

**LODO DE CURTUME NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA  
PRODUÇÃO DE MUDAS PARA REFLORESTAMENTO**

**DANIELE MOZZINI SILVA**

**Presidente Prudente/SP**

**2012**

**LODO DE CURTUME NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA  
PRODUÇÃO DE MUDAS PARA REFLORESTAMENTO**

**DANIELE MOZZINI SILVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador:  
Prof. Dr. Fábio Fernando de Araújo

**Presidente Prudente/SP**

**2012**

**DANIELE MOZZINI SILVA**

**USO DE LODO DE CURTUME NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE REFLORESTAMENTO**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos obtenção do título de Mestre em Agronomia: Produção vegetal.

Presidente Prudente, 19 de Dezembro 2012

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Fabio Fernando de Araújo  
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE  
Presidente Prudente - SP

---

Prof. Dr. Carlos Sérgio tiritan  
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE  
Presidente Prudente - SP

---

Prof. Dr. Amarílis Beraldo Rós  
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE  
Presidente Prudente - SP

631.54 Silva, Daniele Mozzini.  
S586u        Uso de lodo de curtume na composição de  
                 substratos para produção de mudas de  
                 reflorestamento / Daniele Mozzini Silva. –  
                 Presidente Prudente, 2012.  
                 (44)f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,  
Presidente Prudente, SP, 2012.

Bibliografia.

Orientador: Fábio Fernando de Araújo

1. Mudas. 2. Resíduos Orgânicos. 3.  
Reciclagem. 4. Cromo. I. Título.

## DEDICATÓRIA

*Dedico a minha mãe Maria Helena Mozzini e a minha irmã Renata Angélica Mozzini por todo o apoio, amor, compreensão, dedicação, amizade, companheirismo, tudo tão imprescindível, para que esta caminhada terminasse com sucesso. Muito Obrigada!*

*Essa vitória também é de vocês amigos e familiares.*

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus pelas valiosas oportunidades consentidas.*

*A meu orientador Dr. Fábio Fernando de Araújo, que muito me ensinou para a vida profissional através de seu estímulo, conhecimentos, amizade e compreensão.*

*Aos amigos feitos durante o curso pela ótima amizade, apoio e companheirismo.*

*Aos Profs. Drs. do Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Agronomia pelo convívio e aprendizado.*

*A minha amiga Janaina e a sua família que muito me ajudaram nesta jornada. Só tenho a agradecer pela confiança, amizade e pelos muitos momentos de alegria compartilhados colaborando enormemente para a conclusão deste trabalho.*

## RESUMO

### **Uso de lodo de curtume na composição de substratos para produção de mudas de reflorestamento**

A utilização do lodo de curtume na agricultura representa uma das alternativas de disposição deste resíduo de forma sustentável. Este trabalho tem como objetivo avaliar o emprego do lodo de curtume como componente de substrato comercial, para produção de mudas de reflorestamento de quatro espécies florestais nativas (Angico vermelho e branco, mutamba e aroeira) e uma exótica (eucalipto). Neste estudo foi avaliada a incorporação de cinco doses (5, 10, 15, 20 e 25%) de lodo de curtume em substrato comercial utilizado para o crescimento de diferentes espécies de plantas apropriadas para reflorestamentos. O experimento foi conduzido em estufas de crescimento de mudas. Após a semeadura em substrato acondicionado em tubetes, de acordo com cada tratamento, foi acompanhado o desenvolvimento das mudas, durante 120 dias, com avaliações periódicas de altura e avaliação final de produção de biomassa (raiz e parte aérea) nas plantas, como também foram avaliados os teores de macro e micronutrientes e o acúmulo de cromo no tecido foliar. Das cinco espécies florestais avaliadas, três (aroeira, mutamba e eucalipto) responderam positivamente a adição de até 25% de lodo de curtume no substrato comercial para produção de mudas. Ocorreram ajustes significativos pela análise de regressão para absorção de fósforo, boro e manganês, proveniente da incorporação do resíduo, na maioria das espécies avaliadas. Ocorreu fito-extração de cromo do substrato com ajuste linear significativo em três espécies florestais avaliadas.

**Palavras-chave:** Resíduos Orgânicos, Reciclagem, Cromo.

## **ABSTRACT**

### **Current use of sludge in the composition of substrates for production of seedlings reforestation**

The use of tannery sludge in agriculture represents an alternative disposal of this waste sustainably. This study aims to evaluate the use of tannery sludge as a component of commercial substrate, to produce seedlings for reforestation of four native species (Angico red and white, and mutamba mastic) and an exotic (eucalyptus). In this study the incorporation of five doses (5, 10, 15, 20 and 25%) Slurry commercial tannery in a substrate used for the growth of different plant species suitable for reforestation. The experiment was conducted in greenhouse seedling growth. After seeding in substrate packaged in tubes, according to each treatment, was accompanied on plant development, for 120 days, with periodic assessments of height and final evaluation of biomass (roots and shoots) in plants, as was also the levels of macro and micronutrients and accumulation of chromium in the leaf tissue. Of the five forest species assessed three (mastic, mutamba and eucalyptus) responded positively to the addition of up to 25% of tannery sludge in commercial substrate for seedling production. There were significant adjustments by the regression analysis for the absorption of phosphorus, boron and manganese from the incorporation of the residue in most species evaluated. Occurred phyto-extraction of chromium substrate with significant linear fit in three forest species evaluated.

**Keywords:** Organic Waste, Recycling, Chrome.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Análise de regressão para altura de planta de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 60 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 29
- FIGURA 2 – Análise de regressão para altura de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 120 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 30
- FIGURA 3 – Análise de regressão para diâmetro do caule de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 60 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 31
- FIGURA 4 – Análise de regressão para diâmetro de caule de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 120 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 31
- FIGURA 5 – Análise de regressão para massa seca das raízes de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 33
- FIGURA 6 – Análise de regressão para massa seca da parte aérea de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 33

FIGURA 7 – Regressão para acúmulo de cromo no tecido vegetal das espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%)..... 36

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 O Lodo de Curtume.....	12
2.2 Aspectos Legais sobre a Disposição de Lodo no Solo.....	13
2.3 Utilização do Lodo de Curtume na Agricultura.....	14
2.4 Uso do Lodo de Curtume na Produção de Mudas.....	16
2.5 A Importância das Alternativas Tecnológicas para Área de Reflorestamento...17	
2.6 Espécies Florestais Importantes para Reflorestamento.....	19
2.6.1 Eucalipto ( <i>Eucalyptus urophylla</i> ).....	19
2.6.2 Angico Branco ( <i>Albizia polycephala</i> ).....	20
2.6.3 Angico Vermelho ( <i>Anadenanthera macrocarpa</i> ).....	21
2.6.4 Aroeira Salsa ( <i>Schinus molle</i> ).....	21
2.6.5 Mutamba ( <i>Guazuma ulmifolia</i> ).....	23
3 OBJETIVOS.....	25
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 Área de Estudo.....	26
4.2 Condução do Experimento.....	26
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	29
6 CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

## 1 INTRODUÇÃO

O lodo de curtume é um resíduo gerado em grande quantidade no processo de curtimento do couro. Este resíduo é representado nos trabalhos técnicos como lodo de caleiro ou lodo biológico gerado em lagoas de tratamento. Com a tecnologia de segregação das linhas e reciclagem do efluente que contém cromo, o lodo de curtume tem apresentado concentrações reduzidas deste metal. Além deste fato, tem-se conhecimento que o cromo, em pequenas concentrações, presente no resíduo é trivalente que apresenta menor impacto ao meio ambiente.

Com freqüência, a disposição final do lodo de curtume tem sido o solo. A pesquisa agropecuária brasileira, preocupada com a disposição desse resíduo no solo, desenvolveu, nos últimos anos, vários estudos visando avaliar os principais benefícios às plantas e ao solo e os impactos ambientais proporcionados por este resíduo. Estes trabalhos apresentaram resultados que contribuem para discussão junto às instituições de pesquisa e órgãos ambientais sobre a melhor alternativa para disposição do lodo de curtume na agricultura.

O substrato para produção de mudas é produzido, em sua grande maioria, a partir do aproveitamento de resíduos do beneficiamento da madeira, ou seja, suas cascas, complementado com insumos minerais para fornecimento de nutrientes. Desta forma, é importante encontrar procedimentos sustentáveis de fornecimentos de nutrientes para a composição deste produto. Dentro deste enfoque, a utilização de resíduos agroindustriais pode contribuir para o fornecimento destes nutrientes de forma econômica e sustentável. Neste sentido torna-se importante que sejam conduzidas pesquisas sobre a utilização de resíduos orgânicos de origem industrial como potenciais componentes dos substratos para fins de produção de mudas de reflorestamentos.

O planejamento de um estudo específico com o uso de lodo de curtume na composição de substratos para produção de mudas de reflorestamento acrescenta informações agronômicas e também contribui para o desenvolvimento sustentável, explorando conhecimentos peculiares para inúmeras finalidades. Neste contexto, este trabalho justifica-se pela possibilidade da pesquisa nessa área trazer informações importantes que possam viabilizar o uso dessa tecnologia como uma alternativa à disposição final desse resíduo no solo, por meio de sua utilização na produção de mudas de espécies florestais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Lodo de Curtume

O lodo é um resíduo sólido produzido após o tratamento de águas residuárias que podem ter origem agroindustrial ou urbana. O aumento da urbanização e industrialização tem resultado em um aumento no volume de lodos produzidos em todo o mundo. Por exemplo, a atividade industrial americana gera e dispõe aproximadamente 7,6 bilhões de toneladas de resíduos sólidos industriais por ano (SANTOS, 2010).

A atividade de curtimento de peles é responsável pela geração de grandes quantidades de lodo em diferentes etapas. Resumidamente, para a pele tornar-se couro, ela passa por alguns procedimentos, dentre eles está a “Ribeira”, que serve para a proteção da fibra colágena do couro. Essa etapa é dividida em pré-remolho, remolho, depilação, descalcificação, purga, píquel, desengraxate. Logo após ocorre a etapa do curtimento com a finalidade de preservar a pele a base de sais de cromo e, por último, o acabamento que dá flexibilidade, cor básica, impermeabilidade e elasticidade ao couro. Dentro do acabamento, seguem as seguintes etapas: neutralização, recurtimento, tingimento, engraxate, impregnação e acabamento (PACHECO, 2005).

O crescimento da industrialização no mundo tem contribuído, decididamente, para o aumento da geração de resíduos sólidos potencialmente tóxicos. Os curtumes produzem resíduos com elevadas cargas orgânicas e inorgânicas, destacando-se o cromo, utilizado no processo de curtimento (ARAÚJO et al., 2010).

O tratamento de resíduos líquidos gerados na atividade de curtimento dá origem a resíduos semi-sólidos (lodos) a uma taxa estimada de cinco a vinte toneladas por tonelada de pele processada que, normalmente, são dispostas de forma inadequada em áreas agrícolas (AQUINO NETO; CAMARGO, 2000). Estes lodos são constituídos de materiais orgânicos de origem animal misturados com sais inorgânicos, e alguns desses componentes são nutrientes importantes para plantas e microrganismos. Entretanto, existem nesses lodos relativas quantidades de

elementos químicos que podem ter efeitos negativos sobre a qualidade do solo e o crescimento das plantas (ARAÚJO et al., 2008; SANTOS, 2010).

## **2.2 Aspectos Legais sobre a Disposição de Lodo no Solo**

Com a publicação do Decreto Lei n. 1413, de 14/08/75, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais; teve o início as exigências legais para disciplinar esta prática. O sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente passa a ser regido na forma prevista no regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976. Assim, ficando proibido, conforme o artigo 2º, o lançamento ou a liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo. Posteriormente teve-se publicada a Portaria do Ministério do Interior n. 124, de 20/08/80, que baixava normas no tocante à prevenção de poluição hídrica, para a localização de indústrias, construções ou estruturas potencialmente poluidoras e para dispositivos de proteção. Por fim, a legislação federal acerca do tema é contemplada, pela Resolução nº 313/02, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (TEIXEIRA et al., 2011).

No Estado de São Paulo em 2006 foi instituída a Política Estadual de Resíduos Sólidos que definiu princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado de São Paulo, conforme o Artigo 4º (LEI ESTADUAL nº. 12.300, 2006).

No Estado de São Paulo, a norma P4.233 da CETESB aplica-se à utilização de lodos de curtumes na agricultura. Contudo, resíduos constituídos exclusivamente de lodos dos banhos de curtimento e recurtimento com cromo, e aqueles provenientes de sistemas de decantação primária de curtumes que não efetuem segregação dos banhos que contenham cromo, não poderão ser aplicados em áreas de uso agrícola, devido às suas características de inibição da degradação da matéria orgânica e por se tratarem de lodos que não proporcionam benefício agrícola (CETESB, 1999).

A aplicação de resíduos no solo é uma prática cada vez mais utilizada nos últimos anos. Para a aplicação de lodos de curtumes em áreas de uso agrícola, adotou-se a premissa de que, desde que atendidos critérios que garantam a minimização de riscos de poluição, tal prática deve proporcionar um benefício agrícola para a cultura e/ou melhoria na utilização da área (CETESB, 1999).

### **2.3 Utilização do Lodo de Curtume na Agricultura**

O uso agrícola de lodos de curtume pode contribuir para a melhoria da fertilidade dos solos e nutrição das plantas (KONRAD; CASTILHOS, 2002), além de representar uma forma de descarte do resíduo no ambiente. Quanto a esse último aspecto, deve-se destacar a necessidade de critérios técnicos para aplicação desse resíduo na agricultura, uma vez que tal prática, quando utilizada de forma inadequada no solo, pode, entre outras coisas elevar o Ph e aumentar a concentração sais solúveis (AQUINO NETO; CAMARGO, 2000; KONRAD; CASTILHOS, 2002) e aumentar o teor de cromo nos solos tratados (AQUINO NETO; CAMARGO, 2000), o que pode comprometer a sustentabilidade agrícola e o uso futuro dessas áreas (ALEXANDRE et al., 2006).

Devido ao seu elevado teor de nutrientes e possibilidade de neutralização da acidez do solo, a utilização de lodos de curtume em áreas agrícolas tem sido uma alternativa para disposição e reciclagem desses resíduos. Por outro lado, o aumento do pH e do teor de nitrogênio amoniacal no solo, quando da aplicação superficial do lodo de curtume, pode favorecer a perda de nitrogênio (N) por volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ). Além disso, altos teores de nitrogênio inorgânico no solo podem gerar efeitos negativos, principalmente quando a amonificação e nitrificação não são sincronizadas com a absorção pelas plantas, possibilitando lixiviação e conseqüente contaminação das águas subsuperficiais (MARTINES, 2009).

O lodo de curtume tem sua disposição no solo normatizada por órgãos ambientais (CETESB, 1999). Dessa forma, com o alto custo dos fertilizantes comerciais e a dificuldade de disposição final de resíduos industriais, a utilização do lodo de curtume na agricultura, seguindo critérios técnicos e com monitoramento

periódico, torna-se alternativa viável, tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiental (ARAÚJO; GENTIL, 2010).

A adição de nutrientes pelo lodo, em especial N e Ca, podem favorecer a fertilidade do solo, aumentando a oferta desses nutrientes (POSSATO, 2010). O uso do lodo de curtume contribui na melhoria da fertilidade de forma geral favorecendo a resposta das plantas à adubação de cobertura com nitrogênio (SOUZA et al., 2009).

Com relação à propriedade biológica dos solos, estudos demonstram que a adição de lodo de curtume tem aumentado a atividade microbiana no solo principalmente pela influência do grande aporte de matéria orgânica no solo (POSSATO, 2010). A fração orgânica do lodo confere melhor estruturação aos agregados do solo, tornando-o mais resistente à erosão. Do ponto de vista microbiológico, o lodo pode reequilibrar os microorganismos do solo e tornar as plantas mais resistentes aos fitopatógenos, o que pode reduzir o consumo de pesticidas (SOUZA et al., 2009).

O lodo de caleiro apresenta potencial para aproveitamento agrônomo por apresentar altos valores de pH, baixa condutividade elétrica e teores de água e de elementos traços abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (TEIXEIRA et al., 2011).

Para reduzir os impactos com o uso de lodo de curtume na agricultura os órgãos ambientais têm buscado pela padronização de critérios a fim de licenciarem a aplicação de lodo de curtume no solo. Por exemplo, em São Paulo os curtumes têm que seguir os parâmetros da norma P4. 233 - Critérios para Uso em Áreas Agrícolas e Procedimentos para Apresentação de Projetos (CETESB, 1999). A frequência de aplicação e as doses a utilizar são limitadas pelo valor de neutralização da acidez, concentração de sais (principalmente de sódio) e quantidade de metais pesados presentes no lodo (QUADRO, 2008).

## 2.4 Uso do Lodo de Curtume na Produção de Mudanças

Na composição do substrato, a fonte orgânica é responsável pela retenção da umidade e liberação dos nutrientes que serão absorvidos pelas plantas. Como também o substrato tem a função de suportar o sistema radicular das mudas em crescimento (SILVA et al., 2011).

Os substratos agrícolas para produção de mudas podem ser definidos como materiais adequados para providenciar a retenção das quantidades suficientes de água, nutrientes, além de manter o pH compatível e a adequada condutividade elétrica (TRIGUEIRO et al., 2003), além de serem responsáveis pelo suporte físico do sistema radicular das mudas em crescimento (SILVA et al., 2011). Segundo Carrijo, Setti de Liz e Makishima (2002) vários materiais orgânicos como as turfas, resíduos de madeira, casca de pinus e de arroz parcialmente carbonizadas ou não, ou materiais inorgânicos como areia, rochas vulcânicas, perlita, lã de rocha e a espuma fenólica já são utilizadas como substrato, isoladamente ou em composição, para a produção comercial de mudas.

A utilização de substrato na produção de mudas tem por finalidade garantir o seu desenvolvimento adequado em curto período de tempo e com o menor custo (SILVA et al., 2011). A escolha do substrato é uma das decisões mais importantes para produtores de mudas, principalmente quando se sabe que as condições ideais de cultivo dependem do tipo de exigência das espécies cultivadas, salientando-se, que grande parte do sucesso no estabelecimento de uma cultura reside no plantio de mudas de boa qualidade (SILVEIRA et al., 2002).

Utilização do lodo como substrato para mudas deve ser feito de forma criteriosa, afim de não aumentarem os riscos de contaminações dos solos e das matas ciliares ou aquíferos subterrâneos; faz-se necessário que a aplicação do lodo em plantios florestais seja feita em preocupação com a legislação vigente, por técnico habilitado, de maneira a assegurar que metais pesados e/ou organismos patogênicos no biossólido estejam em teores legalmente. Os danos ambientais causados pela aplicação indiscriminada do lodo podem ser sérios, causando bioacumulação, com reflexos na cadeia trófica (SIQUEIRA, 2010).

Estudos sobre a viabilidade da utilização do lodo na produção de mudas têm avançado conforme tem aumentado a demanda de substrato de

qualidade e também aumentado a oferta de lodo tratado com necessidade de uma destinação final adequada (SIQUEIRA, 2010).

Em estudos com resíduos de curtume foi avaliada a possibilidade de uso de resíduos, originário da raspagem do couro, como componente de substrato para plantas, onde foi concluído que, atendendo alguns pré-requisitos, é viável a adição de volumes menores que 50% na mistura (DAUDTL et al., 2007). Atualmente, com as novas tecnologias de reciclagem do cromo na indústria, este resíduo tem apresentado concentrações baixas deste metal, o que poderá reduzir o impacto ambiental da referida técnica (ARAUJO et al., 2008).

Não há dúvidas de que a utilização do lodo de estações de tratamento no solo para fins silviculturas é mais seguro que para fins agrícolas. No entanto, como já exposto, o sistema solo/planta é complexo e diversos tipos de interações e reações em cadeia ocorrem quando há interferência antrópica na adição de compostos orgânicos ricos em nutrientes minerais (SIQUEIRA, 2010).

Dessa maneira, deve-se utilizar a capacidade dos plantios florestais em receberem resíduos agroindustriais, desde que com inserção de programas de monitoramento em todo País, onde resíduos agroindustriais são utilizados para melhoria da fertilidade do solo (SIQUEIRA, 2010).

A produção de mudas florestais também pode ser uma forma de utilização racional de lodo do curtume. No entanto, a adição desse resíduo requer estabelecimento de dosagens limitadas que podem ser utilizadas, podendo variar conforme as exigências nutricionais das espécies florestais e sua resistência aos teores dos elementos químicos fitotóxicos (FRANCZAK et al., 2008).

## **2.5 A Importância das Alternativas Tecnológicas para Área de Reflorestamento**

As tecnologias ambientais fomentam a melhoria contínua de processos, produtos e serviços, por meio da adequada conservação de matérias-primas e energia, reduzindo o consumo de substâncias tóxicas, desperdícios de recursos naturais e geração de poluição durante o ciclo produtivo (JABBOUR, 2010).

As pesquisas e experimentos realizados com a finalidade de testar a utilização do lodo como parte do substrato para mudas vem crescendo e as

expectativas são as melhores em relação à expansão do tema e atendimento às demandas tecnológicas e produtivas (SIQUEIRA, 2010).

A tecnologia de reflorestamento com essências nativas ainda é pouco conhecida, portanto torna-se necessário um conhecimento mais adequado, visando contribuir para o sucesso dos plantios com tais espécies, conduzindo realmente a recuperação da cobertura florestal com espécies típicas da região (TOGORO et al., 2007).

Atualmente, as questões ambientais e florestais remetem à importância da floresta amazônica que permeiam as discussões e as preocupações ambientais no Brasil e no mundo. Além disso, as pautas ambientais na área florestal abarcam, de forma emblemática, a taxa de desmatamento e a conseqüente diminuição da cobertura de florestas tropicais na Amazônia, atreladas às mudanças climáticas (SILVA, 2008).

O aumento das exigências ambientais está movimentando os negócios de mudas de espécies nativas. O reflorestamento, planejado e não mais improvisado, passou a ser exigido para uma série de empresas como forma de compensação ambiental (THOMÉ, 2010).

Com o fim dos incentivos fiscais, as empresas passaram a arcar com os custos de seus reflorestamentos, com prazos inadequados de financiamento, mesmo para as espécies de rápido crescimento, pagando juros incompatíveis com a atividade e sujeitando-se a níveis de garantias e carências que agiram como desestímulo à atividade. Desta forma, vem-se observando, nos últimos anos, um decréscimo da área plantada. O setor de celulose e papel é o que ainda hoje mais refloresta e tem mantido sua média histórica de 60 mil ha/ano, tendo em vista que para todos os usos o ritmo é de 170 a 200 mil ha/ano (VIANA, 2004).

O reflorestamento é necessário atualmente no Brasil, pois há muitas áreas que foram devastadas, que perderam suas características originais, sejam elas por ação natural ou até por ação antrópica. Desta forma, de acordo com Steeg et al. (2006), na região sudeste, o desmatamento ocorreu principalmente para extração de madeiras e apenas parte desta área continua com a cobertura original: o que restou dela está ameaçada.

## 2.6 Espécies Florestais Importantes para Reflorestamento e Produção de suas Mudas

### 2.6.1 Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*)

Originário da Indonésia e Timor onde ocorre naturalmente na costa do Timor a partir de 500 m de altitude até perto de 3000 m. Também ocorre em floresta tropical pluvial e em floresta temperadas. Existem mais de 600 espécies pertencentes ao gênero *Eucalyptus*, originárias, sobretudo da Austrália e da Indonésia (MOURA, 2004).

Espécies do gênero *Eucalyptus* são cultivadas em muitas regiões do mundo devido a sua capacidade de adaptarem-se aos mais diferentes tipos de habitats. No Brasil, espécies desse gênero são cultivadas em quase todas as regiões e sua madeira destina-se, principalmente, para a produção de celulose e carvão (PINTO, 2000).

O *Eucalyptus* é considerado bissexual, sendo que a protandria tem sido observada em algumas espécies, com exemplos de auto-incompatibilidade e macho-esterilidade; a alogamia pode ser considerada como predominante no gênero. Embora ocorra a protandria, isso não elimina a possibilidade de auto-fecundação, já que o florescimento da copa toda demora vários dias mais do que o período de receptividade de uma flor. É importante ressaltar que a polinização do gênero *Eucalyptus* em nosso meio é predominantemente entomófila, sendo o principal agente polinizador a abelha *Apis mellifera* L. (ZANI; KAGEYAMA, 1984).

As florestas plantadas de eucalipto possuem importância para a sustentabilidade do meio ambiente e a conservação dos recursos naturais, auxiliando na recuperação de terras degradadas, reduzindo a pressão para o desmatamento de áreas nativas protegendo mananciais de abastecimento de água e melhorando a cobertura vegetal em áreas urbanas (SILVEIRA, 2008).

Um fator relevante a ser considerado é o benefício gerado por florestas plantadas de eucalipto ao meio ambiente, auxiliando na recuperação de terras degradadas. Dentre os principais atributos ambientais de áreas reflorestadas com esta cultura destacam-se: seqüestro de carbono; reduz as ações erosivas de solo; transfere nutrientes das camadas mais profundas do solo para as mais superficiais; gera excelente camada de material orgânico que preserva a umidade do solo; reduz

a temperatura do micro-clima; e, a maior relevância, reduz o desmatamento de áreas nativas (SILVEIRA, 2008).

Quanto aos locais de implantação, o reflorestamento de eucalipto deve ser direcionado para a recuperação de áreas alteradas pelo homem, nunca em substituição à vegetação nativa (VIANA, 2004).

### **2.6.2 Angico Branco (*Albizia polycephala*)**

É uma espécie arbórea rara, de grande porte (mais de 30m de altura). No Brasil, ela ocorre na Floresta Estacional Decidual (bacia do Alto Uruguai), Floresta Estacional Semidecidual e na borda oeste da Floresta Ombrófila Mista, nos estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SEQUEIRA et al., 2002).

Possui crescimento irregular com bifurcações que podem ocorrer desde a base, apresenta brotação após o corte e necessita de poda de condução; apresenta bons resultados tanto em plantios puros a pleno sol, bem como em plantios mistos (SUCKOW et al., 2009).

Sua casca é rica em taninos sendo já amplamente utilizada em curtumes. Sua resina (goma) possui aplicações medicinais e industriais. A casca de sabor amargo pode ser antidesintérica e útil na cura de úlceras. É expectorante energético e com várias aplicações medicinais. A tintura obtida de suas folhas é eficaz em comoções cerebrais. Possui madeira dura à pesada utilizável na construção naval e civil, dormentes de estradas de ferro, marcenaria, carpintaria, assoalhos e tetos, lenha e carvão. No passado, madeiras mais nobre acabavam sendo utilizadas e os angicos relegados. Hoje, com a escassez das espécies utilizadas, o angico volta a figurar nas madeireiras como opção para construção civil e telhados (CATHARINO, 2011).

A madeira do angico branco possui alborno e cerne castanhos com reflexos dourados, o que propicia belos efeitos decorativos; apresenta textura média, grã irregular para revessa e racha com facilidade, mas tem grande durabilidade.

### 2.6.3 Angico Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*)

O angico-vermelho é uma espécie de grande importância econômica devido à produção de sua madeira principalmente para carpintaria, marcenaria, confecção de dormentes, construção civil e naval. Além disso, pode ser utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas tornando-se necessária a melhor compreensão de suas características na obtenção de mudas de qualidade (SARZI et al., 2008).

De acordo com o site “Terra da Gente”, essa árvore, típica do cerrado brasileiro, é conhecida popularmente como angico-do-cerrado, angico-cascudo, angico-do-campo, angico-rajado, angico-vermelho, Arapiraca e pitanguinha. Reza a lenda que muitos povos a usam em seus rituais sagrados. Como a angico se adapta bem a solos secos e pobres, é recomendada à recuperação ambiental, além de se ser útil na arborização urbana e no paisagismo. A espécie possui um tipo de resina (goma), que tem aplicações medicinais e industriais. Até a tintura obtida de suas folhas é utilizada para fins terapêuticos.

Devido a essas potencialidades, estudos relacionados à sua fertilização têm sido realizados, visando à melhoria da qualidade das mudas produzidas, o que aumentaria as suas chances de sucesso na implantação no campo (GONÇALVES et al., 2008).

Por apresentar um rápido crescimento e tolerância a solos arenosos e rasos, o angico vermelho vem sendo utilizado para recomposição de matas ciliares, podendo também ser apropriada para reflorestamento em áreas degradadas (SERPAL et al., 2010).

### 2.6.4 Aroeira Salsa (*Schinus molle*)

A aroeira pertence à família Anacardiaceae e possui outros nomes comuns como: aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-branca, aroeira-da-praia, aroeira-dosertão, aroeira-do-paraná, araguaraiá, corneiba, fruto-de-sabiá e árvore-da-pimenta. Outras espécies desta família, que também são conhecidas por aroeira, são: *Schinus molle*, *Astronium urundeuva* e *Lithraea brasiliensis* (BAGGIO, 1988).

Árvore perenifólica, heliófita, suportando, contudo, sombreamento mediano promovido por outras árvores. Altura de 4 - 8m, tronco de 25 – 35 cm de diâmetro, diâmetro da copa de até 16,0 m. As folhas são compostas, perenes e pendentes. Ocorre principalmente em solos secos e arenosos, adaptando-se com facilidade e terrenos de baixa fertilidade e pedregosos. É altamente tolerante à seca e, resiste à geada. É encontrada em beira de córregos e matas e, predominantemente em áreas de campo, porém sua frequência em todos os locais é baixa. Floresce abundantemente durante os meses de agosto a novembro e possui coloração creme. A maturação dos frutos, que são do tipo bagos e globosos, verifica-se nos meses de dezembro e janeiro, permanecendo, contudo, na árvore até fevereiro e março (PIVETTA, 2010).

A Aroeira salsa (*Schinus molle* L.) é uma planta muito utilizada na ornamentação, arborização urbana e na medicina popular. Os metabólitos secundários produzidos por essa espécie podem causar interferências no desenvolvimento e crescimento de outras plantas (BARBOSA et al., 2011).

A madeira da aroeira é resistente, podendo ser utilizada como esteios e mourões, devido à sua durabilidade prolongada. A lenha desta espécie é de boa qualidade, sendo muito procurada no meio rural (BAGGIO, 1988).

Não existem reflorestamentos energéticos com a aroeira. No entanto, ela é aproveitada na exploração de matas naturais e muito procurada para usos domésticos, nas propriedades rurais e no pequeno comércio. Assim, ela poderá assumir papel importante como fonte energética nos sistemas integrados de produção, se for devidamente manejada para usos múltiplos (BAGGIO, 1988).

Possui grande importância ecológica, pois é importante na recuperação e expansão de áreas florestais, pois cresce mesmo em solos muito degradados. A fauna alimenta-se dos frutos, é também boa melífera. Considerando que o período reprodutivo é uma fase importante para a dinâmica populacional, a identificação de padrões fenológicos e floração (agosto-novembro) e frutificação (dezembro-janeiro) é importante como subsídio para planos de manejo e conservação de espécies vegetais, além do planejamento para produção em larga escala. Devido à crescente exploração, estudos sobre esta espécie são importantes, já que não se conhecem os seus polinizadores, o potencial de produção de frutos, a polinização e frutificação da aroeira (MODENA; ROSSATO, 2011).

A aroeira cresce naturalmente em algumas áreas de pastagens, não sendo consumida nem assediada pelo gado. Ela pode ser plantada, com mudas gigantes ou estacas, sob proteção para fins de sombreamento aos animais. Ela apresenta as vantagens de ser perenifólia e de se adaptar a condições adversas (rusticidade), apresentando bom pegamento (BAGGIO, 1988).

### **2.6.5 Mutamba (*Guazuma Ulmifolia*)**

A mutamba, é uma espécie arbórea de médio porte, pertencente à família Sterculiaceae, de ocorrência natural em toda a América Latina (COSTA, 2011).

*Guazuma ulmifolia* Lamb., popularmente conhecida como mutamba, é uma planta medicinal encontrada no Cerrado brasileiro. O fitoterápico mutamba é usado na medicina alternativa para o tratamento de: diarreia, asma, bronquite, febre, elefantíase, sífilis, obesidade, hanseníase, queda de cabelos, disenteria, entre outros (SILVA et al., 2006).

A *Guazuma ulmifolia* Lam. possui sementes com acentuada impermeabilidade a água, o que dificulta sua germinação. Para a produção de mudas de mutamba é necessário superar a dormência natural das sementes, causada pela impermeabilidade do tegumento à água, a qual é denominada semente dura. Na maioria das espécies silvestres, pouco se conhece acerca das condições para germinação (SOBRINHO et al., 2012).

No Brasil, a estação de florescimento vai do final de setembro até o início de novembro, e os frutos dessa floração amadurecem nos próximos meses de agosto e setembro (SOBRINHO et al., 2012).

É caracterizada por sua importância sociológica, pois cresce em lugares abertos, margens de arroios e rios, florestas exploradas e ambientes alterados. Por isso, tem sido classificada como espécie invasora e indesejável. É rara na floresta primária. Sua dispersão é ampla, mas irregular e descontínua. Árvore comum nas orlas de cerrado e mesmo no Pantanal ou à margem de pequenos cursos d'água. As árvores maiores atingem dimensões próximas de 30 m de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. Sua floração de setembro a dezembro (CARVALHO, 2007). Pode ser usada, com sucesso, na

arborização de ruas, avenidas, parques e jardins, por apresentar boa importância ecológica, ramificação e bela copa, que proporcionam bom sombreamento (CARVALHO, 2007).

### **3 OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivos: a) avaliar a adição das concentrações de lodo de curtume ao substrato comercial para o cultivo de mudas de espécies florestais de angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, mutamba e eucalipto e b) avaliar o impacto do uso de resíduo quanto aos teores de macronutrientes e micronutrientes na planta, com destaque para o cromo.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudo

O trabalho foi realizado em 2011 na Universidade do Oeste Paulista e no viveiro de produção de mudas Vitória Régia, em Presidente Prudente/SP. O lodo de curtume utilizado no experimento foi obtido na linha de tratamento da ribeira e águas gerais do Curtume Vitapelli, localizado em Presidente Prudente, SP. A composição química do lodo e do substrato comercial (Bioplant®), utilizados no experimento, foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Lanarv (1988) e para determinação de teor de cromo total nas amostras, seguiu-se o método de extração proposto por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) com determinação em espectrofotômetro de absorção atômica. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** - Composição química dos macronutrientes e micronutrientes do lodo de curtume utilizado no experimento.

Resíduo	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Cr	B	Fe	Cu	Mn	Zn
		----- g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----					
Lodo de curtume	7,7	29,1	6,1	1,0	128	10,8	13,0	1800	34,0	2700	36,0	5090	340
Substrato	7,2	5,81	0,95	4,35	14,1	1,68	0,31		27,8	19,0	0,01	225	76,4

### 4.2 Condução do Experimento

O lodo de curtume foi submetido ao processo de secagem a 65° C em estufa de aeração forçada durante cinco dias. Após isto o mesmo foi peneirado (2mm) para garantir homogeneidade e uniformidade de partículas. Posteriormente, o lodo foi misturado ao substrato, obtendo-se dosagens crescentes do resíduo, baseado na massa seca, misturado ao substrato, chegando-se aos seguintes tratamentos: T0 = 0% de lodo na mistura; T5 = 5% de lodo na mistura; T10 = 10% de

lodo na mistura; T15 = 15% de lodo na mistura; T 20 = 20% de lodo na mistura; T 25 = 25% de lodo na mistura.

No experimento de produção de mudas foram utilizadas quatro espécies florestais nativas (Angico Branco, Angico Vermelho, Aroeira Salsa e Mutamba) e uma espécie exótica (Eucalipto). Empregou-se o modelo fatorial no delineamento experimental representado por seis tratamentos (doses de lodo), cinco espécies e cinco repetições (6x5x5) considerando como uma unidade experimental um agrupamento de cinco plantas.

Tubetes de 53 cm<sup>3</sup> foram preenchidos com 30g de substrato previamente preparado obedecendo cada tratamento anteriormente descrito. No substrato previamente umedecido e acondicionado nos tubetes foram semeadas três sementes de cada espécie florestal na profundidade de 0,5 cm. Após isto os tubetes foram dispostos em suportes de aço e mantidos em estufas para crescimento de mudas. Após a germinação das sementes procedeu-se o desbaste das plântulas deixando apenas uma por tubete. As plantas ficaram durante 120 dias na estufas, com irrigação periódica efetuada por sistema de aspersão e sombreadas com tela sombrite (50%), foi constituída por 5 plantas.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso ou em blocos ao acaso, com esquema fatorial 6 x 5, sendo avaliado doses de lodo de curture e espécies arbóreas florestais com 5 repetições. Cada unidade experimental

Aos 60 dias após a semeadura, foi avaliado o diâmetro com o auxílio de paquímetro e efetuando a medida de 1 cm do nível do substrato, e altura da parte aérea com auxílio de régua, medindo-se do substrato a inserção de última folha. Aos 120 dias após plantio as plantas foram coletadas para avaliação das seguintes variáveis de crescimento: Massa seca da parte aérea e raiz, diâmetro e altura da parte aérea. Foram coletadas também amostras de folhas para realização de análises químicas de nutrientes e de teor de cromo no tecido vegetal (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

As raízes foram separadas da parte aérea e lavadas em água corrente para retirada do substrato com cuidado para não ter perdas das raízes. O material foi secado em estufa com ventilação forçada (65° C) até massa constante e após a secagem, as raízes foram pesadas.

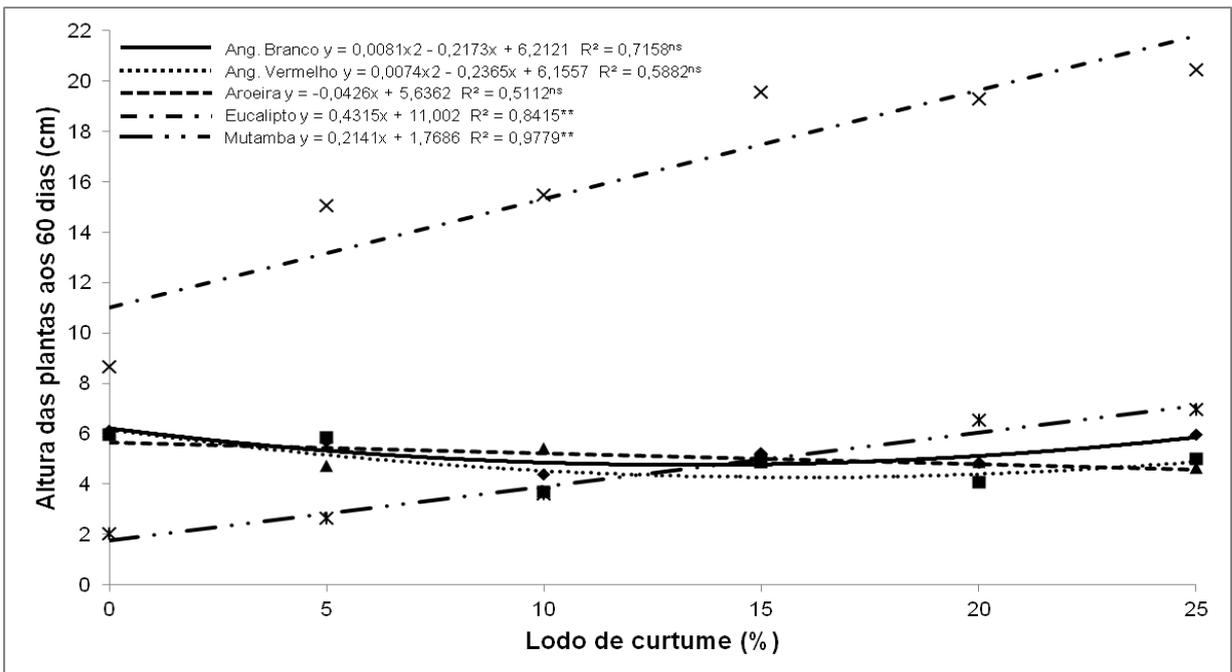
Os dados foram submetidos ao teste de F da análise de variância e o efeito significativo da interação foi estudado mediante análise de regressão do fator

quantitativo (doses de lodo de curtume). Os modelos matemáticos foram escolhidos com base na significância do teste F e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

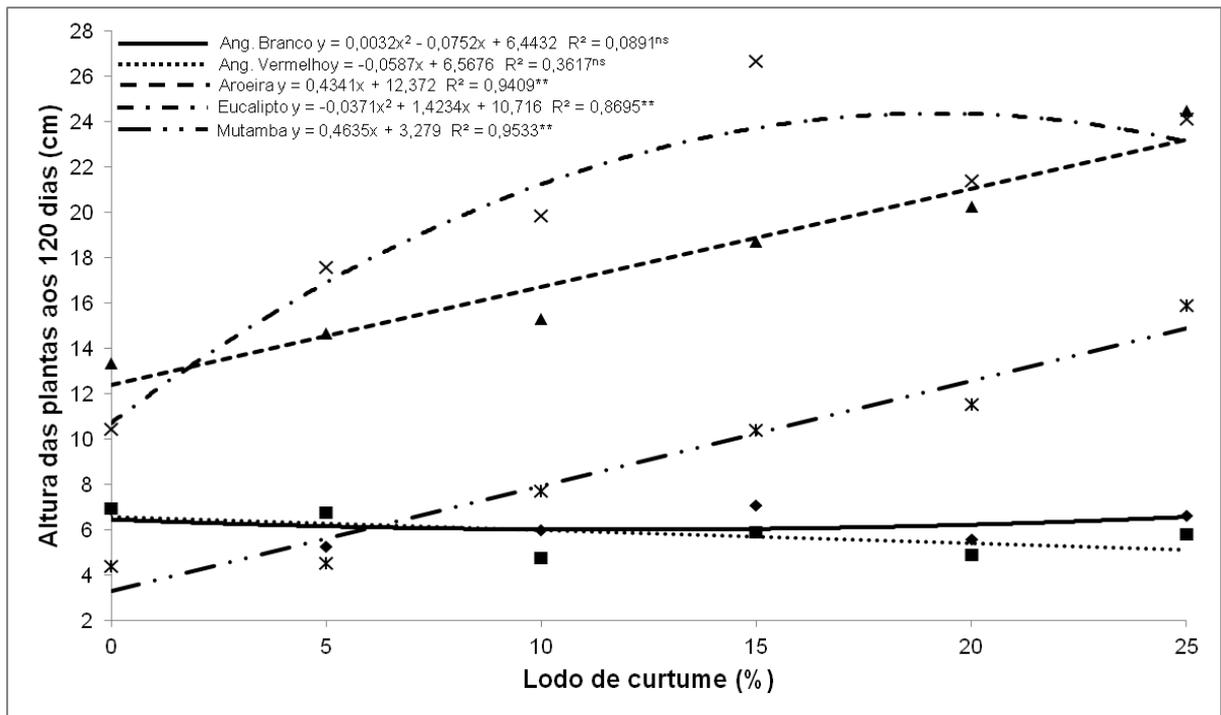
## 5 RESULTADO E DISCUSSÃO

A avaliação inicial da altura das plantas aos 60 dias mostrou que apenas o eucalipto e a mutamba aumentaram neste quesito em função das diferentes doses de lodo de curtume, com ajuste linear significativo (Figura 1). Na avaliação final aos 120 dias observou-se que o modelo quadrático ajustou-se melhor, com significância de 1%, ao crescimento em altura das mudas de eucalipto, com ponto de máximo próximo à dose de 20% de lodo no substrato. No entanto, ainda foi encontrada resposta linear crescente ( $P < 0,01$ ) decorrente do aumento das doses de lodo sobre o crescimento da mutamba e da aroeira (Figura 2).

Embora alguns estudos mostrem que o uso de lodo de curtume promova estimulantes sobre crescimento em altura de plantas, no presente trabalho não foi comprovado esse efeito sobre as espécies de angico branco e angico vermelho.

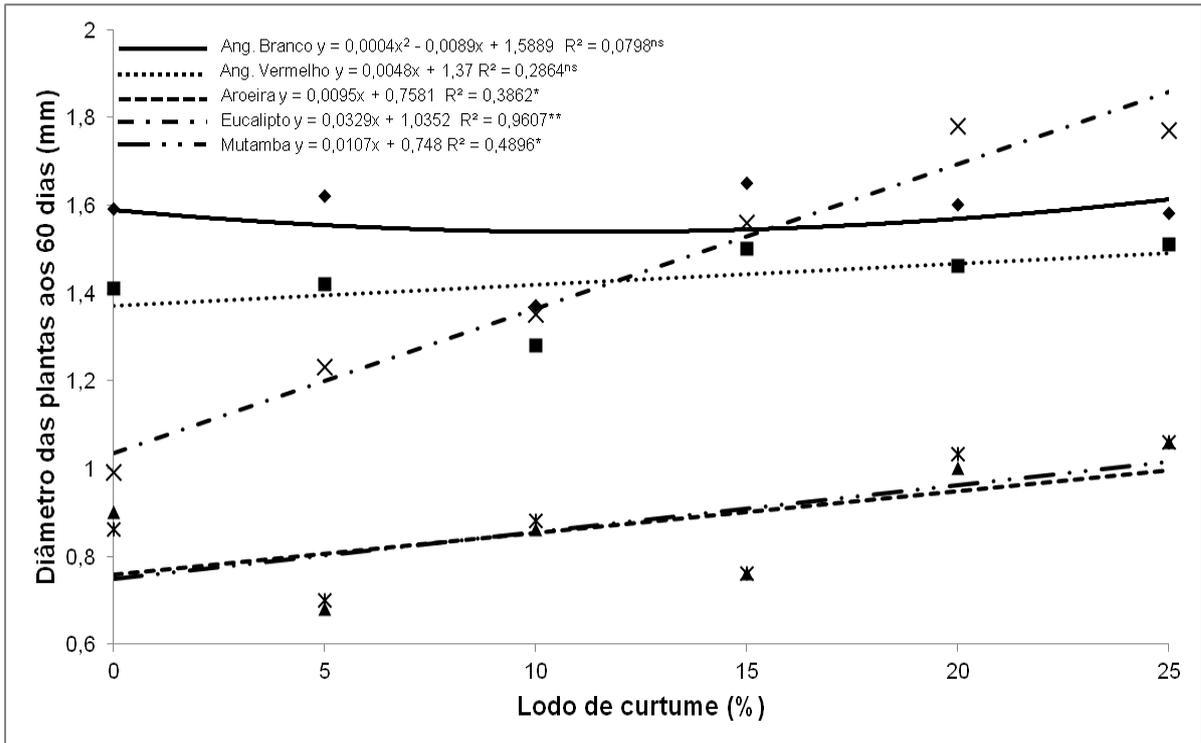


**FIGURA 1** – Análise de regressão para altura de planta de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 60 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).

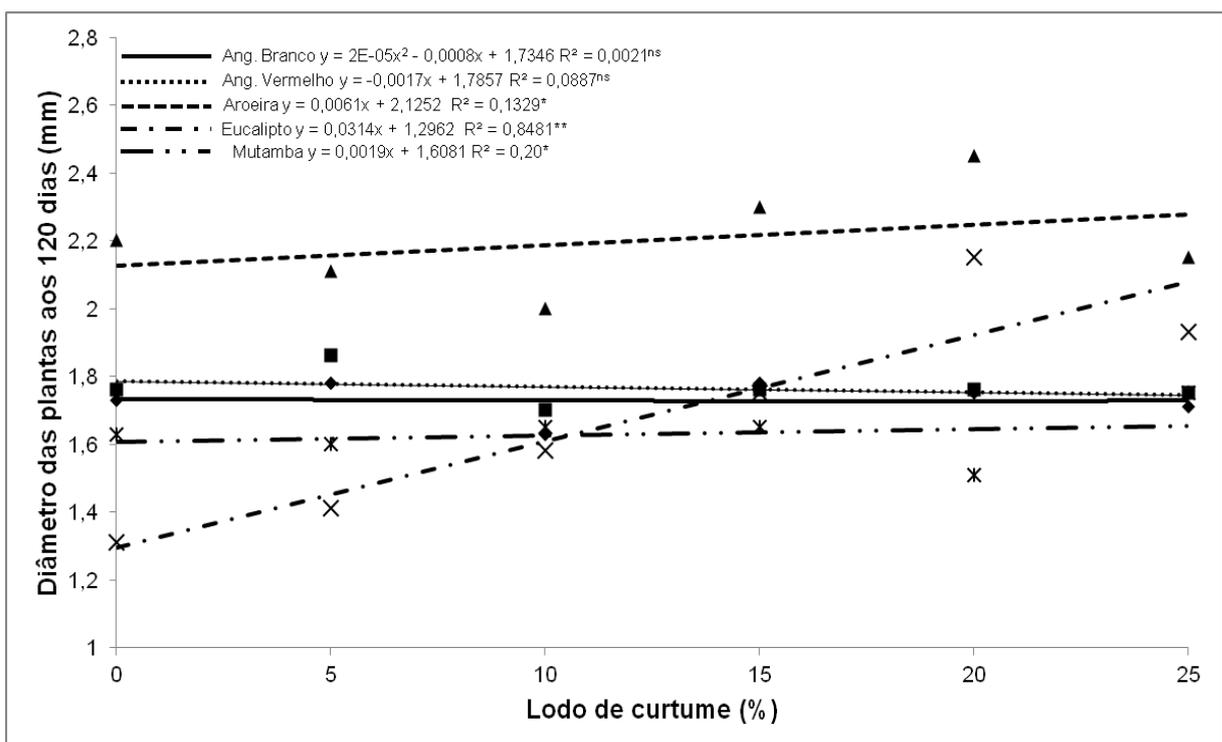


**FIGURA 2** – Análise de regressão para altura de espécies florestais ((angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 120 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).

Na avaliação de diâmetro de caule apenas as espécies de angico não obtiveram ajuste significativo ao aumento das doses de lodo aos 60 e 120 dias de idade, destacando o eucalipto com resposta linear significativa a 1% de probabilidade nas duas avaliações (Figura 3 e 4), visto que aos 60 e 120 dias, o acréscimo em altura na dose de 25% de lodo de curtume, em relação a dose 0, foi de 80% e 61%, respectivamente.

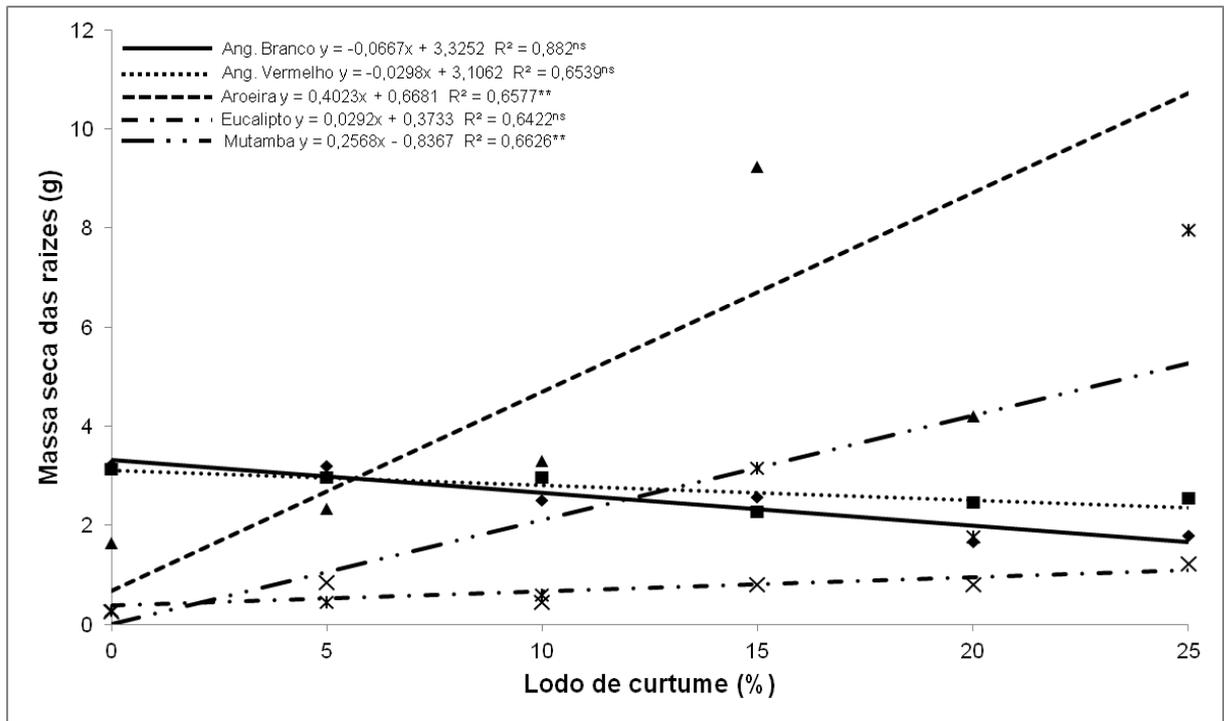


**FIGURA 3** – Análise de regressão para diâmetro do caule de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 60 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).

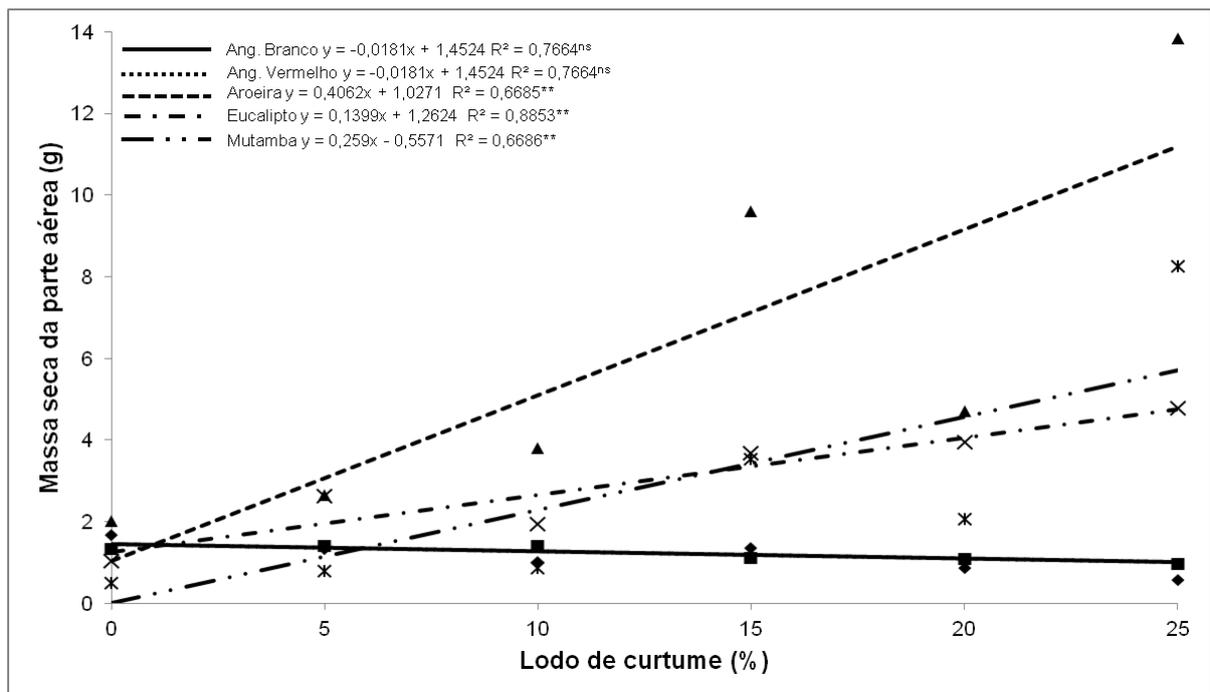


**FIGURA 4** – Análise de regressão para diâmetro de caule de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), aos 120 dias, em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).

Observou-se que aos 120 dias após a semeadura, as espécies de aroeira e mutamba apresentaram aumentos da massa seca nas raízes e parte aérea em função das doses de lodo no substrato com ajuste linear significativo a 1% de probabilidade (Figuras 5 e 6). O angico vermelho e o angico branco não apresentaram respostas às doses de lodo no substrato, com ajustes não significativos. Eucalipto apresentou resposta as doses de lodo apenas na característica massa seca de parte aérea (Figura 5 e 6).



**FIGURA 5** – Análise de regressão para massa seca das raízes de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), em resposta a aplicação de lodo de cortume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).



**FIGURA 6** – Análise de regressão para massa seca da parte aérea de espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), em resposta a aplicação de lodo de cortume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).

Na absorção dos nutrientes pelas plantas (Tabelas 2 e 3) verifica-se na avaliação de fósforo (P), que todas as espécies florestais apresentaram ajustes significativos à absorção do P em função do aumento da concentração de lodo no substrato. O angico branco, o angico vermelho e o eucalipto mostraram pela análise de regressão um ajuste linear decrescente. A aroeira salsa e a mutamba apresentaram resposta quadrática, com ponto de mínimo nas doses de 12,7% e 15,8%, respectivamente. Pode ser destacado que a mutamba foi à espécie avaliada neste estudo que proporcionou ajustes significativos com a maioria dos elementos químicos avaliados, com exceção apenas do N.

Com relação aos micronutrientes (Tabela 3), observou-se que os teores de Boro e Manganês proporcionaram ajustes significativos com as doses de lodo aplicadas no substrato, na análise de regressão efetuada com a maioria das espécies florestais. Destacando-se que o manganês apresentou aumentos lineares crescentes na sua absorção quando se aumentou as doses de lodo no substrato.

**Tabela 2** – Análise de regressão dos teores de macronutrientes presentes na parte aérea das plantas em função de diferentes doses de lodo incorporadas no substrato.

Espécies	Macronutrientes (g/kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Angico Branco	ns	y=-0,0304x+1,5127**	Ns	ns	ns	ns
Angico Vermelho	y=-0,97x+33,6**	y=-0,0358x+1,7213**	Ns	ns	ns	ns
Aroeira	ns	y=0,0059x <sup>2</sup> -2,06**	y=-0,5033x+13,7447**	y=0,2982x+11,3874**	ns	y=0,0541x+0,6028**
Eucalipto	ns	y=-0,0834x+2,5750**	Ns	ns	ns	ns
Mutamba	ns	y=0,003x <sup>2</sup> -0,095x+2,13**	y=-0,0374x <sup>2</sup> +0,666x+13,52*	y=0,027x <sup>2</sup> -0,64x+19,2**	y=0,1442x+4,717**	y=0,0665x+0,6219**
CV (%)	92,09	36,12	85,08	24,10	54,28	32,43

\*Significativo ao nível de 5%; \*\*Significativo ao nível de 1%.

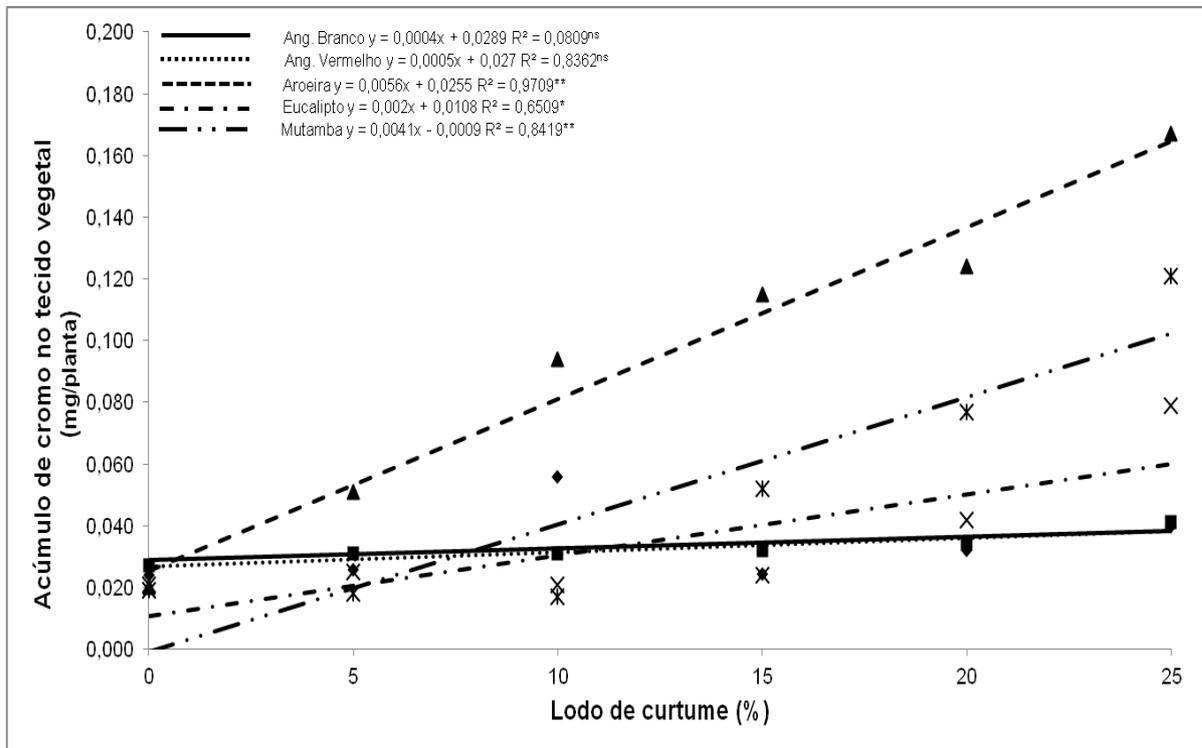
**Tabela 3** – Análise de regressão dos teores de micronutrientes presentes na parte aérea das plantas em função de diferentes doses de lodo incorporadas no substrato.

	Micronutrientes (mg/kg <sup>-1</sup> )			
	B	Fe	Mn	Zn
Angico Branco	Ns	ns	y=4.6250x+98.7304*	ns
Angico Vermelho	y=0,0719x <sup>2</sup> -1,3935x+25,1992*	ns	y=5.1554x+84.2862*	ns
Aroeira	Ns	ns	Ns	ns
Eucalipto	y=-1,0363x+42,7242**	ns	y=17,3019x+74,9424**	ns
Mutamba	y=-0,0767x <sup>2</sup> +2,4190x+34,0928*	ns	y=-0,6068x <sup>2</sup> +16,7061x+62,9607*	ns
CV (%)	35,34	128,56	63,11	102,85

\*Significativo ao nível de 5%; \*\*Significativo ao nível de 1%.

Pode ser observado que as espécies de eucalipto mutamba e aroeira apresentaram um perfil de absorção de cromo, na parte aérea, com ajuste linear crescente ( $P < 0,01$ ) (Figura 7). Os valores de cromo extraído do substrato foram baixos, estimando-se que forma, em média, de 0,5 a 3% do cromo total presente no substrato.

De um modo geral, o cromo absorvido pelas plantas é acumulado nas raízes, formando barreiras que diminuem a sua translocação para a parte aérea das plantas (CASTILHOS et al., 2001). Por sua vez, o Cr(III) somente se apresenta na forma solúvel a valores de pH menores do que aqueles normalmente encontrados em sistemas biológicos (BARROS; SOUSA, 2012).



**FIGURA 7**– Regressão para acúmulo de cromo no tecido vegetal das espécies florestais (angico branco, angico vermelho, aroeira salsa, eucalipto e mutamba), em resposta a aplicação de lodo de curtume (0, 5, 10, 15, 20 e 25%).

A questão da presença do cromo (Cr) no resíduo tem sido menos preocupante devido à falta de comprovação científica da oxidação do  $Cr^{+3}$  em  $Cr^{+6}$  após adição do resíduo no solo (AQUINO NETO; CAMARGO, 2000; KONRAD;

CASTILHOS, 2002). Por outro lado a maioria dos trabalhos citados anteriormente indica sempre algum benefício da aplicação do lodo nos sistemas agrícolas, podendo ser destacado: correção e fertilização do solo e aumento da atividade microbiana.

A proposta desse estudo de incorporar o lodo de curtume no substrato pode agregar benefícios ambientais, pois podem garantir melhor distribuição do resíduo no solo, menores taxas de aplicação, além da possibilidade da fitoextração de elementos com potencial de causarem maiores impactos no solo. Salientando-se nessa proposta que, considerando a dose máxima avaliada de 25% do resíduo misturado ao substrato e o número aproximado de plantas por hectare em reflorestamentos, a taxa de aplicação ficará próxima de 12,5 kg de lodo de curtume seco por hectare.

Apenas as espécies nativas de aroeira e mutamba e o eucalipto, responderam positivamente a incorporação de lodo no substrato, na maioria dos parâmetros de crescimento avaliados, mesmo quando se empregou as maiores doses. Em estudo semelhante com doses de lodo de 3% adicionado ao substrato comercial foi a que apresentou melhores resultados para a produção de mudas de *Jacaranda cuspidifolia* (FRANCZAK, 2008). Estes dados indicam que as espécies florestais avaliadas, as doses e origem do lodo são fundamentais para definição da melhor recomendação do uso do lodo na agricultura.

Observou-se que o eucalipto respondeu significativamente ao aumento das doses de lodo quando se avaliou a altura das plantas, contudo esta resposta foi menor quando se avaliou a massa seca das raízes (Figuras 1, 2 e 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Possato (2010); relatando-se que o maior crescimento em altura pode ser consequência da menor produção de massa de raiz nessas plantas, pois por ser um dreno, a raiz consumiu menor quantidade de carboidratos, os quais, possivelmente, seriam direcionados aos meristemas apicais com consequente aumento na altura. Dessa forma, considerando que a altura da parte aérea é importante para estimar o crescimento das mudas no campo (REIS et al., 1991), a adição de lodo de curtume no solo pode melhorar a produção de eucalipto.

Verificou-se que na maior concentração de cromo aplicada no substrato, com doses de 25% de lodo de curtume, houve ausência de efeitos negativos no crescimento das espécies avaliadas. Considerando-se que um hectare

pode comportar em média 1670 plantas e que o substrato em cada muda irá transportar aproximadamente 13 mg de cromo, tem-se então a incorporação média de 22 gramas de cromo por hectare ou 11  $\mu\text{g}$  de cromo por kg de solo (0-20cm). López-Luna (2009) apresentaram o valor de 500 mg de Cr por kg de solo como limite para ausência de efeitos tóxicos em trigo, sorgo e aveia.

Em estudo com aplicação de doses crescentes de lodo em milho concluiu-se que o lodo de curtume pode representar uma importante fonte de nutrientes para culturas (SOUZA et al., 2009). Observou-se que dentre os nutrientes foliares analisados o que mais se correlacionou com o aumento das doses de lodo no substrato foi o fósforo (Tabela 2), isto pode ser decorrente da maior atividade microbiana que pode ter influenciado na dinâmica deste elemento no substrato, pois o lodo de curtume é pobre nesse elemento (Tabela 1).

Em estudo com aplicação de lodo de curtume no solo foi relatado que é notória a translocação de nutrientes da raiz para a folha, como fósforo, potássio, enxofre, boro, cobre, zinco, cálcio, ferro, manganês, cromo e sódio (CARY; ALLAWAY; OLSON, 1977). Com relação à absorção de micronutrientes pode ser destacado que o aumento das doses de lodo no substrato proporcionou maior absorção de boro e manganês pela maioria das espécies avaliadas (Tabela 1). Verificou-se em estudo com aplicação de doses de lodo de curtume em solo acondicionado em vasos e posterior cultivo de espinafre que os micronutrientes são mais assimilados pelas folhas do que pelas raízes e que zinco e manganês foram os elementos mais assimilados na dose de 25% de lodo no solo (SINHA et al., 2007).

A maioria das espécies florestais avaliadas absorveram pequenas concentrações de cromo na parte aérea (Figura 7). Esta constatação em eucalipto confirma o que foi encontrado por Possato (2010) que detectou este metal em maior concentração nas raízes das plantas. Gupta e Sinha (2007), cultivando gergilim (*Sesamum indicum*) em substrato contendo proporções de 0, 10, 25, 35, 50 e 100% de lodo de curtume, observaram que houve incremento do teor do cromo nas raízes, no entanto, somente a partir da dose 35% o metal foi detectado na parte aérea. López-Luna et al. (2009) concluíram que a acumulação de cromo em plantas é mais consistente na raiz do que na parte aérea.

## 6 CONCLUSÕES

Das cinco espécies florestais avaliadas três (Aroeira, mutamba e eucalipto) responderam positivamente a adição de até 25% de lodo de curtume no substrato comercial para produção de mudas.

Ocorreram ajustes significativos pela análise de regressão para absorção de fósforo, boro e manganês, proveniente da incorporação do resíduo, na maioria das espécies avaliadas.

A aroeira salsa, a mutamba e o eucalipto extraíram cromo do substrato com ajustes significativos.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, M.M. et al. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1149-1155, jul. 2006.
- AQUINO, V.N.; CAMARGO, O.A. Crescimento e acúmulo de cromo em alface cultivada em dois latossolos tratados com crcl3 e resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.225-235, 2000.
- ARAUJO, F.F. et al. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.507-511, 2008.
- ARAUJO, A.S.F. et al. **Composto de lodo de curtume na composição de substrato para produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus urogandis*)**. 2010. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/19sic/Documentos/RESUMOS/PIBITI/Domingos%20de%20Souza%20Loura.pdf/>>. Acesso em: 04 abr. 2012.
- ARAÚJO, F.F.; GENTIL, G.M. **Ação do lodo de curtume no controle de *Meloidogyne spp.* e na nodulação em soja**. 2010. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V57N005P18908.pdf/>>. Acesso em: 04 abr. 2012.
- BAGGIO, A.J. **Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural**. 1988. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim17/baggio.pdf/>. Acesso em: 20 ago. 2012.
- BARBOSA, N. et al. **Atividade biológica do extrato aquoso de folhas de Aroeira-salsa de diferentes populações sobre a divisão celular e o complemento cromossômico de *Lactuca sativa* L.** 2011. Disponível em: <[http://web2.sbg.org.br/congress/CongressosAnteriores/Pdf\\_resumos/2RBC/CV031.pdf/](http://web2.sbg.org.br/congress/CongressosAnteriores/Pdf_resumos/2RBC/CV031.pdf/)>. Acesso em: 20 ago. 2012.
- BARROS, M.A.S.D.; SOUSA, E.F. **O elemento cromo e suas características**. 2012. Disponível em: <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/MonografiasTeneria/capitulo1.pdf/>. Acesso em: 03 out. 2012.
- CARRIJO, D.A.; SETTI DE LIZ, R.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v.20, n. 4, p.533-535, dez. 2002.
- CARVALHO, P.E.R. **Mutamba - *Guazuma ulmifolia***, 2007. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/pt/lista-de-especies-nativas/511-mutambo.html/>>. Acesso em: 05 jan. 2012.
- CASTILHOS, D.D. et al. **Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes em soja**. 2001. Disponível em:

<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v7n2/artigo09.pdf/>. Acesso em: 03 out. 2012.

CARY, E.E.; ALLAWAY, W.H.; OLSON, O.E. Control of chromium concentration in food plants. 1. Absorption and translocation of chromium by plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.25, n.2, p.300-304, 1977.

CATHARINO, E.L. **Árvore do mês – Angico, 2011**. Disponível em: <<http://www.cotianet.com.br/jornalatuante/mat051.htm/>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

CETESB. **Aplicação de lodos de curtume em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação**. São Paulo: Cetesb, 1999. 32p.

COSTA, J.H. **Superação de dormência em sementes de mutamba (Guazuma ulmifolia LAM.)**, 2011. Disponível em: <[http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/683/pdf\\_250/](http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/683/pdf_250/)> Acesso em: 21 ago. 2012.

DAUDTL, R.H.S. et al. Uso de resíduos de couro *wet-blue* como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, v.37, n. 1, p.91-96, jan-fev 2007.

GONÇALVES, E.O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, nov./dec. 2008.

FRANCZAK, D.D. et al. **Adição de dosagens de lodo de curtume em substrato comercial para produção de mudas de caroba ( *jacaranda cuspidifolia* mart.)**. In: VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas-Materiais Regionais como Substrato, 2008. Disponível em: <[http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab\\_PDF/sub\\_13.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_13.pdf) />. Acesso em: 03 dez. 2010.

GUPTA, A.K.; SINHA, S. Phytoextraction capacity of the plants growing on tannery sludge dumping sites. **Bioresource Technology**, v.98, n.09, p.1788-1794, 2007.

JABBOUR, C.J.C. **Tecnologias ambientais: em busca de um significado**, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v44n3/03.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2011.

KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrente da adição do lodo de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.257-265, 2002.

LANARV – Laboratório de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos oficiais**. Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria de Defesa Agropecuária, 1988. 104p.

**LEI ESTADUAL nº 12.300, de 16 de março de 2006**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/leis/2006%20Lei%2012300.pdf/>> Acesso em: 19 ago. 2012.

LOPEZ-LUNA, J. et al. Toxicity assessment of soil amended with tannery sludge, trivalent chromium and hexavalent chromium, using wheat, oat and sorghum plants. **Journal of Hazardous Materials**, n.163, p.829-834, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato, 1997. 201p.

MARTINES, A. **Avaliação ambiental e agrônômica do uso do lodo de curtume no solo**. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2010.

MODENA, C.M.; ROSSATO M. **Caracterização morfológica de *schinus molle* l. pertencente ao banco ativo de germoplasma da universidade de caxias do sul**, 2011. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/504.html/>>. Acesso em: 02 jan. 2012.

MOURA, V.P.G. **O germoplasma de eucalyptus urophylla S. T. blake no Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/cot111.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2011.

PACHECO, J.W.F. **Curtumes**. São Paulo: CETESB, 2005. 76 p. (Série P + L). Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/documentos/curtumes.pdf/](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/curtumes.pdf/)>. Acesso em: 04 abr. 2012.

PINTO, R. **Flutuação populacional de coleoptera em plantio de eucalyptus urophylla no município de três marias, minas gerais**. 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/revista/pdf/Vol7%20143A151.pdf/>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

PIVETTA, J. **Influência de elementos paisagísticos no desempenho térmico de edificação térrea**. 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/enges/dissertacoes/65.pdf/>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

POSSATO, L.E. **Uso de lodo de curtume em eucalipto e seu efeito no crescimento de mudas e nos atributos químicos de um cambissolo**. 2010. Disponível em: <[http://www.ufmt.br/posfloresta/Dissertacoes/Dissertacao\\_Ernani\\_Lopes\\_Possato\\_2010.pdf](http://www.ufmt.br/posfloresta/Dissertacoes/Dissertacao_Ernani_Lopes_Possato_2010.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2010.

QUADRO, M.S. **Crescimento de plantas e modificações de propriedades do solo após várias aplicações de resíduos de curtume e carbonífero**. 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17607/000720190.pdf?sequence=1/>>. Acesso em: 04 abr. 2012.

REIS, M.G.F. et al. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, v.15, n.1, p.23-34, 1991.

SANTOS, J.A. **Compostagem do lodo de curtume e seu uso agrícola: efeito sobre indicadores biológicos de qualidade do solo**, 2010. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ppga/arquivos/files/dissertacao%20joseany.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2010.

SARZI, J. et al. **Produção de mudas de angico-vermelho (*anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan) em substrato a base de casca de pinus compostada, variando as soluções de fertirrigação**. 2008. Disponível em: <[http://www.cnpqat.embrapa.br/viensub/Trab\\_PDF/sub\\_1.pdf/](http://www.cnpqat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_1.pdf/)>. Acesso em: 14 fev. 2012.

SEQUEIRA, F.P. et al. **Quebra de dormência de sementes de *albizia polycephala***. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc70/final/R014.pdf/>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

SERPAL, P.R.K. et al. **Análise germinativa em sementes de *anadenanthera colubrina* (vell.) brenan var. *colubrina* (vell.) submetidas a diferentes tratamentos**. 2010. Disponível em: <<http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0885-1.PDF/>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

SILVA, C.J. et al. Ausência de atividade mutagênica de *Guazuma ulmifolia* Lamb. (mutamba) em células somáticas de *Drosophila melanogaster*. **Revista de Biologia Neotropical**, n.2, v.3, ago. 2006.

SILVA, M.D. et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de salsa ornamental e celosia em substrato à base de composto de lodo de curtume. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.3, mar. 2011.

SILVA, L.M. **Classificação de áreas de reflorestamentos mistos usando análise multivariada, em cotriguaçu-mt**. 2008. Disponível em: <<http://www.reflorestamentoecarbono.com.br/novo/portal/arquivos/4a3781964eb21a12e2082b60a88adfa2.pdf/>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

SILVEIRA, R.B. **Análise da rentabilidade potencial de investimentos em reflorestamento de eucalipto no leste de mato grosso do sul e norte do Paraná**. 2008. Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_analise\\_parana\\_5039.pdf/](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_analise_parana_5039.pdf/)>. Acesso em: 21 ago. 2012.

SILVEIRA, E.B. et al. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.211-216, jun. 2002.

SINHA, S. et al. Up take and translocation of metals in *Spinacia oleracea* L. grown on tannery sludge-amended and contaminated soils: Effect on lipid peroxidation, morpho-anatomical changes and antioxidants. **Science Direct**, v.67, p.176-187, ago. 2007.

SIQUEIRA, C.S.S. **Utilização de resíduos agroindustriais em plantios florestais**, 2010. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2010I/CarolinaSouza.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

SOBRINHO, S.P. et al. Superação da dormência em sementes de mutamba (*guazuma ulmifolia* lam. - sterculiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, sept./oct. 2012.

SOUZA, M.G.L. et al. **Uso do lodo de curtume como fonte de nutrientes em plantas forrageiras**. 2009. Disponível em: <[http://www.ufg.br/this2/uploads/files/66/Milena\\_Rizzia\\_1.pdf](http://www.ufg.br/this2/uploads/files/66/Milena_Rizzia_1.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2010.

SUCKOW, I.M.S. et al. **Anatomia da madeira e densidade básica de angico-branco - *Anadenanthera colubrina* (VELL.) Brenan**. 2009. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/pibic/003SeminaroPIBIC/RESUMOS%20EXPANDIDOS/SUCKOW,%20I.%20M.%20S..pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2012.

STEEG, J.A.V. et al. Impactos ambientais da Reforma Agrária no Brasil de 1985 a 2001. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.63, n.2, mar./apr. 2006.

TEIXEIRA, S.T. et al. Resíduos de curtume e o aproveitamento agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.11. n.1, p.138-143, 2011.

THOMÉ, D. **Exigências ambientais aquecem mercado de reflorestamento**. 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,exigencias-ambientais-aquecem-mercado-de-reflorestamento,508930,0.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

TOGORO, A.H. et al. **Reflorestamento ciliar com espécies nativas ao reservatório de Furnas**. 2007. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br/serhidro/doc/pdfs/191-197.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2010.

TRIGUEIRO, R.M. et al. Uso de bio-sólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Florestalis**, n.64, p.150-162, dez. 2003.

VIANA, M.B. **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala**. 2004. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1162/eucalipto\\_efeitos\\_boratto.pdf](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1162/eucalipto_efeitos_boratto.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2012.

ZANI, J. F.; KAGEYAMA, P.Y. A produção de sementes melhoradas de espécies florestais, com ênfase em *Eucalyptus*. **IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, n.27, p.49-52, ago.1984.