



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

ALTEMAR DOS SANTOS DIAS

**Desenvolvimento de *Enterolobium contortisiliquum* em solos contaminados
de Santo Amaro na Bahia, associado a composto orgânico**

Cruz das Almas – BA

2015

ALTEMAR DOS SANTOS DIAS

Desenvolvimento de *Enterolobium contortisiliquum* em solos contaminados de Santo Amaro na Bahia, associado a composto orgânico

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Rafaela Simão Abrahão Nóbrega

Cruz das Almas - BA

2015

ALTEMAR DOS SANTOS DIAS

**Desenvolvimento de *Enterolobium contortisiliquum* em solos
contaminados de Santo Amaro na Bahia, associado a composto
orgânico**

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora

Aprovado em 08/05/2015



Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Pos Doutoranda Dra. Maria da Conceição de Almeida
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Prof (a) Dra. Euzelina Borges Inácio
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

DEDICO

A Deus por estar sempre presente em minha vida.

Aos meus pais e aos meus filhos, razões do meu viver.

A minha esposa pelo amor e incentivo constante.

Aos meus irmãos, amigos e companheiros por todo carinho que recebo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, elevo o meu pensamento a DEUS, por ter me cercado de pessoas tão especiais.

A minha mãe Joselita “Zelita”, uma mulher guerreira e maravilhosa - pelo seu amor e carinho para todos os seus filhos.

Ao meu pai, Antonio Nunes “Paraíba”, um homem batalhador – pelo seu incentivo a minha busca pelo maior tesouro que um filho pode conquistar a educação universitária.

Os meus filhos, Gabriel, Ana Carolina e Ana Beatriz por mostrarem a mim que só o verdadeiro amor constrói, desobstruindo obstáculos.

Ao meu amor Rosane, uma mulher especial pelo seu carinho, dedicação, incentivo e paciência constante.

Aos meus irmãos Antonio José, José Carlos, Maria José, Carlos Orlando, Orlando, Edmilson, Josenita, Rosana, Altemir e Josemir, por formarem uma família unida, sólida e especial.

Aos sobrinhos e as sobrinhas pelo apoio e acreditando no sucesso desse trabalho.

A professora Dra. Rafaela Nóbrega pela orientação, confiança e flexibilidade para realização desse trabalho.

Ao professor Anacleto pelo empréstimo pelo uso do clorofilômetro.

A todos os professores do curso de Graduação que, direta ou indiretamente, contribuíram na minha formação acadêmica.

As Técnicas de Laboratório: Carolina Yamamoto e Zozilene Teles pelo suporte nos trabalhos.

A Pós doutoranda Dra. Maria Almeida pela realização das análises químicas dos solos. A UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em especial a todos os seus funcionários pelo apoio na minha formação profissional pela oportunidade de compartilhar seus conhecimentos e apoio institucional na realização deste curso de Graduação.

As agências de fomento FAPESB e CNPq.

Aos colegas de curso que acreditaram e apoiaram essa caminhada em especial a Djalma Pereira, Gilca Veloso, Lívia, Diego, Luís Mário, Elisângela, Jaqueline e Luana.

A colega do curso de Engenharia Florestal Flávia Cardoso pela doação das sementes de *Enterolobium contortisiliquum*.

Ao colega Ricardo, mestrando em Solos e qualidade de Ecossistemas, pelo apoio na retirada das amostras de solo e na confecção do mapa da área de coleta.

A comunidade Corta Jaca e Tapera, especialmente aos Srs. Pedro e Zito, por me acolher como estagiário de Vivência, participando de atividades em suas propriedades.

Aos meus amigos Joézio dos Anjos e Rita Leolinda, pelas análises do composto e por acreditarem na minha vitória.

Aos colegas de trabalho que me apoiaram durante o período de curso.

Ao colega Elves Almeida pela contribuição para a realização desse trabalho.

As irmãs Silvana e Sandra Cardoso pelo incentivo constante e colaborações ao longo desse trabalho.

Ao Hiper Supermercado São Paulo, em nome do Sr. Roberto Santos e Cátia Rios pela doação dos rejeitos orgânicos.

Em fim, a todas as pessoas que me ajudaram realizar este trabalho, o meu muito obrigado.

RESUMO

O *Enterolobium contortisiliquum*, conhecido como tamboril, é uma leguminosa arbórea utilizada no reflorestamento de áreas degradadas e promissora na revegetação de solos com excesso de metais, uma vez que a recuperação dessas áreas normalmente tem custo elevado, tendo como alternativa as técnicas de fitorremediação e biorremediação utilizando plantas e microrganismos do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de *E. contortisiliquum* cultivado em substrato formado por solo contaminado com metais pesados e composto orgânico. O experimento foi instalado em viveiro, no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4. Foram testados solos coletados a 50, 100 e 150 metros de distâncias da antiga fábrica de Chumbo de Santo Amaro e quatro proporções de solo e composto orgânico (0:100, 50:50, 30:70 e 100:0 % v/v) respectivamente, com 10 repetições. Após 90 dias foram avaliados a altura da planta (H), diâmetro do colo (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), clorofila total (CLT), peso fresco do nódulo (PFN) e número de nódulos (NN) foram avaliados aos 90 dias após a semeadura e determinado o índice de qualidade de Dickson (IQD). A combinação de solo e composto orgânico 50:50 proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas de tamboril apresentando 0,69 mm planta⁻¹ de D, H de 36,6 cm planta⁻¹. Para a MSPA e MST foram estimados valores máximos de 6,44 g planta⁻¹ e 9,38 g planta⁻¹ nas proporções de 45:55 e 46:54 (solo a 100 m de distância da fábrica e composto orgânico), respectivamente. Verificou-se que as mudas cultivadas em solos contaminados com metais pesados e composto orgânico são capazes de nodular com bactérias nativas do solo. Recomenda-se a proporção de solo contaminado e composto orgânico de 50:50 v/v para obtenção de mudas com maior índice de qualidade de Dickson.

Palavras chave: nodulação; produção de mudas, composto orgânico.

ABSTRACT

The *Enterolobium contortisiliquum* is a leguminous tree used for the reforestation of degraded areas and promising in the rehabilitation of soils with excess of heavy metals. The recovery of these areas usually have high cost, using alternative techniques of phytoremediation and bioremediation that rely on a community of plants and soil microorganisms. This study aimed to evaluate the initial development of *E. contortisiliquum* grown in a substrate composed of organic compound and soil contaminated with heavy metals. The experiment was conducted under controlled conditions, in nursery, in a completely randomized design with a 3x4 factorial design. Soils collected were tested at 50, 100 and 150 meters distance from the old Pb factory of Santo Amaro, in four proportions of soil and compost (0: 100, 50:50, 30:70 and 100: 0 v / v), respectively, with 10 replicates. After 90 days were evaluated plant height (H), diameter (D), dry weight of shoot (MSPA), root dry mass (MSR), total dry matter (MST), chlorophyll (CLT), fresh weight of nodules (PFN) and number of nodes (NN) were evaluated at 90 days after sowing and given the quality score of Dickson (IQD). The 50:50 v/v combination of soil and organic compound provided the best development of the seedlings, presenting 0.69 mm plant⁻¹ D and H 36.6 cm plant⁻¹. For the MSPA and MST were estimated maximum values of 6.44 g plant⁻¹ and 9.38 g plant⁻¹ in the proportions of 45:55 and 46:54 (solo 100 m away from the factory and organic compound), respectively. It was found that the seedlings grown in a mixture of organic compounds and soil contaminated with heavy metals are capable of nodulation with native soil bacteria. It is recommended to use the 50:50 v/v ratio of organic compound and contaminated soil to obtain seedlings with higher quality Dickson index.

Keywords: nodulation; seedling production, organic compound.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. GERAL	12
2.2. ESPECÍFICOS	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 RELATO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL EM SANTO AMARO, BAHIA	13
3.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	14
3.3 FITORREMEDIAÇÃO E BIORREMEDIAÇÃO	15
3.4 COMPOSTAGEM	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades industriais, agrícolas e urbanas tem aumentado o risco de poluição dos solos por metais pesados, com destaque para as atividades industriais por representar uma fonte de contaminação por metais. A metalurgia de metais pesados é uma atividade potencialmente produtora de grandes quantidades de rejeitos que muitas vezes destinado de forma inadequada no ambiente pode causar poluição e também desencadear a progressiva contaminação das áreas adjacentes (REISSMANN et al., 2009).

Um exemplo próximo é o caso da antiga Companhia Brasileira de Chumbo – COBRAC, localizada no Município de Santo Amaro na Bahia, que resultou em sérios problemas ambientais e de saúde pública. Devido ao destino incorreto dos rejeitos da metalúrgica com distribuição de rejeitos contendo metais pesados como chumbo, cádmio e zinco em solos de áreas próximas a indústria contaminou o solo e o rio e tornando-os passíveis de transmissão da contaminação às plantas, águas e animais, incluindo o homem. Isto foi constatado em pesquisas que identificaram níveis consideráveis de metais em amostras de sangue de crianças, animais e em olerículas produzidas e consumidas neste município (ANDRADE; MORAIS, 2013; MOREIRA et al., 2008; CARVALHO et al., 2003).

Resultados de pesquisas indicaram que o passivo ambiental deixado pela fundição permanece como uma fonte de exposição relevante para a intoxicação pelo chumbo, sendo necessários mais estudos para monitorar adequadamente e mitigar o problema da contaminação ambiental e humana na área (CARVALHO et al., 2003). Em áreas contaminadas e muitas vezes abandonadas, é de suma importância à arborização com espécie de rápido crescimento, como o *Enterolobium contortisiliquum*, para estabilizar o solo, reduzir o impacto da erosão, melhorar temperatura, promover sombreamento, formação de camada litorânea e possível redução da poluição do solo, uma vez que os metais poderão concentra-se no tecido vegetal (SOARES et al., 2001).

Para Alcântara (2010) cerca de 500 mil toneladas de chumbo permanecem depositadas no terreno onde as ruínas da antiga metalúrgica estão situadas. Outras 10 mil toneladas estariam espalhadas pela cidade, seja nos quintais das casas, seja nos pátio das escolas, debaixo do calçamento das ruas, provocando uma herança maldita para as gerações das famílias santamarences. A escória também foi carregada para o estuário do Rio Subaé, levando junto com as suas águas grandes quantidades de chumbo, cádmio e outros elementos químicos altamente prejudiciais ao meio ambiente.

O *E. contortisiliquum*, é conhecido como tamboril, árvore de origem brasileira distribuída por todas as regiões do Brasil com usos diversos como fabricação de barcos, canoas, brinquedos, compensados e caixotaria em geral, por ser de fácil manejo e acabamento, além de ser utilizada no reflorestamento de áreas degradadas, de preservação permanente em plantios mistos e promissora na revegetação de solos com excesso de metais (ARAÚJO & PAIVA SOBRINHO, 2011; LORENZI, 2002; TRANNIN; MOREIRA; SIQUEIRA, 2001; CARVALHO, 1994).

Esta espécie quando cultivada em solos com altos teores de metais pesados é tolerante, tornando promissora para revegetação do solo (TRANNIN; MOREIRA; SIQUEIRA, 2001). Nóbrega et al. (2008) avaliou as mudas em substratos com composto e Latossolo vermelho não contaminados, obtendo as máximas altura e diâmetro na proporção 80:20 (composto:solo). A espécie também apresentou superioridade no crescimento inicial quando adicionado o composto orgânico e vermiculita ao substrato na proporção 50:50 (GONÇALVES et al., 2013). Já Saidelles et al. (2009) evidenciaram a mesma proporção para produzir mudas de *E. contortisiliquum*, com um adequado padrão de qualidade utilizando casca de arroz carbonizada e solo.

Respaldo pelas referências supracitadas e considerando a hipótese do *Enterolobium contortisiliquum* tolerar concentrações elevadas de metais pesados propõe-se um estudo do desenvolvimento desta espécie vegetal em substrato constituído de proporções de solo contaminado por metal pesado, oriundo da região de Santo Amaro e composto orgânico.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

- Avaliar o desenvolvimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* cultivado em substrato constituído de solo contaminado com metais pesados e composto orgânico.

2.2. ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito das proporções de solo contaminado com chumbo e composto orgânico sobre a nodulação natural do *E. contortisiliquum*;
- Avaliar o efeito das proporções de solo contaminado com chumbo e de composto orgânico sobre a qualidade de mudas do *E. contortisiliquum*;
- Recomendar a melhor proporção de solo contaminado com chumbo e com composto orgânico para a produção de mudas de *E. contortisiliquum* para fins de revegetação de áreas contaminadas com metais pesados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RELATO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL EM SANTO AMARO, BAHIA

Os metais pesados são encontrados naturalmente no solo em baixas concentrações, como resultado do intemperismo e de outros processos pedogenéticos. Entretanto, as concentrações naturais podem ser modificadas por processos biogeoquímicos e, principalmente, pela ação antrópica. Dentre esses metais, o chumbo merece destaque devido a suas características toxicológicas e a seu tempo de permanência nos solos. Este elemento pode permanecer nos solos sob forma relativamente estável devido à baixa solubilidade de suas formas químicas, por adsorção em componentes naturais, tais como a argila ou a matéria orgânica (KEDE et al., 2008).

De acordo com Alves et. al. (2008), o aumento progressivo nos teores dos metais pesados no ambiente, principalmente em resposta às atividades humanas, tem despertado interesse crescente e pertinente na sociedade em decorrência dos malefícios que esses poluentes ocasionam aos ecossistemas e à saúde humana. As fontes potenciais de exposição humana a chumbo são inúmeras, variando de fontes industriais reconhecidas, por meio de consumo alimentar, bebidas alcoólicas, uso de cosméticos e brinquedos, causando acúmulos e efeitos danosos ao corpo humano (CAPITANI; PAOLIELLO; ALMEIDA, 2009). A contaminação por chumbo ao ser humano, chamada comumente de saturnismo, ocorre porque o chumbo, material estranho ao organismo, não é eliminado espontaneamente, acumulando-se nos ossos, no sangue e no sistema nervoso (RODRIGUES; CARNIER, 2007).

Muitos casos de saturnismo foram diagnosticados no município de Santo Amaro, Bahia em decorrência da atividade metalúrgica da antiga Companhia Brasileira de chumbo – COBRAC, em função da distribuição dos rejeitos contaminados com metais pesados como chumbo, cádmio e zinco diretamente no solo em diversas localidades do município tornando essa região contaminada e passível de transmissão da contaminação às plantas, águas e animais, incluindo o homem. Isto foi constatado em pesquisas que identificaram níveis consideráveis de metais pesados em amostras de sangue de crianças, animais e em olerículas produzidas e consumidas neste município (ANDRADE; MORAIS, 2013; MOREIRA et. al, 2008; CARVALHO, et al., 2003).

Em 2010, Alcântara relatou em seu estudo sobre a contaminação ambiental na cidade de Santo Amaro que muitas toneladas de chumbo permaneciam depositadas no terreno onde a

metalúrgica foi instalada, bem como espalhadas pela cidade e carregadas pelas águas do Rio Subaé. Assunção (2012), trabalhou com amostras de solos do entorno desta fábrica e verificou valores para o metal chumbo na ordem de $3.148,4 \text{ mg kg}^{-1}$, entre outros metais pesados.

Outro fator que contribui para degradação do solo em áreas contaminadas com metais é a destruição da cobertura vegetal, promovendo erosão hídrica e eólica e a lixiviação dos contaminantes para o lençol freático, desencadeando progressivo grau de contaminação de outras áreas (CARNEIRO; SIQUEIRA; MOREIRA, 2002).

A influência humana visando à revegetação de áreas degradadas é de fundamental importância para que estas áreas consigam recuperar a resiliência, já que o processo natural de sucessão florestal pode simplesmente não ocorrer ou ser extremamente lento (CARPANEZZI et al., 1994).

As tecnologias atualmente disponíveis para medidas de remediação e descontaminação de áreas contaminadas pelo chumbo são de eficácia relativa, além de serem muito caras. Os grandes depósitos de escória atualmente existentes dentro da área da fundição estão sendo tratados por técnicas de encapsulamento, uma solução relativamente fácil e barata, porém paliativa, porque resolve o problema ambiental de forma precária e parcial. Já a escória, que está amplamente dispersa pela zona urbana de Santo Amaro, exige uma solução urgente, pois continua a representar uma fonte importante de contaminação para a população dessa cidade (CARVALHO et al., 2003).

Uma alternativa pode ser a arborização com plantas de rápido crescimento e não frutífera como *E. contortisiliquum* para estabilizar o solo e ainda contribuir para a arborização urbana do município (SOARES et al., 2001).

3.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO *Enterolobium contortisiliquum*

O *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong., conhecido por tamboril, pertence a família leguminosea e subfamília *Mimosoideae*, é uma árvore de grande porte e crescimento rápido, encontrada em diversas formações florestais brasileiras (LORENZI, 2002), pode ser aproveitado na fabricação de brinquedos, peças de artesanato, canoas, telhados, embalagens e caixotes e também para a fabricação de sabão caseiro, devido a alta concentração de saponina na casca e nos frutos (SANTANA et al., 2013).

O *E. contortisiliquum* apresenta folhas compostas, bipinadas, alternas, flores hermafroditas, brancas ou cremes, em capítulo globoso contendo 10 a 20 flores e estames numerosos. Fruto legume, bacóide, indeiscente, preto quando maduro, recurvado,

semelhoso, possuindo forma característica que faz lembrar uma orelha humana, profundamente reentrante junto ao pedicelo; polpa amarelo-clara, macia e viscosa; contém 2 a 12 sementes elipsóides, com tegumento liso e duro, marrom brilhante e com raiz superficial, recomendada para arborização de praças e parques (MACHADO et al., 2006).

Segundo Lima, Oliveira e Rodrigues (2009), o tamboril é uma espécie heliófila, pouco exigente quanto às características do solo e de crescimento rápido, sendo empregada, por isso, em florestamentos e reflorestamentos, atendendo a inúmeros propósitos que envolvem desde o paisagismo à recuperação de áreas degradadas.

A implantação dessa leguminosa florestal é uma alternativa para a reabilitação e transformação dos substratos de áreas mineradas. Essas espécies podem crescer em solos com limitações de fertilidade, além de favorecer a incorporação de bactérias que formam nódulos e transformam o N₂ do ar em composto nitrogenado assimilável pelos vegetais, e são indicadas na recuperação de áreas degradadas em razão da grande diversidade de espécies, versatilidade de usos potenciais e de seu papel na dinâmica do ecossistema (GONÇALVES et al., 2013; DALLE LASTE, 2008).

Dessa forma, a seleção de espécies vegetais com potencial para hiperacumular chumbo é essencial para o sucesso dos programas de fitorremediação de áreas contaminadas com este elemento, algo que é mais relevante para as condições tropicais como as do Brasil. Para tanto, tornam-se imprescindíveis os estudos que visem à melhor compreensão dos mecanismos de tolerância, absorção, translocação e de acumulação de chumbo pelas plantas (ALVES et al., 2008).

3.3 FITORREMEDIAÇÃO E BIORREMEDIAÇÃO

A introdução de grande quantidade de poluentes ao meio ambiente, cujos efeitos finais, na biosfera e na saúde humana, são totalmente desconhecidos, pois na maioria das vezes esses produtos são extremamente tóxicos, onde governos de todo mundo estão procurando alternativas economicamente viáveis para a recuperação de áreas poluídas, para a conservação da biodiversidade e recompondo os ecossistemas originais que foram degradados, no intuito de amenizar ou até mesmo despoluir totalmente áreas contaminadas (COUTINHO; BARBOSA, 2007).

Com a evolução das tecnologias em busca de soluções economicamente viáveis para descontaminação dos solos poluídos por metais destacam-se os processos de atenuação natural como fitorremediação e biorremediação (TAVARES, 2009).

A técnica da fitorremediação consiste na utilização de plantas hiperacumuladoras de metais pesados, acumulando-os nas raízes e parte aérea. Considerada um avanço da biotecnologia para o tratamento do solo e da água, que vêm sofrendo agressões antropogênicas (REISSMANN; PAULA SOUZA, 2009; ANSELMO; JONES, 2005). Enquanto a biorremediação se refere ao uso de microrganismos, geralmente bactérias e fungos capazes de degradar resíduos provenientes de depósitos de lixo e solos contaminados (TAVARES, 2009).

Essas técnicas destinam-se a descontaminar a água e o solo contaminados por substâncias inorgânicas e/ou orgânicas, utilizando-se organismo vivo, como microrganismo e plantas que possuam determinadas características como boa capacidade de absorção, sistema radicular profundo, acelerada taxa de crescimento, elevada produção de biomassa, competitividade, vigor, resistência e tolerância aos metais pesados, contribuindo para a proteção do solo, a retenção e absorção do contaminante, impedindo sua distribuição no meio ambiente (LAMEGO; VIDAL, 2007; CAIRES, 2005; PIRES et al., 2003).

Segundo Santos et al. (2011a), a remediação em solo contaminado com metais através do uso de plantas, inicialmente, só poderá ser efetiva caso estes elementos sejam absorvidos e estejam biodisponíveis na solução do solo, seguindo o mesmo processo de absorção de nutrientes. Desta forma, um adequado teor de umidade no solo faz-se necessário não apenas para atender as demandas hídricas da planta, mas também para que a solução do solo disponibilize íons essenciais à nutrição. Paralelamente, a adição de compostos orgânicos em solos contaminados por metais pesados pode contribuir para as biotransformações de moléculas complexas presentes no ambiente e potencializar os efeitos da fitorremediação.

3.4 COMPOSTAGEM

A compostagem é o processo biológico de decomposição e de reciclagem da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal formando um composto que é largamente utilizado em jardins, hortas, substratos para plantas e na adubação de solo para produção agrícola em geral, como adubo orgânico devolvendo ao solo os nutrientes de que necessita, aumentando sua capacidade de retenção de água, e reduzindo uso de fertilizantes externos.

A matéria orgânica utilizada para a composição do substrato pode ser proveniente de resíduos urbanos através do processo de compostagem. O composto orgânico é rico em substância húmicas, bioativas que estimulam o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas além do efeito supressivo em algumas doenças de plantas (INACIO e MILLER, 2009; CANNELLAS e SANTOS, 2005).

A matéria orgânica é um dos componentes fundamentais dos substratos, cuja finalidade básica é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes, para à produção de mudas, em que esses substratos podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (CALDEIRA et al., 2008a).

De acordo com CALDEIRA et al. (2008a) o substrato é o fator que exerce influencia significativa no desenvolvimento das mudas e vários são os materiais que constituí os resíduos de origem vegetal e animal: folhas secas, restos vegetais, restos de alimentos, esterco animal e tudo mais que se decompõe em estado natural, quase sem valor agrícola, mas que decompostos transformam-se em nutrientes para o solo que podem ser usados na sua composição original ou combinados.

A utilização de adubos orgânicos possui efeito benéfico na produtividade das culturas, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas do solo, através da sua utilização.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizado em Cruz das Almas, Bahia, nas coordenadas: latitude 12° 40' 19" S e longitude 39° 06' 23" W. A região possui um clima do tipo Am úmido a subúmido, com temperatura média de 24,1 °C, precipitação média anual de 1.170 mm e umidade relativa do ar de 80% (ALMEIDA, 1999).

O solo foi coletado no município de Santo Amaro, Bahia, na fábrica de processamento de ligas de chumbo (Companhia Brasileira de chumbo-COBRAC), subsidiária da multinacional Penarroya, na profundidade de 0,0 - 0,20 m, distanciando da fábrica radialmente em 50 m, 100 m e 150 m (Figura. 1). Foram retiradas nove amostras simples em cada distância, posteriormente formando uma amostra composta para cada raio. As amostras foram secas ao ar e posteriormente passadas em peneira de malha de 4 mm.

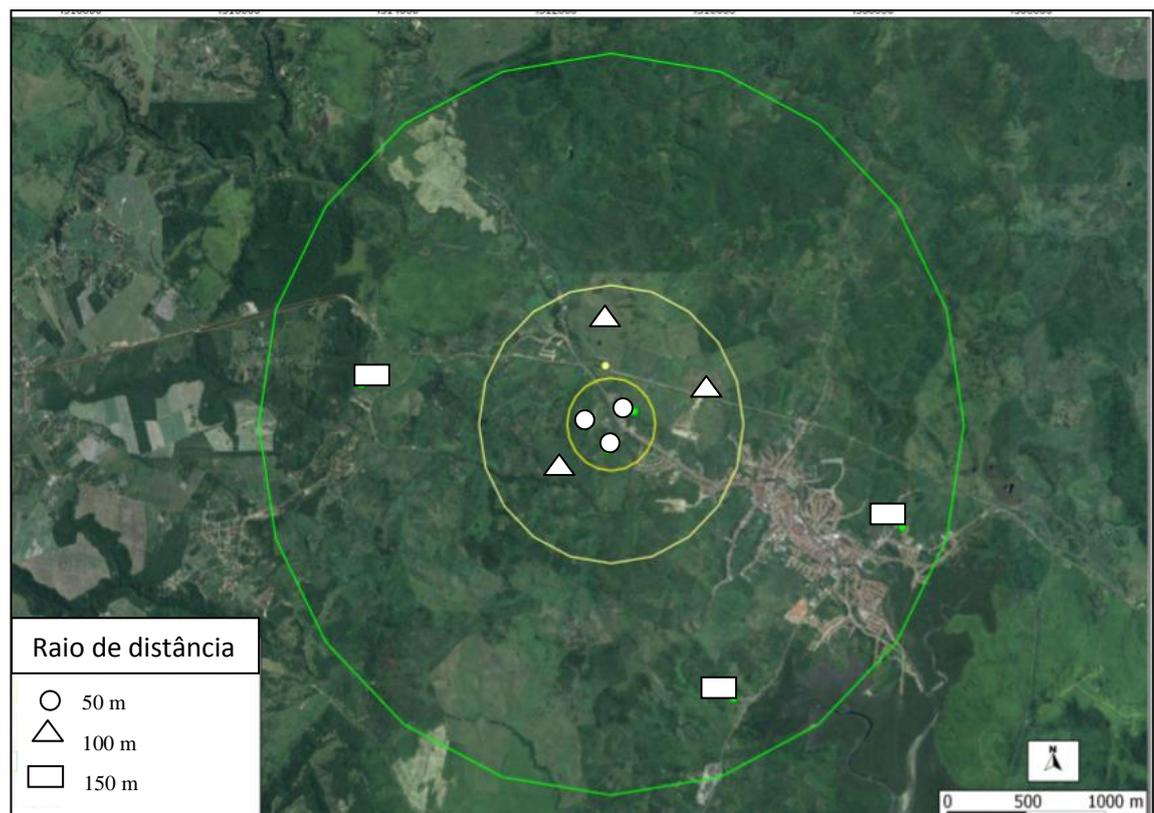


Figura 1: Área de coleta dos solos na COBRAC – Companhia Brasileira de chumbo no município de Santo Amaro, Bahia

Fonte: Pereira, 2015

O composto foi obtido pelo processo de compostagem (Figura 2), realizado na Estação Agroecológica da UFRB, utilizando os resíduos orgânicos (frutas, verduras e folhas verdes) e as palhadas (gramas e capins) do campus da UFRB. Todo material foi picotado e distribuído na composteira em camadas intercaladas. Houve o monitoramento diário da temperatura e da umidade do composto e, quando necessário, fez-se a revirada do material para uma melhor maturação do composto. Após total maturação no período de 120 dias, o composto foi submetido à secagem ao ar e peneirado em peneira de 4 mm.



Figura 2. Etapas de instalação da compostagem: A) Corte de frutas, legumes e folhas verdes; B) Colocação de gramíneas secas; C) Composto fase de maturação; D) Composto umidificado
Fonte: Altemar, 2015

Foram determinadas as propriedades químicas dos solos no Laboratório de Química da UFRB e a análise do composto orgânico realizada pelo Instituto de Pesquisa e Tecnológico do Estado de Sergipe (Tabela 1).

Tabela 1. Resulta das análises químicas do solo e do composto orgânico

	pH (H ₂ O)	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	Na ⁺²	H+Al	SB	CTC	P	V	C O	M O
Amostra Solos	cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	(%)	dag kg ⁻¹	g dm ⁻³	
50 m*	7,8	0,2	21,6	8,0	0,0	0,3	0,6	30,1	30,7	3,7	98,1	1,8	31,0
100 m	5,0	0,5	15,1	7,6	0,4	0,2	6,0	23,3	29,3	1,0	79,5	2,9	50,0
150 m	5,2	0,7	18,3	10,1	0,5	0,3	6,8	29,5	36,3	0,8	81,2	1,9	32,7
Composto Orgânico	6,48	10,1	8,2	5,8	0,0	1,3	2,0	25,4	27,4	1,9	92,7	3,2	55,9

* Distância de coleta das amostras de solo do ponto referência da fábrica COBRAC – Companhia Brasileira de Chumbo de 50 m, 100 m e 150 m

Fonte: Altemar, 2015

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 3 x 4, representado por três raios de coleta do solo (50, 100 e 150 m de distância da fábrica COBRAC) e quatro proporções de solo e composto orgânico (100:0; 50:50; 30:70; 0:100). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 10 repetições. Cada proporção de solo e composto orgânico foi homogeneizada e acondicionada em sacos plásticos com volume para 1 dm⁻³, de modo a compor os tratamentos.

As sementes de tamboril foi procedentes do município Riacho de Santana no Oeste Baiano. Foram submetidas à escarificação mecânica para inativar a dormência (Figura 3), usou-se uma lixa nº 80 nas sementes, para raspar o tegumento, em seguida fez-se a imersão em água à temperatura ambiente por 6 h e depois ficaram em repouso por mais 4 h, antes da semeadura, conforme (JÚNIOR et al., 2014).



Figura 3. Quebra da dormência: A) Escarificação mecânica com a lixa, B) Rompimento do tegumento, C) Imersão em água

Fonte: Altemar, 2015

A semeadura foi direta, sendo colocadas duas sementes por saco, na profundidade de 1,0 cm. Foi feito o desbaste das plantas após completarem um mês de desenvolvimento, deixando a planta com maior vigor no saco (Figura 4). Na condução do experimento, foi realizada a irrigação diária para manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo e a remoção manual das plantas espontâneas.



Figura 4. Etapas de manejos: A) Semeadura, B) Desbaste, C) Pós desbaste
Fonte: Altemar, 2015

Após dois meses do desbaste foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), clorofila total (CLT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), números de nódulos (NN), peso fresco dos nódulos (PFN) e índice de qualidade de Dickson (IQD). Para a obtenção do IQD foi utilizada a equação abaixo, conforme DICKSON et al. (1960):

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

A altura da parte aérea foi mensurada com o auxílio de uma trena graduada em cm. O diâmetro do coleto com um paquímetro. A determinação dos teores de clorofila foi realizada em todas as plantas, no horário entre 10 e 11 h da manhã. De cada planta, seccionaram-se três folhas adultas completamente expandidas, localizadas entre o ápice e a base da planta, utilizando medidor eletrônico Falker modelo CFL1030 (clorofilômetro), para se obter as clorofila *a* e *b* e por soma a clorofila total.

Nas determinações da MSPA e MSR, as amostras foram colocadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação e renovação de ar a 60°C no período de 72 h. A soma da MSPA com a MSR resultou na quantidade de (MST). As raízes foram lavadas em água corrente e os nódulos foram destacados e contados, em seguida obteve-se o peso fresco dos nódulos em balança analítica de precisão (Figura 5).

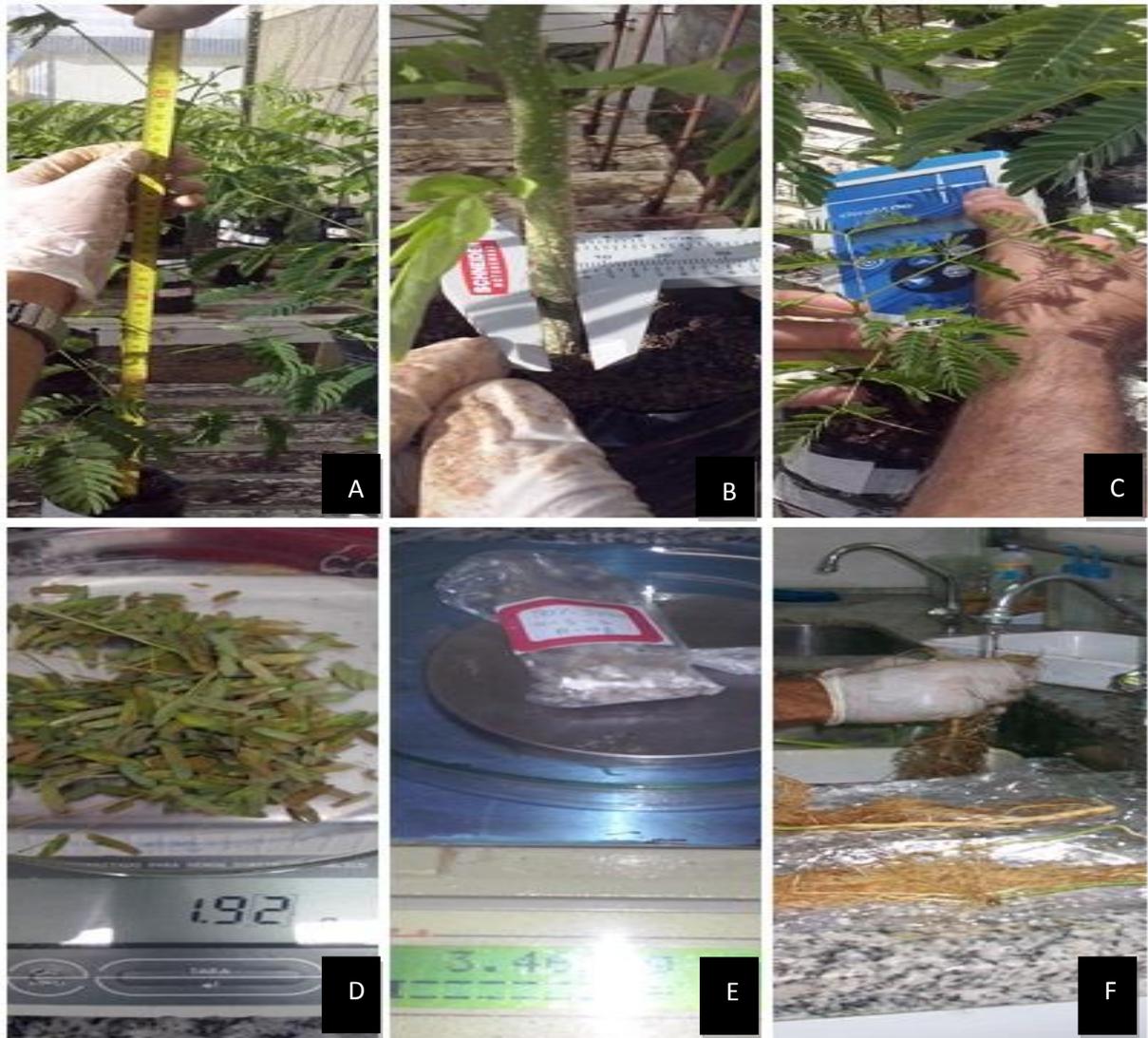


Figura 5. Avaliação do experimento: A) Medição parte aérea, B) Diâmetro do colo, C) Clorofila Total, D) Peso matéria seca da raiz e matéria seca da parte aérea, E) Peso fresco do nódulo e F) Lavagem da raiz e número de nódulo

Fonte: Trabalho de campo, 2014

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Scott-Knott de 5% de probabilidade e por regressão polinomial quando desdobradas. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.3 (Ferreira, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos parâmetros morfológicos diâmetro do coleto (D), altura da parte aérea (H), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), clorofila total (CLT), peso fresco dos nódulos (PFN) e números de nódulos (NN) encontram-se nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10.

As variáveis diâmetro e altura da planta (Figura 6) ao longo dos 90 dias de cultivo em viveiro não apresentara interação entre o solo e composto orgânico ($p < 0,05$). Houve efeito individual para as proporções de solo, elucidadas por um comportamento quadrático ($p < 0,05$), para ambas variáveis. As mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas no tratamento 50:50 (solo:composto) evidenciou o ponto de máximo desenvolvimento das plantas, apresentando para o diâmetro do coleto (D) $0,69 \text{ cm planta}^{-1}$ e para a altura $36,6 \text{ cm planta}^{-1}$. Enquanto que substratos com elevadas concentrações de solo contendo metal pesado ou de composto orgânico resultaram em menores H e D, possivelmente devido ao efeito tóxico e/ou inibidor de algum elemento químico presente em elevada concentração no substrato. Por outro lado o aumento na proporção de solo contaminado no substrato exerce efeito significativo sobre o crescimento e a produção de espécies vegetais incluindo o tamboril (TRANNIN; MOREIRA; SIQUEIRA, 2001). No entanto, Nóbrega et al. (2008) encontraram para mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas em composto de lixo urbano contaminado com metais e Latossolo Vermelho não contaminado, valores máximos de altura e de diâmetro na dose 80:20 (composto:solo) após 120 dias da sementeira. Já Gonçalves et al. (2013) avaliaram mudas de *E. contortisiliquum* aos 150 dias submetidas a diferentes doses de substratos, demonstrando superioridade no crescimento inicial para o composto orgânico em relação as demais proporções 50:50 para vermiculita e composto orgânico. No presente estudo o incremento nas variáveis altura e diâmetro permitiu inferir que as mudas produzidas a partir de solos contaminados acrescido de composto orgânico podem apresentar menor tempo de formação no viveiro uma vez que o acréscimo foi de 64% em relação ao tratamento (0:100).

O composto apresentou o teor de matéria orgânica $55,9 \text{ g dm}^{-3}$ (Tabela 1). Rodrigues et al., (2011) relatam que o composto orgânico com a concentração de matéria orgânica de 40 g dm^{-3} adicionada ao solo foi suficiente para melhorar a fertilidade do solo. As maiores alturas e diâmetro das mudas podem ser atribuídos à fertilidade do substrato que permitiu a disponibilidade contínua de nutrientes para as plantas, minimizando a probabilidade de ocorrerem deficiências nutricionais durante o período de formação das mudas (AFONSO et al., 2012). O chumbo e os demais metais catiônicos presentes no solo poderão ser imobilizado

pela complexação com ácidos húmicos ou fúlvicos (FORTUNATO, 2009) presentes no composto orgânico, minimizando sua toxicidade à espécie cultivada.

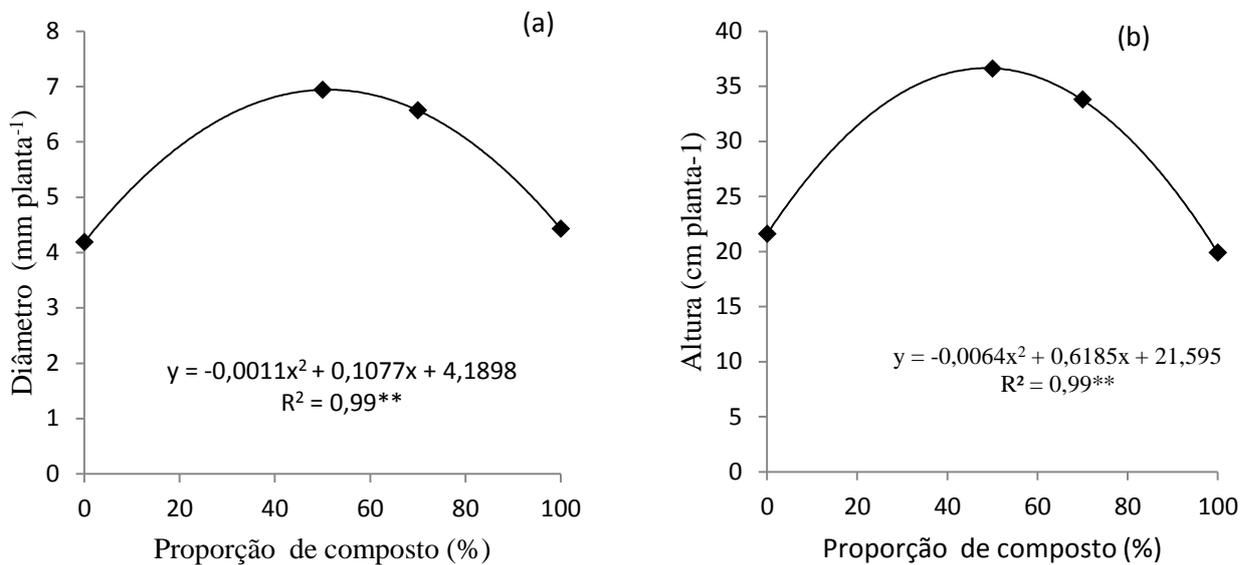


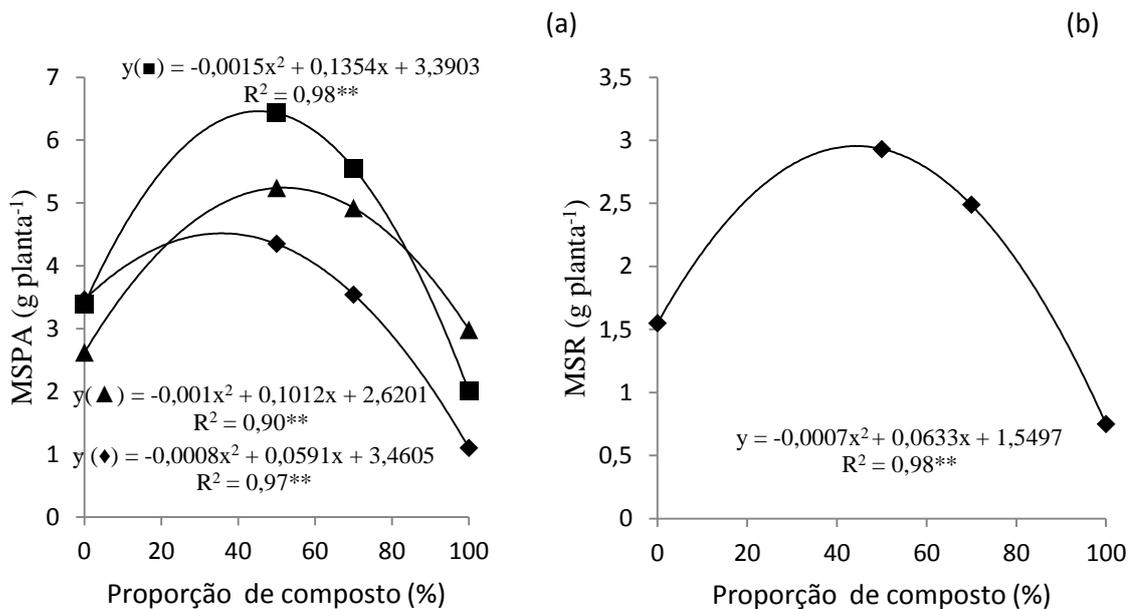
Figura 6. Diâmetro de colo (a) e altura da planta (b) de mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas em diferentes proporções de solos contaminados por metais de Santo Amaro, BA e adubados com composto orgânico.

Fonte: Altemar, 2015

Considerando as variáveis massa seca da parte aérea e massa seca total houve interação entre as proporções de solo e composto orgânico (Figura. 7). A produção máxima de massa seca da parte aérea e massa seca total foram respectivamente 4,55 g planta⁻¹ e 7,14 g planta⁻¹ obtidas na proporção 46:54 e 48:52 (solo a 50 m da fábrica:composto), de 6,44 g planta⁻¹ e 9,38 g planta⁻¹ em 45:55 e 46:54 (solo a 100 m da fábrica: composto), de 5,18 g planta⁻¹ e 8,63 g planta⁻¹ em 49:51 e 48:52 (solo a 150 m da fábrica: composto) (Figura 7 a e 7 c). No entanto, nota-se que as mudas produzidas com solos de ambas áreas de coleta apresentaram melhores índice de massa seca da parte aérea na proporção de 46:54 de composto orgânico, a medida que as proporções aumentaram, o desenvolvimento da parte aérea da planta foram reduzindo. Já Denega et al. (2007), avaliando três espécies florestais nativas inclusive o *E. contortisiliquum*, demonstra que o uso do composto orgânico como substrato para a produção de mudas, pode ser uma forma alternativa de emprego de composto de lixo urbano na busca do manejo ambiental sustentável.

Para a variável massa seca da raiz houve somente efeito para as proporções do composto orgânico, sendo que a produção máxima de MSR foi de 2,98 g planta⁻¹ obtida na proporção 45:55 (solo:composto) (Figura 7 b). Não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os solos. A produção de raízes é uma característica importante quanto à fitoestabilização de áreas contaminadas com metais pesados, pois protege o solo da erosão, reduz a lixiviação, favorece a agregação e a atividade microbiana do solo (CARNEIRO et al., 2002). Novamente observa-se que a proporção 45:55 (solo:composto) foi favorável ao maior enraizamento da espécie e conseqüentemente espera-se um melhor desenvolvimento no campo.

As variáveis MSPA, MSR e MST a proporção 50:50 (solo:composto) promoveu um aumento de cerca de 50% em relação à proporção de 100:0 (solo:composto). Isto pode ser atribuído não só ao efeito químico relacionado à disponibilidade de nutrientes, quanto também ao efeito benéfico pela adição de matéria orgânica nos atributos físicos do substrato. É importante salientar que proporções acima de 50% de composto orgânico causaram uma redução nas variáveis MSPA, MSR e MST. Valores semelhantes foram obtidos por Caldeira et al. (2008), ao constatarem que as mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*) produzidas com elevadas proporções de composto orgânico no substrato reduziram, tanto a produção de biomassa seca de raiz quanto no comprimento da raiz.



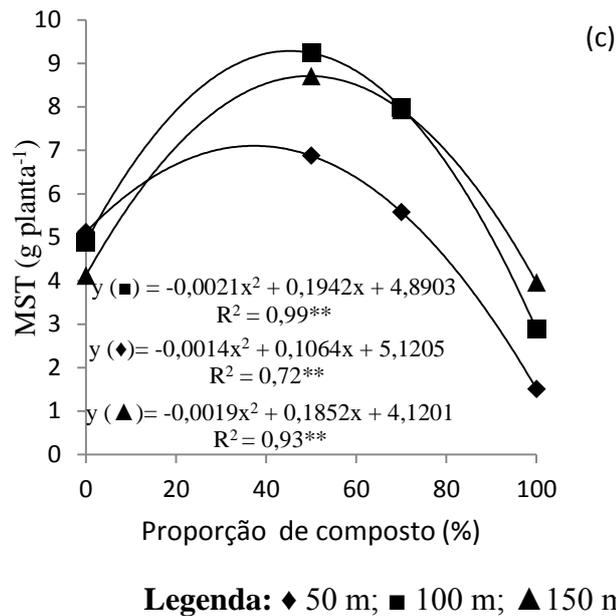


Figura 7. Massa seca da parte aérea (MSPA) (a), massa seca da raiz (MSR) (b) e massa seca total (MST) (c) de mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas em diferentes proporções de solos contaminados por metais de Santo Amaro, BA e adubados com composto orgânico

Fonte: Altemar, 2015

Houve efeito individual, com ajuste quadrático, para o IQD de acordo com as proporções de solos utilizadas. Na proporção 45:55 (solo:composto), obteve-se a maior média 0,15 (Figura 8). Resultados semelhantes foram obtidos por Caldeira et al. (2008a) que concluíram que tratamentos de combinações de solos e composto orgânico resultaram em adequado padrão de qualidade das mudas para as variáveis altura e diâmetro de colo da planta.

O IQD é apontado como bom indicador de qualidade de mudas, porque é utilizado para o cálculo de robustez (relação altura e diâmetro) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (MSPA/MSR) (TRAZZI, 2014; CALDEIRA et al., 2012b; FONSECA, 2002). Observou-se que os maiores IQD calculados apresentaram em geral, maiores valores de diâmetro, altura, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total, o que implica melhor qualidade da muda. Com base nisso, verificou-se que mudas submetidas a proporção 50:50 (solo:composto) apresentaram uma melhor distribuição da biomassa, proporcionando um melhor equilíbrio da planta e da qualidade das mudas, atribuída pelas características químicas do composto orgânico e do solo. Saidelles et al. (2009) evidenciaram a mesma proporção para produzir mudas de *E. contortisiliquum*, com um adequado padrão de qualidade utilizando casca de arroz carbonizada e solo.

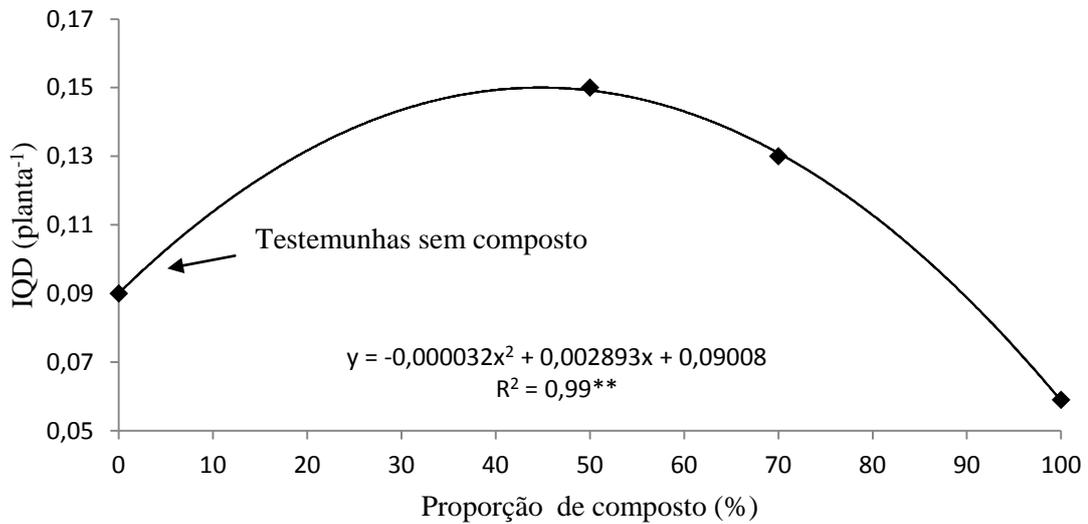


Figura 8. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas em diferentes proporções de solos contaminados por metais de Santo Amaro, BA e adubados com composto orgânico

Fonte: Altemar, 2015

A clorofila total (CLT) das mudas apresentou valor máximo de $15,92 \mu\text{g cm}^{-2}$ proporcionado pela proporção 64:36 (solo:composto), uma vez que houve apenas efeito individual das proporções de composto orgânico. Valores maiores de clorofila total são reflexos de maior eficiência na captação de energia radiante e sua conversão em energia química. Assim, pode-se constatar um aumento de 55% em relação as mudas cultivadas somente com solo. Santos et al. (2011b) ressaltam que doses crescentes de composto orgânico podem disponibilizar maiores teores de nutrientes como o N, que é responsável pelo crescimento da parte aérea e junto com o Mg compõem parte da molécula de clorofila, favorecendo maior atividade fotossintética.

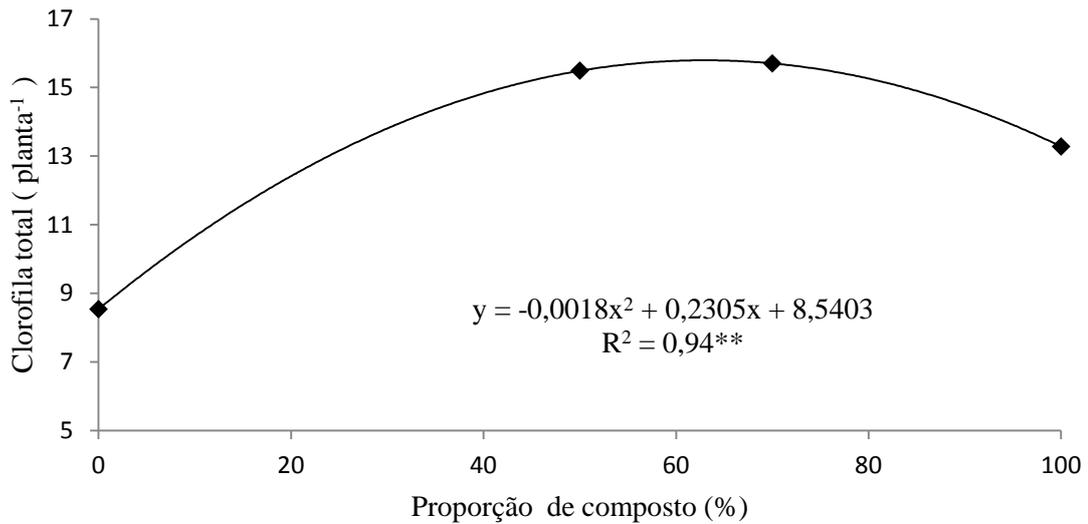


Figura 9. Clorofila total mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas em diferentes proporções de solos contaminados por metais de Santo Amaro, BA e adubados com composto orgânico

Fonte: Altemar, 2015

Na variável peso fresco dos nódulos (PFN) foi verificado o comportamento quadrático para os três solos. Nos substratos contendo a proporção 55:45 (solo a 50 m da fábrica:composto) foi verificado que o valor máximo foi de 2,03 g planta⁻¹, na proporção 57:43 (solo a 100 m da fábrica:composto) foi de 3,06 g planta⁻¹ e na proporção 52:48 (solo a 150 m da fábrica:composto) foi de 2,51 g planta⁻¹ (Fig. 10 a). Assim a proporção 50:50 (solo:composto), favoreceu a nodulação em todos os solos analisados. As composições químicas dos substratos analisados podem ter influência direta na fixação biológica de nitrogênio, assim como no peso dos nódulos. Gonçalves et al. (1999) estudando o crescimento e nodulação de *Inga marginata* em resposta à adição de nitrogênio, fósforo e inoculação com rizóbio, observaram que os nódulos tem uma tendência para aumento de peso e número de nódulos nos tratamentos com a complementação de N e P. A presença de P no substrato é de suma importância para o desenvolvimento inicial de mudas. Os adubos fosfatados desempenham papel importante em diversos processos que ocorrem na planta, tais como, fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular (FREITAS, 2013).

Quanto ao número de nódulos foi verificado somente o efeito individual do tipo de solo e o composto orgânico ($p < 0,05$). A maior presença das bactérias foi observada na proporção (59:41) em que as mudas tiveram o valor máximo de 104 nódulos planta⁻¹, apresentando um comportamento quadrático (Fig 10 b). As mudas que receberam somente o composto orgânico

não nodularam, enquanto aquelas que foram cultivadas com solo contaminado e composto orgânico apresentam nódulos. Isto pode ser um indício da presença de bactérias fixadora de N_2 simbióticas nos solos contaminados de Santo Amaro ou pode estar relacionado com um mecanismo de defesa da simbiose contra os efeitos tóxicos dos metais, ou seja, plantas e microssimbiontes em situação de estresse buscam uma forma de suprir o fornecimento e/ou armazenamento de nitrogênio nos tecidos da planta, mantendo elevada a atividade específica da nitrogenase (TRANNIN; MOREIRA; SIQUEIRA, 2001). A ausência de nodulação no tratamento 0:100 (solo:composto) pode ser também atribuída aos efeitos inibidores da matéria orgânica sobre a nodulação, uma vez que maior a fertilidade disponibiliza N, reduzindo assim a nodulação.

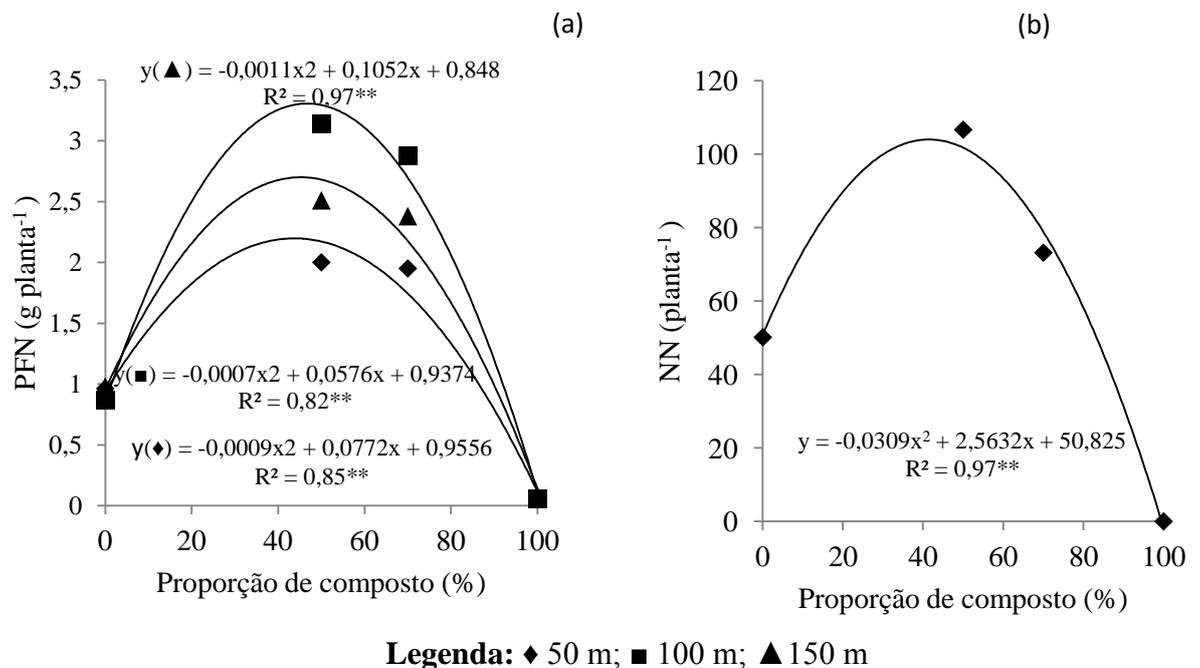


Figura 10. Peso fresco do nódulo (PFN) (a) e números de nódulos (NN) (b) de mudas de *E. contortisiliquum* cultivadas em diferentes proporções de solos contaminados por metais de Santo Amaro, BA e adubados com composto orgânico

Fonte: Altemar, 2015

Pode se ressaltar que neste estudo a proporção 50:50 (solo:composto) mostrou-se eficiente para o desenvolvimento e para a qualidade de mudas de *E. contortisiliquum*. Pode-se inferir este comportamento ao acréscimo do composto orgânico, o qual foi capaz de acelerar o tempo de formação de mudas de *E. contortisiliquum*. A compostagem consiste num processo

de reciclagem de resíduos orgânicos realizado de forma aeróbica por microrganismos e pequenos animais, o resultado é um adubo orgânico de coloração escura, consistência friável e rico em húmus (PRIMO et al., 2010; OLINTO et al., 2012). A compostagem é uma técnica simples, viável, de baixo custo e aplicável em qualquer região, de acordo com Primo et al. (2010) além do composto servir de adubo para as plantas, funciona como um excelente condicionador do solo, uma vez que fornece matéria orgânica para o solo melhorando suas características físicas, químicas e biológicas.

Ainda que cultivadas em solos contaminados com chumbo as mudas de *E. contortisiliquum* apresentaram boa qualidade. Fator que pode ser atribuído, a matéria orgânica, que funciona como complexador de metais pesados no solo, tornando-os indisponíveis para as plantas.

6. CONCLUSÕES

- *Enterolobium contortisiliquum* cultivado com proporções de solos contaminados com metais e com composto orgânico é capaz de nodular com bactérias nativas do solo;
- *Enterolobium contortisiliquum* cultivado em solos contaminados com metais e adubados com composto orgânico é capaz de apresentar maior crescimento inicial em viveiro em relação ao cultivo somente com o solo;
- A proporção de 50:50 de solo contaminado:composto orgânico foi a mais adequada para obtenção de mudas com maior índice de qualidade de Dickson para a produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O.A. Informações meteorológicas do CNP. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMPF. 1999. 35p. (EMBRAPA – CNPMPF. Documentos, 34).
- ASSUNÇÃO, S. J. R. **Seleção de plantas para fitorremediação de chumbo, cádmio e zinco, de uma área contaminada na bacia do rio Subaé.** 2012. 105 F. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas, Bahia.
- AFONSO, M. V.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) MORONG). **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.
- ALCÂNTARA, M. M. Cidade de chumbo: uma experiência de divulgação em vídeo sobre a contaminação ambiental na cidade de Santo Amaro da Purificação. **Diálogos & Ciência-Revista da Rede de Ensino FTC.** Ano Iv, n. 12, 2010.
- ALVES, C. J.; SOUZA, P. A.; PÔRTO, L. M.; ARRUDA, A. J.; TOMPSON JÚNIOR, U. J.; SILVA, B. G.; ARAÚJO, C. R.; SANTOS, D. Absorção e distribuição de chumbo em plantas de vetiver, jureminha e algaroba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1329-1336, 2008.
- ANDRADE, M. F.; MORAES, L. R. S. Contaminação por chumbo em Santo Amaro desafia décadas de pesquisas e a morosidade do poder público. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 2, 2013 .
- ANSELMO, A. L. F.; JONES, C. M. Fitorremediação de Solos Contaminados – O Estado da Arte. **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 25, p. 5273-5280, 2005.
- ARAÚJO, A. P. D.; PAIVA SOBRINHO, S. D. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 581-588, 2011.
- CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 923-934, 2005.

- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; OLIVEIRA GONÇALVES, E.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012b.
- CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*). **Scientia Agrária**, v.9, n.1, p.27-33, 2008a.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humoferas**: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacases, 2005. 309 p.
- CAPITANI, E. M.; PAOLIELLO, M. M.; ALMEIDA, G. R. C. Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 42, n. 3, p. 311-318, 2009.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. D. S. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1629-1638, 2002.
- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. D. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. D. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Silvicultura, São Paulo, v. 12, n. 42, t. 3, p. 216-221, 1992., 1994.
- CARVALHO, F. M.; SILVANY NETO, A. M.; TAVARES, T. M.; COSTA, Â. C. A.; CHAVES, C. D. R.; NASCIMENTO, L. D.; REIS, M. D. A chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. **Revista Panamericana Salud Pública**, v. 13, n. 1, p. 19-23, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras. Recomendações Silviculturais, potencialidades e uso da madeira. **EMBRAPA-CNPQ**. Brasília. 1994. 640p.
- COSTA, M. S.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; BATISTA, R. O.; COSTA, L. L. B.; OLIVEIRA, W. M. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado. **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 408, 2012.
- COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: considerações gerais e características de utilização. **Silva Lusitana**, v. 15, n. 1, p. 103-117, 2007.

DALLE LASTE, K. C. **Seleção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas mineradas.**

23 f. 2008. Monografia para a obtenção do título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

DENEGA, S.; MAGGI, M. F.; JADOSKI, S. O.; VALÉRIO, A. F.; QUEROZ, G. I.; IACHINSKI, E. O. Efeito de composto de lixo urbano no desenvolvimento inicial de três espécies florestais nativas. **Ambiência**, v. 3, n. 3, p. 353-362, 2009.

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.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

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

FORTUNATO, J. M., **Comportamento dos íons chumbo, cobre, níquel e zinco na aérea de manguezal associado a antigo lixão no município de Santos-Sp. 2009.** 64 f. 2009. Dissertação de Mestrado. (Mestre em Recursos Minerais e Hidrologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

FREITAS, E. C. S. **Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f., *Plathymenia foliolosa* Benth. e *Dipteryx alata* Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. 53 p.

GONÇALVES, C. A.; GOI, S. R.; NETO, J. J. Crescimento e nodulação de *Inga marginata* em resposta à adição de N, fósforo e inoculação com rizóbio. **Floresta e Ambiente**, v. 6, p. 118-126, 1999.

GONÇALVES, F. G.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, A. G. D.; LEMES, E. D. Q.; ROCHA, A. P. D.; Ribeiro, M. P. D. A. Emergency and quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) seedlings in different substrates. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1125-1133, 2013.

- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem**: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 154p
- JUNIOR, R. A.; MELLO, W. D. S.; SANTOS, S. R. G.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I. Superação da dormência de sementes de três essências florestais nativas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 1, p. 470-479, 2014.
- KEDE, M.; MOREIRA, J. C.; MAVROPOULOS, E.; ROSSI, A. M.; BERTOLINO, L. C.; PEREZ, D. V.; ROCHA, N. D. Estudo do comportamento do chumbo em Latossolos brasileiros tratados com fosfatos: contribuições para a remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 379-584, 2008
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 17, 2007.
- LIMA, R. S.; OLIVEIRA, P.; RODRIGUES, L. R. Anatomia do lenhoff de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 2, p. 361-374, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.
- MACHADO, R. R. B.; MEUNIER, I. M. J.; SILVA, J. A. A.; CASTRO, A. Árvores nativas para a arborização de Teresina, Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 1, n. 1, p. 10-18, 2006.
- MOREIRA, J. C.; KEDE, M.; MAVROPOULOS, E.; ROSSI, A. M.; BERTOLINO, L. C.; PEREZ, D. V.; ROCHA, N. D. Estudo do comportamento do chumbo em Latossolos brasileiros tratados com fosfatos: contribuições para a remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 379-584, 2008.
- NÓBREGA, R. S. A.; FERREIRA, P. A. A.; DOS SANTOS, J. G. D.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; SOUZA MOREIRA, F. M. Efeito do composto de lixo urbano e calagem no crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Scienta Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 181-189, 2008.
- OLINTO, F. A.; ANDRADE, F. D.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; SILVA, S. S.; SILVA, G. D. Compostagem de resíduos sólidos. **Revista Verde (Mossoró – RN)**, v. 7, n. 5, p. 40-44, 2012.

PIRES, F.; SOUZA, C.; SILVA, A.; PROCÓPIO, S.; FERREIRA, L. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 335-341, 2003.

PRIMO, D. C.; FADIGAS, F. S.; CARVALHO, J. C. R.; SCHMIDT, S. D. S.; BORGES FILHO, A. C. S. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.742–746, 2010.

REISSMANN, C. B.; PAULA SOUZA, L. C. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. I - Fitoextração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1879-1888, 2009.

RODRIGUES, O. M. P. R.; CARNIER, L. E. Avaliação do desenvolvimento geral de crianças de um a cinco anos de idade contaminadas por chumbo. **Interação em Psicologia (Qualis/CAPES: A2)**, v. 11, n. 2, 2007.

RODRIGUES, P. N.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; COSTA, R. N.; PEDROSA, E. M.; OLIVEIRA, V. S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 788-793, 2011.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 4, p. 1173-1186, 2009.

SANT'ANA, V. Z.; FREITAS, M. L. M.; DE MORAES, M. L. T.; ZANATA, M.; ZANATTO, A. C. S.; DE MORAES, M. A.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em Luiz Antonio, SP, Brasil. **Hoehnea**, p. 515-520, 2013.

SANTOS, R. F.; LIMA, L.; ALTIVO, F. S.; LALLA, J. G.; MING, L. C. Produção de fitomassa, teor e produtividade do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* em função da adubação orgânica. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 574-581, 2011b .

SANTOS, T. C.; GOMES, D. P. P.; PACHECO, C. S. V.; FERREIRA, A. N.; FRANCO, M. Fitorremediação: avaliação do potencial de recuperação em solos contaminados com metais pesados. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p. 01-10, 2011a.

SOARES, C. R. F. S.; ACCIOLY, A. M. D. A.; MARQUES, T. C. L. L. S. M.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Acúmulo 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**, v. 13, n. 3, p. 302-315, 2001.

TAVARES, S. R. D. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. 2009. 414 f. 2009. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. D. S.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 743-753, 2001.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; REIS, E. F.; SILVA, A. G. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 293-301, 2014.