

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTERCO DE BOVINO E CALCÁRIO PARA FORMAÇÃO DE MUDAS DE
GUANANDI**

Adriana Guirado Artur

**Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz
Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

Jaboticabal-SP

Dezembro de 2006

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADRIANA GUIRADO ARTUR – nascida em 25 de dezembro de 1978, na cidade de Piracicaba-SP, graduou-se Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (UFLA)-MG, em julho de 2004. Em agosto de 2004, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV)-Universidade Estadual Paulista (UNESP)-Campus de Jaboticabal, iniciou o curso de mestrado em Agronomia (Ciência do Solo). Foi bolsista da Capes no período de setembro de 2004 a setembro de 2005.

À Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz e ao Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira

“Um mestre não é um homem que ensina, o mestre é alguém que acorda”.
(Rajneesh)

Dedico

À minha mãe Yvaneti Guirado
Por todo esforço e luta para formar os filhos,

Ofereço

AGRADECIMENTOS

São muitos aqueles a quem devo agradecer pelo sucesso desse empreendimento. Em primeiro lugar a Deus, por me dar a inspiração e os meios necessários para a realização de meus sonhos e poder, assim, vencer mais uma etapa da minha vida;

À minha família que procurou me estimular tomando para ela, nos momentos mais difíceis, toda minha ansiedade e preocupação;

À Professora Dr^a. Mara Cristina Pessôa da Cruz, minha orientadora e amiga, meu agradecimento todo especial, por seu profissionalismo, paciência e pela oportunidade de me deixar compartilhar de seus conhecimentos. Também ao Professor Dr. Manoel Evaristo Ferreira, meu apreço, pela orientação, dedicação, amizade e pelas sugestões feitas para enriquecimento deste trabalho;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV)-Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Jaboticabal, e especialmente ao Departamento de Solos e Adubos, pela confiança e oportunidades concedidas para minha formação;

Aos professores do Departamento de Solos e Adubos pela convivência respeitosa e contribuição profissional;

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo;

A Vasconcelos Florestal, pelo fornecimento das mudas de guanandi, base para a realização desse estudo;

À laboratorista Selma Guimarães Figueiredo pela ajuda, pelos ensinamentos, paciência e, principalmente, pela amizade durante todo o tempo que estive no Laboratório;

Ao amigo Renato Yagi pela força, incentivo, amizade e ajuda sempre que necessária;

Ao Vitor Barretto pela colaboração e amizade no decorrer deste trabalho;

Aos amigos João, Leonardo, Nilce, Geísa, Tammya, Milaine, Sônia, Laís, Juliana, Leandro e Júnior pelo apoio e pelos momentos divertidos que passamos;

A todos os amigos que conquistei nestes anos de Pós-graduação em Jaboticabal;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, a minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUÇÃO.....	01
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Atributos químicos do substrato.....	16
4.2. Variáveis de crescimento do guanandi	21
4.2.1. Altura das plantas	22
4.2.2. Diâmetro do colo.....	24
4.2.3. Relação altura/diâmetro.....	25
4.2.4. Número de folhas expandidas.....	27
4.2.5. Área foliar.....	28
4.2.6. Matéria seca.....	28
4.2.7. Razão matéria seca de raízes/matéria seca de parte aérea.....	33
4.3. Concentrações de nutrientes nas folhas.....	34
V. CONCLUSÕES.....	40
VI. REFERÊNCIAS.....	41

ESTERCO DE BOVINO E CALCÁRIO PARA FORMAÇÃO DE MUDAS DE GUANANDI

RESUMO - A qualidade do substrato é fator decisivo na formação de mudas de espécies florestais. Assim, foram avaliados, em casa de vegetação, os efeitos de doses de esterco de bovino e de calcário na formação de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss.). Foram avaliadas quatro doses de cada fator, combinadas em esquema fatorial 4x4. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro repetições. O substrato foi formado pela mistura, em volume, de oito partes de subsolo e duas partes de areia, com o acréscimo de doses de esterco correspondentes a 0, 2, 4 e 6 partes que, em massa, foram equivalentes a 0; 101; 175 e 229 kg m⁻³. As doses de calcário foram calculadas para elevar a porcentagem de saturação por bases a 20, 35, 50 e 65%. Foram avaliados, aos 120 dias, altura, diâmetro do colo, número de folhas, área foliar, matéria seca das partes aérea e radicular das mudas e concentração de macronutrientes nas folhas. Pode-se concluir que em substrato constituído de subsolo+areia, adubado com fósforo, não é necessário aplicar calcário, e que o uso do esterco de bovino na composição do substrato em doses maiores ou iguais a 100 kg m⁻³ resulta em menor crescimento das mudas de guanandi.

Palavras-Chave: adubação orgânica, *Calophyllum brasiliense*, substrato

Cattle manure and lime for guanandi seedlings production

Abstract - The substrate quality is a decisive factor to produce seedlings of forest plants. The effects of cattle manure and lime rates in substrate were evaluated in order to produce guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss.) seedlings in greenhouse conditions. Four rates of each factor were evaluated, by using a 4x4 factorial, and the experimental design was completely randomized, with four replicates. The substrate was obtained by the mixture of eight subsoil parts and two sand parts (v:v). The manure was applied in 0, 2, 4 and 6 parts, in volume, which corresponded, in mass, to 0; 101; 175 and 229 kg m⁻³. The lime rates were calculated to increase the base saturation percentage to 20% (original subsoil sample), 35%, 50% and 65%. The seedlings harvest was done 120 days after transplanting, when it was determined height, stem diameter, number of leaves, leaf area, shoot and root dry matter, and macronutrients concentration in leaves. It was concluded that for the substrate constituted by subsoil + sand and fertilized with phosphorus, the lime application is not necessary, and the use of 100 kg m⁻³ or more of cattle manure in the substrate composition results in less guanandi seedlings growth.

Keywords: organic fertilization, *Calophyllum brasiliense*, substrate

I. INTRODUÇÃO

A utilização de espécies nativas para reflorestamento de áreas desmatadas é de grande importância para reduzir o impacto das atividades de produção agrícola. O plantio de espécies nativas, seja com finalidade econômica ou conservacionista, requer uma série de cuidados que dependem do conhecimento prévio das características botânicas e das exigências nutricionais das espécies nas diversas etapas do seu ciclo vital.

O guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss.) é uma espécie florestal de ampla distribuição no território brasileiro que apresenta bom potencial para uso em reflorestamentos. A madeira é resistente e tem alto valor comercial, o que pode tornar a exploração economicamente viável. Mas, como ocorre com outras espécies florestais nativas com potencial de exploração econômica, há pouco conhecimento disponível acerca do crescimento, das necessidades nutricionais e das limitações para exploração comercial. Para o guanandi, a necessidade de definição de técnicas para exploração começa na formação das mudas.

O êxito dos reflorestamentos depende da qualidade das mudas e, com o intuito de obter maior produtividade dos plantios devem ser avaliados recipientes, substratos, doses e tipos de fertilizantes. Informações sobre o tipo de substrato são fundamentais no desenvolvimento e estabelecimento da muda, uma vez que o substrato apresenta grande influência na germinação e no desenvolvimento e fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e contaminação por patógenos podem variar segundo o material utilizado. Essas características são decisivas no desenvolvimento e estabelecimento da muda no campo.

Substratos formados pela mistura de subsolo, calcário, adubos orgânicos e industriais são os mais comuns para a produção de mudas de espécies florestais, mas as proporções entre as partes de subsolo e adubos orgânicos e as doses de adubos industriais e calcário devem variar segundo as exigências das espécies vegetais.

Os adubos orgânicos são componentes indispensáveis de substratos à base de subsolo. Dependendo das quantidades aplicadas tem-se aumento no teor de matéria orgânica, com conseqüente aumento na capacidade de troca de cátions e melhora da estrutura. Além disso, dependendo da quantidade e da qualidade do adubo orgânico, tem-se o atendimento parcial ou total das exigências nutricionais das mudas. Entre os adubos orgânicos, o esterco de bovino é o mais usado e tem levado a bons resultados na produção de mudas de espécies florestais.

Com isso, pretendeu-se, com o presente trabalho, avaliar os efeitos de doses de esterco de bovino associadas a doses de calcário, na formação de mudas de guanandi.

II. REVISÃO DE LITERATURA

Nos anos recentes, a procura por mudas de espécies florestais nativas tem crescido no Brasil devido à necessidade de reflorestamento. Nos projetos de revegetação de áreas degradadas tem sido explorado o potencial das espécies nativas regionais, supostamente melhor adaptadas às condições edafoclimáticas, o que facilitaria o restabelecimento do equilíbrio entre a fauna e a flora (FERNANDES et al., 2000).

Segundo CARVALHO (1994), o guanandi é espécie considerada climácica por apresentar regeneração abundante na sombra e é conhecido também pelos nomes de guanandi-amarelo (ES), guanandi-carvalho (SC), guanandi-cedro (SP, SC), gulanvin-carvalho (PB), pindaíva (MS, PR), landi (BA), landim (BA, DF, MG, SC, SP), jacareúba (AM, DF, MS, PA, SP), olandi-carvalho (RJ), cedro-d'água (SC, SP), mangue (MG), beleza (MS) e cedro-do-pântano (MG, MS). O guanandi pertence à família Clusiaceae e é uma espécie de florestas pluviais que se formam em áreas de solos úmidos e alagados e com textura arenosa a franca. É encontrado tanto na floresta primária densa como em vários estágios de sucessão, como capoeiras e capoeirões. Sua dispersão é ampla, porém descontínua. A espécie possui folhas opostas, glabras, coriáceas, com 5 a 15 cm de comprimento e 3 a 7 cm de largura, com nervuras laterais muito próximas e pecíolo verde-escuro, lustroso e com até 2 cm de comprimento. Emite inflorescências e possui frutos carnosos, indeiscentes, de cor verde, com 1,9 a 2,5 cm de diâmetro e com polpa oleosa envolvendo uma semente.

A semente do guanandi é globosa, castanha, com 1,4 a 2,2 cm de diâmetro e apresenta dormência tegumentar. O crescimento do guanandi é monopodial, característica que proporciona fustes bem definidos. Os galhos são finos, mas a desrama natural é fraca, o que torna as podas necessárias. Pode chegar a 40 m de altura e 1,5 m de diâmetro; o tronco é reto e cilíndrico, protegido por uma casca marrom escura (LORENZI, 2000).

O ponto de corte adequado do guanandi é atingido com cerca de 18,5 anos. A madeira é resistente à água e tem boa durabilidade, razão pela qual é própria para

construção de canoas, mastros e vergas de navios, além de vigas para construção civil, obras internas, assoalhos, móveis finos e para produção de papel. A planta tem uso medicinal e ornamental, apresenta potencial apícola e pode ser usada em reflorestamento. A importância crescente do guanandi deve-se ao fato de sua madeira ter sido citada por especialistas como substituta do mogno (*Swietenia macrophylla* King) (CARVALHO, 1994).

A maioria das informações sobre o guanandi e muitas outras espécies florestais relaciona-se às características botânicas e dendrológicas, sendo escassas as informações sobre as exigências nutricionais (CARVALHO, 1994). Tem sido observado, no entanto, que maior crescimento e melhor qualidade de mudas de espécies florestais podem ser alcançados pela adoção de técnicas de fertilização do solo.

SIMÕES et al. (1974), referiram que, na produção de mudas de espécies florestais, a adubação era um assunto discutível, e que persistiam questões sobre como, quanto, quando e com o que adubar. Afirmaram que o efeito da fertilização dependia da fertilidade natural do solo em uso, da exigência da espécie, das condições ecológicas, do método de produção das mudas, entre outros, não permitindo por isso uma generalização de resultados. A alternativa mais adequada de fertilização só poderia ser encontrada por meio da experimentação local.

Segundo GONÇALVES & POGGIANI (1996), a produção de mudas florestais, em quantidade e qualidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de povoamentos florestais, com grande repercussão na produtividade e, de acordo com FURTINI NETO et al. (1995), o maior entrave para o uso de espécies florestais nativas em plantios comerciais ou na recuperação de áreas degradadas tem sido a falta de estudos sobre a absorção de nutrientes e os requerimentos nutricionais dessas espécies, bem como sua sensibilidade a condições de estresses químicos e físicos.

Conforme FONSECA (2000), muda de qualidade é aquela que sobrevive e se desenvolve após o plantio no campo. Para produção de mudas selecionadas, com características adequadas de desenvolvimento, e com garantia de sucesso na produção do futuro povoamento florestal, os pesquisadores têm voltado seus estudos para o controle e a obtenção de mudas de boa qualidade, capazes de resistir às

adversidades ambientais após o plantio, e com baixo custo. As linhas de pesquisa voltadas para esse fim vão desde técnicas de produção de mudas de alto padrão de qualidade, análise de tipos de recipientes e substratos, até tipo e dose de adubo e métodos de propagação de espécies florestais (CUNHA et al., 2006).

O tipo e o tamanho do recipiente e o substrato para formação de mudas são os primeiros aspectos que devem ser pesquisados para se garantir a produção de mudas de boa qualidade (GODOY JÚNIOR, 1965 e CARNEIRO, 1983).

Segundo BARROS et al. (1978), é difícil definir um recipiente adequado para a formação de mudas, já que o resultado no campo é similar para os tipos de recipientes (saquinhos de plástico, tubetes, bandeja de isopor, dentre outros), e a decisão de usar um deles no sistema de produção dependerá de considerações qualitativas e aspectos práticos como: custos, superfície útil, mecanização, entre outros. Pode-se afirmar que a resposta no campo depende, em grande parte, das condições oferecidas às plantas no que se refere ao preparo de solo, ao controle de invasoras e à fertilização, entre outras. Para CARNEIRO (1983), o substrato exerce influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas e o tamanho do recipiente para formação de mudas deve ser tal que permita o desenvolvimento das raízes sem restrições durante o período de permanência no viveiro.

O melhor substrato é aquele que apresenta características físicas e químicas adequadas e contém proporção apropriada de componentes essenciais (ar, água, nutrientes e partículas para sustentação) necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas. O substrato deve ter composição uniforme, baixa densidade, boa porosidade, capacidade de retenção de água e capacidade de troca catiônica (CTC) adequadas, bem como ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes de plantas daninhas. Também deve ser de fácil manuseio e economicamente viável (CAMPINHOS Jr. & IKEMORI, 1983). Ainda, a escolha do substrato deve ser feita em função da disponibilidade de materiais, sendo o subsolo um dos componentes mais usados no preenchimento das embalagens de plástico. O subsolo geralmente contém teores mais baixos de nutrientes, mas eles podem ser aumentados facilmente por meio de fertilização mineral e orgânica. Por outro lado,

quanto às propriedades físicas, o subsolo deve ser preferencialmente argilo-arenoso, para que ao ser retirado do saco de plástico por ocasião do plantio, o torrão com a muda não se quebre facilmente, ocasionando perdas de mudas no campo (GOMES & COUTO, 1986).

Um componente importante do substrato é o adubo orgânico ou material orgânico. Os adubos orgânicos são as fontes de nutrientes de uso mais freqüente na composição de substratos, têm efeitos nos processos microbianos, na aeração, na estrutura, na capacidade de retenção de água e na regulação da temperatura do meio. Porém, quando em proporção elevada no substrato, esses adubos podem favorecer a infecção das plantas por fungos, como foi observado por POMPEU JÚNIOR (1980) em porta-enxertos cítricos, que são muito susceptíveis às infecções fúngicas.

De acordo com KIEHL (1985), o fertilizante orgânico pode ser definido como todo produto de origem vegetal ou animal que, aplicado ao solo em quantidade, época e maneira adequadas, resulta em melhorias de suas qualidades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas, e não causa danos ao solo, à planta ou ao ambiente. Entre os efeitos nas qualidades físicas do solo tem-se que o adubo orgânico melhora a estrutura e, por conseqüência, a aeração e a drenagem, o que facilita o desenvolvimento radicular e garante a liberação de nutrientes por meio da mineralização da matéria orgânica, bem como o aumento da fração húmica do solo e, conseqüentemente, da CTC (MORAES, 1981). Os adubos orgânicos, como o composto e o esterco curtido, fornecem macro e micronutrientes que estão presentes na fração orgânica, da qual podem ser mineralizados. Materiais orgânicos de diversas origens têm sido utilizados na composição de substratos por serem fontes de nitrogênio e de outros nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo LONGO (1987), a utilização de adubo orgânico como fonte principal na adubação permite que as plantas cresçam mais resistentes e fortes, restaurando o ciclo biológico natural do solo, o que reduz as infestações de pragas e, conseqüentemente, as perdas e as despesas com defensivos agrícolas.

Tradicionalmente, o esterco de bovino é utilizado como adubo orgânico na composição de substratos para viveiros de mudas de café, de plantas hortícolas e de

plantas arbóreas (ANDRADE NETO et al., 1999). No entanto, a disponibilidade do esterco de bovino de qualidade depende da região e também do manejo das pastagens.

Para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W.Hill ex Maiden), GOMES et al. (1985) testaram mais de 50 substratos, nas suas formas simples e em misturas. Observaram que os substratos mais ricos em composto orgânico produzido a partir de esterco de bovino (40%) e de capim-gordura (60%) proporcionaram melhor crescimento das mudas, com boa formação do sistema radicular (bem aderido ao substrato e firme) e melhor balanço nutricional. O substrato mais indicado para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* foi o que combinou 80% de composto orgânico (40% de esterco de bovino e 60% de capim-gordura) com 20% de moinha de carvão (resíduo do processo de carbonização da madeira).

CAMPOS et al. (1986) verificaram que plantas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.) produzidas em solo e solo + esterco na proporção 1:1 (v:v), apresentaram melhor qualidade, expressa principalmente pela relação altura/diâmetro.

GOMES et al. (1991) testaram diferentes substratos (vermiculita, composto orgânico, moinha de carvão, turfa, acícula de *Pinus*, serragem, bagaço de cana, esterco de bovino e subsolo) na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, utilizando o sistema "Win-Strip" (série de placas de PVC unidas umas às outras em ziguezague, formando cavidades em forma de losango, que medem 2,5 x 3,5 cm de seção e 14 cm de profundidade e na base formam um estreitamento para retenção do substrato). Os tratamentos que apresentavam o composto orgânico em maior quantidade na mistura resultaram em bom crescimento das mudas e melhor desenvolvimento do sistema radicular, principalmente quando a moinha de carvão estava presente. O tratamento formado pela mistura de 80% de composto orgânico e 20% de moinha de carvão foi o que apresentou melhor desempenho no crescimento e na formação do sistema radicular. Este tratamento, além de ser uma mistura de baixo custo, proporcionou uma muda adequada para o plantio, com altura maior do que 15 cm e sistema radicular bem desenvolvido.

CASTRO et al. (1996) estudaram quatro tipos de substratos para produção de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.) em tubetes de plástico com capacidade de 288 cm³: subsolo + vermiculita + esterco de bovino (40:40:20); vermiculita + esterco de bovino (80:20); subsolo + esterco de bovino (80:20) e subsolo. As avaliações foram feitas aos 130 dias após a semeadura e o substrato subsolo + vermiculita + esterco de bovino foi o que resultou em melhor desenvolvimento das mudas, considerando as características: altura, diâmetro do caule, matéria seca de folhas, caules, raízes e total, área foliar, relação raiz/parte aérea e razão de área foliar.

O uso de vermicomposto de esterco de bovino como substrato, segundo GONÇALVES & POGGIANI (1996), apresenta inúmeras vantagens, como boa consistência dentro de recipientes, média a alta porosidade e drenagem, alta capacidade de retenção de água e de nutrientes, elevada fertilidade e boa formação do sistema radicular.

Em estudo realizado por TEDESCO et al. (1999) com caroba (*Jacaranda micrantha* Cham.) para avaliar substrato a base de casca de *Pinus* mais vermiculita, em tubetes com capacidade para 280 cm³ e doses de vermicomposto de esterco de bovino (0; 56; 112; 168 e 224 cm³), foi observado que o vermicomposto foi fator essencial para obtenção de mudas com padrão adequado de qualidade e que para todas as variáveis analisadas, com exceção da altura e do diâmetro, houve efeito positivo do vermicomposto, e as doses de 168 e 224 cm³ foram as mais indicadas para produzir mudas de qualidade.

VOGEL et al. (2001) avaliaram o crescimento de mudas de uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg) em substrato contendo vermicomposto de esterco de bovino, (0; 10; 20; 30 e 40% do volume total do tubete de 185 cm³). Decorridos 90 dias da semeadura, determinaram: diâmetro do colo, altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea, da parte radicular e total. As plantas responderam de forma positiva, em todas essas variáveis avaliadas, à aplicação de vermicomposto, e a proporção de 40% foi a mais indicada.

CARVALHO FILHO et al. (2004) verificaram o efeito do ambiente, da composição do substrato e do tamanho do recipiente no desenvolvimento de mudas de angelim

(*Andira fraxinifolia* Benth.). Os substratos utilizados foram solo; solo + esterco de bovino (2:1, v:v); solo + areia (1:1, v:v); e solo + areia + esterco de bovino (1:2:1, v:v:v). Recomendaram o uso de substrato contendo solo + esterco de bovino (2:1) ou solo + areia + esterco de bovino (1:2:1).

CUNHA et al. (2005) observaram efeito positivo do substrato composto por solo + esterco de bovino no crescimento em altura de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC) Standl) e relacionaram o efeito com a maior disponibilidade de P, Ca, Mg, K, B, Zn e com o pH mais adequado ao desenvolvimento das plantas. Autores como CAMPOS et al. (1986) ALVES & PASSONI (1997) têm comprovado que a adição de composto orgânico aos substratos usados para produção de mudas resulta em benefícios decorrentes do fornecimento de macro e micronutrientes e da redução do Al trocável. CAMPOS et al. (1986) concluíram que plantas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.) com melhor aparência (maior altura e diâmetro) foram originadas dos substratos solo e solo + esterco de bovino, na proporção 1:1 (v:v). FERREIRA et al. (1997), constataram que a adição de compostos orgânicos a subsolo favoreceu o crescimento do eucalipto (*Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden)).

Os atributos químicos mais importantes do substrato são o pH e o teor total de sais solúveis, pois podem modificar o suprimento dos fertilizantes (Verdonok, 1984, citado por SANTOS et al., 2000). O problema mais comum na produção de mudas se refere às condições de acidez excessiva do substrato. A acidez pode atuar de maneira direta nas plantas, ocasionando injúrias, ou de forma indireta, afetando a disponibilidade de nutrientes, produzindo condições bióticas desfavoráveis à fixação do nitrogênio e à atividade de micorrizas, ou ainda aumentando a infecção por patógenos. Entre os efeitos indiretos, a relação entre a disponibilidade de nutrientes e o valor do pH é a de maior importância. As quantidades disponíveis de nitrogênio, de enxofre, de fósforo e de potássio são diminuídas em meio ácido.

FURTINI NETO et al. (1999) conduziram um experimento em casa de vegetação para estudar os fatores limitantes ao crescimento inicial de mudas das espécies florestais cássia-verrugosa (*Senna multijuga* Rich.), ipê-mirim (*Stenolobium stans* Mart), angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.) e cedro (*Cedrela fissilis* L.)

em solos ácidos. As mudas foram cultivadas em vasos contendo Latossolo Vermelho submetido aos seguintes tratamentos: testemunha; fornecimento de $12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca e $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg; elevação do pH sem aplicação de Ca e Mg (utilizando KOH e NH_4OH); calagem para pH 6,0 em CaCl_2 com $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$; e aplicação de $15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Al. Aos 180 dias de cultivo foram avaliados o diâmetro do caule, a altura das plantas e a matéria seca das raízes, da parte aérea e total. Tomando como base o desempenho das espécies cultivadas no solo natural, quando as mudas cresceram na presença de alumínio em concentrações mais elevadas, foram obtidas reduções na matéria seca total de 38; 97; 65 e 78%, enquanto a calagem, ao contrário, apresentou efeito positivo, aumentando a produção em 40; 431; 20 e 23%, respectivamente para cássia-verrugosa, ipê-mirim, angico-do-cerrado e cedro. Esses resultados são importantes na medida em que ressaltam a variabilidade das espécies florestais quanto à sensibilidade às condições de acidez do solo e capacidade de resposta à aplicação de corretivos.

RENÓ et al. (1997) avaliaram, por 170 dias, em casa de vegetação, pela técnica de diagnose por subtração, os requerimentos e as limitações nutricionais ao crescimento de mudas de quatro espécies arbóreas nativas: canafístula (*Senna multijuga* (L.C.Rich.) Irwin e Barneby), cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* (Martius ex Tul.) var. *leiostachya* Bentham) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Martius) MacBride), em Latossolo Vermelho-Amarelo, e observaram que com uma adubação balanceada, a matéria seca foi aumentada, respectivamente, em 67; 17; 82 e 8 vezes em relação à testemunha, e que a omissão de N, P ou S resultou em menor crescimento das espécies estudadas, evidenciando a exigência de cada uma e as limitações do solo em fornecer estes nutrientes.

COSTA FILHO (1992) estudou o efeito da calagem (5; 20 e 40 mmol_c de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ por kg de solo), associada a doses de P (0; 100; 300 e 600 mg kg^{-1}) e K (0; 100 e 200 mg kg^{-1}) no crescimento inicial de plantas de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.). Foi utilizado como substrato amostra de subsolo de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de Viçosa-MG. O crescimento das plantas, avaliado aos 110 dias após a repicagem, foi limitado pelo uso da menor dose de corretivo, combinada com

quaisquer das doses de P e de K. O tratamento que proporcionou maior resposta das plantas foi o que combinou as mais altas doses de todos os fatores estudados, enquanto os efeitos mais acentuados foram observados pela adição conjunta do P e do calcário e o K foi o fator de menor resposta no crescimento de mudas de aroeira. Para a aroeira, o cálculo da calagem com base no método do Al, Ca e Mg trocável, utilizado em Minas Gerais, não é recomendado, pois parece subestimar a necessidade da espécie.

VENTURIN et al. (2000), em um experimento em casa de vegetação, utilizando vasos contendo 5 kg de Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram o efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira. As doses dos corretivos foram as necessárias para elevar a saturação por bases a 60%. Os tratamentos foram cinco relações Ca:Mg (em mmol_c) empregando CaCO₃ e MgCO₃ (1:0; 1:1; 2:1; 4:1 e 8:1), CaCO₃ + Mg solúvel (MgSO₄.7H₂O), Mg solúvel apenas, e testemunha (sem calagem). As melhores respostas em altura e diâmetro do caule foram obtidas nos tratamentos CaCO₃ + Mg solúvel, e CaCO₃ + MgCO₃ nas relações 2:1; 1:1 e 8:1, exceto esta última para o diâmetro do caule. Para matéria seca das plantas foi verificado comportamento semelhante ao obtido para o diâmetro do caule e para a altura. As concentrações foliares (todas as folhas) dos nutrientes nos tratamentos que apresentaram melhores respostas variaram de 21 a 25 g kg⁻¹ de N; 0,7 a 1,0 g kg⁻¹ de P; 14 a 17 g kg⁻¹ de K; 13 a 15 g kg⁻¹ de Ca; 2,2 a 4,3 g kg⁻¹ de Mg; 18 a 23 mg kg⁻¹ de B e 16 a 19 mg kg⁻¹ de Zn.

CRUZ et al. (2004) estudaram o efeito da saturação por bases (40; 50; 60 e 70%) pela adição de CaCO₃ e MgCO₃, no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley) produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Nas avaliações feitas 120 dias após a repicagem, o crescimento em diâmetro do coleto das mudas apresentou resposta quadrática à calagem e o crescimento máximo ocorreu quando a elevação da saturação por bases atingiu 44,5%. A altura das mudas não apresentou resposta significativa aos tratamentos. Para a matéria seca de raízes, caule, folhas, parte aérea e total, verificaram-se respostas quadráticas,

alcançando ponto de máxima produção quando os valores de saturação por bases atingiram 45,9; 54,3; 48,9; 49,4 e 51,3%, respectivamente.

GOMES et al. (2004) verificaram a influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) produzidas em Latossolo Vermelho Distrófico com saturação por bases inicial de 24%. A calagem foi efetuada para valores de V_2 de até 70% e não resultou em resposta significativa, o que foi relacionado aos teores de Ca^{2+} ($9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e de Mg^{2+} ($4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) iniciais do solo, que seriam suficientes para suprir as necessidades das plantas nessa fase. No entanto, o angico-branco respondeu positivamente à aplicação de P.

BERNARDINO et al. (2005) observaram que a elevação da saturação por bases de um Argissolo (V inicial de 39%) a 50, 60 e 70% não teve influência significativa no crescimento e na qualidade de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). No entanto, quando utilizaram os Latossolos Distrófico e Álico com saturação por bases inicial de 14 e 3% respectivamente, a elevação da saturação por bases para atingir valores de 30; 50 e 70% para o Latossolo Distrófico e 25; 45 e 65% para o Latossolo Álico resultou em melhor qualidade de mudas de angico-vermelho para todas as variáveis avaliadas (altura da parte aérea, diâmetro do coleto, matéria seca total, de parte aérea e das raízes, relação entre altura e diâmetro do coleto, relação entre altura e matéria seca da parte aérea e relação entre matéria seca da parte aérea e das raízes).

III. MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido experimento em casa de vegetação na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus Unesp de Jaboticabal, para avaliar os efeitos de doses de esterco de bovino associadas a doses de calcário na formação de mudas de guanandi. Foi utilizada amostra de subsolo de um Latossolo Vermelho argiloso, a qual foi seca, passada em peneira de 4 mm e homogeneizada. Os atributos químicos do subsolo, determinados de acordo com os métodos descritos em RAIJ et al. (2001), são os seguintes: P resina = 4 mg dm⁻³; MO = 9 g dm⁻³; pH em CaCl₂ = 4,9; K⁺ = 0,3 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 5 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 2 mmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 6 mmol_c dm⁻³; H+Al = 28 mmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0 = 35 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V) = 21%. A granulometria do subsolo, determinada conforme CAMARGO et al. (1986), foi de 400, 60 e 540 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

Os tratamentos corresponderam a quatro doses de esterco (E) e quatro doses de calcário (C), combinadas em esquema fatorial 4x4. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições, cada parcela composta por cinco mudas, totalizando 320 plantas. O substrato foi formado pela mistura de oito partes de subsolo e duas partes de areia grossa e sem lavar, com o acréscimo de doses de esterco correspondentes a 0, 2, 4 e 6 partes (v:v:v). As doses de calcário foram calculadas com base no volume de subsolo de cada tratamento, para elevar o índice de saturação por bases a cerca de 20 (inicial), 35, 50 e 65%, e foi usado calcário dolomítico com PRNT de 91%. O esterco de bovinos leiteiros foi seco, homogeneizado e caracterizado quimicamente e apresentou: umidade = 18%; pH em CaCl₂ = 6,1 e, na amostra seca, C = 322 g kg⁻¹; N = 10 g kg⁻¹; P = 2,1 g kg⁻¹; Ca = 2,0 g kg⁻¹; Mg = 1,4 g kg⁻¹; K = 6,8 g kg⁻¹; S = 0,9 g kg⁻¹; Cu = 26 mg kg⁻¹; Mn = 136 mg kg⁻¹ e Zn = 65 mg kg⁻¹.

A mistura de subsolo, areia, esterco e calcário foi feita a seco, de acordo com as combinações (Tabela 1). Em todas as combinações, inclusive na testemunha, foram aplicados 150 mg dm⁻³ de P, na forma de superfosfato triplo, calculados com base no volume de substrato.

Tabela 1. Proporções e quantidades de subsolo, areia, esterco de bovino e calcário utilizadas na composição do substrato.

Tratamento	Proporções em volume			Componentes do substrato			
	Subsolo	areia	esterco	subsolo	esterco (kg m ⁻³)	areia	calcário (g m ⁻³)
E0C0	8	2	0	1040	0	310	0
E0C1	8	2	0	1040	0	310	228
E0C2	8	2	0	1040	0	310	557
E0C3	8	2	0	1040	0	310	865
E1C0	8	2	2	866	101	258	0
E1C1	8	2	2	866	101	258	228
E1C2	8	2	2	866	101	258	557
E1C3	8	2	2	866	101	258	865
E2C0	8	2	4	743	175	221	0
E2C1	8	2	4	743	175	221	228
E2C2	8	2	4	743	175	221	557
E2C3	8	2	4	743	175	221	865
E3C0	8	2	6	650	229	194	0
E3C1	8	2	6	650	229	194	228
E3C2	8	2	6	650	229	194	557
E3C3	8	2	6	650	229	194	865

⁽¹⁾ E: Esterco; C: Calcário, em quantidades necessárias para elevar V₂ a 35 (C1), 50 (C2) e 65% (C3).

Massa equivalente a 0,8 dm³ de substrato foi transferida com auxílio de um funil para sacos de polietileno de 15x30 cm, providos de furos na metade inferior. Cada conjunto de 5 sacos de polietileno constituiu uma repetição e, simultaneamente à condução das plantas, foi mantido um saco contendo substrato incubando e sem planta, para avaliação dos atributos químicos no final do experimento.

No dia 23 de maio de 2006 foi feito o transplante das mudas de guanandi, produzidas e fornecidas pela Vasconcelos Florestal, localizada no município de Monte Alto (SP). As mudas tinham em média três meses e haviam sido produzidas em canteiro de areia grossa. Em cada parcela, cinco dos seis sacos com o respectivo substrato receberam uma muda de guanandi. O umedecimento foi feito com água desionizada, saquinho por saquinho, em quantidade para umedecimento do substrato a 90% da capacidade de retenção de água. Na primeira semana, a umidade do substrato foi mantida a 90% da capacidade de retenção de água para melhor pegamento das mudas e, após esse período, a 70%.

No dia do transplântio e aos 60 e 120 dias do transplântio foi determinada a altura das plantas, que foi obtida entre a superfície do substrato e a inserção do último par de folhas do ápice, utilizando régua graduada com precisão de 1 mm. Aos 120 dias foram determinados: o número de pares de folhas; o diâmetro do colo, medido a 2,0 cm do substrato, com auxílio de um paquímetro digital modelo CD-6, com precisão de 0,01 mm; e a área foliar pelo aparelho ΔT Devices, tomando-se as folhas de duas mudas escolhidas ao acaso de cada parcela, das quais se obteve a matéria seca.

Na colheita do experimento, aos 120 dias, em 23 de setembro de 2006, as plantas foram separadas em raízes, folhas e caule, lavadas em água corrente, em solução de detergente neutro (1 mL L^{-1}) e em água desionizada (por três vezes). Em seguida, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a aproximadamente 65°C até massa constante para obtenção da produção de matéria seca. Conhecida a matéria seca total de folhas foi calculada a área foliar total, empregando a relação entre área foliar das duas plantas avaliadas e a respectiva matéria seca.

Todas as folhas foram moídas e submetidas à digestão nítrico-perclórica para determinação das concentrações de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, de P por colorimetria, de K por fotometria de chama e de S por turbidimetria. O N total foi determinado após digestão sulfúrica, por destilação em aparelho Kjeldahl e quantificação por titulação, conforme método descrito em BATAGLIA et al. (1983).

O substrato do saquinho extra de cada parcela foi seco, passado em peneira de 2 mm e homogeneizado para avaliação dos valores de pH e condutividade elétrica (relação 1:5), e os teores de matéria orgânica (MO), P, K, Ca e Mg, de acordo com os métodos descritos em RAIJ et al. (2001).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e os efeitos das doses de cada fator em estudo foram avaliados por meio de análises de regressão polinomial.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atributos químicos do substrato

Na Tabela 2 são apresentados os valores de pH e de condutividade elétrica (CE), os teores de MO, de P disponível e de K, Ca e Mg trocáveis no substrato, em função das combinações de doses de esterco e calcário, determinados nas amostras do substrato que foi mantido em incubação por 120 dias, sem planta. Para todos os atributos foi observado efeito do esterco, mas a calagem só aumentou o pH e os teores de cálcio. Para o magnésio o efeito da calagem não foi significativo, apesar de ter sido utilizado calcário dolomítico e da variação de 2 a 6 mmol_c dm⁻³, considerando os tratamentos C0 e C3 (calagem para atingir valores de saturação por bases de 20 e 65%, respectivamente), na ausência do esterco. Para pH, MO, P, K e Ca houve interação significativa entre esterco e calagem.

O valor do pH aumentou linearmente com a aplicação de esterco em todas as doses de calcário (Figura 1a). Com a calagem, isoladamente, o pH aumentou de 4,9 para 5,8, enquanto que a aplicação isolada do esterco resultou em aumento nos valores de pH de 4,9 para 6,0. A aplicação de adubos orgânicos pode levar a aumento do valor de pH, como já constatado por ABREU Jr. et al. (2000) e MANTOVANI et al. (2005) com aplicação de composto de lixo urbano e YAGI et al. (2003) com vermicomposto de esterco de bovino.

Os teores de MO aumentaram com as doses de esterco, independentemente da calagem, de 7 para 62 g dm⁻³ (Tabela 2). Em relação à testemunha, a adição das doses 101, 175 e 229 kg m⁻³ de esterco ao substrato aumentou o teor de MO em 3,5, 5,7 e 7,5 vezes, respectivamente. Em média, 39% do C orgânico adicionado foi incorporado à matéria orgânica estável do substrato. Na Figura 1b é mostrada a variação no teor de MO do substrato, em função das doses de esterco, para cada condição de calagem. Na maior parte dos casos o aumento nesse teor foi linear, como obtido por ALVES et al. (1999), quando aplicaram composto de lixo urbano em um Podzólico Vermelho-Amarelo.

Tabela 2. Atributos químicos do substrato depois de 120 dias de incubação, em função de doses de esterco e calcário.

Esterco	Calcário	P resina	MO	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE
kg m ⁻³	g m ⁻³	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		----- mmol _c dm ⁻³ -----			μS cm ⁻¹
0	0	84	8	4,9	0,5	7	2	52
0	228	82	8	5,2	0,4	9	4	53
0	557	81	7	5,5	0,4	10	4	51
0	865	90	8	5,8	0,4	11	6	46
101	0	221	26	5,4	15,3	15	12	339
101	228	219	26	5,5	17,3	18	14	526
101	557	220	29	5,6	16,1	17	13	411
101	865	226	26	5,7	16,1	18	14	423
175	0	341	41	5,7	25,1	24	20	628
175	228	339	43	5,6	32,3	30	25	950
175	557	365	44	5,8	32,5	29	25	774
175	865	433	47	6,1	37,0	32	27	705
229	0	523	62	6,0	43,3	34	32	1030
229	228	481	59	6,1	36,8	32	29	737
229	557	481	59	6,2	46,5	34	34	851
229	865	444	52	6,2	34,5	31	29	926
Teste F ⁽¹⁾								
Esterco (E)		357,32**	490,47**	64,41**	159,12*	242,2**	184,9**	24,4*
Calagem (C)		0,7 ^{ns}	0,39 ^{ns}	22,98**	0,78 ^{ns}	3,89*	1,97 ^{ns}	0,1 ^{ns}
Interação E x C		2,72*	2,18*	2,94**	2,14*	2,14*	1,22 ^{ns}	0,55 ^{ns}
CV (%) ⁽²⁾		12,7	11,5	3,0	25,2	12,6	19,6	57,2

⁽¹⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 e a 5%, respectivamente.

⁽²⁾ CV coeficiente de variação.

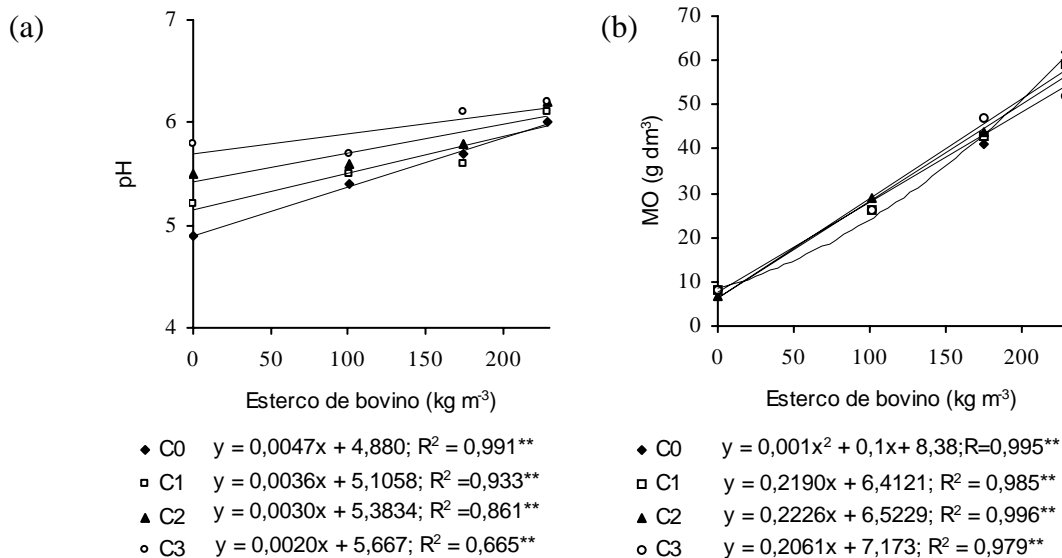


Figura 1. Efeitos do esterco de bovino e do calcário no pH (a) e na matéria orgânica (b) do substrato. **: significativo a 1%.

O teor de P no substrato aumentou em função das doses de esterco segundo um modelo quadrático para as doses de calcário correspondentes a C0, C1 e C2 (calagem para valores de V_2 correspondentes a 20, 35 e 50%, respectivamente), enquanto para C3 ($V_2 = 65\%$) foi observado aumento linear (Figura 2a). O teor de P no substrato aumentou de 84 (E0) para 523 (E3) mg dm^{-3} com a aplicação do esterco, no tratamento sem calagem, o que representa uma variação de 6,2 vezes (Tabela 2). MAZUR et al. (1983) verificaram um aumento de 1,5 vezes no teor de P no solo com a aplicação de 15 kg m^{-3} de composto de resíduo urbano. Neste caso, o aumento no teor de P foi de 21 para 32 mg dm^{-3} . Aumentos nos teores de P foram também verificados por ALVES et al. (1999), com aplicação de composto de lixo urbano, e por YAGI et al. (2003), com a aplicação de vermicomposto de esterco.

Para o teor de K no substrato foi observado efeito quadrático em função das doses de esterco no tratamento que não recebeu calcário, e aumento linear nos tratamentos com calagem para C1, C2 e C3 (Figura 2b). O aumento das doses de esterco, no tratamento sem calagem, proporcionou um aumento no teor K de 0,5 (E0) para 43,3 (E3) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, ou seja, um aumento de 86,6 vezes. FRANCHINI et al. (1999) obtiveram aumento no teor do K com a aplicação de resíduos vegetais em solos, principalmente resíduos das culturas do nabo e da soja. ALVES et al. (1999) observaram aumento no teor de K, alcançando valor próximo de 6 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com 100 t ha^{-1} de composto de lixo.

A aplicação das doses de esterco resultou em efeito quadrático nos teores de Ca do substrato nos tratamentos com calagem para C0 e C2, e em aumento linear para C1 e C3 (Figura 2c). O Ca atingiu teor de 34 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com a aplicação da maior dose de esterco, sendo 4,9 vezes superior ao da combinação E0-C0 (Tabela 2).

Em relação ao teor de Mg no substrato foi observado aumento linear em função das doses de esterco (Figura 2d) e a variação foi de 2 para 34 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 2). ALVES et al. (1999) e YAGI et al. (2003) verificaram aumento do Mg com a aplicação de composto de lixo urbano e de vermicomposto de esterco de bovino, respectivamente.

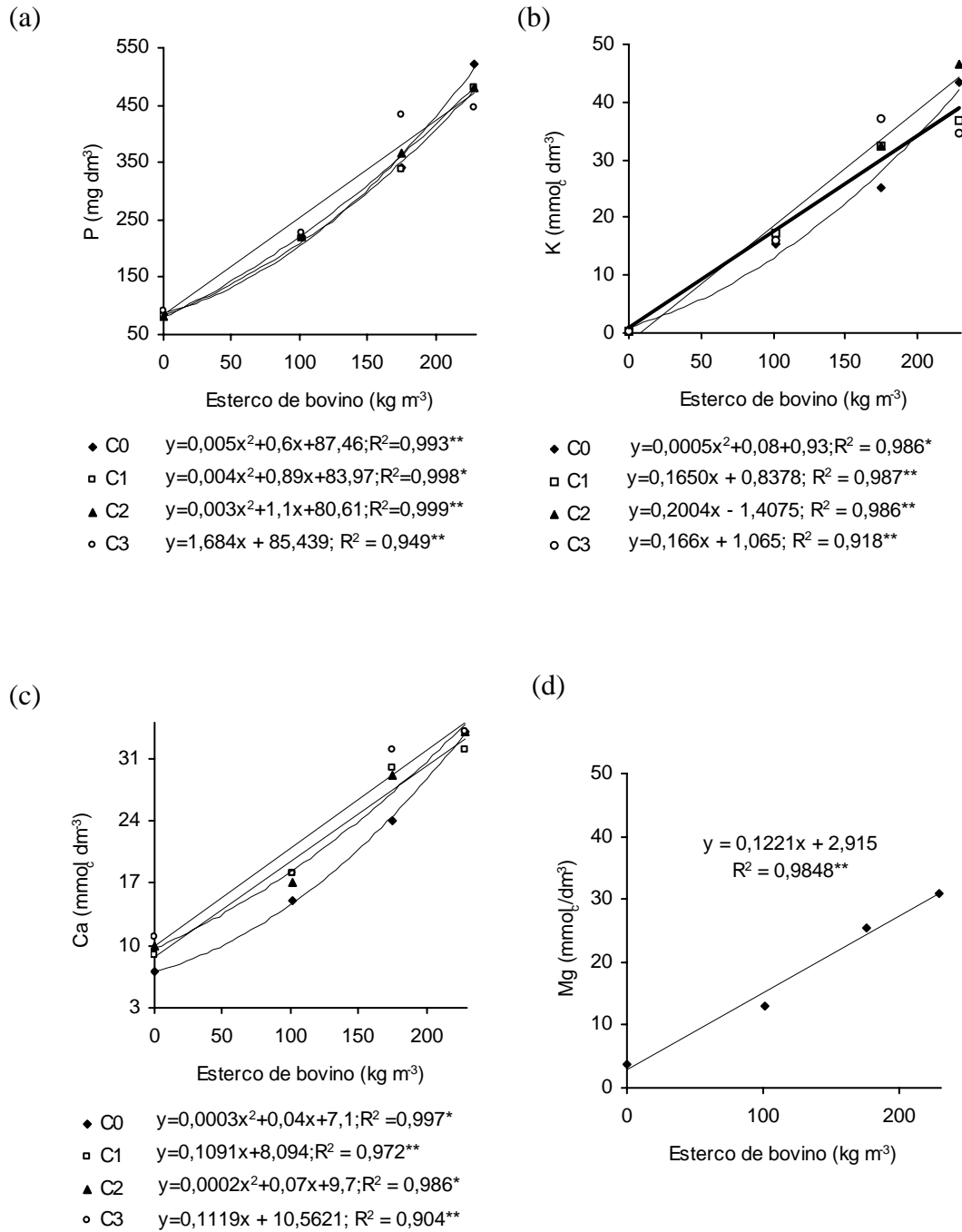


Figura 2. Efeitos do esterco de bovino e do calcário nos teores de P (a), K (b), Ca (c) e Mg (d) do substrato. ** e *: significativo a 1 e a 5%, respectivamente.

A aplicação de 101 kg m^{-3} de esterco de bovino foi suficiente para elevar o pH e os teores de P, K, Ca e Mg a valores muito altos, conforme as classes de fertilidade para estes atributos em uso no Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1996). No entanto, para produção de mudas de guanandi a dose de esterco que vem sendo usada por viveiristas é a que corresponde à maior dose estudada.

Em relação à condutividade elétrica do substrato foi observado aumento linear em função das doses de esterco (Figura 3). Ao final de 120 dias de incubação do substrato os valores de condutividade elétrica foram 425; 764 e 886 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nos tratamentos que receberam 101; 175 e 229 kg m^{-3} de esterco, respectivamente, o que corresponde a aumentos de 8,2, 14,7 e 17,0 vezes em relação à combinação E0-C0 (Tabela 2). O aumento da CE em solos adubados com esterco é esperado, sobretudo nos sistemas com irrigação controlada para evitar lixiviação dos sais produzidos na mineralização. MANTOVANI (2004), com a aplicação de 0; 30; 60; 90 e 120 t ha^{-1} de composto de lixo urbano constataram aumento da condutividade elétrica do solo, e GONÇALVES et al. (2000), observaram que valores de CE acima de $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$, em extratos de diluição de 1:1,5, podem ser limitantes para produção de mudas de espécies florestais.

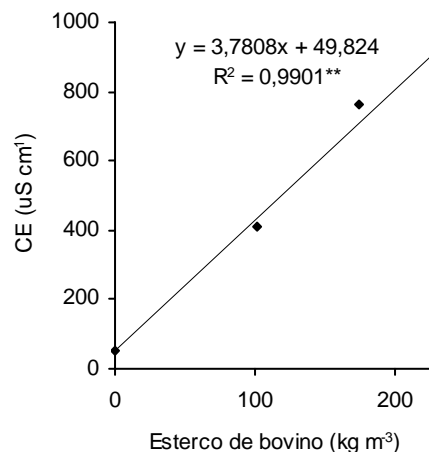


Figura 3. Efeitos do esterco de bovino na condutividade elétrica do substrato.

** : significativo a 1%.

4.2. Variáveis de crescimento do guanandi

Na Tabela 3 são apresentadas as respostas das variáveis de crescimento do guanandi às combinações de esterco com calcário. Para altura aos 60 dias (A60), altura aos 120 dias (A120), diâmetro do colo (D), relação altura/diâmetro (A120/D), número de folhas expandidas (NF), matéria seca total (MST), matéria seca do caule (MSC), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca da parte aérea (MSPA), relação matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea (MSR/MSPA) e área foliar (AF) foram obtidos somente efeitos significativos das doses de esterco de bovino. A interação entre os dois fatores (esterco e calcário) não foi significativa para todas das variáveis.

Tabela 3. Resultados nas variáveis de crescimento das mudas de guanandi, em função das doses de esterco associadas às doses de calcário.

Esterco	Calcário	A60 ⁽¹⁾	A120	D	A120/D	NF	MST	MSC	MSR	MSF	MSPA	MSR/MSPA	AF
kg m ⁻³	g m ⁻³	--- cm ---	mm				g						cm ²
0	0	19,2	27,9	3,84	7,3	12,8	16,69	3,35	7,19	6,67	10,02	0,7	352,5
0	228	21,5	29,9	3,96	7,6	12,0	18,90	3,85	7,30	7,53	11,38	0,7	419,7
0	557	21,1	28,5	3,90	7,3	13,0	16,23	3,46	6,36	6,39	9,84	0,5	333,6
0	865	22,9	30,1	4,02	7,5	12,0	16,70	3,75	7,12	6,47	10,23	0,7	371,3
101	0	21,3	32,5	3,81	8,5	12,3	15,18	3,31	5,09	5,94	9,25	0,6	481,5
101	228	20,8	29,0	3,77	7,7	11,5	13,42	3,16	4,93	5,13	8,29	0,6	427,2
101	557	21,5	31,2	3,99	7,8	12,8	15,34	3,53	5,57	5,90	9,44	0,6	483,3
101	865	20,6	28,7	3,80	7,5	11,5	13,05	3,19	4,69	4,93	8,12	0,6	428,2
175	0	21,4	28,8	3,91	7,4	11,8	11,82	3,15	4,50	4,34	7,49	0,6	380,4
175	228	20,6	27,8	3,76	7,4	10,8	11,06	2,94	4,97	4,06	7,00	0,7	338,7
175	557	19,7	26,4	3,65	7,2	10,5	9,77	2,59	4,28	3,59	6,18	0,7	309,0
175	865	19,8	24,4	3,64	6,7	10,3	9,68	2,49	4,41	3,59	6,08	0,7	340,0
229	0	18,9	23,5	3,49	6,7	10,3	8,40	2,21	4,21	3,10	5,31	0,8	262,1
229	228	16,9	21,1	3,60	5,9	9,3	6,11	1,63	3,52	2,24	3,87	0,9	221,2
229	557	20,4	22,8	3,41	6,7	9,5	7,28	1,85	3,74	2,66	4,62	0,8	229,3
229	865	19,2	22,8	3,53	6,5	9,8	7,29	1,86	4,43	2,72	4,57	1,0	250,1
Teste F ⁽²⁾													
Esterco (E)		6,5**	35,7**	10,1**	23,9**	22,3**	78,9**	38,0**	42,2**	89,3**	71,4**	16,6**	38,4**
Calcário (C)		0,6 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,1 ^{ns}	2,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,8 ^{ns}
Interação E x C		1,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}
CV (%) ⁽³⁾		8,6	8,5	6,1	6,8	9,3	15,7	16,8	15,7	16,1	15,6	18,5	16,2

⁽¹⁾ A60: altura aos 60 dias; A120: altura aos 120 dias; D: diâmetro; A120/D: relação altura aos 120 dias/diâmetro; NF: número de folhas; MST: matéria seca total; MSC: matéria seca do caule; MSR: matéria seca das raízes; MSF: matéria seca das folhas; MSPA: matéria seca da parte aérea; AF: área foliar.

⁽²⁾ ns, ** e *: não significativo e significativo a 1%.

⁽³⁾ CV: coeficiente de variação.

4.2.1. Altura das mudas

No transplântio, a altura média das mudas selecionadas foi de 14,4 cm. Nas duas medidas feitas posteriormente, aos 60 e 120 dias após o transplântio, as alturas variaram, respectivamente, de 16,9 a 22,9 cm e de 21,1 a 32,5 cm (Figura 4). Na avaliação feita aos 60 dias observou-se que à medida que aumentou a dose de esterco houve menor crescimento das plantas, o que resultou em efeito linear negativo ou diminuição linear da altura das plantas (Figura 5a). Aos 120 dias após o transplântio, o efeito das doses de esterco foi quadrático (Figura 5b), e a máxima altura foi obtida com aplicação de 71 kg m⁻³ de esterco. Aos 60 dias, a diferença na altura das plantas no tratamento que não recebeu esterco e o que recebeu a maior dose de esterco foi de 11%, e aos 120 dias, de 22,5%. GOMES et al. (2004) não obtiveram resposta em altura do angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) à calagem, o que foi relacionado aos teores de Ca (9 mmol_c dm⁻³) e de Mg (4 mmol_c dm⁻³) do solo, considerados suficientes para suprir as necessidades das plantas na fase de muda. O substrato que foi utilizado no presente estudo para o guanandi apresentava teores de Ca e Mg (7 mmol_c dm⁻³ e 2 mmol_c dm⁻³, respectivamente) mais baixos, mas foram suficientes para atender a demanda das mudas. Quanto à adubação orgânica, normalmente são observados efeitos benéficos na formação de mudas de espécies florestais, como foi observado por ALVES & PASSONI (1997) para oiti (*Licania tomentosa* Benth.) adubado com composto de lixo urbano, e por CARVALHO FILHO et al. (2004) para angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.) adubado com esterco de bovino.

Nas avaliações efetuadas aos 60 dias e aos 120 dias, 55 e 88% das mudas, respectivamente, apresentaram valores de altura dentro do intervalo de 20 a 35 cm que, de acordo com GONÇALVES et al. (2000), corresponde à faixa de valores adequados para altura de mudas de plantas florestais de boa qualidade. A maior porcentagem de mudas que atendeu ao padrão de qualidade foi obtida no tratamento que não recebeu esterco, tanto aos 60 quanto aos 120 dias após o transplântio.



Figura 4. Aspecto das mudas de guanandi, em função de doses de esterco (E0 = sem esterco; E1 = 101 kg m^{-3} e E3 = 229 kg m^{-3}).

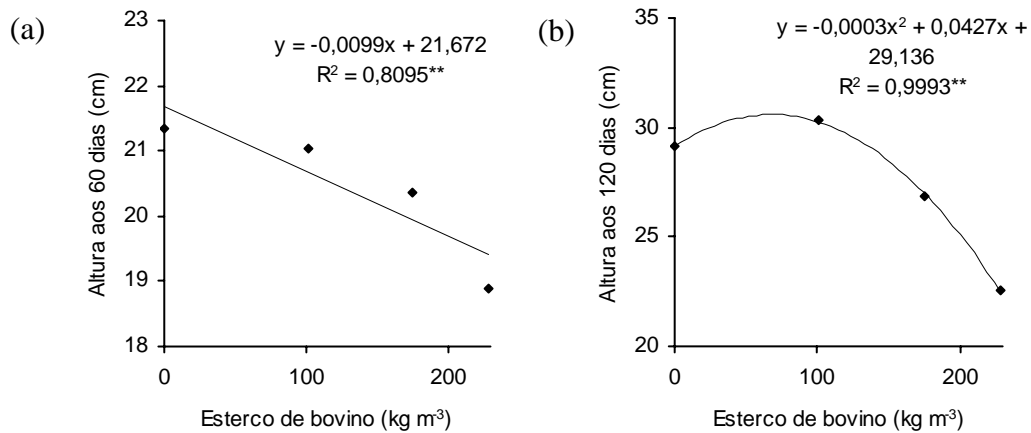


Figura 5. Efeito do esterco de bovino na altura das mudas de guanandi avaliadas aos 60 (a) e 120 (b) dias após o transplante. **: significativo a 1%.

4.2.2. Diâmetro do colo

Na combinação E0-C0 o diâmetro do colo das mudas, medido aos 120 dias, foi 10,7% maior do que no tratamento que recebeu a maior dose de esterco (229 kg m^{-3}). O efeito das doses de esterco no diâmetro foi quadrático (Figura 6) e, de acordo com a equação obtida, 22 kg m^{-3} de esterco são suficientes para obter o máximo diâmetro. Para a produção de mudas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* Wild), CALDEIRA et al. (2000) verificaram que houve menor aumento no diâmetro do colo quando as doses de vermicomposto de esterco de bovino foram maiores do que 112 cm^3 por 280 cm^3 de substrato. VOGEL et al. (2001) obtiveram efeito positivo para o diâmetro do colo com aplicação de até 40% de vermicomposto de esterco de bovino na composição do substrato para *Hovenia dulcis* (Thunberg) e SOUZA et al. (2001) observaram que os melhores resultados para diâmetro de mudas de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) foram obtidos no substrato solo + terriço de mata + vermiculita, sem ou com adubo químico, nas proporções de 1:1:2.

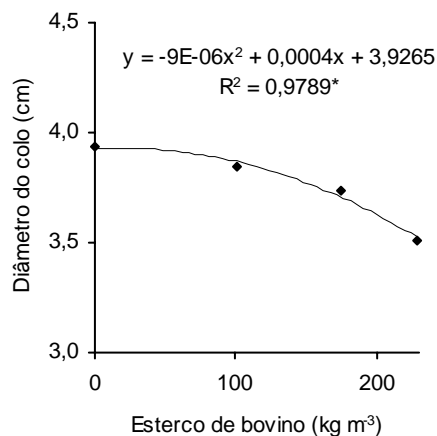


Figura 6. Efeito do esterco de bovino no diâmetro do colo das mudas de guanandi.
*: significativo a 5%.

O diâmetro do colo das mudas aos 120 dias variou de 3,41 a 4,02 mm (Tabela 3). De acordo com DANIEL et al. (1997), o diâmetro do colo indica a capacidade de sobrevivência da muda no campo e uma muda de *Acacia mangium* de qualidade deve apresentar diâmetro maior do que 2 mm. Por outro lado, como critério geral, GONÇALVES et al. (2000) consideraram que o diâmetro do colo adequado para mudas de qualidade de espécies florestais está entre 5 e 10 mm. Comparando os valores observados nas mudas de guanandi aos 120 dias após o transplântio com as informações do autores verifica-se que 100% delas apresentaram diâmetro superior ao recomendado por DANIEL et al. (1997) e 100% não atenderam ao sugerido por GONÇALVES et al. (2000). As variações no diâmetro do colo ocorrem em função da espécie, e possivelmente da temperatura e da luminosidade, e ainda não há relatos para o guanandi. Assim, como as mudas atenderam ao critério prático usado por viveiristas (mínimo de 2 mm), parece que o critério sugerido por GONÇALVES et al. (2000) não é adequado para a espécie.

4.2.3. Relação altura/diâmetro

A altura média das plantas variou de 30,35 cm, no tratamento que recebeu 101 kg m⁻³ de esterco (E1), a 22,55 cm, quando foram aplicados 229 kg m⁻³ (E3). Por outro lado, o diâmetro do colo variou de 3,93 a 3,51 cm, médias obtidas para os tratamentos E0 e E3, respectivamente. Deste modo, considerando as duas variáveis, a altura foi a medida mais sensível às alterações provocadas pela aplicação do esterco e a principal responsável pela variação na relação altura/diâmetro. Isto justifica a semelhança entre os comportamentos das variáveis altura e relação altura/diâmetro (Figuras 5 e 7) frente à aplicação das doses de esterco e também a proximidade das doses que levaram às máximas respostas (71 e 76 kg m⁻³). A diminuição da relação altura/diâmetro com a aplicação de 229 kg m⁻³ de esterco foi de 18% em relação ao tratamento que recebeu 101 kg m⁻³. De acordo com STURION & ANTUNES (2000), a relação altura/diâmetro do colo constitui uma das variáveis utilizadas para avaliar a qualidade das mudas florestais, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo. Mudanças com diâmetro do colo menor

apresentam dificuldades para se manterem eretas após o plantio. O tombamento decorrente desta característica pode resultar em morte ou deformações que comprometem o valor silvicultural da planta. Mudanças que apresentam pequeno diâmetro do colo e alturas elevadas são consideradas de qualidade inferior às menores em altura e com maior diâmetro do colo. Essa variável é reconhecida como um dos melhores, se não o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas (MOREIRA & MOREIRA, 1996), sendo, em geral, o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência de mudas no campo (DANIEL et al., 1997). Para o guanandi, as mudas dos tratamentos que não foram adubados com esterco, independentemente da calagem, foram as que apresentaram maior diâmetro do colo e também a maior altura, ou seja, foram as mudas que apresentaram melhor qualidade para serem levadas ao campo.

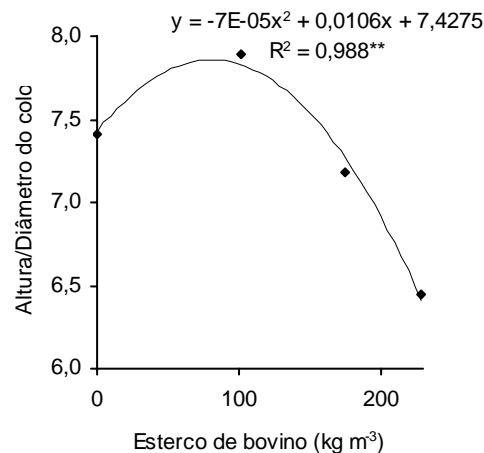


Figura 7. Efeito das doses de esterco de bovino na relação altura/diâmetro do colo das mudas de guanandi. **: significativo a 1%, respectivamente.

4.2.4. Número de folhas expandidas

Foi observado efeito quadrático decrescente das doses de esterco no número de folhas. O maior valor estimado (14 folhas) foi obtido para o tratamento que não recebeu esterco (Figura 8). Nas mudas produzidas no substrato sem adição de esterco, o

número de folhas foi igual ao do tratamento que recebeu 101 kg m^{-3} de esterco, e foi 12,9% e 21,8% superior aos tratamentos que receberam 175 e 229 kg m^{-3} de esterco, respectivamente. Em média, os tratamentos sem esterco e com a maior dose de esterco apresentaram de 12 a 14 e de 6 a 10 folhas, respectivamente. CARVALHO FILHO et al. (2002) obtiveram maior número de folhas nas mudas de canafístula (*Cassia grandis* L.) em substrato composto por solo + esterco (2:1, v:v) e solo + areia + esterco (1:2:1, v:v:v), com 12,4 e 12,0 folhas por planta, respectivamente.

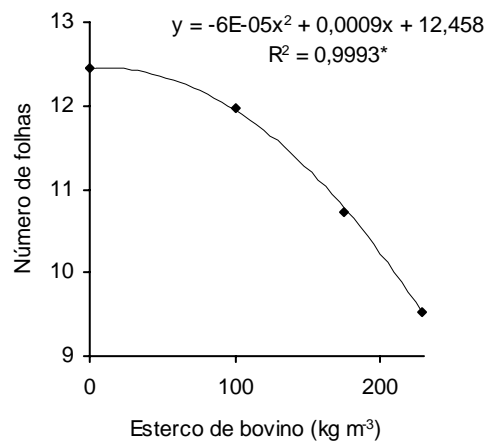


Figura 8. Efeito das doses de esterco no número de folhas expandidas das mudas de guanandi. *: significativo a 1%.

O número de folhas, que nunca deve ser inferior a 6, é uma das características utilizadas por empresas florestais para classificação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas (PAIVA & GOMES, 2000). Considerando as mudas de guanandi, aos 120 dias após o transplante, apenas duas em um total de 320 mudas apresentaram número de folhas inferior a 6, ou seja, 0,6% das mudas não seriam classificadas como mudas de qualidade pelas empresas florestais, segundo esse critério.

4.2.5. Área foliar

A área foliar é uma variável que corresponde à área da superfície fotossintetizante útil. A medida da área foliar é importante na determinação de processos fisiológicos relativos ao crescimento e ao desenvolvimento, como intensidade de transpiração, taxa assimilatória líquida e índice de área foliar.

Foi observado efeito quadrático das doses de esterco na área foliar das mudas de guanandi (Figura 9). A maior média foi obtida para o tratamento que recebeu 101 kg m⁻³ de esterco, sendo 18,9, 24,8 e 47,1% superior a dos tratamentos sem esterco e com aplicação de 175 e 229 kg m⁻³ de esterco, respectivamente.

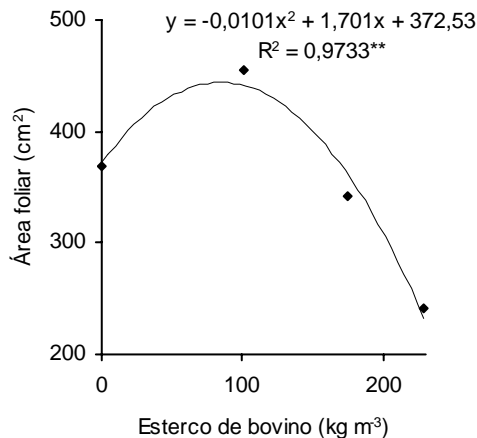


Figura 9. Efeito das doses de esterco de bovino na área foliar das mudas de guanandi.**: significativo a 5%.

4.2.6. Matéria seca

Foi verificado efeito quadrático do esterco de bovino na matéria seca total (MST) das mudas de guanandi (Figura 10), sendo que no tratamento sem esterco a MST foi 57,5% maior do que no tratamento que recebeu a maior dose de esterco (229 kg dm⁻³).

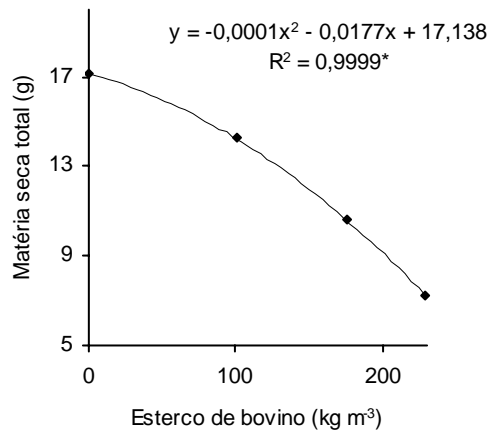


Figura 10. Efeito das doses de esterco na matéria seca total das mudas de guanandi. *: significativo a 5%.

A produção de matéria seca permite avaliar o crescimento de uma planta. A quantidade total de matéria seca acumulada pela planta é reflexo direto da fotossíntese líquida, somada à quantidade de nutrientes absorvidos (Bourdeau, 1958, citado por ENGEL, 1989). As produções de matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) também diminuíram com o aumento das doses de esterco de bovino. Obteve-se, para todas essas variáveis, efeito quadrático das doses de esterco, com exceção da MSF que apresentou comportamento linear decrescente para as doses de esterco (Figura 11). A MSF, a MSC, a MSPA e a MSR do tratamento sem esterco foram 60,4, 47,6, 55,7 e 43,2% maiores em relação à produção obtida com a maior dose de esterco (229 kg m⁻³). CALDEIRA et al. (2000) verificaram que com o aumento das doses de vermicomposto de esterco de bovino no substrato ocorreu um incremento da matéria seca total, da parte aérea e das raízes de plantas de *Eucalyptus saligna* Smith. Essa última observação também foi obtida, em estudo semelhante, utilizando vermicomposto de esterco de bovino, por SCHUMACHER et al. (2001) para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e por TEDESCO et al. (1999) para *Jacaranda micrantha* Chamisso. CUNHA et al. (2005) observaram que mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D.C.) Standl) apresentaram maior

produção de matéria seca da parte aérea quando cultivadas em substrato composto por subsolo + composto orgânico, e que apenas o subsolo não atendeu as exigências nutricionais da espécie em viveiro.

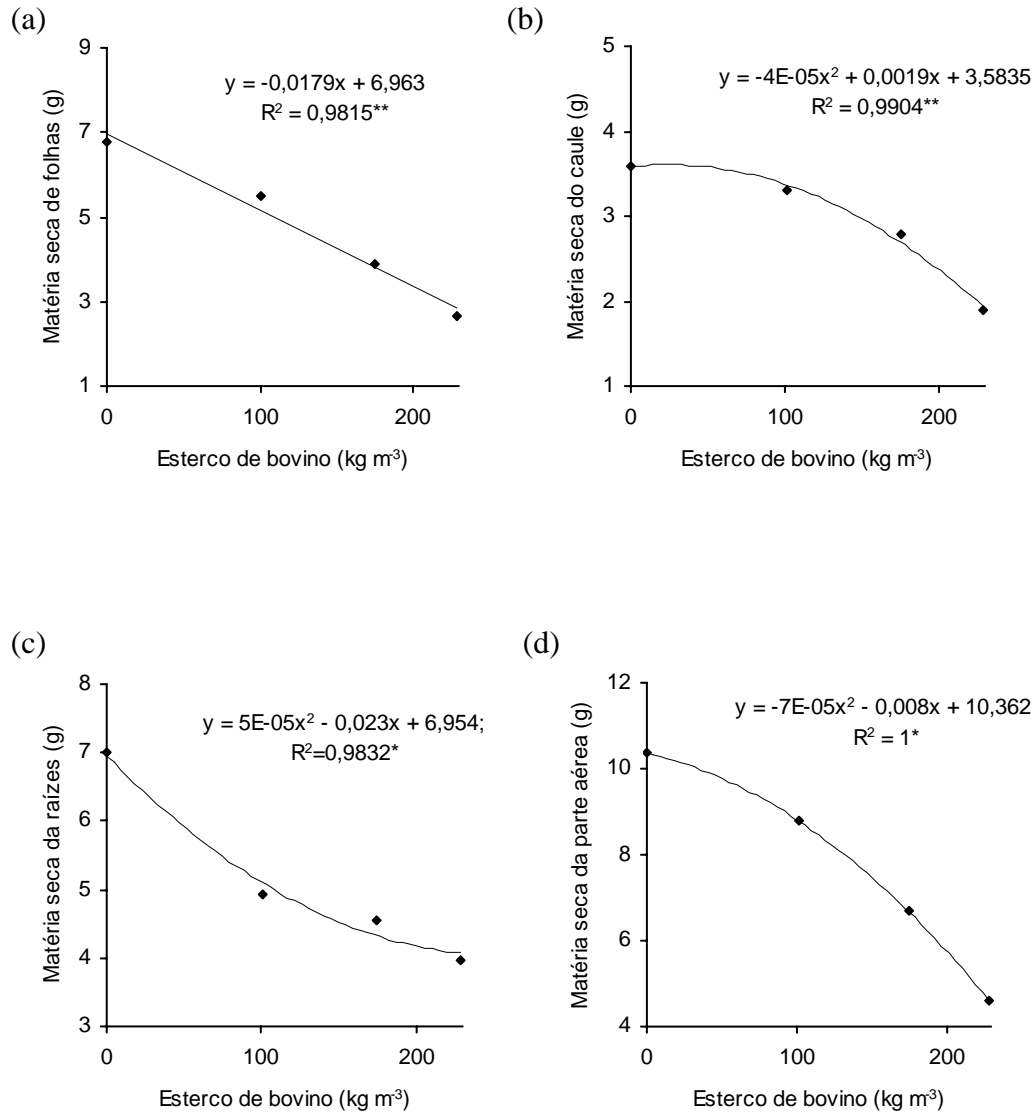


Figura 11. Efeito das doses de esterco na matéria seca de folhas (a), de caule (b), de parte aérea (c) e de raízes (d) das mudas de guanandi. ** e *: significativo a 1 e a 5%, respectivamente.

O menor crescimento das mudas de guanandi provocado pela adição de esterco ao substrato, contrariando os relatos anteriores para outras espécies florestais, pode estar relacionado ao aumento nos teores de nutrientes, particularmente potássio, e da CE, que se obteve a partir da aplicação de 101 kg m^{-3} . Embora o potássio, pelos teores muito altos no solo (Tabela 2), esteja sendo colocado como causa mais provável dos efeitos observados nas plantas, outros elementos não avaliados, como Na, B e Zn, também podem estar associados.

As doses de esterco avaliadas estão dentro do intervalo de doses que são utilizadas na composição de substratos para produção de mudas, mas como foi efetuado controle de irrigação para evitar perdas por lixiviação, a quantidade de sais de Na, Ca, Mg e K acumulada pode ter sido excessiva para a espécie. Na Figura 12 pode ser observada necrose das bordas das folhas nas mudas que cresceram em substrato que recebeu a mais alta dose de esterco. A favor desta hipótese está o relato de GONÇALVES et al. (2000), que afirmaram que valores de CE (relação 1:1,5) acima de $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ são limitantes para produção de mudas de essências florestais. Na condição de mais alta dose de esterco a CE média obtida foi de $886 \mu\text{S cm}^{-1}$, na relação 1:5, o que sugere a possibilidade de valores acima de $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ na relação 1:1,5. No entanto, o esterco é um componente importante de substratos a base de subsolo, particularmente por aumentar o teor de matéria orgânica e a CTC, e por isso o seu uso não pode ser descartado, mas a dose precisa ser ajustada.

O maior crescimento das mudas de guanandi em altura, diâmetro do colo, número de folhas expandidas e a maior produção de matéria seca na condição em que não se aplicou esterco, pode estar associado ao fato das reservas de nutrientes contidas nas sementes de guanandi serem suficientes para o desenvolvimento inicial das mudas (Figura 13).



Figura 12. Necrose das folhas das mudas de guanandi que cresceram em substrato adubado com o equivalente a 229 kg m^{-3} de esterco.

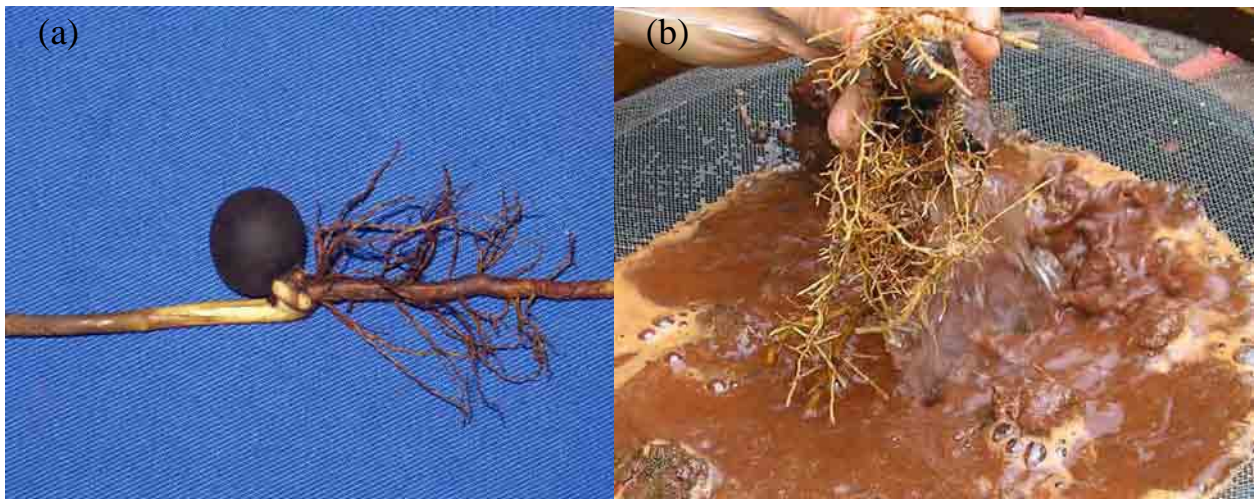


Figura 13. Aspecto visual da semente antes do transplântio (a) e do remanescente de semente após 120 dias do transplântio (b).

O guanandi mostrou crescimento pouco influenciado pela fertilidade do solo. Esses resultados são condizentes com a hipótese de que as espécies climáticas mostram um crescimento pouco influenciado pelo nível de fertilidade do solo, o que

poderia ser indicativo de maior adaptação a solos pouco férteis (LAMBERS & POORTER, 1992; SIQUEIRA et al., 1995), ou da existência de rígido ajuste da taxa de crescimento às condições de baixa disponibilidade de nutrientes, o que restringe sua resposta à melhoria nos níveis de fertilidade do solo (SIQUEIRA et al., 1995).

4.2.7. Razão matéria seca de raízes/matéria seca de parte aérea

As mudas de guanandi apresentaram maior desenvolvimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular nos tratamentos sem esterco e com aplicação de 101 kg m⁻³ de esterco. A maior relação MSR/MSPA (0,88) foi obtida quando foi fornecida a dose mais alta de esterco (229 kg m⁻³), que correspondeu ao menor desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea. Mediante a aplicação de 101 kg m⁻³ de esterco, essa relação teve valor de 0,58, atingindo-se quase o equilíbrio entre as produções de matéria seca de parte aérea e de raízes (Tabela 3). No entanto, a regressão entre os valores de MSR/MSPA e as doses de esterco não foi significativa para os modelos linear e quadrático. Mexal & Dougherty (1981), citados por CALDEIRA et al. (2000), demonstraram que a sobrevivência e o crescimento das mudas de *Pinus* sp no campo foram maiores à medida que os valores da razão MSR/MSPA aumentaram até 0,6. Por outro lado, DANIEL et al. (1997), apontaram que a razão ideal deve ser 0,5. No presente trabalho, as mudas que mais se aproximaram destes valores foram as dos tratamentos sem esterco e com aplicação de 101 kg m⁻³.

A relação MSR/MSPA é comumente maior em ambiente de baixa fertilidade, podendo ser considerada uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes nessa condição (CLARKSON, 1985). No entanto, esta afirmação só é válida para condições de fertilidade do solo baixa ou adequada. A condição de excesso de nutrientes, que ocorreu mediante adubação com esterco, foi prejudicial ao crescimento das mudas e alterou a relação MSR/MSPA por efeito tóxico, que restringiu o crescimento de ambas, mas especialmente da parte aérea. Resultado semelhante foi relatado por TEDESCO et al. (1999), que estudaram o desenvolvimento de *Jacaranda micrantha* Chamisso, em função de doses de vermicomposto de esterco de bovino e

concluíram que o aumento da quantidade de adubo orgânico tendeu a diminuir a razão entre matéria seca das raízes e da parte aérea (0,5).

4.3. Concentrações de nutrientes nas folhas

Na Tabela 4 são apresentadas as concentrações de nutrientes nas folhas de guanandi. Interação significativa entre doses de esterco e doses de calcário foi verificada para as concentrações de N, K e S. Para as concentrações de Ca e de Mg ocorreram efeitos das doses de esterco e de calcário, enquanto para a concentração de P só se obteve significância para as doses de esterco.

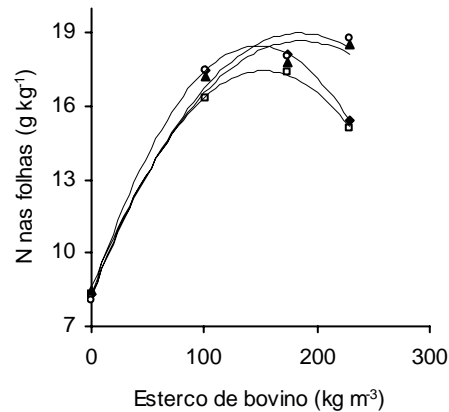
Tabela 4. Concentrações de nutrientes nas folhas de mudas de guanandi aos 120 dias após o transplântio, em função de doses de esterco e calcário.

Esterco kg m ⁻³	Calcário g m ⁻³	N	P	K	Ca	Mg	S
0	0	8,4	0,7	0,8	5,7	1,7	0,8
0	228	8,3	0,6	0,7	5,6	1,7	0,9
0	577	8,5	0,6	0,8	5,9	1,9	1,1
0	865	8,1	0,6	0,7	5,9	1,9	1,3
101	0	17,5	1,1	3,2	4,2	1,6	1,0
101	228	16,3	1,0	3,3	4,1	1,6	1,1
101	577	17,2	1,1	3,2	4,4	1,7	1,0
101	865	17,5	1,0	3,2	4,2	1,8	1,3
175	0	18,1	1,3	4,8	3,6	1,3	1,8
175	228	17,4	1,2	4,4	3,2	1,3	1,3
175	577	17,8	1,3	4,5	3,3	1,4	1,2
175	865	18,0	1,0	4,2	3,1	1,3	1,1
229	0	15,4	1,2	4,5	2,9	1,4	1,3
229	228	15,1	1,1	4,1	2,8	1,4	1,4
229	577	18,5	1,3	6,0	3,1	1,3	2,2
229	865	18,8	1,2	6,2	3,4	1,7	2,1
Teste F ⁽¹⁾							
Esterco (E)		385,62**	150,356**	970,02**	24,24**	24,24**	72,30**
Calcário (C)		7,15**	2,60 ^{ns}	13,98**	3,97*	3,97**	19,36**
Interação E x C		4,43**	2,01 ^{ns}	21,62**	0,70 ^{ns}	0,72 ^{ns}	9,85**
CV (%) ⁽²⁾		6,0	8,6	7,3	10,8	11,4	12,7

⁽¹⁾ ns, ** e *: não significativo e significativo a 1 e a 5%, respectivamente. ⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

Para o N foi observado efeito quadrático das doses de esterco de bovino em todas as doses de calcário (Figura 13). As concentrações máximas de N foram atingidas com 137, 150, 178 e 191 kg m⁻³ de esterco, respectivamente nos tratamentos sem calagem e com calagem para C1, C2 e C3, ou seja, para elevar o índice de

saturação por bases a 35, 50 e 60%, respectivamente. Com a aplicação de 101 kg m^{-3} de esterco a concentração de N nas folhas praticamente dobrou em relação ao tratamento que não recebeu esterco, porém no tratamento sem aplicação de esterco não foi observado sintoma que indicasse deficiência.



- ◆ C0 $y = -0,0005x^2 + 0,1378x + 8,31; R^2 = 1^{**}$
- ◻ C1 $y = -0,0004x^2 + 0,1x + 8,3; R^2 = 0,999^{**}$
- ▲ C2 $y = -0,0003x^2 + 0,1x + 8,7; R^2 = 0,982^{**}$
- ◊ C3 $y = -0,0003x^2 + 0,12x + 8,3; R^2 = 0,98^{**}$

Figura 14. Efeito das doses de esterco em cada dose de calcário nos teores de N nas folhas das mudas de guanandi. **: significativo a 1%.

A maior concentração estimada de P nas folhas foi obtida com aplicação de $162,5 \text{ kg m}^{-3}$ de esterco ($1,2 \text{ g kg}^{-1}$), segundo o modelo quadrático que foi ajustado às concentrações de P nas folhas em função das doses de esterco (Figura 15).

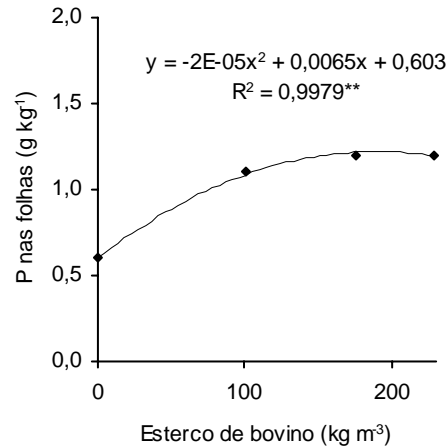


Figura 15. Efeito das doses de esterco nos teores de P nas folhas das mudas de guanandi. **: significativo a 1%.

Para a concentração de K nas folhas de guanandi houve efeito quadrático das doses de esterco nas doses menores de calcário e quando foi feita calagem para C2 e C3, a resposta foi linear e crescente (Figura 16). O maior teor médio de K foi observado no tratamento que recebeu a dose maior de esterco, sendo cerca de 85, 38 e 14% maior do que os dos tratamentos testemunha, com aplicação de 101 ou 175 kg m⁻³ de esterco, respectivamente. Tanto para K quanto para P, vale o mesmo comentário feito para o N, de que, apesar do aumento nas concentrações nas folhas com a aplicação do esterco, as plantas do tratamento testemunha não apresentavam sinais visíveis de deficiência desses nutrientes.

Para o Ca (Figura 17) houve diminuição linear das concentrações com o aumento das doses de esterco, apesar dos aumentos observados no substrato (Tabela 2). No tratamento testemunha, as concentrações de Ca foram 47% maiores do que as do tratamento que recebeu a maior dose de esterco.

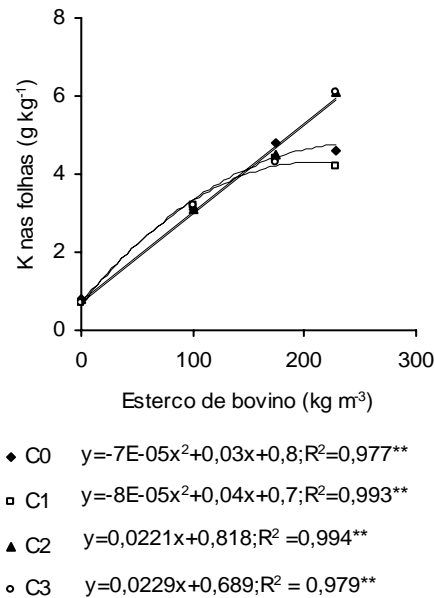


Figura 16. Efeito das doses de esterco em cada dose de calcário nos teores de K nas folhas das mudas de guanandi. **: significativo a 1%.

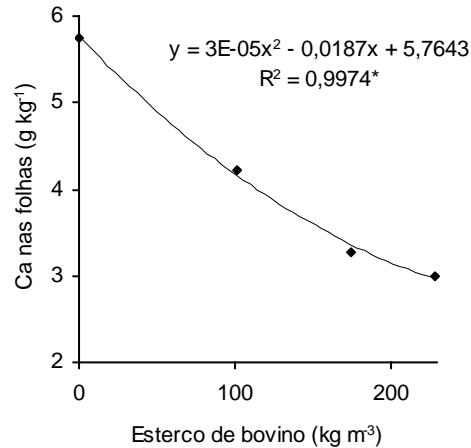
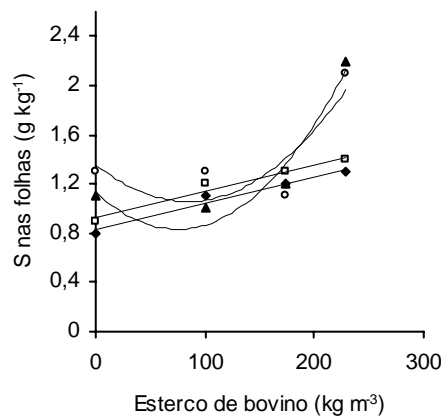


Figura 17. Efeito das doses de esterco nos teores de Ca nas folhas das mudas de guanandi. *: significativo a 5%.

A regressão entre a concentração de Mg nas folhas e as doses de esterco não foi significativa, apesar dos aumentos observados no substrato (Tabela 2). No

tratamento testemunha, o teor de Mg foi 27% maior do que o do tratamento que recebeu a maior dose de esterco. CUNHA et al. (2006), estudando o efeito de substratos no desenvolvimento de mudas de *Acacia sp*, concluíram que o substrato subsolo + areia lavada + esterco de bovino (1:1:1, v:v:v) foi o que apresentou maior acúmulo de P, K e Mg na parte aérea das mudas.

Para a concentração de S nas folhas das mudas foi observado aumento linear com as doses de esterco para C0 e C1 e efeito quadrático para C2 e C3 (Figura 18). A maior concentração de S nas folhas foi observada para o tratamento que recebeu a dose maior de esterco, sendo 43% superior à condição sem emprego de esterco e de calcário.



- ◆ C0 $y = 0,0019x + 0,8105; R^2 = 0,993^{**}$
- ◻ C1 $y = 0,0023x + 0,860; R^2 = 0,996^{**}$
- ▲ C2 $y = 5E-05x^2 - 0,008x + 1,1; R^2 = 0,93^{**}$
- C3 $y = 4E-05x^2 - 0,007x + 1,3; R^2 = 0,77^{**}$

Figura 18. Efeito das doses de esterco em cada dose de calcário no teor de S nas folhas das mudas de guanandi. **: significativo a 1%.

Observa-se nas Figuras 14, 15, 16 e 18 que o esterco de bovino aumentou as concentrações de N, P, K e S nas folhas mas, esses aumentos não refletiram em aumento na produção de matéria seca. SOUZA et al. (2005) verificaram, na parte aérea das mudas de ipê-amarelo produzidas no substrato que recebeu composto orgânico,

concentrações maiores de N, K, Ca e Mg, em relação às mudas cultivadas no substrato subsolo. O substrato subsolo + composto orgânico aumentou a disponibilidade de nutrientes para as mudas, devido às melhores condições de fertilidade, proporcionando melhor crescimento.

V. CONCLUSÕES

Nas condições do experimento pode-se concluir que:

- 1) A aplicação de calcário não é necessária para produção de mudas de guanandi em substrato constituído por subsolo + areia e adubado com superfosfato triplo.
- 2) O uso do esterco de bovino na composição do substrato para mudas de guanandi em doses iguais ou maiores do que 100 kg m^{-3} resulta em menor crescimento das plantas.

VI. REFERÊNCIAS

ABREU JR., C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F.; ALVAREZ, V.F.C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.635-647, 2000.

ALVES, W.L.; MELO, W.J.; FERREIRA, M.E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.729-736, 1999.

ALVES, W.L.; PASSONI, A.A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* Benth.) para arborização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.58-62, 1997.

ANDRADE NETO, A.; MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Avaliação de substratos alternativos e tipo de adubação para produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, p.270-280, 1999.

BARROS, N.F.; BRANDI, R.M.; COUTO, L.; REZENDE, G.C. Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.2, p.141-151, 1978.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

BERNARDINO, D.C.S.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, V.B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, p.863-870, 2005.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.57, p.161-170, 2000.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106)

CAMPINHOS JR., E.; IKEMORI, Y.K. Introdução de nova técnica na produção de mudas de essências florestais. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, p.226-228, 1983.

CAMPOS, L.A.A.; SA, J.C.A.; DENATE, M.E.S.P.; VELHO, L.M.L.S.; VICENTE, M.E.A. Influência de profundidade de semeadura e substratos no desenvolvimento inicial de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.). **Científica**, São Paulo, v.14, p.101-113, 1986.

CARNEIRO, J.G.A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a sua qualidade. **FUPEF**, Curitiba, v.12, p.1-40, 1983.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Curitiba: Embrapa - CNPF, 1994. 572p.

CARVALHO FILHO, J.L.S.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BLANK, A.F.; SANTOS NETO, A.L.; AMÂNCIO, V.F. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.40, p.341-352, 2002.

CARVALHO FILHO, J.L.S.; ARRIGONI-BLANKS, M.F.; BLANK, A.F. Produção de mudas de angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.) em diferentes ambientes, recipientes e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, p.61-67, 2004.

CASTRO, E.M.; ALVARENGA, A.A.; GOMIDE, M.B.; GEISENHOFF, L.O. Efeito de substrato na produção de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, p.366-370, 1996.

CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.

COSTA FILHO, R.T. Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva* (FR. ALL.) ENGL) em resposta à calagem, fósforo e potássio. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.537-543.

CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J.A.L.; SOUZA, V.C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, p.507-516, 2005.

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

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo

(*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, 2004.

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

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1989.

FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; FONSECA, F.C.; VALE, F.R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1191-1198, 2000.

FERREIRA, M.G.M.; CANDIDO, J.F.; CANO, M.A.O. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. I: Germinação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, p. 61-67, 1997.

FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2000.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVA, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.533-542, 1999.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; REZENDE, A.V.; MANN, E.N. Efeito da calagem no crescimento de espécies nativas na fase de mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS/UFV, p.827-829. v.2. 1995.

FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.5, p.1-12, 1999.

GODOY JUNIOR, C. Café, mudas em recipientes de polietileno. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.40, p.161-166, 1965.

GOMES, J. M.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, p.8-14, 1986.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; PEREIRA, A.R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Árvore**, Viçosa, v.9, p.58-65, 1985.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, p.35-42, 1991.

GOMES, K.C.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.B.; SILVA, S.R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, p.785-792, 2004.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F.S. Substrato para a produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de

Lindóia. **Resumos expandidos**. Águas de Lindóia: SLCS, SBCS, ESALQ/USP, SBM, 1996. CD-ROM.

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

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1985. 492p.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variations in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, New York, v.23, p.188-261, 1992.

LONGO, A.D. **Minhoca: de fertilizadora do solo a fonte alimentar**. São Paulo: Icone, 1987. 79p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 3. ed. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum de Estudos da Flora. v.1. 2000. 352 p.

MANTOVANI, J.R. **Absorção e acúmulo de nitrato por cultivares de alface e mobilidade do íon em solo de textura média**. 2004. 73f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2004.

MANTOVANI, J.R.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARBOSA, J.C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.817-824 , 2005.

MAZUR, N.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G.A. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.157-159, 1983.

MORAES, F.R.P. Adubação do cafeeiro: macronutrientes e adubação orgânica. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. (Ed.) **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. p.77-89.

MOREIRA, F.M.S.; MOREIRA, F.W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v.26, p.3-16, 1996.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. Viveiros florestais. Viçosa: UFV, 2000. 69p. (Caderno didático, 72).

POMPEU JR., J. Porta-enxerto para citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.C.P. (Ed.) **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. v.1. p.279-296.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo-Fundação IAC, 1996. p.8-13. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RENÓ, N.B.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; VALE, F.R. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.17-25, 1997.

SANTOS, C.B.; LONGHI, S.J.; HOPPE, J.M.; MOSCOVICH, F.A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, p.1-15, 2000.

SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W.; OLIVEIRA, E.R.V.; PIROLI, E.L. Influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, p.121-130, 2001.

SIMÕES, J.W.; LEITE, N.B.; TANAKA, O.K.; ODA, S. Fertilização parcelada na produção de mudas de eucalipto. **Revista IPEF**, Piracicaba, n.8, p.99-109, 1974.

SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; VALE, F.R.; FERREIRA, M.M.; MOREIRA, F.M.S. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 28p.

SOUZA, E.R.B; CARNEIRO, I.F.; NAVES, R.V.; BORGES, J.D.; LEANDRO, W.M.; CHAVES, L.J. Emergência e crescimento de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) em função do tipo e do volume de substratos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, p.43-49, 2001.

SOUZA, V.C.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R.L.A.; CUNHA, A.O.; SOUZA, A.P. Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-Paraíba, v.26, p.124-140, 2005.

STURION; J.A.; ANTUNES, B.M.A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. (Ed.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: 2000. p.125-150.

TEDESCO, N.; CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V. Influência do vermicomposto na produção de mudas de caroba (*Jacaranda micrantha* Chamisso). **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, p.1-8, 1999.

VENTURIN, R.P.; BASTOS, A.R.R.; MENDONÇA, A.V.R.; CARVALHO, J.G. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr.All.). **Cerne**, Lavras, v.6, p.30-39, 2000.

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; BARICHELO, L.R.; OLIVEIRA, L.S.; CALDEIRA, M.V.W. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, p.1053-1058, 2001.

YAGI, R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C.P.; BARBOSA, J.C. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p.549-557, 2003.