físicas do solo de Cerrado utilizado na produção de substrato para produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville]

pH	P	K	Ca	Mg	Al	MO	Ar Gr	Ar F	Arg	Sil	Tex
5,9	0,47	10	0,20	0,10	0,0	1,26	44,5	43,5	2	10	Ar

Fonte: Do autor

Notas: pH = potencial hidrogeniônico em água; P = fósforo (mg dm^{-3}); K = potássio (mg dm^{-3}); Ca = cálcio (cmolc dm^{-3}); Mg = magnésio (cmolc dm^{-3}), Al = alumínio (cmolc dm^{-3}); MO = matéria orgânica (dag kg^{-1}); Ar Gr = areia grossa (dag kg^{-1}); Ar F = areia Fina (dag kg^{-1}); Arg = argila (dag kg^{-1}); Sil = silte (dag kg^{-1}); Tex = textura; Ar = textura arenosa.

TABELA 2

Características químicas do lodo de esgoto utilizado na produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville]

pH	N	P	K	Ca	Na	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	MO
			%				ppm				%
4,6	2,8	1,7	0,6	0,02	0,8	0,04	386	155	8590	195	22

Fonte: Do autor

Notas: pH = potencial hidrogeniônico em água; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Na = sódio; Mg = Magnésio; Zn = zinco; Cu = cobre; Mn = manganês; MO = matéria orgânica.

TABELA 3

Limites da concentração máxima de metais tóxicos presentes no lodo ou derivados para aplicação no solo, e os teores de metais tóxicos determinados nas amostras de lodo de esgoto da ETE de Juramento- MG

Metal	Rec. CONAMA	L.EJ
		mg kg ⁻¹
Cd	39	0,45
Pb	300	27,2
Cr	1200	0
Ni	420	26,2

Fonte: Do autor

Nota: Cd = cádmio; Pb = chumbo; Cr=cromo; Ni = níquel; Rec. = recomendação; L.E J = lodo de esgoto da ETE Juramento–MG.

2.6 Determinação das porcentagens de emergência das plântulas e sobrevivência das mudas

Decorridos 30 dias da semeadura, determinou-se a porcentagem de emergência de plântulas. Foram consideradas emergidas aquelas que apresentavam os cotilédones totalmente acima da superfície do substrato (mesmo que ainda envolvidos pelo endosperma), e que estavam visualmente sem infecções, podridões ou danos. Aos 180 dias, foi determinada a porcentagem de sobrevivência das mudas a partir das plantas emergidas aos 30 dias.

2.7 Avaliação da qualidade das mudas

Nesta etapa, foram considerados apenas os tratamentos com 0%, 2,5%, 5%, 10% e 15% de lodo de esgoto, tendo em vista que, no tratamento composto por 20% de lodo e 80% de solo do Cerrado, não houve sobrevivência de mudas.

Foram avaliadas, numa periodicidade de 30 dias durante seis meses, as seguintes características: a) altura da parte aérea (H), b) número de folhas e c) diâmetro do coleto (DC). As medidas de altura foram realizadas com régua, a partir da superfície do solo até folha mais nova expandida; o diâmetro da coleto foi medido com paquímetro e o número de folhas funcionais foi obtido pela contagem de folhas completamente expandidas.

Aos 180 dias após a semeadura, as mudas foram colhidas, sendo separada a parte aérea das raízes. Cada órgão foi acondicionado em sacos de papel, identificado e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingir massa constante. Em seguida, foi realizada a pesagem em balança analítica com precisão de 0,01g. Foram determinadas a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca do sistema radicular (MSR) e a massa seca total (MST).

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função de H, DC, MSPA e MSR, por meio da seguinte fórmula (DICKSON *et al.*, 1960):

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

2.8 Análise foliar

Realizou-se a análise foliar visando a determinar os teores de macro e micronutrientes nas plantas. Foram preparadas amostras compostas com: 1) folhas assintomáticas (coletadas nos tratamentos com 2,5 e 5% de lodo); 2) folhas com clorose generalizada (coletadas no tratamento testemunha); 3) folhas encarquilhadas (coletadas no tratamentos com 10 e 15% de lodo), 4) folhas com clorose e necrose nas pontas (coletadas no tratamentos com 10 e 15% de lodo). A avaliação foi processada no Laboratório de Análises de Solos Viçosa Ltda, utilizando a metodologia descrita pelo Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (SILVA,1999).

2.9 Análise estatística

O experimento foi instalado em delineamento estatístico inteiramente casualizado com seis tratamentos, quatro repetições e a unidade experimental formada por quatro mudas. Os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando o software SAEG.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Emergência e sobrevivência de mudas de barbatimão em função das doses de lodo de esgoto no substrato

Para a variável porcentagem de emergência, as plantas de barbatimão responderam linearmente, de forma decrescente, ao aumento nos níveis de lodo de esgoto (Figura 1). O mesmo padrão foi observado para a porcentagem de sobrevivência, que chegou a zero no substrato composto por 20% de lodo de esgoto e 80% solo do cerrado.

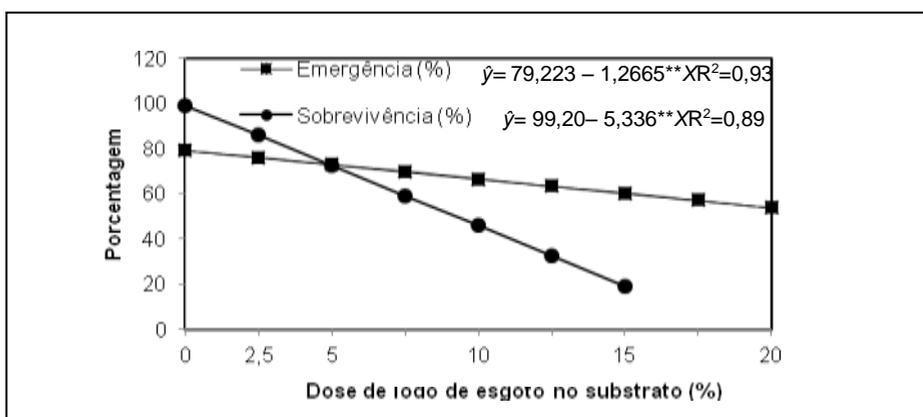


FIGURA 1 - Porcentagem de emergência (30 dias após a sementeira) e porcentagem de sobrevivência (180 após a sementeira) de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville], em função das doses de lodo de esgoto aplicadas ao substrato

Os resultados indicam que a elevação dos níveis de lodo no substrato influenciou negativamente a emergência das plântulas de barbatimão. Tal fato foi descrito por outros autores que utilizaram esse resíduo como componente do substrato. Figueiró *et al.* (2005) observaram decréscimo na taxa de emergência de plântulas de melão cultivadas em substratos contendo lodo de esgoto em proporções maiores que 2,5%. Camargo *et al.* (2010) verificaram que os tratamentos com 30 e 40% de lodo de esgoto no substrato provavelmente dificultaram a emergência de plântulas de pinhão-mansô,

enquanto que as doses de 0 e 10% promoveram maiores porcentagens de emergência.

Observou-se que a maior taxa de sobrevivência, 99,2% foi proporcionada pelo substrato composto apenas com solo do Cerrado, que é o mesmo das áreas de ocorrência do barbatimão. Esses resultados corroboram os de Rosa *et al.*, (2010,) que, ao avaliarem o efeito de 15 substratos para produção de mudas de *S. adstringens*, observaram que o tratamento que continha apenas areia e solo apresentaram melhores taxas de sobrevivência, 95% e 86% respectivamente.

O aumento da proporção de lodo no substrato foi inversamente proporcional à sobrevivência das mudas. A mortalidade total das mudas do substrato com 20% de lodo de esgoto indicou que altas concentrações desse composto podem ser citotóxicas para a espécie. Dessa forma, substratos com dosagens de lodo de esgoto superiores a 5% não são recomendados para a produção de mudas de barbatimão. Esses resultados são coincidentes com os de Trigueiro e Gueriine (2003) e Morais *et al.* (1997), os quais constataram que substratos compostos com doses de lodo de esgoto maiores que 70% e 30% interferiram negativamente no desenvolvimento de mudas de eucalipto e cedro, respectivamente.

3.2 Características morfológicas de mudas de barbatimão adubadas com lodo de esgoto

O tipo de substrato exerceu influência significativa sobre a altura, o diâmetro e o número de folhas das plantas em todas as épocas avaliadas (Figura 2). O aumento das doses de lodo promoveu o aumento linear do crescimento das mudas de barbatimão.

De modo geral, as plantas provenientes dos tratamentos com adição do lodo destacaram-se em todas as características avaliadas. O que pode ter ocorrido pelo fato desses substratos apresentarem maiores concentrações de matéria orgânica e nutrientes (GOMES *et al.*, 2013). Contudo os tratamentos com 10 e 15 % de lodo promoveram menores taxas

de sobrevivência e sinais de intoxicação na planta como encarquilhamento e necrose (Figura 1).

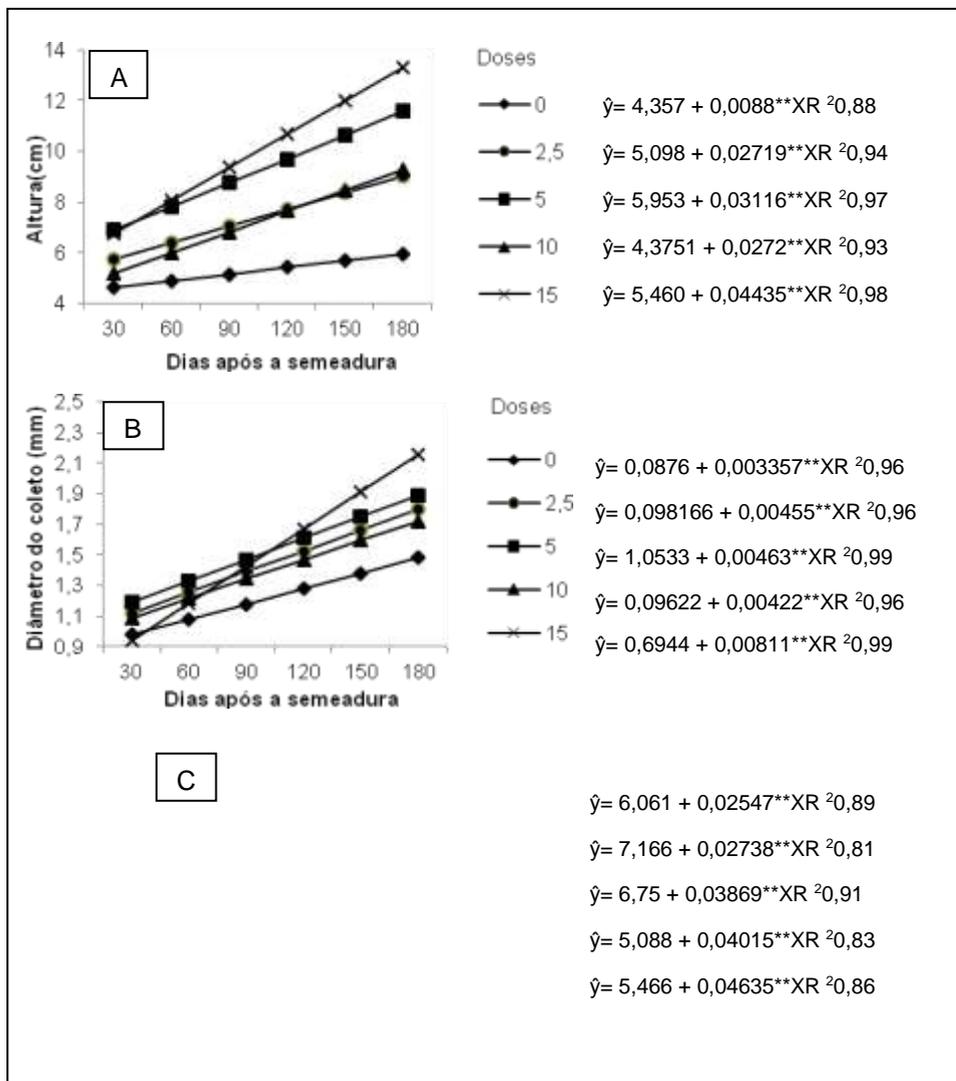


FIGURA 2 - Altura da planta (cm) (A), diâmetro (mm) (B), e número de folhas (C) de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] em função das doses de lodo de esgoto aplicadas no substrato (variando de 0 a 15%) e dos dias após a semeadura.

3.2.1 Altura

A avaliação da altura da parte aérea pode ser utilizada para expressar a qualidade das mudas e é reconhecida como uma boa medida do potencial de desempenho da produção (GOMES *et al.*, 2001). No presente experimento, a altura destacou-se nos tratamentos com 5 e 15% de lodo de esgoto, aos quais as mudas apresentaram, aos 180 dias, médias de 12,3 e 13,8 cm respectivamente (Figura 2A).

Nóbrega *et al.* (2007) também constataram tendência de aumento no crescimento de *Schinus terebynthifolius* a partir da primeira dose de lodo de esgoto adicionada ao substrato. Camargo *et al.* (2010) e Gomes *et al.* (2013) evidenciaram a eficiência de pequenas doses de lodo de esgoto para o incremento da altura de mudas de pinhão-manso e *Tectona grandis* L.

É importante ressaltar que mudas com maiores alturas podem apresentar desequilíbrio entre as partes radicial e aérea. Gomes; Paiva (2004) relataram que a utilização da altura da parte aérea de mudas de espécies florestais, como único critério para avaliação do padrão de qualidade, apresentou deficiências no julgamento no que diz respeito ao desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio. Carneiro (1995) cita que, para evitar o risco de selecionar mudas mais altas, porém fracas, é necessário avaliar a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto.

3.2.2 Diâmetro do coleto

O diâmetro do colo é utilizado para avaliar a capacidade de sobrevivência de mudas no campo e também pode ser indicado para auxiliar na determinação das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas (SOUZA *et al.*, 2006). No presente trabalho, os resultados mostraram que o aumento dos níveis de lodo no substrato favoreceu o incremento do diâmetro do colo das mudas de barbatimão, ao longo dos 180 dias de experimento (Figura 2B). Os tratamentos com 5 e 15% de lodo destacaram-se apresentando valores máximos de diâmetro

iguais a 1,88 e 2,1 mm. O tratamento 15% superou os demais a partir dos 90 dias, sendo que isso provavelmente ocorreu pela maior disponibilização de nutrientes.

No tratamento com 5% de lodo de esgoto, a diferença, para o diâmetro, entre a primeira e a última medição, foi de apenas 0,69 mm. Por motivos ligados provavelmente à genética e à fisiologia (POGGIANI, 1973) as mudas de barbatimão não investiram nos primeiros seis meses (período de avaliação do experimento) em aumento do diâmetro do colo.

3.2.3 Número de folhas

O processo fotossintético ocorre principalmente nas folhas. Elas convertem energia solar (luminosa) numa forma química utilizável, produzindo carboidratos a partir de CO₂ e H₂O. Além disso, realizam a transpiração, acumulam e redistribuem os nutrientes. Assim, os indivíduos que apresentam maior número de folhas têm maior disponibilidade de foto assimilados e, conseqüentemente, apresentam maior crescimento (FARIA *et al.*, 2002).

De maneira geral, o acréscimo do número de folhas compostas foi diretamente proporcional ao aumento das doses de lodo no substrato (Figura 2C). Ao final do experimento, as maiores médias foram evidenciadas nos tratamentos formulados com 5% e 15% de lodo de esgoto. Apenas nos tratamentos com 2,5 e 5% de lodo, foram observadas folhas de tamanho e coloração típicas da espécie, sem sintomas visuais de deficiência ou toxidez, indicativo de mudas com vigor e boa qualidade nutricional (GONÇALVES *et al.*, 2004).

3.2.4 Biomassa

No que se refere ao peso seco da parte aérea e ao peso seco da raiz, não foi verificada relação significativa dessas variáveis com as doses de lodo utilizadas no experimento. Nas Figura 3, estão apresentadas as médias

± desvio padrão da biomassa seca da parte aérea e da raiz, em função dos substratos avaliados.

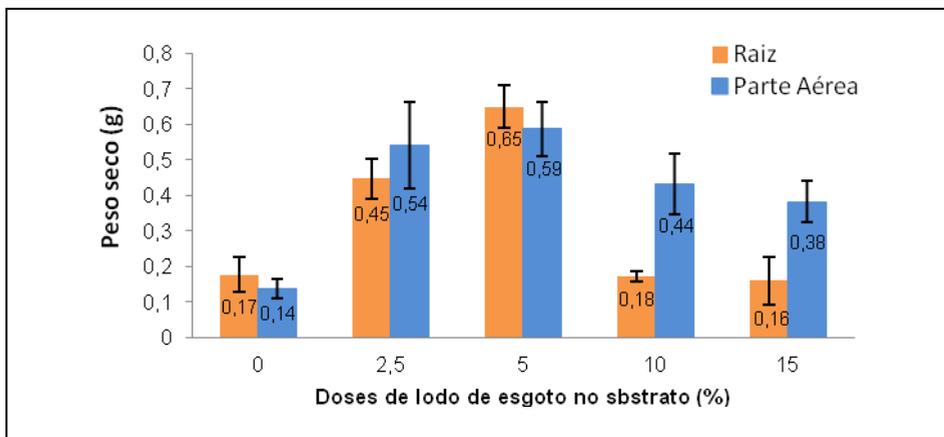


FIGURA 3 - Valores médios e desvio padrão do peso seco da raiz (g) e da parte aérea (g) de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville], em função das doses de lodo de esgoto no substrato. Atributos avaliados 180 dias após a semeadura

Nota-se tendência de ganho de peso seco da raiz e parte aérea com aplicação de pequenas doses de lodo de esgoto nos substratos (2,5 e 5% de lodo). Contudo percebe-se uma predisposição de diminuição das médias com o aumento dos níveis de lodo, a partir de 10%. Observações semelhantes foram feitas por Camargo *et al.* (2010) que constataram redução no peso seco da parte aérea de mudas de pinhão-manso nas maiores concentrações de bio-sólido no substrato. Caldeira *et al.* (2013), ao avaliarem doses crescentes de lodo de esgoto misturado à vermiculita, para produção de mudas de eucalipto, verificaram que os maiores incrementos de produção de biomassa seca da raiz derivaram dos substratos com menores níveis de lodo de esgoto.

É possível observar maior equilíbrio da distribuição da biomassa nas mudas cultivadas nos substratos formulados com até 5% de lodo (Tabela 3). Já as mudas produzidas com 10 e 15 % de lodo de esgoto, cresceram em altura, mas não acumularam biomassa, principalmente no sistema radicular. Tal constatação evidencia desequilíbrio fisiológico e, ou nutricional que,

provavelmente, foi provocado pelas condições de adversidade impostas pelo substratos. Hermann (1964), avaliando substratos para produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, relata que a sobrevivência foi consideravelmente maior quanto mais abundante foi a massa seca do sistema radicular, independentemente da altura da parte aérea, o que também foi observado neste estudo.

3.3 Índice de qualidade de Dickson

No presente trabalho, não foi possível ajustar uma regressão para o comportamento do índice de qualidade de Dickson às doses de lodo de esgoto no substrato. Assim, os valores médios de IQD e seus respectivos desvios-padrão estão expostos na Figura 4.

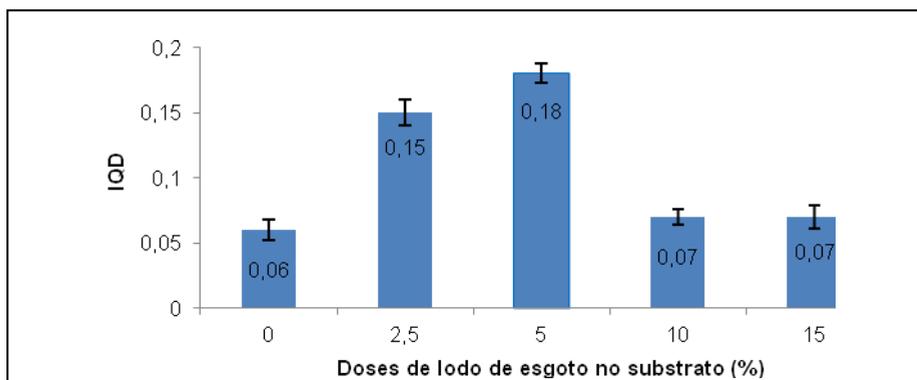


FIGURA 4 - Valores médios e desvio padrão para o Índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville], em função das doses de lodo de esgoto no substrato. Atributos avaliados 180 dias após a semeadura

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é reconhecido como bom indicador de qualidade de mudas, porque são utilizados no seu cálculo a robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) (TRAZZI, 2011), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregadas para a avaliação da qualidade.

Para Caldeira *et al.* (2012), quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda. De acordo com Birchler *et al.* (1998) e Hunt (1990), o valor de IQD deve ser maior que 0,2, o que não foi observado entre as médias desse estudo. Porém, vários estudos vêm demonstrando que o IQD é um atributo variável ocorrendo diferenças em função da espécie, do manejo, do tipo de substrato, do volume do recipiente e da idade em que as mudas foram avaliadas (CALDEIRA *et al.*, 2005; TRAZZI, 2011). Neste experimento, a maior média foi obtida no tratamento com 5% de lodo, ou seja, IQD = 0,18 aos 180 dias após a semeadura.

3.4 Atributos químicos do substrato

A carga de nutrientes presentes em materiais como o lodo de esgoto, pode elevar a qualidade dos substratos para produção de mudas e ainda promover uma significativa economia de fertilizantes aos viveiristas. Para tanto, há necessidade de conhecer a real disponibilização de nutrientes e as demais propriedades químicas dos substratos (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004).

Neste estudo, a análise química dos substratos (Tabela 4), demonstrou que o aumento das doses de lodo proporcionou maior disponibilização de minerais (exceto o Ca e Mg) e de matéria orgânica ao meio em relação à testemunha. O pH decresceu com a aplicação de lodo de esgoto no substrato e elevou-se no tratamento composto exclusivamente por solo do Cerrado. Já a condutividade elétrica foi diretamente proporcional ao acréscimo do lodo no substrato, (Tabela 5).

TABELA 4

Teor de macronutrientes, matéria orgânica e pH dos substratos (com doses crescentes de lodo de esgoto), utilizados na produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville]

Doses L.E. %	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca cmolc dm ⁻³	Mg cmolc dm ⁻³	Al cmolc dm ⁻³	MO dag kg ⁻¹	pH
0	1,24 Mbx	25Bx	4,10 MA	1,7 MA	0,0 Mbx	1,26 Bx	8,1
2,5	13,5 Bx	40Bx	0,2 MB	0,1 MBx	0,0 Mbx	1,77 Bx	5,1
5	65 MA	40 Bx	0,9 Bx	0,4 Bx	0,0 Mbx	1,88 Bx	4,6
10	145 MA	50 M	1,0 Bx	0,5 M	0,0 Mbx	2,37 Bx	4,7
15	165 MA	50 M	2,4 M	1,0 A	0,3 Bx	2,37 M	4,4
20	225 MA	298 MA	3,0 MA	1,5 A	0,2 Mbx	2,64 M	4,2

Fonte: Do autor e Martinez *et al.*, (1999).

Notas: L.E = doses de lodo de esgoto no substrato; pH = potencial hidrogeniônico em água; P = fósforo, K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; S = enxofre; MO = matéria orgânica; MA = muito alto; A = alto; M = médio; Bx = baixo; MBx = muito baixo.

De maneira geral, as características morfológicas e a porcentagem de sobrevivência das mudas de barbatimão foram influenciadas pelas propriedades químicas do lodo do esgoto. Os substratos com menores proporções de lodo e, conseqüentemente, menores teores de nutrientes destacaram-se produzindo mudas com maiores porcentagens de biomassa seca, enquanto que, no tratamento com maior concentração de lodo, todas as plantas morreram. A sensibilidade da espécie a excessos de adubação foi confirmada por Rosa *et al.* (2010), que, ao avaliarem substratos para produção de mudas de barbatimão, concluíram que as misturas base de composto orgânico e substrato comercial Plantmax apresentaram os piores resultados, levando a 100% de mortalidade no substrato comercial puro.

Com relação ao P, observou-se que os substratos com doses acima de 5% de lodo de esgoto continham níveis elevados desse nutriente. Resultados semelhantes foram encontrados por Camargo *et al.* (2010) e Peroni (2012) ao

utilizarem lodo de esgoto como substrato para produção de mudas. Na literatura, não há uma recomendação para adubação química de substratos para produção de mudas de *S. adstringens*, contudo Abad *et al.* (1992) sugerem que os níveis ótimos de P para o cultivo de plantas estão entre 6 e 10 mgL⁻¹. Assim, apenas o substrato contendo 2,5% de lodo de esgoto apresentou nível de P próximo ao recomendado.

De acordo com a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, formulada por Ribeiro *et al.* (1999), o teor de potássio disponível foi baixo na testemunha e, nos tratamentos com menores doses de lodo, apresentou valores médios nos tratamentos com 10 e 15 % e chegou ao nível muito alto no substrato com maior porcentagem de lodo. Para Gonçalves e Poggiani (1996), o teor de K disponível nos substratos para produção de mudas deve situar-se entre 1173 a 3910 mg dm³. Assim, considerando tais valores, todos os tratamentos possuem baixa concentração de potássio. Essa recomendação pode estar relacionada à solubilidade do K em água e comprovada lixiviação do elemento, principalmente, em solos mais arenosos (WERLE, 2008), como o utilizado no presente estudo.

Observou-se que, assim como os outros minerais, o aumento do Ca foi proporcional ao aumento das doses de lodo. Contudo o tratamento testemunha apresentou níveis muito altos de Ca. Esse fato que pode ser explicado pelas características da água usada na irrigação das mudas. Conforme análise realizada por Rosa *et al.* (2010), a água de Montes Claros é considerada dura, rica em carbonato de cálcio e magnésio. Resultados diferentes foram descritos por Peroni (2012), que observou diminuição nos teores de cálcio com o aumento da porcentagem de lodo no substrato. Relatos de deficiências de cálcio são raros em cultivos de mudas em viveiros, portanto, as recomendações gerais são para a adição de pequenas doses desse mineral.

Sobre o magnésio, é sabido que os níveis desse mineral no solo devem correlacionar-se aos níveis de cálcio, para que não haja competição por sítios ativos de absorção. Na maioria das culturas, a relação Ca:Mg ideal varia de 3:1 a 4:1 (SFREDO, 2008). No presente trabalho, observou-se que o teor de Mg no substrato com 0% de lodo de esgoto foi classificado como

muito alto, decresceu com a adição de pequenas doses de lodo e voltou a subir com o aumento das proporções de lodo no substrato. Contudo a relação cálcio:magnésio manteve-se próxima aos níveis recomendados, oscilando entre 3:1 a 4:1. Por outro lado, o teor de Al foi baixo ou ausente nos substratos avaliados.

Observando a Tabela 4, nota-se que o pH variou de 5,1 a 4,2 com o aumento da porcentagem de lodo de esgoto no substrato. Resultado semelhante foi observado por Correa *et al.* (2010), quando analisaram quimicamente um substrato tratado com lodo de esgoto. Neste caso, o pH reduziu de 7,2 para até 4,8. A acidificação dos substratos tratados com lodo de esgoto é frequente e tida como resultado das reações de nitrificação, oxidação de sulfitos e produção de ácidos orgânicos (SIMONETE *et al.*, 2003; BEZERRA *et al.*, 2006).

O pH da testemunha elevou-se, apresentado caráter alcalino (pH = 8,0). Tal comportamento pode estar relacionado à água utilizada para irrigação das mudas, rica em carbonato de cálcio e magnésio composto com características básicas, que, possivelmente aumentou o pH do substrato. Todos os tratamentos formulados apresentaram valores de pH fora da faixa considerada adequada para o desenvolvimento de mudas, ou seja, de 5,5 a 6,5, segundo Gonçalves e Poggiani (1996) e Valeri e Corradini (2005).

Por ser uma planta nativa do Cerrado, provavelmente o barbatimão se desenvolve bem em solos ácidos. Costa *et al.* (2007), em seus estudos com fava d'anta, árvore nativa do cerrado e pertencente à mesma família do *S. adstringens*, comprovaram a tolerância da planta à alta acidez do solo. A *Dimorphandra mollis* não respondeu a calagem e, devido à elevação do pH, a espécie não cresceu.

A elevação dos níveis de lodo foi proporcional ao aumento do teor de matéria orgânica no substrato, que passou de teores muito baixos para médios (Tabela 4). Aumentos significativos das concentrações de matéria orgânica são frequentemente relatados após a incorporação de lodo de esgoto a solos e a substratos (CORRÊA *et al.*, 2005; SIMONETE *et al.*, 2003). Para Souza *et al.* (2002), o teor médio de 8 dag kg⁻¹ é o ideal para a composição de substratos para a produção de mudas de citros.

TABELA 5

Teor de micronutrientes e condutividade elétrica dos substratos (com doses crescentes de lodo de esgoto), utilizados para produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] e níveis ótimos de micronutrientes para substratos para cultivo de plantas recomendados por Abad *et al.* (1992) e Cavins *et al.* (2000)

Doses %	Zn	Fe	Mn ppm	Cu	B	CE (1:5) mScm ⁻¹
0	2	10487	21	4	0,7	0,04
2,5	5	10720	17	3	0,7	0,06
5	5	9903	17	3	0,7	0,08
10	9	10487	16	6	0,7	0,29
15	23	11537	23	7	0,7	0,43
20	26	11654	23	9	1,7	0,49
Nível ótimo	0,3 - 3,0	> 70	0,3 - 3,0	0,001 - 0,5	0,005- 0,5	-

Fonte: Do autor, adaptada de Abad *et al.* (1992) e Cavins *et al.* (2000).

Notas: Doses L.E = doses de lodo de esgoto no substrato; Zn = zinco; Fe = ferro; Mn = manganês, Cu = cobre; B = boro; CE= condutibilidade elétrica em diluição 1:5.

Em relação aos micronutrientes (Tabela 5), foram observados em todos os substratos teores de Fe, Mn, Mo, Zn, Cu, B acima do recomendado para substratos para produção de mudas (ABAD *et al.*, 1992; CAVINS *et al.*, 2000). Verificou-se, ainda, que as concentrações de micronutrientes estão abaixo das concentrações limite permitidas pelas normas do CONAMA para utilização desse resíduo na agricultura (CONAMA, 2013).

Quando o lodo é aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, geralmente, as necessidades de micronutrientes das plantas são supridas (TSUTIYA, 2001). Entretanto, no presente estudo, verificou-se que os níveis de micronutrientes no lodo de esgoto puro e nos substratos derivados encontram-se muito altos. Provavelmente, os

tratamentos com dosagens superiores a 5% de lodo de esgoto continham concentrações de micronutrientes muito acima do requerido pelas plantas, visto que, nesses substratos, foram observadas as menores porcentagens de sobrevivência de mudas de barbatimão.

Sabe-se que a aplicação de lodo de esgoto no substrato pode elevar a condutividade elétrica, considerando que é inerente ao resíduo conter altos teores de sais (ANJOS, 1999). No presente experimento, esse fato foi comprovado, e a condutividade elétrica aumentou com a elevação dos níveis do resíduo no substrato (Tabela 5). Segundo Gonçalves *et al.* (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve ficar acima de $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$, em determinações com diluição de 1:1,5. Dessa forma, observou-se que os tratamentos com 2,5 e 5% de lodo apresentavam CE dentro do valor ideal. Porém, se considerarmos que a análise de condutividade elétrica dos tratamentos foi realizada em extrato resultante da diluição de uma parte de substrato para cinco partes de água, supõe-se que os substratos compostos por 10 e 15% de lodo de esgoto estejam acima dos valores recomendados.

Aumentos da condutividade elétrica em substratos e solos tratados com lodo também foram descritos por Carmo *et al.* (2011) e Oliveira *et al.* (2002), respectivamente. Rosa *et al.* (2010), avaliando substratos para mudas de barbatimão, relacionaram as menores taxas de sobrevivência das plantas à substratos com alta salinidade, $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ e $1,3 \text{ dS m}^{-1}$.

3.5 Características físicas do substrato

Ainda não foram descritas na literatura as propriedades físicas adequadas para substratos para produção de mudas de *S. adstrigens*. Dessa forma adotaram-se como referência, para avaliação dos resultados obtidos, os níveis ótimos para as propriedades físicas de substratos para cultivos de espécies florestais descritos por Abad *et al.* (1992) e Gonçalves e Poggiani (1996) (Tabela 6).

TABELA 6

Características físicas dos substratos (com doses crescentes de lodo de esgoto), utilizados para produção de mudas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] e níveis ótimos de propriedades físicas para substratos para cultivo de plantas recomendados por Abad *et al.* (1992) e Gonçalves e Poggiani (1996)

Dose %	Espaço poroso total (% em volume)	Densidade real (g cm ⁻³)	Densidade aparente (g cm ⁻³)	Capacidade de retenção de água (% em volume)
0	30,5	2,43	1,61	33
2,5	31,2	2,34	1,58	33
5	39,9	2,38	1,46	38
10	37,5	2,48	1,44	37
15	42,1	2,56	1,48	38
20	44,9	2,58	1,54	39
Nível ótimo	>85%	1,45 - 2,65	0,45 - 0,65	24 - 40

Fonte: Do autor, adaptada de Abad *et al.* (1992) e Gonçalves e Poggiani (1996).

Não foi verificada relação significativa entre as propriedades físicas e as doses de lodo de esgoto dos substratos. Assim, não foi possível ajustar equações de regressão.

O espaço poroso total variou moderadamente com a adição de lodo no substrato, porém foi considerado baixo de acordo com a recomendação de Abad *et al.* (1992). A maior média (44,9 %) foi verificada no tratamento com 20% de lodo de esgoto. Quando a porosidade total não se encontra em níveis ideais, o crescimento das mudas pode ser afetado devido à dificuldade de expansão das raízes (LOPES *et al.* 2004). Contudo tal comportamento não foi observado nas mudas de *S. adstringens*, que apresentaram raízes bem desenvolvidas e dispostas uniformemente em todos os substratos. Todavia, é recomendada a adição de componentes ao substrato, visando elevar essa porosidade, como: vermiculita, casca de arroz carbonizada ou moinha de carvão vegetal.

Todos os valores de densidade real mantiveram-se dentro dos limites ótimos se comparados aos valores de referência, (Tabela 6). Provavelmente, as porcentagens de lodo utilizadas nos tratamentos não foram altas o

suficiente para interferir na densidade real dos substratos. A maior média da densidade aparente ($1,61 \text{ g cm}^{-3}$) foi observada no tratamento testemunha, enquanto que a menor média ($1,41 \text{ g cm}^{-3}$) no substrato com 2,5% de lodo. Em geral, todos os valores foram superiores ao limite de referência estabelecido, de ($0,65 \text{ g cm}^{-3}$) (ABAD *et al.*, 1992), tendo em vista que a densidade aparente é definida como a relação entre a massa de uma amostra de solo seca e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros. Esse resultado confirma, mais uma vez, a viabilidade da utilização de um componente para elevar a porosidade.

A capacidade de retenção de água variou de 33 a 39%, aumentando ligeiramente com a elevação dos níveis de lodo nos substratos. Comparando os resultados obtidos nessa característica com os valores de referência, (Tabela 6), verificou-se que a capacidade de retenção de água de todos os substratos está dentro dos limites adequados. Tal comportamento pode ser explicado pela adição de matéria orgânica ao meio, por meio do lodo, o que favoreceu a formação de agregados com espaços vazios que retém água no solo.

3.6 Análise foliar

Passados trinta dias da semeadura, observou-se que as plântulas de barbatimão apresentavam sinais foliares de intoxicação e, ou deficiência, inclusive no tratamento testemunha. No substrato com maior dose de lodo de esgoto (20%), todas as plantas morreram. Tais problemas indicaram desbalanceamento nutricional. Os principais sintomas identificados foram: encarquilhamento, clorose Inter nerval, necrose nas pontas das folhas e cloros generalizada, (Figura 5).

Há uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas, e, o teor dos nutrientes em seus tecidos. Essa relação pode ser expressa por uma curva em que se diferenciam quatro regiões: região de deficiência, região de nutrição adequada, região de absorção de luxo, região de toxidez. O conhecimento dos teores de nutrientes nos tecidos

relacionados a uma dessas regiões permite que, por meio de sua análise, se avalie o estado nutricional das culturas (MARTINEZ *et al.*, 1999).

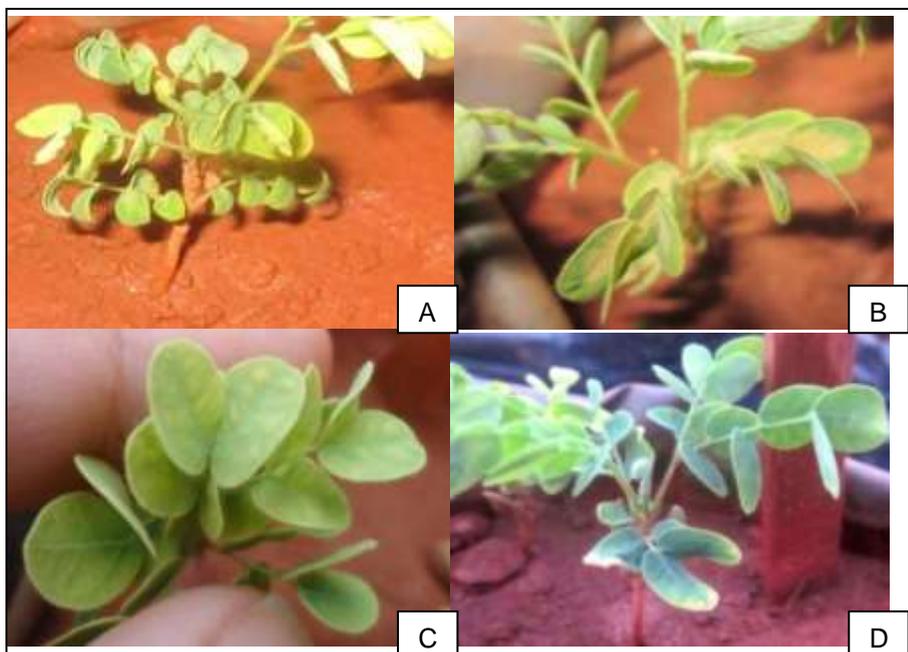


FIGURA 5 - Principais sintomas de intoxicação/deficiência observados nas folhas do barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] aos trinta dias após a semeadura. A = encarquilhamento; B = manchas cloróticas na parte central da lâmina foliar; C = clorose generalizada; D = clorose e necrose nas pontas das folhas

Os resultados das análises das amostras de folhas assintomáticas, coletadas nos tratamentos 2,5% e 5%, e sintomáticas, coletadas nos tratamentos com 0, 10, 15 e 20% de lodo, estão expressos na Tabela 7.

Os valores de referência para interpretação de análise foliar do barbatimão ainda são desconhecidos, contudo, usaram-se, para esta discussão, os valores de referência para a cultura de eucalipto (Tabela 7), dado que, assim como neste experimento, altas doses de lodo foram tóxicas para as mudas da espécie (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003).

TABELA 7

Concentração foliar de macro e micronutrientes de mudas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* Mart (adubadas com lodo de esgoto) em função dos sintomas de toxidez apresentados e valores de referência para a interpretação dos resultados de análise de tecidos de eucalipto

Sintoma	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	dag kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
S/ sint	3,3	0,16	1,08	0,9	0,13	0,7	115	65	94	4	24,8
CL-G	1,5	0,11	0,52	3,9	0,14	0,8	10	124	7	3	14,1
ENCA	3,8	0,24	1,08	2,3	0,34	0,9	692	2150	570	12	51,4
CL/NEC	4,2	0,12	0,96	1,5	0,30	0,7	753	224	523	4	49,5
Valores ref.	1,4	0,10	1,0	0,8	0,4	0,1	40	100	100	8	40
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,6	0,12	1,2	1,2	0,5	0,2	60	200	600	10	50

Fonte: Do autor e Martinez *et al.* (1999).

Nota: S/sint = sem sintomas; CL-G = clorose generalizada; ENCA = encarquilhamento; CL/NEC = clorose e necrose nas pontas; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Zn = zinco; Fe = ferro; Mn = manganês; Cu = cobre; B = boro

Observou-se elevação dos teores de nutrientes foliares em função da adição do lodo de esgoto ao substrato (Tabela 7) em resposta à presença desses elementos em altas concentrações no lodo de esgoto. Resultados semelhantes também foram encontrados por Camargo *et al.* (2013) e Cunha *et al.* (2006).

Considerando apenas as folhas assintomáticas, verificou-se que os teores de macronutrientes estão acima dos valores de referência, contudo não foram observados prejuízos à cultura. Essa constatação sugere que os substratos em que as folhas foram coletadas, com 2,5 e 5% lodo de esgoto, provavelmente não contêm concentrações adversas de macronutrientes para o desenvolvimento do *S. adstringens*.

Em relação à análise das folhas com clorose generalizada, coletadas no tratamento com 0% de lodo de esgoto, foi possível verificar que todos os elementos, exceto o Ca, estavam abaixo dos valores de referência. Tal fato indicou que a irrigação das mudas, realizada com água rica em carbonato de cálcio, foi responsável pelo aumento do pH, acúmulo de cálcio no substrato e

nas folhas, indicando a necessidade de investigações específicas sobre o papel desse nutriente no crescimento da espécie.

Sabe-se que a elevação do pH pode dificultar a absorção de grande parte dos elementos minerais essenciais às plantas. Possivelmente esse foi o motivo da deficiência nutricional apresentada por plantas de barbatimão no substrato testemunha. Muniz e Silva (1995), Mendonça *et al.* (1999) e Barroso *et al.* (2005) relacionaram clorose generalizada das folhas e reduções expressivas no crescimento a efeitos da deficiência de N na produção de mudas. Tendo em vista que, assim como o nitrogênio, o magnésio faz parte da estrutura da molécula de clorofila (pigmento responsável pela cor verde das folhas), Barras *et al.*, (2005) constaram que a deficiência de Mg também provocou clorose (amarelamento) nas mudas de *Tectona grandis*.

O teor de macronutrientes encontrados nas folhas com sintomas de encarquilhamento foi superior ao estabelecido como bom, segundo a referência utilizada (Tabela 7). Porém apresentou concentrações semelhantes às encontradas nas folhas assintomáticas. Provavelmente, a intoxicação das plantas de barbatimão foi causada pelo excesso de micronutrientes nos substratos com 10, 15 e 20% de lodo de esgoto, resultado esse corroborado pelo acúmulo de Zn, Mn e principalmente Fe nas folhas.

Outro sintoma frequentemente observado nas mudas de *Stryphnodendron adstringens*, cultivadas nos substratos com maiores níveis de lodo, foi a clorose, seguida de necrose nas pontas das folhas. A análise nutricional das folhas sintomáticas revelou, novamente, altos teores de micronutrientes, com destaque para o Zn. De maneira geral, os sintomas de toxidez de Zn em plantas são caracterizados por redução no crescimento e clorose de folhas (FONTES; COX, 1998). Soares *et al.* (2001), avaliando o crescimento e a nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva, concluíram que as duas espécies mostram-se sensíveis às doses crescentes de Zn em solução, exibindo sintomas de fitotoxidez, manifestados principalmente como clorose, escurecimento das raízes e inibição do crescimento das plantas.

Diante do exposto, verificou-se que, de modo geral, os sinais de intoxicação foram decorrentes do teor de micronutrientes no substrato. No entanto, não foi possível associar os sintomas de toxidez a um elemento específico pois as exigências nutricionais e o comportamento dos micronutrientes no desenvolvimento da espécie ainda são desconhecidos.

4 CONCLUSÕES

Os substratos compostos por 2,5 e 5 % de lodo de esgoto favorecem a emergência, a sobrevivência, o crescimento e o índice de qualidade das mudas de barbatimão.

A aplicação do lodo de esgoto no substrato proporciona a diminuição do pH e o aumento da matéria orgânica e nutrientes.

O lodo de esgoto promove o aumento da porosidade total e da capacidade de retenção de água dos substratos.

A adição de lodo de esgoto a partir de 10% eleva os teores de Zn e Fe em níveis tóxicos para as plantas de barbatimão.

REFERÊNCIAS

ABAD, M. Evaluación agronômica de los sustratos decultivo: Jornadas de Sustratos. **Actas de Horticultura**, Lisboa, n.11, p. 141-154, 1992.

ALMEIDA N. F.; MORI F. A; GOULART S. L; MENDES L. M. Estudo da reatividade de taninos de folhas e cascas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 401-408, set. 2010.

ALMEIDA, S. P.; PRONEÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa CPAC, 464 p, 1998.

ALVES, T. M. A.; SILVA, A. F.; BRANDÃO, M.; GRANDI, T. S. M.; SMÂNIA, F.; SMÂNIA, A. J.; ZANI, C. L. **Biological screening of brazilian medicinal plants**. *Memoriam Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 95, n. 3, p. 367-373, 2000.

ANDREOLI, C.V.; PEGORINI, E. S.; Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 281-312.

ANDREOLI, C. V.; TAMANINI, C. R.; HOLSBACH, B.; PEGORINI, E. S.; NEVES, P. S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: ANDREOLI, C.V. (Coord). **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 2006. p. 87-116.

ANJOS, A. R. M. **Lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com biossólido e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho**. 1999. 191p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

ARDISSON, L.; GODOY, J. S.; FERREIRA, L. A. M.; STEHMANN, J. R.; BRANDÃO, M. G. L. Preparação e caracterização de extratos glicólicos enriquecidos em taninos a partir das cascas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Maringá, v. 12, n. 1, p. 27-34, 2002.

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BARAN, S.; OLESZCZUK, P. Changes in the content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in light soil fertilized with sewage sludge. *Journal of Environmental Science and Health Part A – Toxic / Hazardous Substances and Environmental Engineering*, v. A38, n. 5, p. 793-805, 2003.

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

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.

BEZERRA, F.B.; OLIVEIRA, M. A. C. L.; PEREZ, D. V.; ANDRADE, A. G.; MENEGUELLI, N. A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.41, p. 469-476, 2006.

BORGES FILHO, H. C.; FELFILI, J. M. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no Distrito Federal, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 5, p. 735 - 745, 2003.

BRANDÃO, M. G. L.; COSENZA, G. P.; MOREIRA, R. A.; MONTE-MOR, R. L. M. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopoeia. **Braz. J. Pharmacogn**, João Pessoa, v.16, n.3, p.408-420, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 89**, de 16 de março de 2004. Lista de Registro Simplificado de Fitoterápicos. Brasília, 2004.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77 - 84, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGET, H. L. M. & OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptussaligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 28, p.19-30, 2000.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 3, p. 11-17, 2005.

CAMARGO, R.; MALDONADO, A. C. D.; DIAS, P. A. S.; SOUZA, M. F.; FRANÇA, M. S. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) produzidas com biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 283–290, 2013.

CAMARGO, R. de; MALDONADO, A. C. D.; SILVA, P. A.; COSTA, T. R. da. Biossólido como substrato na produção de mudas de pinhão-manso. **Revista**

Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Uberlândia, v.14, p.1304-1310, 2010.

CARVALHO, A. B. C.; BALBINO, E. E.; MACIEL, A. S Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 18, p. 314-319, 2008.

CARVALHO, F. A.; Jacobson, T. K. B.; Costa, A. F.; Santos, A. A. B.; Vall Hay, J. D. Estrutura e distribuição espacial do Barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*) em uma área de cerrado no sudeste de Goiás. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**. São Luis, v.3, n.1, p.14-20. 2009.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995, 451 p.

CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the pour thru extraction method. **Horticulture Information Leaflet/NCSU**, Raleigh, n. 590, 2000.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano/>>. Acesso 29 set. 2013.

CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; BAPTISTA, G. M. M.; SANTOS, P. F. Fertilidade química de um substrato tratado com lodo de esgoto e composto de resíduos domésticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. 14, p. 538-544, 2010.

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

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

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

DREHER, P. **Contaminants in arable soils in Baden-Wurtemberg fertilized with sewage sludge - concise report**. Baden-Wurtemberg: Landesanstalt für Umweltschutz (State Institute for Environmental Protection), German, 2003, v.16, 15 p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212 p.

FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FELFILI, J. M.; MANOEL, C. S. J.; DIAS, B. J.; REZENDE, A. V. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Botânica**. v.22, n.1. 1999.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C., et al. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 79.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 81f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I. **Produção e características do biossólido**. In: **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura**. Rio de Janeiro: PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), 1999.

FONTES, R. L. F.; COX, R. Zinc toxicity in soybean grown at high iron concentration in nutrient solution. **J. Plant Nutr.**, v. 21, n. 8, p. 1723-1730, 1998.

GALDOS, M. V.; MARIA, I. C. de.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 28, p. 569-577, 2004.

GLASENAPP, J. S.; CASALI, V. W. D.; MARTINS, E. R.; CRUZ, C. D.; BARBOSA, P. B. Descrição da diversidade genética de populações naturais de barbatimão *stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville em unidades de conservação de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 103-112, 2014.

GLINSKI, J.; LIPIEC, J. **Soil physical conditions and plant roots**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 244 p.

GOMES JUNIOR J. A.; ROSA, A. C. G.; GIACULI, C. P.; FERREIRA, E. A.; OLIVEIRA, C. M.; PAULA, L. V. Produção de mudas de barbatimão em diferentes composições de substrato. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 58., 2006, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: SBPC, jul. 2006.

GOMES, J. M. Influência do tratamento prévio dosolo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, Viçosa, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001.166 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116 p. (Caderno Didático, 72).

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Latino americana de Ciência do Solo, 1996.

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. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V., eds. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.309-350, 2000.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (Eds.) **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, p.13-64, 2004.

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. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V., eds. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba, IPEF, p.309-350, 2000.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Resumos**. Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996.

GUINET, P. H.; CACCAVARI, M. A. Pollenmorphology of the genus *Stryphnodendron* (Leguminosae, Mimosoideae) in relation to its taxonomy. **Grana**, [s.l.], v.31, p.101-112, 1992.

GÜRTH, P. Forstpflanzen und Kulturesfolg-eine literaturübersich (Ergänzung 1970-1975). **Allg. Forst- v. Jagdztg**, Frankfurt, v. 140, p. 240-246, 1976.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HERMANN, R. K. Importance of top-root ratios for survival of Douglas-fir seedling. **Tree Planter's Notes**, [s. l.], v. 64, p.711,1964.

HOLETZ, F. B.; NAKAMURA, T. U.; DIASFILHO, B. P.; MELLO, J. C. P.; MORGADO - DÍAZ, J. A.; TOLEDO, C. E .M.; NAKAMURA, C. V. Biological effects of extracts obtained from *Stryphnodendron adstringens*. **Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v.100, n.4, p.397-401, 2005.

HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: **Proceedings of Target Seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations**. Roseburg. Fort Collins: USDA Forest Service; 1990. p. 218-222.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N., FERMINO, M. H. (Eds.) **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre : Gênese, 2000. p.139-145.

KAMPF, A. N. Materiais regionais como alternativa ao substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 6., 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008.

KAMPF, A. N. O estado da arte na pesquisa sobre substrato para plantas. In: **Anais...** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS. Ilhéus. p. 93-96, 2006.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 396, p. 273-284, 1995.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de Eucalyptus grandis W.(Hill ex Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992. v.1. 373p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais do Brasil Nativas e Exóticas**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002, 296 p.

LUDWIG, L.; FERNANDES, D. M.; SANCHES, L. V. C.; VILLAS BOAS, R. L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pinus e terra vermelha. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6., 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; SEBRAE/CE; UFC, 2008.

MAEDA, S.; DEDECEK, R. A.; AGOSTINI, R. B.; ANDRADE, C. G.; SILVA H. D. Caracterização de substratos para produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos. **Pesquisa Floresta Brasileira**. Colombo, n.54, p.97-104, jan./jun. 2007.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. p. 143-168.

MARTÍNEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C., et al. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. 1 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 79 p.

MELO, W. J., MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W., CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p.109-142, 2000.

MENDONÇA, A. V. R. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). **Cerne**, v.5, n.2, p. 65-75, 1999.

MENDONÇA, P. C. **Caracterização da diversidade genética de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville por marcador molecular AFLP e transferência de microssatélites**. 2011, 87f. Tese (Doutorado em Agronomia (Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, 2011.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Programa Nacional de Conservação e **Uso Sustentável do Bioma Cerrado**: Programa Cerrado Sustentável. Brasília: MMA, 2005.

MODESTO, P. T.; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1489-1498, 2009.

MORAIS, S. M. J.; ATAIDE, P. R. V.; GARCIA, D. C.; KURTZ, F. C.; OLIVEIRA, O. S.; WAZLAWICK, L. F. **Uso do lodo de esgoto da Corsan-Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos**. Sanare: Embrapa Hortaliças, v.6, p. 44-49, 1997.

MOREIRA, J. A. N., LIMA, E. F., FARIAS, F. J. C., AZEVEDO, D. M. P. de. (1996) **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPA), 29 p. (Documentos, 44).

MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.2, p.263-271, 1995.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [S. l.], v. 6772, p. 853-858, 2000.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.385-392, 2004.

NÓBREGA, R. S. A.; BOAS, R. C. V.; NOBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-246, mar./abr. 2007.

OCCHIONI, E. M. L. Considerações taxonômicas no gênero *Stryphnodendron* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae) e distribuição geográfica das espécies. **Acta Botânica Brasileira**, Rio de Janeiro, v.4, n.2, p.153-158, 1990.

OLIVEIRA, F. C.; MATIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: Carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **R. Bras. Ci. Solo**, Piracicaba, v. 26, p. 505-519, 2002.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993, 40 p.

PERONI, L. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis***. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico). **Uso e manejo de lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999. 97p.

POGGIANI, F. **Aspectos do crescimento e do metabolismo auxínico de plântulas de espécies do cerrado**. São Paulo: USP, 1973. 153f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

QUINTANA, N. R. Características agronômicas de couve brócolos de cabeça única (*Brassica oleracea* var. *italica*, híbrido decathlon) cultivado sob diferentes compostos contendo biossólido In: SIMPÓSIO SOBRE COMPOSTAGEM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2004, Botucatu. **Anais...** Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, 2004.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 287-295, 2004.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; Alvarez, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5 Aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p. 314-316, 1999.

ROSA JÚNIOR., E.J.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Revista Ciência Agrícola**, Viçosa, v.1, p.18-22, 1998.

ROSA, J. Q. S.; TAVARES, T. R.; ANDRADE, V. D. D. R.; DUARTE, D. A.; TATIZA T. B.; FARIAS, J. G.; CORREA,G.C.; SANTOS, M. M. **Estabelecimento de Plântulas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Fabacea) em Substratos**. In: ENSub, 7., Goiânia, set., 2010. (Resumo expandido).

SAEG. **SAEG**: sistema para análises estatísticas. Viçosa: UFV, 2007. Versão 9.1.

SAITO, M. L. **O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. cap 64, p 349-357.

SALOMÃO, A. N.; SILVA, J. C. S.; DAVIDE, A. C.; GONZALES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96 p.

SANTOS, E. B. **Atributos físicos e químicos de um solo degradado cultivado com eucalipto e braquiária após reaplicação de biossólido**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UNESP. 2009.

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

SFREDO, G. J. **Calagem e adubação da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 61). 12 p.

SHIMIZU, J.Y.; PITCHER, J.A.; FISHWICK, R. W. **Seleção precoce de fenótipos superiores de *Pinus elliottii***. Brasília: PRODEPEF, 1976. 9 p. (Comunicação Técnica, 1).

SILVA, E. B.; GONÇALVES, N. P.; PINHO, P. J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em latossolo vermelho distrófico no norte de Minas. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 27, p. 55-59, 2005.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o biossólido produzido no Distrito Federal: I. efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.487-495, 2002.

SILVA, J. E.; RESK, D.V.S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: Bettiol, W.; Camargo, O. A. (ed.). In: **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 312 p. 2000.

SIMÕES, C. M. O.; SCHEMKEL, E. P.; GOSMANM, G.; MELO, J. C. P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5 ed. Florianópolis: UFRGS; UFSC, 2004, 643 p.

SIMONETE, M. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, n. 38, p. 1187-1195, 2003.

SUZUKI, M.; AIZAWA, N.; OKANO, G.; TAKAHASHI, T. Translocation of polychlorobiphenyls in soil into plants: a study by a method of culture of soybean sprouts. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [S. l.], v.5, p. 343-352, 1977.

SOARES, C. R. F. S.; ACCIOLY, A. M. A., SÁ, T. C. L. L. M. M.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Acumulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 302-315, 2001.

SOUZA, E. B.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) nas condições de cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 491-495, 2002.

SOUZA, C. A. M. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Alegre, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. Boletim Técnico, 5

TRAZZI, P. A. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F.** 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

TRIGUEIRO, R. M. **Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2002.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Sci. For.**, [S. l.], n. 64, p. 150-162, 2003.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1069-1076, 2004

TOMÉ JÚNIOR., J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo, SABESP, 2001. 468 p.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, p. 167-190, 2005.

VILAR, J. B.; D'OLIVEIRA, M. I. P.; SANTOS, S. C.; CHEN, L. C. Cytotoxic and genotoxic investigation on *barbatimão* [Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville, 1910] extract. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 687-694, 2010.

WERLE, R. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 2297-2305, 2008.

ZWOLINSKI, J. B.; DONALD, D. G. M. Interactions among seedling diameter grade, weed control and soil cultivation for *Pinus radiata* in South Africa. **Can. J. Res.**, v. 23, p. 2078-1082, 1993.

