

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO

VEGETAL



**EFEITO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E
CONDICIONADOR DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS
ESPÉCIES PIONEIRAS ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA**

SANDRA DA SILVA PAES CARDOSO

ILHÉUS – BAHIA – BRASIL

Julho de 2008

SANDRA DA SILVA PAES CARDOSO

**EFEITO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E
CONDICIONADOR DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS
ESPÉCIES PIONEIRAS ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Santa Cruz,
como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em
Produção Vegetal.

Área de concentração: Solos e
nutrição de plantas em ambiente
tropical úmido.

ILHÉUS – BAHIA – BRASIL

Junho de 2008

C268

Cardoso, Sandra da Silva Paes.

Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e condicionador de solo no crescimento inicial de três espécies pioneiras arbóreas da Mata Atlântica / Sandra da Silva Paes Cardoso. – Ilhéus, BA : UESC, 2008.

ix, 46f. : il.

Orientador: Eduardo Gross.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

Referências: f. 42-46.

1. Árvores – Identificação. 2. Solos – Teor de compostos orgânicos. 3. Plantas e solo. 4. Micorriza. I. Título.

CDD 582.16

SANDRA DA SILVA PAES CARDOSO

EFEITO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E
CONDICIONADOR DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS
ESPÉCIES PIONEIRAS ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Santa Cruz,
como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em
Produção Vegetal.

Área de concentração: Solos e
nutrição de plantas em ambiente
tropical úmido.

Prof. Dr. José Olímpio de Souza Júnior
(UESC)

Prof. Dr. Aldo Vilar Trindade
(EMBRAPA -
Mandioca e Fruticultura Tropical)

Prof. Dr Eduardo Gross
(UESC – Orientador)

Ao meu pai, Enio Barreto Paes Cardoso (*in memoriam*)

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Eduardo Gross pela orientação, amizade e oportunidade de realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo provimento de bolsa de mestrado, sem a qual seria difícil realizar esta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Nívea e Enio, pelo amor, carinho e apoio incondicional em todas as decisões tomadas ao longo de minha vida.

Aos irmãos Larissa e Alexandre, pela afetividade e pelos definitivos anos de convivência.

Ao Alexandre de Almeida, companheiro querido, sobretudo pela convivência, carinho, aprendizado, apoio e inúmeros auxílios ao longo de todo o trabalho.

À Professora Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso, pela confiança, co-orientação e oportunidade de realização da parte experimental do trabalho.

À Denise Mescolotti e Luis Fernando Baldesin, técnicos do Laboratório de Microbiologia do Solo (Departamento de Ciência do Solo – ESALQ, USP) pelos inúmeros auxílios durante a parte experimental do trabalho, apoio, amizade e convivência. Agradeço também aos pós-graduandos vinculados ao Laboratório de Microbiologia do Solo, em especial a Rafael e Henrique, pelos momentos de descontração, convivência e pelos auxílios no experimento.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós –Graduação em Produção Vegetal, em especial a Lucas Calazans, pela contribuição em partes fundamentais do trabalho e a Natália Arantes pela amizade e convívio.

Aos Professores do Programa de Pós –Graduação em Produção Vegetal, que direta ou indiretamente enriqueceram minha formação e contribuíram para a construção desse trabalho.

ÍNDICE

EXTRATO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BILIOGRÁFICA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Produção de matéria seca	17
4.2. Colonização micorrízica e número de esporos	22
4.3. Macronutrientes	26
4.3.1. Fósforo.....	26
4.3.2. Nitrogênio.....	28
4.3.3. Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre.....	31
4.4. Micronutrientes	33
4.4.1. Zinco, Cobre e Boro.....	33
4.4.2. Manganês e Ferro.....	36
5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

EXTRATO

EFEITO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E CONDICIONADOR DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES PIONEIRAS ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA

CARDOSO¹, Sandra da Silva Paes; GROSS², Eduardo
(¹Orientada, Produção Vegetal; ²Professor Orientador, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais)

A associação de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) e algumas espécies arbóreas da Mata Atlântica tem papel importante na restauração de áreas degradadas. Tal associação pode promover maior sobrevivência em campo de mudas de espécies arbóreas, além de ter papel ecológico fundamental na condução e manutenção da biodiversidade da comunidade vegetal. Aliado à prática de inoculação de mudas de arbóreas por FMAs, o uso de composto orgânico pode beneficiar o desenvolvimentos das plantas, favorecendo a associação e aumentando o teor de nutrientes no solo. Com o objetivo de avaliar os efeitos da inoculação de FMAs e uso de condicionador de solo (composto orgânico) no crescimento inicial e nutrição de três espécies pioneiras arbóreas da Mata Atlântica, *Cyathorexylum myrianthum*, *Croton floribundus* e *Mimosa bimucronata*, foi conduzido experimento em casa de vegetação durante cinco meses. O experimento constou de quatro tratamentos: (i) inoculação com FMAs, (ii) adição de condicionador de solo (iii) inoculação com FMAs e adição de condicionador de solo (iv) tratamento controle isento de FMAs e condicionador de solo. Foram avaliadas as variáveis produção de matéria seca, percentagem de colonização micorrízica, número de esporos no solo e teores de macro e micronutrientes do tecido vegetal da parte aérea das plantas. *C. myrianthum* e *C. floribundus* apresentaram aumento de produção de biomassa de 62,9% e 29,5%, respectivamente, para o tratamento com FMA em relação ao controle, enquanto, *M. bimucronata*, apresentou homogeneidade entre os tratamentos. O teor de P na parte aérea aumentou com a inoculação e com uso do condicionador de solo em 59%, 64% e 92,6% para *C. myrianthum*, *C. floribundus* e *M. bimucronata*, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Os teores de Cu, para as três espécies, apresentaram maiores valores nos tratamentos com FMAs e com FMAs e condicionador de solo. O teor de Zn foi influenciado pelos FMAs com aumento de 25,53%, 43% e 43,9% para *C. myrianthum*, *C. floribundus* e *M. bimucronata*, em relação ao controle. FMAs não tiveram influência significativa na aquisição de Mn. O condicionador de solo reduziu significativamente a disponibilidade de Mn para as três espécies e influenciou negativamente sua aquisição pelas plantas. Em média, os teores de Mn no tecido vegetal das plantas nos tratamentos sem o condicionador de solo foram 2087%, 344% e 402% mais altos para *C. myrianthum*, *C. floribundus* e *M. bimucronata*, respectivamente, que os tratamentos com condicionador. O condicionador de solo apesar de ter elevado o teor de nutrientes no solo, causou efeito negativo em algumas variáveis estudadas, sendo, portanto, pouco recomendado para utilização na produção de mudas de espécies arbóreas nativas. A inoculação com FMAs é uma prática recomendável na produção de mudas para fins de restauração ou recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: árvores nativas; condicionador de solo; teor de nutrientes.

ABSTRACT

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND SOIL CONDITIONING ON INITIAL GROWTH OF THREE ARBOREAL PIONEER SPECIES OF ATLANTIC FOREST

CARDOSO¹, Sandra da Silva Paes; GROSS², Eduardo
(¹Msc student, Produção Vegetal; ²Advisor professor, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais)

Association between arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) and some tree species from Atlantic Forest present important role on restoration of degraded areas. This association can provide high survival to plant tree species, beyond important ecological role on conduct and maintain the plant community biodiversity. Concomitant to tree seedling AMFs inoculation the use of organic compost can favor seedling development, improving the symbiosis and nutrient rate on soil. With the aim to evaluate the AMFs inoculation effects and soil conditioning (organic compost) use on initial growth and nutrition of three arboreal pioneer species of Atlantic Forest, *Cytherexillum myrianthum*, *Croton floribundus* and *Mimosa bimucronata*, an experiment was carried out on greenhouse during five months. Four treatments were installed: i) Amfs inoculation (fma), ii) soil conditioning addiction (con), iii) AMFs inoculation and soil conditioning addiction (fma+con) and iv) control without AMFs and soil conditioning (test). Dry matter production, mycorrhizal colonization percentage, number of spores and macro and micronutrients content of shoot plant tissue were evaluated. *C. myrianthum* and *C. floribundus* inoculated with AMFs presented biomass production 62,9% and 29,5% higher, respectively, than control, while *M. bimucronata*, presented homogeneity among treatments. Rate of P in shoot augmented with inoculation and soil conditioner about 59%, 64% and 92,6% to *C. myrianthum*, *C. floribundus* and *M. bimucronata*, respectively, in relation of control. Rate of Cu, to the three species, presented higher values on AMFs inoculated and inoculated plus soil conditioner treatments. Rate of Zn was influenced by AMFs with 25,53%, 43% and 43,9% to *C. myrianthum*, *C. floribundus* and *M. bimucronata*, higher values than control. AMFs not influenced significantly on plant Mn acquisition Soil conditioner reduced significantly the Mn availability to the three species and negatively influenced its acquisition by plants. Rates of Mn in plant tissue whithout soil conditioner application were 2087%, 344% e 402% higher mais to *C. myrianthum*, *C. floribundus* and *M. bimucronata*, respectively, than plants of soil conditioner treatment. . Soil conditioner use augmented nutrient content in soil and caused negative effects in some studied variables, and has been weakly recommended to seedling production of native trees. AMFs inoculation is a recommended practice to the seedling with aim to restoration or recuperation of degraded areas.

Keywords: Native trees; soil conditioning; nutrient conten

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), assim como a utilização de outros microrganismos benéficos do solo, faz parte de estratégias de uso de métodos sustentáveis de manejo de agroecossistemas e recuperação de ambientes degradados.

Muito já se tem pesquisado e conhecido acerca dos efeitos da associação de FMAs e espécies vegetais. A maior aquisição de fósforo (P) pelas plantas, indicado como principal benefício de tal simbiose, permite que sejam criadas perspectivas de o uso e manejo desses microrganismos em áreas degradadas e serem recuperadas ou restauradas.

A associação de FMAs e algumas espécies arbóreas da Mata Atlântica, já investigadas por diversos pesquisadores, tem papel importante na restauração de áreas degradadas. Tal associação pode prover as espécies arbóreas de maiores chances de sobrevivência em campo, além de ter papel ecológico fundamental na condução e manutenção da biodiversidade da comunidade vegetal.

Estudos envolvendo o efeito de inoculação de FMAs em mudas de arbóreas têm apresentado resultados positivos para o desenvolvimento dessas plantas, indicando que esta é uma prática importante na restauração de áreas degradadas.

O uso de compostos orgânicos e condicionadores de solo provenientes de resíduos, sejam urbanos, agroindustriais ou industriais, para a produção de mudas e, ou utilização direta em solos degradados, é outra prática desejável em programas de restauração de áreas degradadas. Além de ser uma destinação correta de resíduos orgânicos, provê muitos benefícios ao solo e às plantas.

O uso concomitante de FMAs e de composto orgânico e condicionadores de solo para produção de mudas de espécies arbóreas para fins de restauração florestal pode ser uma prática aplicável no desenvolvimento das plantas e seu estabelecimento em campo.

Partindo-se da hipótese de que a associação entre FMAs e espécies arbóreas tropicais, assim como o uso de composto orgânico para fertilização têm efeitos benéficos ao desenvolvimento das mudas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito dessa associação e do uso de composto orgânico no crescimento inicial e nutrição de três espécies pioneiras arbóreas da Mata Atlântica: *Cytherexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. (Leguminosa, Mimosoideae), conhecidas como pau viola, capixingui e maricá, respectivamente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A simbiose entre fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e raízes das plantas compõe uma das mais comuns e difundidas relações ecológicas de ambientes terrestres. Micorrizas são associações mutualísticas entre certos grupos de fungos e raízes de espécies vegetais, sendo as micorrizas arbusculares (MAs) a designação da simbiose formada por fungos do Filo Glomeromycota (SCHÜBLER et al., 2001).

FMA se associam com plantas da maioria dos taxa vegetais, incluindo espécies de interesse agrônômico, pastoril e espécies florestais tropicais (HARLEY, SMITH, 1983; MOREIRA, SIQUEIRA, 2002), e sua ocorrência abrange os solos da grande maioria dos ecossistemas terrestres.

É especulado que esse grupo de microrganismos exista há cerca de 400 milhões de anos (REMY et al., 1994). Essa longa história evolutiva, além da ocorrência generalizada em ambientes terrestres, é frequentemente interpretada como evidência de seu papel essencial no desenvolvimento de muitas plantas (GEORGE, 2000).

Os efeitos dos FMAs em plantas são complexos e dependem de diversos fatores ambientais e de suas interações com o sistema planta-fungo. A disponibilidade de nutrientes do solo, principalmente o P, tem sido relatada como fator modulador da simbiose. A eficiência da associação varia também de acordo com características dos simbioss e do ambiente, podendo desde atuar positivamente no desenvolvimento do hospedeiro até apresentar características parasíticas (MOREIRA, SIQUEIRA, 2002).

Na simbiose entre FMAs e plantas ocorre transferência bidirecional de carboidratos do vegetal para o fungo e de nutrientes minerais do fungo para o

hospedeiro. As estruturas especializadas onde esse processo se dá são os arbúsculos, que estão presentes no interior das células corticais da raiz. Arbúsculos são formados a partir da ramificação dicotômica de hifas, sendo resultado do desenvolvimento coordenado e molecularmente sinalizado entre os simbioses (SMITH, et al., 1994).

Efeitos benéficos no crescimento de plantas têm sido bem documentados e relacionados principalmente ao aumento da absorção de nutrientes, em especial o P. A melhoria nutricional de plantas micorrizadas é devido, sobremaneira, à aquisição de nutrientes pelas hifas fúngicas extraradiculares que são capazes de absorver e transportar para o hospedeiro, além do P, outros elementos como N, Zn, Cu, e Fe (GEORGE, 2000).

Marschner e Dell (1994) verificaram, em condições controladas, que o micélio extra-radicular de FMAs foi responsável por cerca de 80% do P, 25% do N e do Zn e 60% do Cu absorvidos pelas plantas. Estudos indicam que a absorção de P pelo fungo e transferência para o hospedeiro é estimulada pela transferência de C da planta para o simbiote (BÜCKING, SHACHAR-HILL, 2005)

FMAs beneficiam o crescimento de plantas especialmente em solos onde o P é nutriente limitante para seu desenvolvimento. Em ambientes tropicais, onde boa parte dos solos tem essas limitações, FMAs podem exercer importante função na produtividade das plantas.

Os nutrientes podem ser absorvidos pelas plantas por interceptação da raiz, fluxo de massa (ligado ao movimento da água) e por difusão, que é o principal mecanismo de absorção de P pelas plantas (MALAVOLTA, 2004). O maior volume de solo explorado pelas hifas fúngicas com significativa extensão

da área de absorção e diminuição da distância de difusão do P do solo para as raízes micorrizadas é o mecanismo primário que explica o benefício (BOLAN, 1991, CLARK, ZETO, 2000).

Para alguns nutrientes o efeito de FMAs são pouco conclusivos. Apesar de para nitrogênio (N) ser comumente reportado o aumento de aquisição em plantas micorrizadas (CLARK, ZETO, 2000), há relatos de ausência de efeito, ou mesmo redução da absorção (GEORGE, 2000), assim como para potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B) e ferro (Fe). Para o enxofre (S), estudos apresentam resultados indicando maior absorção por plantas micorrizadas, porém em menor magnitude que P. Pesquisas têm reportado a influência de FMAs na aquisição de zinco (Zn) e cobre (Cu) em solo onde há baixo suprimento desses elementos (MARSCHNER, DELL, 1994; CLARK, ZETO, 2000; GEORGE, 2000).

Em estudos abordando o manganês (Mn), o uso de FMAs têm influenciado a redução na aquisição para culturas anuais em situação de excesso desse micronutriente (TRINDADE et al., 1996; NOGUEIRA et al., 2004, KOTHARI et al., 1991) e também para arbóreas (HABTE, SOEDARJO, 1996; TRINDADE et al., 2000). Nogueira et al. (2004) encontraram plantas de soja que apresentaram aumento, aos 45 dias do plantio, e redução, aos 90 dias, do teor de Mn.

Além dos efeitos nutricionais dos FMAs, diversos trabalhos têm relatado melhorias na relação hídrica da planta hospedeira (MARSCHNER, DELL, 1994), proteção contra microrganismos patogênicos do solo (GRAHAM, 1988), atenuação da toxidez de metais pesados e outros elementos (SIQUEIRA et al., 1999; SOARES et al., 2006)

Pesquisas têm indicado a importância das MAs para espécies arbóreas da Mata Atlântica (CARNEIRO et al., 1996; CARNEIRO et al., 1998; SIQUEIRA et al., 1998; POUYÚ-ROJAS; SIQUEIRA, 2000; ZANGARO et al., 2002; FLORES-AYLAS et al., 2003; AIDAR et al., 2004), principalmente relacionada à absorção de P no desenvolvimento inicial da maioria das espécies estudadas (CARNEIRO et al., 1996; SIQUEIRA et al., 1998; POUYÚ-ROJAS e SIQUEIRA, 2000; FLORES-AYLAS et al., 2003).

Siqueira et al. (1998) estudando o desenvolvimento inicial de 28 espécies arbóreas nativas de fragmentos florestais em Minas Gerais, sob influência de FMA, encontraram diferenças na taxa de colonização micorrízica e no crescimento entre espécies de diferentes classes sucessionais. Segundo os resultados obtidos nessa pesquisa, espécies pioneiras exibiram maior susceptibilidade de infecção, alta taxa de colonização e grau de resposta para micorriza e adubação com superfosfato, enquanto que espécies de grupos sucessionais mais avançados, sobretudo espécies climácicas, exibiram reduzido grau de infecção e baixa resposta à adubação com superfosfato.

Em trabalhos desenvolvidos no Paraná (ZANGARO et al., 2002) e na região sudeste do estado de São Paulo (AIDAR et al., 2004), resultados corroboram os obtidos por Siqueira et al. (1998) apontando a relação entre as MAs e sucessão florestal. Porém, esta relação tem razões ainda desconhecidas, sendo especulada a origem evolutiva (ZANGARO et al., 2002; SIQUEIRA et al., 1998)

O P disponível no solo tem demonstrado ser um fator essencial para o crescimento inicial das espécies arbóreas (CARNEIRO et al. 1996; FLORES-AYLAS et al. 2003), sendo as condições de disponibilidade desse elemento no

solo um fator modulador do benefício das MAs para as plantas, como o encontrado por Flores-Aylas et al. (2003), em que o efeito do FMA *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann foi mais evidente no desenvolvimento das plantas em condições de baixo P disponível no solo. CARNEIRO et al. (1996) encontraram resultados positivos no desenvolvimento das plantas, decorrente da sinergia entre superfosfato e FMA (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*) em 90% das espécies vegetais estudadas. Os resultados dessas pesquisas apontam a baixa densidade de propágulos de FMAs e fertilidade do solo como fatores limitadores da sucessão natural.

Segundo Moreira e Siqueira (2002) o teor de matéria orgânica (MO) no solo tem influência sobre a colonização de mudas, podendo ter efeito benéfico ou mesmo inibitório, caso haja elevados teores de nutrientes, principalmente P e N. De acordo com os autores, para ter efeito benéfico, o teor de MO não deve ultrapassar 25 a 30% do substrato.

De acordo com pesquisa realizada por Trindade et al. (2000), que teve por objetivo a avaliação de adequada proporção de esterco em interação com FMAs, para compor substrato para desenvolvimento de mudas de mamoeiro, a dose de 10% de esterco apresentou melhor adequação. A combinação de aplicação de 10% de esterco e inoculação com o FMA *G. etunicatum* promoveu a formação de mudas saudáveis e apropriadas ao transplante para o campo.

Embora existam diversos estudos abordando os efeitos de FMAs no desenvolvimento das mudas de espécies arbóreas, pesquisas a respeito do desenvolvimento dessas mudas em campo ainda são escassas.

A prática de pré-inoculação de FMAs em plantas micotróficas, antes do transplante para o campo, pode prover de propágulos fúngicos áreas em que

há baixa população desses microrganismos, aumentando as chances de sobrevivências das plantas em áreas degradadas (POUYÚ-ROJAS e SIQUEIRA, 2000; ONGUENE e KUYPER, 2005)

Após a supressão da vegetação ou degradação de áreas de floresta, a quantidade de inóculo de FMAs que permanece no solo pode ser insuficiente para colonização de plantas que se restabelecem no local. O aumento de propágulos de FMAs através da inoculação de mudas a serem plantadas nessas áreas, além de ser uma prática desejável, torna-se necessária para o sucesso da restauração de áreas desflorestadas (ONGUENE, KUYPER, 2005).

Restauração florestal, segundo Kageyama et al. (2003) engloba o manejo da paisagem com a finalidade de minimizar os efeitos dos processos de degradação/fragmentação das áreas de floresta. Não tem a pretensão de refazer uma floresta tal como existia anteriormente ao distúrbio, mas assistir e direcionar processos ecológicos para características desejáveis de um sistema biodiverso (ENGEL, PARROTA, 2003).

A dinâmica e a estabilidade de ecossistemas, assim como a manutenção e os mecanismos que regulam sua diversidade vegetal têm sido associadas, dentre outros fatores, à diversidade de FMAs (FRANCIS, READ, 1994; van der HEIJDEN et al., 1998). Segundo Bever et al.(2001), espécies de FMAs são ecologicamente distintas e essa distinção contribui para a manutenção da alta diversidade desses microrganismos e têm influência sobre a manutenção da diversidade de plantas.

A consideração dos FMAs como componentes relevantes para a restauração florestal pode ser imprescindível no sucesso da regeneração da

vegetação, assim como para o direcionamento e a manutenção da biodiversidade.

O conhecimento sobre a eficiência da associação de FMAs com espécies arbóreas da Mata Atlântica tem aumentado. Porém, há necessidade de mais pesquisas englobando outras espécies de plantas e práticas mais sustentáveis com redução do uso de insumos químico-inorgânicos sintéticos, sobretudo quando se pretende restaurar ambientes naturais e, ou produzir alimentos para o homem e a fauna silvestre.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi montado um experimento em 19 de julho de 2007 em casa de vegetação nas dependências do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq / USP, no município de Piracicaba, São Paulo.

O experimento teve delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4. Foram utilizadas três espécies arbóreas pioneiras da Mata Atlântica, submetidas a quatro composições de substrato com cinco repetições cada. As composições que cada espécie foi submetida foram: i) solo inoculado com FMAs (fma), ii) solo acrescido de condicionador de solo (con), iii) solo inoculado com FMAs e acrescido de condicionador (fma+con) e iv) controle isento de FMAs e condicionador de solo (test). As diferentes composições desses substratos são denominadas de tratamentos neste presente trabalho.

As espécies estudadas foram *Cytherexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. (Leguminosa, Mimosoideae), conhecidas pelo nome popular de pau viola, capixingui e maricá, respectivamente. Essas espécies foram selecionadas quanto à importância em programas de restauração florestal (LORENZI, 1992), ocorrência em áreas de Mata Atlântica do estado da Bahia e disponibilidade de sementes em instituições de pesquisa e, ou empresas de venda e produção de mudas. A espécie *C. myrianthum* apresenta, ainda, característica importante para restauração florestal, que é a atração de avifauna em função de seus frutos, como relatado por Machado e Rosa (2005).

Foi dada prioridade para espécies pioneiras por conta do tempo curto de desenvolvimento das mudas, para, assim, possibilitar o acompanhamento do desenvolvimento até o período recomendado para plantio em campo.

Todos os tratamentos foram montados em vasos plásticos contendo 3,5 litros solo classificado como Neossolo Quartzarênico coletado a partir da camada de 0 – 20 cm, na localidade Paredão Vermelho, região do município de Piracicaba. Fisicamente, o solo era composto por 88, 4 e 8% de areia, silte e argila, respectivamente e sua caracterização química encontra-se na Tabela 1.

O solo seco foi peneirado em malha de 4 mm e esterilizado em autoclave por 2 h a 121 °C. Antes e depois da esterilização foram retiradas amostras para realização de análises químicas e física do solo.

Depois de esterilizado, o solo recebeu calcário para elevação do V para 60%, com base em Rajj et al. (1996), com aplicação de 922mg de calcário dolomítico de PRNT 101,60% por vaso. Passados 15 dias, foi feita adubação de base para todos os tratamentos que consistiu em: 413 mg de NaH_2PO_4 , 781 mg de K_2SO_4 , 1 g de NH_4NO_3 (doses equivalentes a de 30, 100 e 100 mg dm^{-3} de P, K e N, respectivamente) e 350mg de fritas (adubo químico comercial composto por micronutrientes, de especificação FTE 09) por vaso, seguindo adubação recomendada para espécies arbóreas nativas (GONÇALVES et al., 2002).

A escolha da dose de P foi feita a fim de se obter adubação adequada à micorrização das plantas, com base em trabalhos existentes com arbóreas nativas (CARNEIRO et al., 1996; SIQUEIRA et al., 1998; SIQUEIRA, POUYÛ-ROJAS, SIQUEIRA, 2000; SIQUEIRA, SAGGIN-JÚNIOR, 2001). Tanto o calcário quanto o adubo foram misturados mecanicamente ao solo de cada

tratamento a fim de homogeneizar o substrato. Quinze dias após a adubação foram retiradas amostras para realização de análises químicas do solo.

Foi utilizada dose de condicionador de solo correspondente a 30 toneladas por hectare, baseada em resultados que sugerem benefício dessa dose à associação com FMAs e mudas de espécies arbóreas (MENDES FILHO, 2004). O condicionador de solo foi misturado mecanicamente ao solo de cada tratamento a fim de homogeneizar o substrato. O condicionador de solo utilizado no experimento foi adquirido na empresa de compostagem Bioland, com sede no município de Piracicaba - SP, que utiliza resíduos orgânicos de diversas origens, tais como: sobras de restaurantes, produtos alimentícios com validade vencida, podas de árvores, serragem, lodos de indústrias alimentícias, cascas de eucaliptos e outros resíduos agroindustriais e comerciais, que são compostados em pilhas estáticas sob aeração forçada. A denominação de condicionador de solo segue os critérios estabelecidos pela Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Nº 35 de 04 de julho de 2006, sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. Características do condicionador de solo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Análises químicas do solo utilizado no experimento, antes e após a esterilização e adubação

Amostra	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	%	%	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
Solo	4,3	12	3	1	0,5	9	4	1	18	13,5	31,5	43	7	0,2	0,5	42	11,3	2,5
Solo ester. + adub	5,2	14	29	221	11,8	16	10	0	11	37,8	48,8	77	0	4,0	0,4	22	52,8	2,6
Solo ester. + adub + con solo	5,7	15	78	267	26,8	39	11	0	10	76,8	86,8	88	0	7,1	0,4	25	47,3	3,3

Métodos utilizados: pH - CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; MO - colorimetria; P, K, Ca, Mg - resina trocadora de íons; S-SO₄²⁻ - turbidimetria (BaCl₂ em pó); Fe, Mn, Cu, Zn - DTPA (absorção atômica); B - BaCl₂ . H₂O - microondas; H+Al - Ph SMP; Al trocável - titulometria (1 mol L⁻¹)

Tabela 2. Características do condicionador de solo utilizado no experimento

Determinações	Valores
CTC (mmol _c kg ⁻¹)	400
pH em CaCl ₂ 0.01M	8,2
C total (%)	10,45
C orgânico (%)	9,96
N total (%)	0,93
P (P ₂ O ₅) total (%)	0,64
K (K ₂ O) total (%)	0,93
Ca total (%)	3,87
Mg total (%)	0,41
S total (%)	0,54
Relação C/N (C total e N total)	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	11/1
Cu total (%)	0,0038
Mn total (%)	0,032
Zn total (%)	0,0118
Fe total (%)	1,8554
B total (%)	0,0003
Na total (%)	0,2788

As espécies de FMAs utilizadas foram *Glomus clarum* Nicol. & Schencke e *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann, provenientes do banco de inóculo do Setor de Microbiologia do Solo da ESALQ. A escolha das espécies de FMAs baseou-se em estudos existentes que comprovaram o efeito positivo desses fungos no desenvolvimento inicial de espécies arbóreas tropicais (SIQUEIRA et al., 1998; SIQUEIRA, SAGGIN-JÚNIOR, 2001) além da disponibilidade do inóculo no laboratório.

Os esporos de FMAs das espécies escolhidas estavam armazenados em câmara fria, sendo provenientes de vasos de multiplicação de FMAs através do cultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) em casa de vegetação. A inoculação dos substratos dos tratamentos com FMAs foi feita através de suspensão de esporos extraídos por peneiramento úmido (GERDEMANN, NICOLSON, 1963) sendo centrifugados em solução de sacarose 70%. Em cada vaso foi pipetado 5 mL de uma suspensão contendo aproximadamente 200 esporos de *G. clarum* e 200 de *G. etunicatum*, os quais foram colocados próximos às raízes das plântulas, no momento do transplante.

Com a finalidade de restabelecer a comunidade microbiana nos substratos, foi acrescentado em todos os vasos 5mL de um filtrado do solo inóculo, estando, porém, isento de propágulos de FMAs. Para tanto foi misturado em 1 L de água deionizada, 50 mL de cada solo inoculo, agitado vigorosamente e posteriormente peneirado em peneira de malha de 44µm com o objetivo de reter propágulos de FMAs.

As sementes das espécies estudadas foram adquiridas na Bioflora, empresa de produção e venda de mudas de espécies arbóreas nativas situada no município de Piracicaba, SP. Para desinfestação das sementes, essas

foram mergulhadas em álcool 96% durante 2 minutos e depois lavadas com água deionizada e esterilizada. Depois foram mergulhadas em hipoclorito de sódio 2% durante 5 minutos e então lavadas abundantemente com água deionizada esterilizada. Sementes de capixingui foram submetidas à escarificação com uso de lixa nº 120. Para as demais espécies não foi necessário nenhum tratamento para quebra de dormência.

As sementes foram selecionadas de acordo com critério de uniformidade no tamanho e colocadas para germinar em copos plásticos de 200 mL contendo vermiculita. Após as plântulas terem atingido cerca de 5 cm foram transplantadas para os vasos definitivos. No momento do transplante foi feita a inoculação com os FMAs.

As plântulas receberam adubação de cobertura aos 15, 30 e 45 dias após a montagem do experimento, que consistiu em uma solução de Hoagland modificada (SARRUGE, 1975) isenta de P e com metade da concentração. Cada vaso recebeu 10 mL da solução a cada aplicação.

Cada unidade experimental consistiu de um vaso com uma plântula. Durante a condução do experimento a umidade do solo nos vasos foi mantida através de regas diárias com água deionizada e as plantas permaneceram sob condições naturais de luminosidade.

Após 4 meses e 19 dias foi feita a coleta das plantas. A parte aérea de cada uma foi cortada à altura do colo do caule, acondicionada em sacos de papel e secas em estufa de fluxo de ar forçado à temperatura de 65 °C por 7 dias, quando foram pesadas para obtenção do peso da matéria seca. Após a pesagem, partes aéreas das plantas foram trituradas e enviadas para o

Laboratório de Análise de Tecido Foliar do Departamento de Ciência do Solo da Esalq para realização de análise de macro e micronutrientes.

Das raízes, que foram lavadas com água corrente para retirada do solo, foi retirada uma amostra de cerca de 1 grama de raízes finas para análise de colonização micorrízica e o restante, foi processado da mesma maneira que a parte aérea. Para determinação da porcentagem de colonização micorrízica, as raízes foram coradas de acordo com Vierheilig et al. (1998). Para a avaliação, foi utilizado estereomicroscópio com aumento de 40X e empregado o método de interseção em placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980).

A partir de três amostras (repetições) de 60 mL de solo de cada tratamento foi realizada a extração por peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e contagem de esporos em estereomicroscópio.

Dados referentes à biomassa da parte aérea e raiz, porcentagem de colonização micorrízica, número de esporos no solo e teor e conteúdo de macro e micronutrientes da parte aérea foram analisados. Diferenças significativas ao nível alfa de 5% entre tratamentos foram avaliadas através de análise de variância (ANOVA) com teste 'a posteriori' de Tukey. Dados de porcentagem de colonização radicular foram previamente submetidos à transformação em arco seno $(x/100)^{1/2}$. Análises estatísticas foram realizadas com o programa Past 1.44 e STATISTICA versão 6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção de matéria seca

O desenvolvimento das três espécies arbóreas estudadas apresentou respostas diferentes em função dos tratamentos. *Cytherexillum myrianthum* apresentou resultados heterogêneos quanto à influência de FMAs no desenvolvimento das mudas quando comparado com as demais espécies, sendo favorecida positivamente pela associação. Em *Croton floribundus*, apesar de não haver diferenças significativas de produção de biomassa total entre os tratamentos, os resultados apresentaram tendência de maior desenvolvimento para os tratamentos inoculados com FMAs. Resultados do experimento com *Mimosa bimucronata* não apresentaram diferenças quanto ao crescimento das mudas nem tendência de crescimento entre os tratamentos (Tabela 3 e Figura 1).

Tabela 3. Médias de biomassa total das plantas (g kg^{-1}) e diferença estatística entre espécies e tratamentos

Tratamentos	Espécies		
	<i>C. myrianthum</i>	<i>C. floribundus</i>	<i>M. bimucronata</i>
test	33,01 bcB	26,05 aB	56,46 aA
fma	53,76 aA	33,74 aB	49,73 aA
con	25,74 cB	20,15 aB	55,82 aA
fma+con	46,93 abA	25,74 aB	55,03 aA

Médias seguidas da mesma letra (minúscula para uma mesma espécie e maiúscula entre as espécies) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

M. bimucronata parece ser menos exigente em nutrientes para seu desenvolvimento quando comparada às outras duas espécies. Nesta espécie houve tendência de homogeneidade no crescimento (observado através da produção de matéria seca) para os quatro tratamentos e, comparada às outras

espécies, essa planta apresentou maior acúmulo de biomassa (Tabela 3). O aumento de biomassa em plantas micorrizadas pode ser resultado do aumento da aquisição de nutrientes (MARSHNER, DELL, 1994; HABTE, SOEDARJO, 1996). *C. floribundus* foi a espécie que apresentou menor produção de biomassa. Espécies diferentes, por conta de suas características intrínsecas, podem apresentar demandas nutricionais e taxas de crescimento diferenciadas em um mesmo ambiente. Isso pode ter reflexo, juntamente com outros fatores, na resposta à micorrização.

Diversos estudos com arbóreas nativas de áreas tropicais em fase de crescimento inicial têm demonstrado o efeito positivo de FMAs na produção de biomassa (CARNEIRO et al., 1996; SIQUEIRA et al., 1998; POUYU-ROJAS, SIQUEIRA, 2000; SIQUEIRA, SAGGIN-JÚNIOR, 2001; ONGUENE, KUYPER, 2005; POUYU-ROJAS et al., 2006). Apesar disso, são notadas diferenças no efeito de FMAs em espécies distintas considerando que o resultado da associação é moldado, dentre outros fatores, pelas características dos simbiontes, podendo ser algumas combinações de fungos e hospedeiros mais eficientes que outras, indicando certa seletividade (van der HEIJDEN et al., 1998; KIERS et al., 2000; BEVER et al., 2001; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002; POUYU-ROJAS et al., 2006).

Considerando a matéria seca total, somente para *C. myrianthum* houve diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento que teve inoculação com FMAs (fma) apresentou maior biomassa seguido pelos inoculado com FMAs e acrescido de condicionador de solo (fma+con), testemunha (test) e o tratamento que teve somente acréscimo de condicionador de solo (con) (Figura 1A).

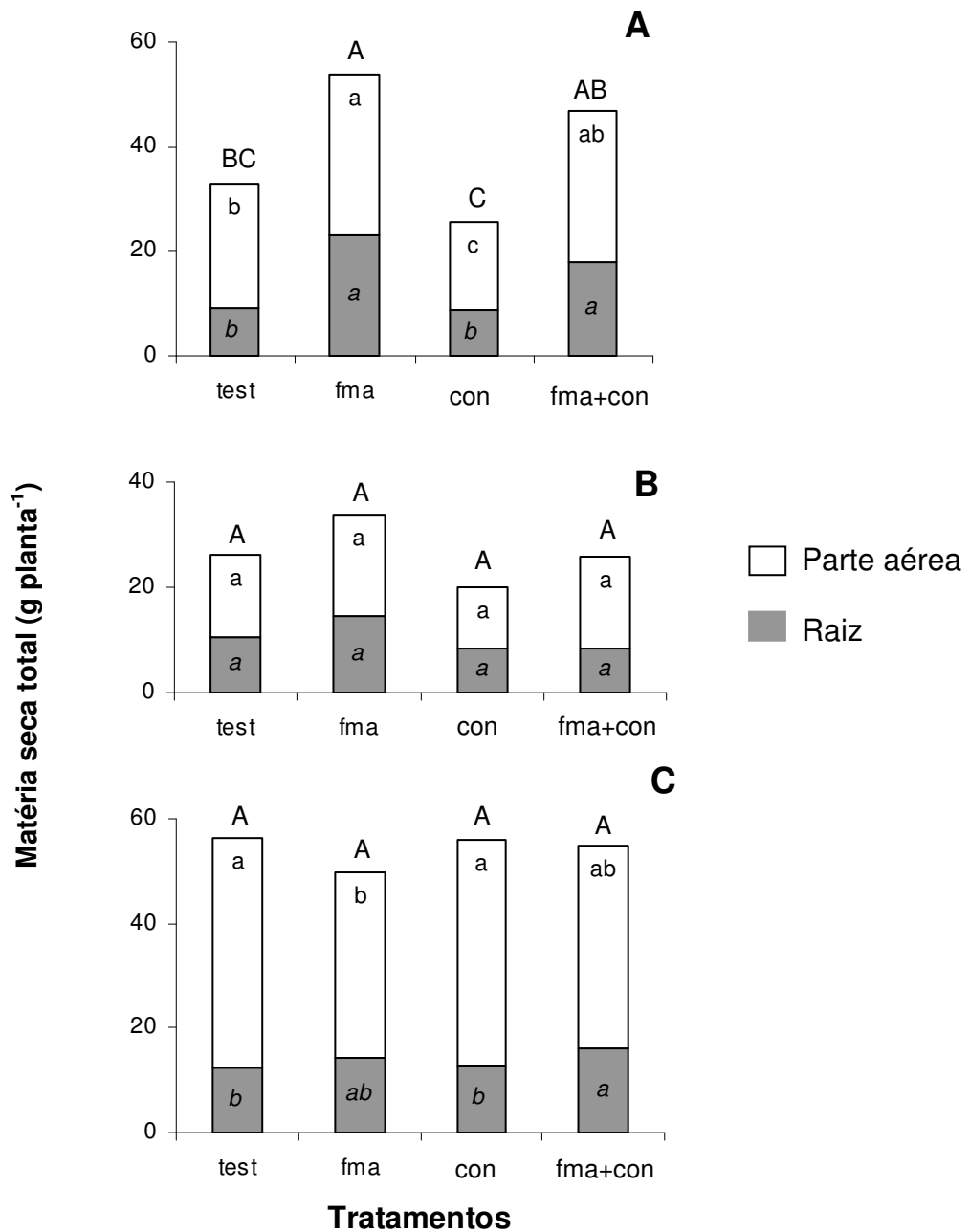


Figura 1. Efeitos dos tratamentos sobre a massa da matéria seca para as espécies *C. myrianthum* (A), *C. floribundus* (B) e *M. bimucronata* (C). Letras diferentes, maiúsculas para matéria seca total e minúsculas para parte aérea e raiz indicam que médias diferem entre si para cada espécie pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Em *M. bimucronata*, análises de matéria seca separadas em parte aérea e raiz apresentaram diferenças entre as médias dos tratamentos. A parte aérea dos tratamentos não inoculados com FMAs apresentou maiores médias,

seguidas do tratamento fma+con e fma. Quanto à biomassa das raízes, o tratamento fma+con teve maior média seguido de fma e os tratamentos sem inoculação (Figura 1C).

A adição de condicionador de solo resultou em aumento de alguns nutrientes no solo, como P, S, K, Ca, Mg, B, e Zn em 168, 21, 127, 144, 10, 78 e 26%, respectivamente, em relação ao substrato dos tratamentos sem condicionador de solo. Isso possivelmente teve reflexos na nutrição das plantas (Tabela 1).

Diversos trabalhos relataram a influência positiva de composto orgânico em associação com FMAs no crescimento de plantas (TRINDADE et al., 1996; TRINDADE et al. 2000; MENDES FILHO, 2004; PERNER et al., 2007). Em estudo com espécies arbóreas nativas, *Parkia multijuga* Benth., *Inga edulis* Mart. e *Schinus terebinthifolia* Schlecht. & Cham. e a exótica *Acacia mangium* Willd., Mendes Filho (2004) encontrou que somente para *P. multijuga* não houve efeito positivo do uso associado do composto orgânico com FMAs no crescimento das plantas. Para as demais espécies, relatadas pelo autor como altamente micotróficas, o uso do composto juntamente com os FMAs influenciou fortemente a produção de matéria seca da parte aérea das plantas. Parece haver efeito sinérgico positivo entre a aplicação do composto e inoculação com FMAs (TRINDADE et al., 1996; MENDES FILHO, 2004).

O uso de composto resulta em aumento nos teores de nutrientes do solo, entre eles o P, podendo, em solos pobres nesse nutriente, contribuir para melhorar eficiência da simbiose. Jøner e Jakobsen (1995) sugerem que FMAs teriam capacidade de influenciar a exsudação de fosfatases pelas raízes colonizadas, aumentando conseqüentemente a absorção de P pelas plantas.

Contudo, Mendes Filho (2004) coloca que explicações bioquímicas para o mecanismo que envolve o estímulo ao maior desenvolvimento de plantas micorrizadas em presença adubação orgânica ainda não estão bem esclarecidos.

Os resultados deste experimento não demonstraram significativa diferença em relação ao uso do condicionador de solo para o crescimento das plantas. Para *C. myrianthum* o tratamento que levou o condicionador de solo apresentou a menor média de biomassa (Tabela 3). Já em *M. bimucronata* o uso do condicionador, juntamente com a inoculação com FMAs, resultou em maior biomassa para raízes (Figura 1C). Para os tratamentos sem adição de FMAs, o uso do condicionador de solo, de forma geral, não resultou em aumento de biomassa para as mudas. Pode ter ocorrido efeito negativo do condicionador de solo no desenvolvimento das mudas em função do alto teor de Na (Tabela 1) e do alto pH (Tabela 2), o que pode ter interferido na disponibilidade de alguns nutrientes. É necessário, porém, mais investigação relacionada à influência da composição do substrato no desenvolvimento das mudas.

4.2. Colonização micorrízica e número de esporos

Plantas das três espécies apresentaram colonização micorrízica das raízes com percentuais variando entre 21 a 80% para os tratamentos que foram inoculados com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Figura 2). Nos tratamentos em que não houve inoculação não foi observada colonização das raízes. Valores altos de colonização micorrízica são comuns em arbóreas pioneiras da Mata Atlântica, quando inoculadas com FMAs (CARNEIRO et al., 1996; SIQUEIRA et al., 1997; POUYU-ROJAS, SIQUEIRA, 2000; SIQUEIRA, SAGGIN-JÚNIOR, 2001; ZANGARO et al. 2002; FLORES-AYLAS et al., 2003; POUYU-ROJAS, SIQUEIRA, SANTOS, 2006;).

Em *C. floribundus*, médias dos valores de colonização micorrízica, 21,48 e 42,34% nos tratamentos fma e com +fma, respectivamente, aproximam-se aos percentuais encontrados por Siqueira e Saggin-Júnior (2001) para essa espécie. Para *M. bimucronata*, médias dos percentuais de colonização micorrízica (42,85 e 60,38%) se aproximaram dos encontrados por Patreze e Cordeiro (2004). Valores percentuais de colonização encontrados em *C. myrianthum* coincidem com encontrados por Zangaro et al. (2002), sendo considerada uma espécie que apresenta valores muito altos de colonização por FMAs.

Espécies arbóreas de início da sucessão, em geral são altamente micotróficas, e dependendo das condições ambientais, podem ter dificuldades em se estabelecer na ausência de propágulos de FMAs (KIERS et al., 2000; SIQUEIRA e SAGGIN-JÚNIOR, 2001). Segundo Kiers et al. (2000), espécies de FMAs teriam papel fundamental no recrutamento de plântulas, podendo influenciar padrões de diversidade e distribuição da vegetação no ambiente.

Em estudo com espécies arbóreas em semeadura direta, Flores-Aylas et al. (2003) observaram que FMAs influenciaram as relações competitivas entre as espécies, modificando o padrão de dominâncias entre elas dependendo da disponibilidade de P no solo.

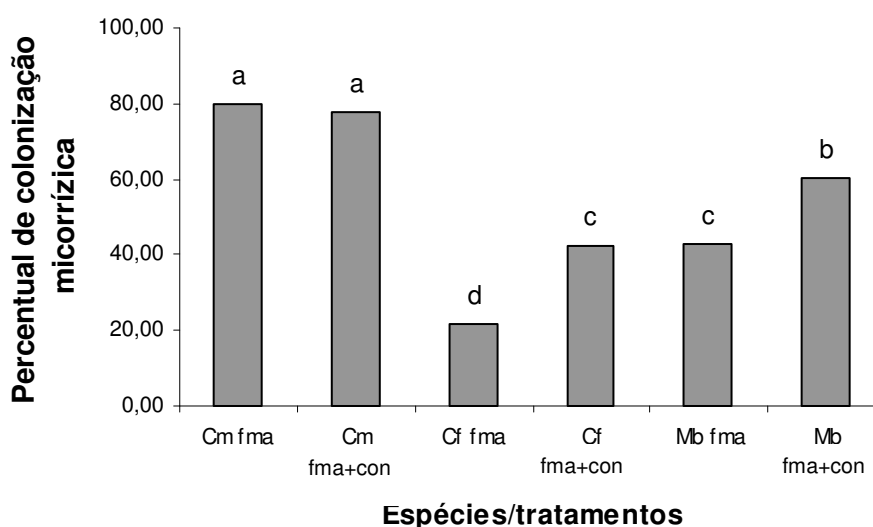


Figura 2. Percentual de colonização micorrízica para tratamentos inoculados com FMAs de cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre espécies e tratamentos.

Espécies dos estádios iniciais de sucessão vegetal, normalmente, apresentam grande potencial de crescimento, absorção de nutriente e acumulação em tecidos vegetais (GONÇALVES et al., 1992). Esse grande potencial de crescimento e acumulação de nutrientes é responsável por importantes modificações no ambiente como transferência de nutrientes disponíveis no solo para a biomassa, evitando perdas, elevação do teor de matéria orgânica do solo, modificação das condições microclimáticas, propiciando assim, condições para o estabelecimento de espécies das classes seguintes da sucessão (ZANGARO et al., 2000). Tais condições são ainda

potencializadas quando se considera a associação com FMAs. A transferência de nutrientes do solo é maior, levando em consideração que os FMAs têm grande contribuição na nutrição mineral de plantas (MARSCHNER, 1995; SMITH, READ, 1997). FMAs interferem na produção de biomassa, taxa fotossintética e respiratória de seu hospedeiro (RILLIN, 2004), além de interferirem direta e indiretamente na comunidade microbiana do solo (LINDERMAN, 1988) e de o micélio extra-radicular contribuir para a formação e manutenção da estrutura do solo (RILLIN, 2004).

Para *M. bimucronata* e *C. floribundus* houve maior valor de colonização micorrízica para o tratamento que recebeu FMA e condicionador de solo (Figura 2). A influência de condicionador no percentual de colonização micorrízica foi relatada em milho por Trindade et al. (1996), quando foram observadas pequenas elevações no percentual com o aumento de doses de composto de lixo urbano. Em outro estudo, Trindade et al. (2000) observaram que a colonização micorrízica em mudas de mamoeiro tendeu a decair a partir de doses acima de 20% de esterco. Em *C. myrianthum* não houve diferença significativa de percentual de colonização micorrízica entre os tratamentos fma e fma+com.

Houve diferença de colonização micorrízica entres as três espécies (Figura 2). Somente entre os tratamentos fma+com de *C. floribundus* e fma de *M. bimucronata* não houve diferença significativa. Em *C. myrianthum* os percentuais de colonização foram os mais altos, seguindo-se os percentuais de *M. bimucronata* e *C. floribundus*.

Segundo estudo feito por Pouyu-Rojas et al. (2006) com objetivo de analisar a compatibilidade simbiótica de FMAs com espécies arbóreas

tropicais, diferenças no percentual de colonização micorrízica em diferentes espécies podem indicar existência de discriminação e seletividade entre fungos pelas plantas. Isso sugere que algumas combinações entre fungo e hospedeiro podem ser mais eficientes que outras (van der HEIJDEN et al., 1998; KIERS et al., 2000)

Em relação à densidade de esporos totais no solo, não houve diferenças significativas entre os dois tratamentos que receberam inoculação (fma e con +fma) para *C. myrianthum* e *M. bimucronata*. Para *C. floribundus* o tratamento que levou somente fungos micorrízicos arbusculares teve número de esporos no solo mais alto (Figura 3).

Houve diferença significativa de densidade de esporos entre as três espécies. Em *M. bimucronata* a densidade de esporos no solo foi a mais alta para os dois tratamentos que receberam FMA, seguida de *C. floribundus* (tratamento que recebeu somente FMA) e *C. myrianthum*.

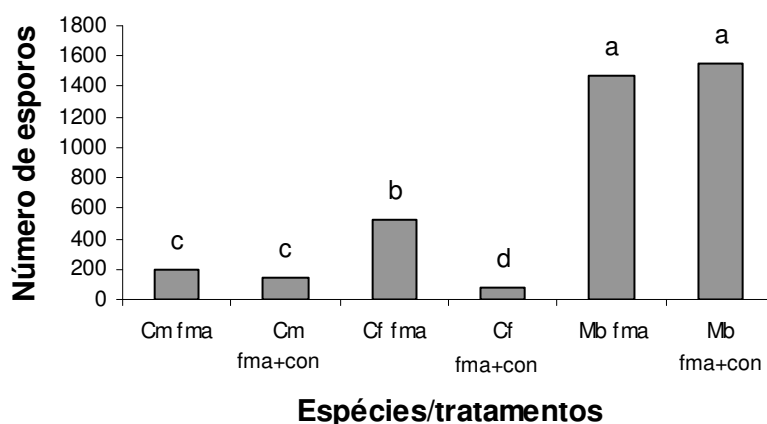


Figura 3. Número de esporos em 60 mL relativos aos tratamentos inoculados com FMAs de cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre espécies e tratamentos.

4.3. Macronutrientes

4.3.1. Fósforo

O teor de P na parte aérea das plantas não diferiu estatisticamente entre as espécies quando comparadas dentro dos mesmos tratamentos (dados não apresentados). Para as três espécies estudadas, o tratamento fma+ con apresentou maiores médias no teor de P na parte aérea das plantas (Tabela 4). Em *C. myrianthum*, apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos fma, con e fma+ con, a média para o tratamento fma+ con apresentou maior valor. Para as espécies *C. floribundus* e *M. bimucronata* as médias dos tratamentos fma+con e fma apresentaram valores significativamente maiores que os demais tratamentos. O tratamento sem inoculação e sem condicionador de solo (test) teve as menores médias para as três espécies.

Tabela 4. Médias de teor de P da parte aérea das plantas (g kg^{-1}) e diferença estatística entre espécies e tratamentos.

Tratamentos	Espécies		
	<i>C. myrianthum</i>	<i>C. floribundus</i>	<i>M. bimucronata</i>
test	1,06 b	1,21 b	0,95 c
fma	1,43 ab	1,67 ab	1,54 ab
con	1,52 ab	1,44 b	1,0 bc
fma+con	1,69 a	1,99 a	1,83 a

Médias seguidas da mesma letra (minúscula para uma mesma espécie) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando o conteúdo total de P na parte aérea das plantas, em *C. myrianthum*, os tratamentos fma e fma+con apresentaram maiores médias e estatisticamente similares. Para *M. bimucronata*, o tratamento fma+con apresentou a média mais elevada (Figura 4). *C. floribundus* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, apesar de as plantas dos

tratamentos com FMAs apresentarem maiores valores de conteúdo total de P na parte aérea. Esses resultados seguem tendências reveladas pelo valor da concentração do nutriente na parte aérea, sendo possível perceber maior conteúdo de P na parte aérea das plantas para *M. bimucronata*.

Os valores mais altos das médias do tratamento fma+con para as três espécies indicam que o condicionador de solo contribuiu para o aumento da aquisição de P. Levando em consideração que houve aumento do teor de P disponível no solo em 168% com a adição de condicionador de solo (Tabela 1), era esperado que sua aquisição pelas plantas também se elevasse.

Resultados semelhantes, em que composto orgânico influenciou positivamente a aquisição de P pelas plantas foram encontrados por Trindade et al. (1996) e Mendes Filho (2004).

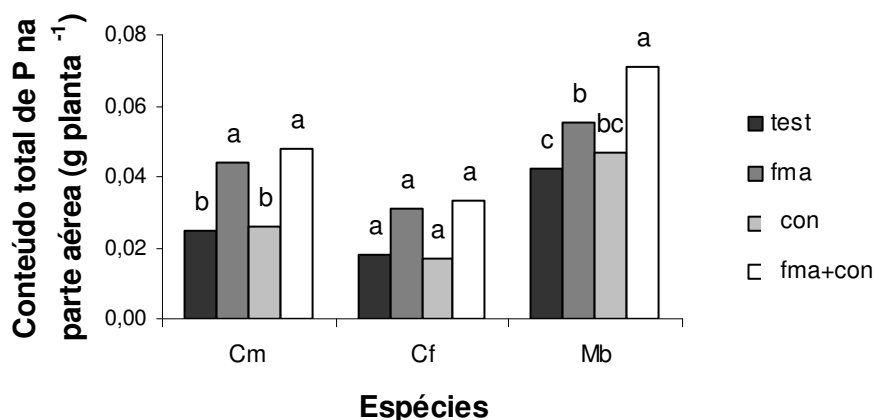


Figura 4. Conteúdo total de P na parte aérea das plantas para cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre os tratamentos de uma mesma espécie.

Os resultados da Figura 4 também evidenciam a influência dos FMAs na maior aquisição de P. Esses resultados assemelham-se a outros com espécies arbóreas nativas em estágio inicial de crescimento, em que autores reportaram

aumento da aquisição de P em plantas micorrizadas (CARNEIRO et al., 1996; SIQUEIRA et al., 1998; POUYÚ-ROJAS, SIQUEIRA, 2000; FLORES-AYLAS et al., 2003). Siqueira et al. (1998) encontraram que os efeitos nutricionais relacionados ao P da associação de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica com FMAs foram mais pronunciados em espécies de estágio inicial de sucessão. Porém, o aumento da aquisição de P nem sempre resulta da associação entre FMAs e plantas. Para a espécie arbórea *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*, Gross et al. (2004) relataram que não houve aumento significativo de absorção de P para as plantas.

Maior aquisição de P associado a composto orgânico em plantas micorrizadas pode estar relacionada à disponibilidade mais adequada desse nutriente, conferindo benefício máximo dos FMAs para espécies nativas (SIQUEIRA, SAGGIN-JÚNIOR, 2001). Segundo George (2000), não há dados sobre a absorção de compostos orgânicos de P de baixo peso molecular por hifas fúngicas. Sabe-se, até o momento, que matéria orgânica pode estimular o crescimento de hifas, e dessa forma aumentar a absorção de P pelas plantas.

Esses resultados comprovam a influência de FMAs para maior aquisição de P em plantas, sugerido como principal benefício da associação (SMITH, READ, 1997; BOLAN, 1991, CLARK, ZETO, 2000).

4.3.2. Nitrogênio

Não houve diferença entre os tratamentos dentro de uma mesma espécie em relação ao teor de N na parte aérea das plantas (Tabela 5). Porém, a análise do conteúdo total do N da parte aérea para *C. myrianthum* apresenta médias significativamente maiores para o tratamento fma (Figura 5).

Certamente, esse resultado é devido à maior produção de matéria seca da parte aérea desse tratamento (Tabela 3).

Tabela 5. Médias de teor de N da parte aérea das plantas (g kg^{-1}) e diferença estatística entre espécies e tratamentos

Tratamentos	Espécies		
	<i>C. myrianthum</i>	<i>C. floribundus</i>	<i>M. bimucronata</i>
test	14,42 aAB	16,49 aA	10,75 aB
fma	13,61 aAB	16,63 aA	11,59 aB
con	13,24 aAB	17,56 aA	11,62 aB
fma+con	12,29 aB	17,86 aA	11,37 aB

Médias seguidas da mesma letra (minúscula para uma mesma espécie e maiúscula entre as espécies) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

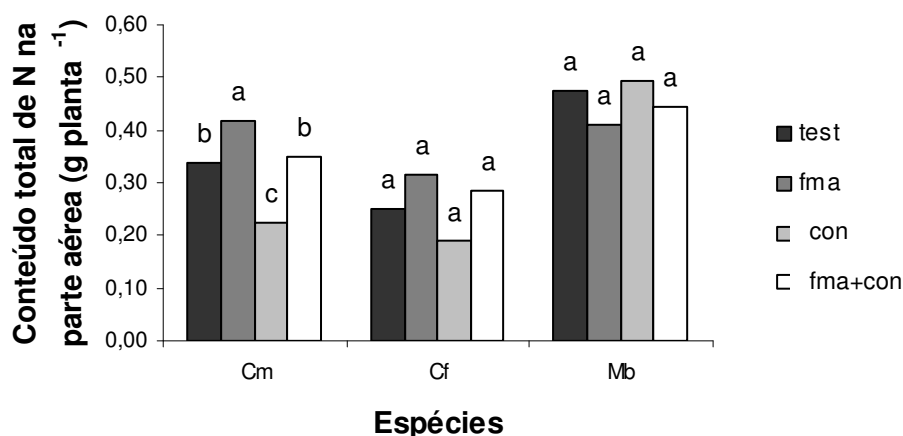


Figura 5. Conteúdo total de N na parte aérea das plantas para cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre tratamentos de uma mesma espécie.

O teor de N na parte aérea das plantas foi diferenciado entre as espécies. *C. floribundus* foi a espécie que apresentou maior teor de N, seguida de *C. myrianthum* e *M. bimucronata* (Tabela 5)

Carneiro et al. (1996) relataram em estudo com espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, redução de aquisição de N na parte aérea de algumas espécies submetidas a tratamento conjunto de FMAs e adubação

fosfatada. Resultados semelhantes foram encontrados também por Pouyú-Rojas e Siqueira (2000).

Em situações em que teores de alguns nutrientes decrescem nas plantas micorrizadas em comparação com as plantas não micorrizadas, os resultados têm sido explicados em função do efeito de diluição proveniente da maior biomassa das plantas micorrizadas (KOTHARI et al., 1990; FLORES-AYLAS et al. 2003). Porém, em muitos casos, o efeito de diluição não explica diferenças encontradas nos teores de nutrientes entre plantas com e sem associação com FMAs (GEORGE, 2000).

Assim como ocorre com o P, o aumento da aquisição de N é reportado em pesquisas envolvendo plantas micorrizadas (CLARK, ZETO, 2000). Em contrapartida, George (2000) coloca que a concentração de N na parte aérea de plantas, frequentemente, não é influenciada pela associação com FMAs, ocorrendo ainda, em algumas situações, a redução de sua concentração em comparação com plantas não micorrizadas. Segundo esse autor, a quantidade total do N em plantas micorrizadas poder ser maior que nas não micorrizadas, devido ao aumento da biomassa da planta, podendo ser explicado, portanto, em função do aumento da demanda pelo N (e de outros nutrientes) relacionado à maior aquisição de P.

Embora seja reconhecido que hifas extra-radiculares de FMAs têm capacidade de absorver e translocar o N para o hospedeiro, tal influência para o suprimento desse nutriente para as plantas é de difícil determinação, principalmente por conta da grande mobilidade de compostos nitrogenados no solo (George, 2000).

4.3.3. Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre

As aquisições de K, Ca, Mg e S pelas plantas foram, em algumas situações, influenciadas pelos tratamentos, indicando efeitos positivos da inoculação de FMAs, assim como para o uso do condicionador de solo (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de teor de K, Ca, Mg e S da parte aérea das plantas e diferença estatística entre espécies e tratamentos

Tratamentos	K	Ca	Mg	S
	g Kg ⁻¹			
<i>C. myrianthum</i>				
test	8,72 bA	3,58 aA	1,28 aB	1,52 aA
fma	6,89 bB	4,50 aA	2,02 aB	1,58 aB
con	11,99 aA	4,50 aB	1,20 aB	1,11 aA
fma+con	9,54 abB	4,50 aB	1,58 aB	1,72 aAB
<i>C. floribundus</i>				
test	10,10 bA	5,99 bA	2,48 aA	1,51 bA
fma	11,07 bA	6,68 bA	2,98 aA	3,26 aA
con	14,64 aA	10,61 aA	3,02 aA	1,78 bA
fma+con	15,30 aA	10,79 aA	2,80 aA	2,52 abA
<i>M. bimucronata</i>				
test	4,49 aB	6,38 aA	1,08 aB	0,98 aA
fma	5,05 aB	4,64 aA	1,48 aB	1,10 aB
con	4,49 aB	6,37 aB	0,96 aB	0,65 aA
fma+con	6,58 aB	8,25 aAB	1,36 aB	1,08 aB

Médias seguidas da mesma letra (minúscula para uma mesma espécie e maiúscula entre as espécies) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aquisição de K foi significativamente maior nos tratamentos fma+con e con para *C. floribundus*. Já para *C. myrianthum*, o tratamento contendo somente condicionador de solo apresentou maior média de concentração do nutriente na parte aérea das plantas. Para *M. bimucronata* não houve diferença entre os tratamentos. A absorção do Ca, em *C. floribundus*, foi significativamente influenciada pelos tratamentos con e fma+con, que apresentou maiores médias de concentração na parte aérea. As demais

espécies não apresentaram diferenças entre os tratamentos para esse nutriente. Para o Mg não houve diferença significativa entre os tratamentos para as três espécies. Em *C. floribundus* os teores de S na parte aérea foram mais altos no tratamento fma. *C. myrianthum* e *M. bimucronata* não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Houve variação dos teores dos nutrientes na parte aérea das plantas quando comparadas as três espécies dentro de um mesmo tratamento, porém sem apresentar um padrão claro. Espécies diferentes, por conta de suas características intrínsecas, podem apresentar demandas nutricionais diferenciadas em um mesmo ambiente. Isso pode ter reflexo, juntamente com outros fatores, na resposta à micorrização.

Assim como discutido para o P, a influência do condicionador de solo na maior aquisição de alguns nutrientes pelas plantas era previsível, considerando o aumento desses elementos no solo com a adição do condicionador. Especificamente para K e Ca, a elevação em 127 e 144% (Tabela 1), respectivamente, dos teores no solo com a utilização do condicionador, provavelmente contribuiu para melhor nutrição das plantas.

Para algumas espécies nativas da Mata Atlântica, a associação com FMAs e adubação fosfatada aumentou o teor de Ca (POUYÚ-ROJAS, SIQUEIRA, 2000; CARNEIRO et al.,1996) e S nos tecidos foliares (CARNEIRO et al.,1996).

Estudos que trazem informações sobre a aquisição de K, Ca e Mg por plantas micorrizadas são relativamente inconsistentes quanto ao aumento, redução ou ausência de efeito da associação (CLARK, ZETO, 2000; GEORGE, 2000). Em relação à aquisição de K, estudos apresentam resultados

conflitantes (GEORGE, 2000), embora tenha sido demonstrada a capacidade de hifas fúngicas em absorver e transportar K para o hospedeiro (MARSHNER, DELL, 1994). Segundo Giri et al. (2005), os FMAs talvez não exerçam tanta influência nos nutrientes que se movimentam no solo por fluxo de massa comparado com aqueles que se movem por difusão, como o P.

4.4. Micronutrientes

4.4.1. Zinco, Cobre e Boro

A aquisição dos micronutrientes Cu, Zn e B foi influenciada pelos tratamentos, que se diferenciaram estatisticamente quanto ao teor desses elementos na parte aérea das plantas (Tabela 7), com exceção do B para *C. floribundus* e *M. bimucronata*. Maiores médias de teor de Zn e B, para *C. myrianthum* foram para o tratamento inoculado com FMAs. Para *M. bimucronata* o tratamento fma apresentou o maior teor de Zn. Para o Cu, os tratamentos fma e fma+con, em cada uma das espécies, apresentaram as maiores médias que não diferiram estatisticamente entre si. O condicionador de solo não influenciou positivamente e não apresentou efeito sinérgico com FMAs na aquisição desses nutrientes, apesar de ter elevado os teores em 78 e 26% de B e Zn, respectivamente. Valores mais baixos do teor de Zn nos tratamentos em que houve acréscimo do condicionador de solo ao substrato demonstram um efeito negativo do condicionador na aquisição desse micronutriente.

Os conteúdos totais de Cu e Zn na parte aérea das plantas (Figuras 6 e 7) foram influenciadas pelo do acúmulo de biomassa e seguiram mesmo padrão de teor nos tecidos, evidenciando o efeito positivo dos FMAs na

aquisição desses dois micronutrientes, que têm, semelhante ao P, baixa mobilidade no solo.

Tabela 7. Médias de teor de B, Cu e Zn da parte aérea das plantas e diferença estatística entre espécies (somente para Zn) e tratamentos

Tratamentos	B	Cu	Zn
	mg Kg ⁻¹		
<i>C. myrianthum</i>			
test	77.07 ab	1.14 b	32.12 abA
fma	135.26 a	8.64 a	39.68 aA
con	63.66 b	1.38 b	21.30 bA
fma+con	95.70 ab	7.94 a	26.56 bAB
<i>C. floribundus</i>			
test	101.78 a	1.16 b	25.58 abAB
fma	134.60 a	10.38 a	36.60 aA
con	101.66 a	1.56 b	23.24 bA
fma+con	92.34 a	10.70 a	28.66 abA
<i>M. bimucronata</i>			
test	75.99 a	2.84 ab	20.26 abB
fma	83.50 a	7.16 a	29.16 aA
con	53.92 a	1.86 b	9.36 bB
fma+con	61.44 a	6.86 a	17.46 bB

Médias seguidas da mesma letra (minúscula para uma mesma espécie e maiúscula entre as espécies para o Zn) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

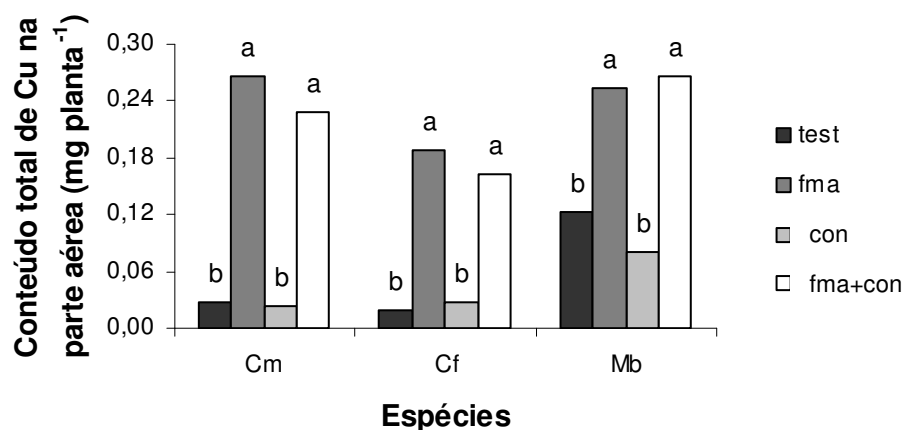


Figura 6. Conteúdo total de Cu na parte aérea das plantas para cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre os tratamentos de uma mesma espécie.

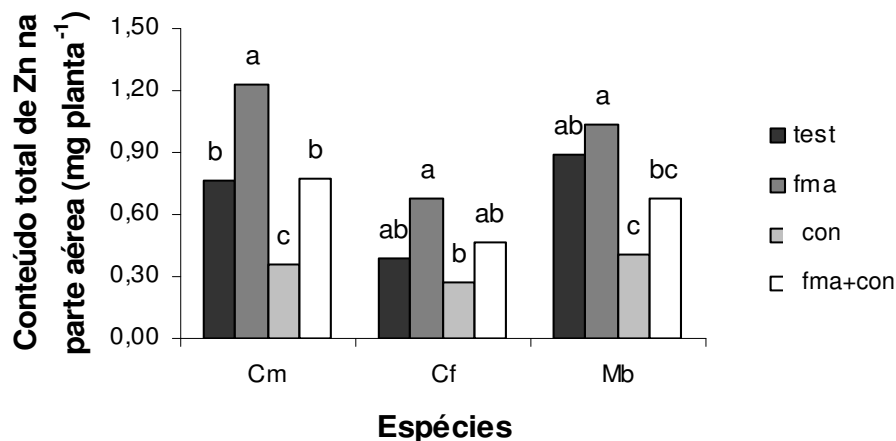


Figura 7. Conteúdo total de Zn na parte aérea das plantas para cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre os tratamentos de uma mesma espécie.

Não houve diferença no teor de B e Cu no tecido vegetal da parte aérea das plantas quando comparadas as espécies dentro do mesmo tratamento. O teor de Zn, porém, apresentou diferenças entre as espécies, como mostrado na Tabela 7. De forma geral, o *C. myrianthum* foi a espécie que apresentou teor mais alto de Zn na parte aérea, seguida de *C. floribundus* e *M. bimucronata*.

Em estudos envolvendo arbóreas da Mata Atlântica em associação com FMAs, foi observado o aumento da concentração de Zn para algumas espécies (SIQUEIRA et al., 1998; POUYÚ-ROJAS, SIQUEIRA, 2000) assim como a redução (POUYÚ-ROJAS, SIQUEIRA, 2000). Maior aquisição de Cu também foi relatada para espécies arbóreas em níveis baixos de P no solo (FLORES-AYLAS et al. 2003)

Numerosas pesquisas têm reportado a influência de FMAs na aquisição de Zn e Cu em solo onde há baixo suprimento desses elementos, sendo, porém, inconsistentes os resultados referentes aos demais micronutrientes,

dentre eles o boro, dificultando possíveis generalizações (MARSCHNER, DELL, 1994; CLARK, ZETO, 2000; GEORGE, 2000).

4.4.2. Manganês e Ferro

A absorção de Fe, aparentemente, foi pouco influenciada pelos tratamentos. Somente *C. myrianthum* apresentou diferenças significativas, com maior média de concentração do elemento na parte aérea das plantas para o tratamento com FMAs e menor média para o tratamento com condicionador de solo (dados não apresentados).

O Mn do solo aumentou consideravelmente após o processo de esterilização com autoclave (Tabela 1). Temperatura e pressão elevadas, provavelmente, induziram à transformação de minerais formados, dentre outros elementos, por Mn, acarretando no aumento da disponibilização deste nutriente para as plantas.

Os tratamentos com condicionador de solo apresentaram médias de Mn na parte aérea das plantas significativamente menores que os tratamentos sem o condicionador (Tabela 8). Em média, os teores de Mn no tecido vegetal das plantas nos tratamentos sem o condicionador de solo foram 2087%, 344% e 402% mais altos para *C. myrianthum*, *C. floribundus* e *M. bimucronata*, respectivamente, que os tratamentos com condicionador. A falta de evidência quanto às diferenças de teor de Mn na parte aérea das plantas entre os tratamentos micorrizados e não micorrizados, demonstrou que a inoculação de FMAs parece não ter influenciado significativamente a aquisição desse micronutriente. Somente para *C. myrianthum* que houve diferença significativa do conteúdo total de Mn na parte aérea entre os tratamentos fma e test, sendo a maior média para o tratamento que foi inoculado (Figura 8). Valores

referentes ao conteúdo total de Mn na parte aérea para as demais espécies seguiram padrão do teor nos tecidos e encontra-se representados na Figura 8.

Tabela 8. Médias de teor de manganês (mg kg^{-1}) na parte aérea das plantas e diferença estatísticas entre espécies

Tratamentos	Espécies		
	<i>C. myrianthum</i>	<i>C. floribundus</i>	<i>M. bimucronata</i>
test	651,90 aB	2545,50 aA	999,62 aB
fma	987,16 aB	2578,56 aA	1201,08 aB
con	33,64 bB	830,74 bA	133,76 bB
fma+con	41,28 bA	321,58 cA	303,94 bA

Médias seguidas da mesma letra (minúscula para uma mesma espécie e maiúscula entre as espécies) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

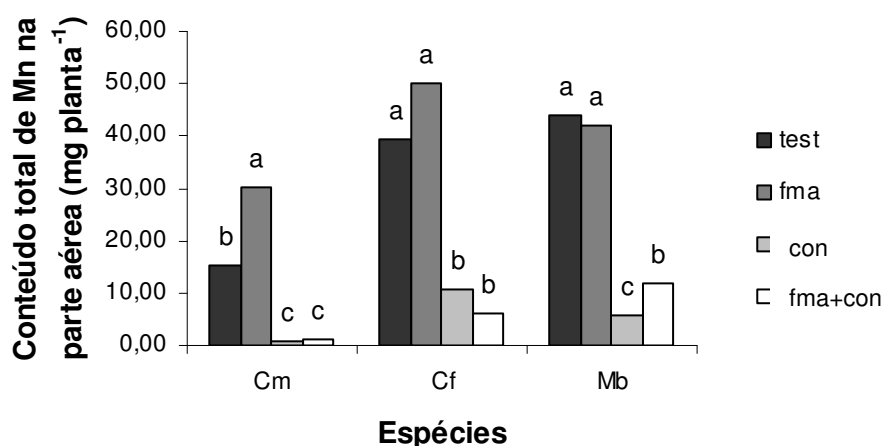


Figura 8. Conteúdo total de Mn na parte aérea das plantas para cada espécie (Cm – *C. myrianthum*; Cf – *C. floribundus*; Mb – *M. bimucronata*). Letras distintas indicam diferença estatística ao nível de 5% de significância entre os tratamentos de uma mesma espécie.

O teor de Mn na parte das plantas diferiu entre as espécies dentro de um mesmo tratamento. O *C. floribundus* apresentou teores mais altos seguido de *M. bimucronata* e *C. myrianthum* (Tabela 8).

Geralmente, plantas em associação com FMAs apresentam aquisição mais baixa de Mn que plantas não micorrizadas, embora o aumento de Mn

tenha sido reportado para algumas plantas (CLARK, ZETO, 2000). Segundo Kothari et al. (1991) o decréscimo na concentração de Mn em plantas micorrizadas é decorrente de efeito indireto, causado, de forma geral, pela indução de modificações nas populações de microrganismos da rizosfera e na redução da população de microrganismos redutores de Mn, em particular.

A forma reduzida do Mn (Mn^{2+}) é a mais absorvida pelas plantas, e seu predomínio em solução é dependente, além da proporção de microrganismos redutores e oxidantes de Mn, de condições de pH, teor de matéria orgânica, umidade, aeração e equilíbrio com os cátions Fe, Ca e Mg, (MARSCHNER, 1995).

Estudando o efeito de FMAs e adubação fosfatada em espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, Carneiro et al. (1996) relataram aumento de absorção de Mn para a espécie *Cassia grandis* L.

Em um estudo com a espécie arbórea *Acacia mangium* Willd (HABTE e SOEDARJO, 1996), não foi observado efeito significativo de FMAs na redução da aquisição de Mn do solo. De acordo com essa pesquisa, houve redução de concentração de Mn no tecido da parte aérea das plantas e aumento de pH no solo com o acréscimo de P no substrato. Esse efeito foi explicado, em parte, pela dissociação de $H_2PO_4^-$, levando íons OH^- para a solução do solo, aumentando o pH e pela precipitação do Mn divalente em $Mn_3(PO_4)_2$ na presença de ânions livres de fosfato.

Em estudo com milho, Trindade et al. (1996) observaram que houve diminuição da absorção de Mn^{2+} pelas plantas em tratamento com aplicação de composto de lixo urbano. Plantas que cresceram em solo esterilizado

apresentaram maior teor de Mn, resultado atribuído à diminuição do potencial de oxidação do Mn^{2+} por microrganismos.

A matéria orgânica do solo, composta por ácidos húmicos, fúlvicos, polifenóis, aminoácidos, peptídeos, proteínas e polissacarídeos, é responsável pela formação de complexos orgânicos com o Mn, podendo reduzir a sua solubilidade no solo (STEVENSON, ARDAKANI, 1972). A matéria orgânica, juntamente com a elevação do pH do solo, parece ter sido a principal influência para a redução das altas concentrações de Mn disponível para as plantas. Porém, nesse estudo, a relação dos microrganismos redutores e oxidantes de Mn não foi investigada, sendo necessário, portanto, maior aprofundamento a fim de esclarecer as causas desses resultados.

5. CONCLUSÕES

A partir deste estudo, é possível relacionar as seguintes conclusões acerca da associação de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica com FMAs e uso de condicionador de solo, e seus efeitos no desenvolvimento das mudas:

- A inoculação de FMAs incrementou significativamente a produção de biomassa das mudas de *C. myrianthum*.

- A espécie *M. bimucronata* apresentou maior produção de biomassa em comparação com as outras espécies, independente do tratamento.

- Não houve efeito na produção de biomassa da inoculação de FMAs para *M. bimucronata*.

- A inoculação de FMAs e o uso concomitante de condicionador de solo aumentaram o teor de P e de Ca para as três espécies estudadas.

- A inoculação de FMAs aumentou o teor de S, Cu e Zn nas três espécies estudadas.

- O uso do condicionador de solo reduziu significativamente a disponibilidade de Mn no solo para as plantas.

- O uso de condicionador de solo influenciou negativamente a aquisição de Zn para as três espécies estudadas.

O presente estudo permite ainda traçar algumas considerações finais:

A associação das espécies estudadas, principalmente *C. myrianthum* e *C. floribundus*, com os FMAs pode provê-las de vantagens competitivas em áreas degradadas com solos de baixa fertilidade.

Apesar de alguns efeitos, principalmente os nutricionais, não terem apresentado consistência quanto a um comportamento mais previsível para as espécies arbóreas, é possível afirmar que a inoculação com FMAs é uma prática recomendável na produção de mudas para fins de restauração ou recuperação de áreas degradadas. Isso é fortalecido, ainda, pela importância ecológica dessa associação, que tem papel fundamental no direcionamento da sucessão ecológica e manutenção de diversidade vegetal.

O condicionador de solo utilizado nesta pesquisa, apesar de ter elevado o teor de nutrientes no solo, dentre outros benefícios conhecidos, causou efeito negativo em algumas variáveis estudadas, sendo, portanto, pouco recomendado para utilização na produção de mudas de espécies arbóreas nativas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, M.P.M.; CARRENHO, R.; JOLY, C. Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in an atlantic forest chronosequence - Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. **Biota Neotropica**, v. 4, n. 2, 2004.

BARTLETT, R.J. Manganese redox reactions and organic interaction in soils. In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J.; UREN, N.C. (Ed.) **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 59-73.

BEVER, J.D.; SCHULTZ, P.A.; PRINGLE, A.; MORTON, J.B. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 923-931. 2001.

BOLAN, N.S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, n. 134, p. 189-207. 1991.

BÜCKING, H.; SHACHAR-HILL, Y. Phosphate uptake, transport and transfer by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* is stimulated by increased carbohydrate availability. **New Phytologist**, n. 1665, p. 899-912, 2005.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 50, p.21-36, 1996.

CLARK, R.B.; ZETO, S.K. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 7, p. 867-902. 2000.

FLORES-AYLAS, W.W., SAGGIN-JÚNIOR, O.J., SIQUEIRA, J.O. e DAVIDE, A.C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 2, p. 257-266, fev. 2003.

ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.; OLIVEIRA, R.E; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B.(orgs.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Tropicais**. Botucatu, FEPAF, 2003. p. 01-26.

FRANCIS, R.; READ, D.J. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. **Plant and Soil**, n. 159, p. 11-25. 1994.

GEORGE, E. Nutrient uptake. In: KAPULNIK, Y. and DOUDS Jr., D.D. **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function**. Netherlands, 2000. p. 307-343.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogene extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p.235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.

GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, G. Effect of the arbuscular mycorrhizae *Glomus fasciculatum* and *G. macrocarpum* on the growth and nutrient content of *Cassia siamea* in a semi-arid Indian wasteland soil. **New Forest**, n. 29, p. 63-73. 2005

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.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-357.

GONÇALVES, J.L.M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXÊDAS, V.M.; GONÇALVES, J.C.; GERES, W.L.A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. **Revista Instituto Florestal**, v.4, parte 2, p.463-469.1992.

GRAHAM, J.H. Interactions of mycorrhizal fungi with soilborne plant pathogens and other organisms: An introduction. **Phytopathology**, v. 78, n. 3, p. 365-366. 1988.

GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F.H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* VAR. *falcata* em solos de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 28, p. 95-101.2004.

HABTE, M.; SOEDARJO, M. Response of *Acacia mangium* to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation, soil pH, and soil P concentrations in an oxisol. **Canadian Journal of Botany**, Canadá, n. 74, p. 155-161. 1996.

HAMMER, Ø; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1):2001. 9p.

JANOS, D.P. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, v. 12, n. 2, p. 56-64.1980.

JONER, E.J.; JAKOBSEN, I. Growth and extracellular phosphatase activity to arburcular mycorrhizal hyphae as influenced by soil organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, n.9, p.1153-1159, 1995.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biobiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P.; OLIVEIRA, R.E; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B.(orgs.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Tropicais**. Botucatu, FEPAF, 2003. p. 27-48.

KIERS, E.T.; LOVELOCK, C.E.; KRUEGER, E.L.; HERRE, E.A. Differential effects of tropical arbuscular mycorrhizal fungal inocula on root colonization and tree seedling growth: implications for tropical forest diversity. **Ecology Letters**, n. 3, p. 106-113. 2000.

KOTHARI, S.K.; MARSCHNER, H; GEORGE, E. Effect of VA mycorrhiza and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and water relations of mayse. **New Phytologist**, n. 116, p. 303-311. 1990.

KOTHARI, S.K.; MARSCHNER, H; RÖMHELD, V. Efect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere microorganisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations im mayse (*Zea mays* L.) **New Phytologist**, 117: 649-655. 1991.

LINDERMAN, R.G. Mycorrhizal interactions with rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. **Phytopatology**, v. 78, n. 3, p. 366-367. 1988.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Plantarum, 1992. 352p.

MACHADO, L.O.M.; ROSA, G.A.B. Frigivoria por aves em *Cytharexylum myrianthum* cham (Verbeneceae) em áreas de pastagem de Campinas, SP. **Ararajuba**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 113-115. 2005.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: Yamada, T.; Abdalla, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós, p.35-63. 2004

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Netherlands, n. 159, p .89-102. 1994.

MENDES FILHO, P.F. **Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e dos manejo microbiano**. 2004. 89 p. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUERA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

MORTON, J. B. Problems and solutions for the integration of glomalean taxonomy, systematic biology, and the stud of endomicorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**, v. 2, p. 97-109. 1993

NOGUEIRA, M.A.; MAGALHÃES, G.C.; CARDOSO, E.J.B.N. Manganese toxicity in micorrhizal and phosphorus-fertilized soybean plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 1, p. 141-156. 2004

ONGUENE, N.A.; KUYPER, T.W. Growth response of three native timber species to soils with different arbuscular mycorrhizal inoculum potential in South Cameroon Indigenous inoculum and affect of addition of grass inoculum. **Forest Ecology and Management**, n. 210, p. 283-290. 2005.

PATREZE, C.M.; CORDEIRO, L. Nitrogen-fixing and vesicular-arbuscularmycorrhizal symbioses in some tropical legume trees of tribe Mimoseae. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n.196, p. 275-285. 2004

PERNER, H.; SCHWARZ, D.; BRUNS, C.; MÄDER, P.; GEORGE, E. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. **Micorrhiza**, n. 17, p. 469-474. 2007.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 103-114, 2000.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O.; SANTOS, J.G.D. Compatibilidade simbiótica de Fungos Micorrízicos Arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 30, p. 413-424. 2006.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. QUAGGIO, J.A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

REMY, W.; TAYLOR, T.N.; HASS, H.; KERP, H. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.91, n.25 p.11841-11843. 1994.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, v.1, n.3, p.231-233, 1975.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v.105, p. 1413–1421, 2001.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of Brazilian native wood species. **Mycorrhiza**, n. 11, p. 245-255, 2001.

SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S.; DAVIDE, A.C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 107, p. 241-252, 1998.

SIQUEIRA, J.O.; POUYÚ-ROJAS, E.; MOREIRA, F.M.S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplante de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 23, p. 569-580, 1999.

SMITH, S.E.; READ, D.J.. **Mycorrhizal Symbiosis**. 2 ed. Academic Press, London. 1997

SIMTH, S.E.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; KOIDE, R.; CAIRNEY, J.W.G. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. **Plant and Soil**, n. 159, p. 103-113. 1994

SOARES, C.R.F.S., SIQUEIRA, J.O., CARVALHO, J.G, GUILHERME, L.R.G. Micorriza arbuscular e nutrição fosfática na toxidez de zinco para a trema [*Trema micrantha* (L.) BLUM.]. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 30, p. 665-675, 2006.

STEVENSON, F. J.; ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.;GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: SSSA, chap.5, 1972. p.79-114.

TRINDADE, A.V.; VILDOSO, C.I.A.; MUCHOVEJ, R.M.C.; COSTA, L.M. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e crescimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 20, p. 199-208. 1996.

TRINDADE, A.V.;FARIA, N.G.; ALMEIDA, F.P. Uso de esterco no desenvolvimeto de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1389-1394. 2000.

VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGELS, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, v. 136, p. 69-72. 1998.

VIERHEILIG, H.; GOUGHLAN, A.P.; WYSS, U.; PICHÉ, Y. Ink and Vinegar, a simple staining technique for arbuscular mycorrhizal fungi. **Appl. Environ. Microbiology**, n. 64, p. 5004-5007. 1998.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 77-87, 2002.

ZANGARO, W.;BONONI, V.L.R.;TRUFEN, S.B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native wood species in South Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 603-622. 2000.

