

CRESCIMENTO DA COPAÍBA E GUATAMBÚ EM RESPOSTA A FUNGO MICORRÍZICO, SUPERFOSFATO, NITROGÊNIO E FUMIGAÇÃO DO SOLO¹

Marcos Eduardo Paron²
José Oswaldo Siqueira³
Nilton Curi³
Fabiano Ribeiro do Vale³

RESUMO - Estudou-se de março de 1993 a junho de 1994, em vasos com Latossolo Vermelho-Escuro (LE), argiloso, fase cerrado, a resposta do copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e do guatambú (*Aspidosperma olivaceum* M.Arg.), espécies nativas do sudeste brasileiro, a superfosfato (P), nitrogênio (N) e inoculação com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação envolvendo dois experimentos. A produção de matéria da parte aérea foi máxima quando se aplicou 30 e 60 μ g de P/g solo para a copaíba e guatambú, respectivamente, proporcionando aumentos respectivos de 283 e 499% em relação a testemunha. A inoculação com *G. etunicatum* reduziu o crescimento da copaíba, e não exerceu efeito no guatambú. Diferentemente do P, a adição de N mineral não estimulou o crescimento destas espécies. A fumigação reduziu o crescimento da copaíba, e não afetou o crescimento do guatambú. Os efeitos da fumigação na copaíba não foram relacionados ao estabelecimento de micorriza. Nenhuma das espécies respondeu à adição de N mineral.

PALAVRAS-CHAVE: micorrizas arbusculares, essências nativas, adubação, florestamento, mata ciliar.

¹ Aceito para publicação em Trabalho parcialmente financiado pela CEMIG e FAPEMIG.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido-EMBRAPA, CP 23, CEP 56300-000, Petrolina, PE. Bolsista do CNPq.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. Titular do Departamento de Ciência do Solo-UFLA, CP 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. Bolsista do CNPq.

**GROWTH OF COPAIBA AND GUATAMBU IN RESPONSE TO MYCORRHIZAL
FUNGUS, SUPERPHOSPHATE, NITROGEN AND SOIL FUMIGATION**

ABSTRACT - The effects of superphosphate, nitrogen, inoculation with the mycorrhizal fungus *Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann and soil fumigation on initial growth of copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) and of guatambú (*Aspidosperma olivaceum* M. Arg.) were studied in two experiments. The study was carried out in a glasshouse in pots with a clayey Dusk Red Latosol (Oxisol) from March 1993 through June 1994. Maximum dry matter yield was obtained with 30 and 60 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ soil of P for copaíba and guatambú, respectively. Growth increments were as high as 283 and 499% over controls for copaíba and guatambú, respectively. Inoculation with *G. etunicatum* exhibited depressive growth effect on copaíba and had no effect on guatambú, which showed no sign of mycorrhiza establishment. Soil fumigation reduced growth of copaíba and had no effect on guatambú. It was found that fumigation growth depression on copaíba was not related to mycorrhizal effects. Addition of mineral-N had no effects on growth of neither species.

KEY-WORDS: arbuscular mycorrhizal, native woody species, fertilization, reforestation, riparian woodlands.

INTRODUÇÃO

Diversas das espécies nativas do sudeste brasileiro estudadas até o presente, são promissoras para o repovoamento de áreas onde a vegetação foi retirada, desde que suas exigências nutricionais e as limitações para o crescimento em plantios planejados sejam conhecidas. Dentre as limitações, destaca-se a baixa fertilidade do solo, em especial a baixa disponibilidade de nitrogênio e fósforo que são altamente restritivos ao crescimento inicial e produção de massa vegetal, mesmo das espécies nativas (Faria, 1994; Renó, 1994 e Lima, 1995). Entretanto as exigências nutricionais podem diferir muito entre estas espécies em função principalmente de suas características ecofisiológicas, como o grupo sucessional a que pertencem (Gonçalves et al., 1992) e a capacidade de formarem simbioses radiculares com microrganismos do solo, especialmente com os fungos micorrízicos, as quais promovem melhoria nas condições nutricionais e tolerância a estresses diversos para a planta (Siqueira, 1994).

As micorrizas são de ocorrência generalizada nas plantas vasculares (Brundrett, 1991), mas existem espécies que são pouco suscetíveis à colonização ou não dependem da simbiose para o crescimento. Por outro lado, para as espécies suscetíveis, a baixa disponibilidade de nutrientes normalmente encontrado nos solos tropicais, favorece a formação destas associações, as quais muitas vezes são necessárias ao crescimento adequado das espécies florestais (Pritchett e Fisher, 1987).

Utilizou-se neste estudo, duas espécies que ocorrem em matas remanescentes do sudeste brasileiro, principalmente em vegetação de cerrado e em matas ciliares (Rizzini, 1981; Oliveira-Filho et al., 1994). O óleo copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) é uma leguminosa arbórea de crescimento lento (Barbosa et al., 1992), e que tem sido empregado para plantios em áreas degradadas, principalmente na recomposição de mata ciliar (Carvalho, 1994). Suas exigências nutricionais são pouco conhecidas, e a presença de micorrizas tem sido verificada em alguns casos (Carneiro et al.,

1995; Graciolli e Graciolli, 1994; Camargo et al., 1988). O guatambú (*Aspidosperma olivaceum* M.Arg.), é uma espécie secundária que pode atingir 15 metros de altura quando adulta. Por apresentar crescimento lento, os efeitos da adição de nutrientes podem ser bastante reduzidos, entretanto existem poucos estudos sobre as exigências nutricionais desta espécie. Carneiro et al. (1996) encontraram pequenos incrementos de matéria seca em plantas adubadas com P e não encontraram colonização micorrízica, nem efeitos da inoculação com fungo micorrízico no crescimento desta espécie.

No presente trabalho avaliou-se a resposta do óleo copaíba e do guatambú à adubação com superfosfato simples, N-mineral e à aplicação de inóculo de fungo micorrízico em Latossolo de baixa fertilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo, composto por dois experimentos, foi desenvolvido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras (MG), utilizando-se material da camada a 20cm de um Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado, coletado próximo da represa de Itutinga/Camargos-MG, apresentando: carbono orgânico extraído com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N + H_2SO_4 10N e determinado por colorimetria= 27g.kg^{-1} ; pH em água(1:2,5)=5,2; $\text{Ca}=2\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, $\text{Mg}=1\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e $\text{Al}=7\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, extraídos com KCl 1N e determinados por titulometria; $\text{P}=2\mu\text{g.g}^{-1}$, $\text{K}= 42\mu\text{g.g}^{-1}$, extraídos pelo Mehlich-1, sendo que os teores de P foram determinados por colorimetria e os de K, por fotometria de chama. O material de solo coletado foi peneirado (malha 4mm) e seco ao ar. A densidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares determinada conforme Gerdemann e Nicolson (1963), foi de 20 esporos/40 ml, com predominância da espécie *Glomus occultum* Walker. O solo recebeu calagem para elevar a saturação por bases para 50% usando calcário dolomítico (PRNT=95%) sendo

umedecido e incubado por duas semanas, quando foi novamente seco e armazenado até ser utilizado nos experimentos.

Exp.1- Resposta a doses de P e inoculação com FMA em solo não fumigado

Este experimento constou da adição das doses 0, 30, 60, 120 e 480 μ g de P/g de solo na forma de superfosfato simples, combinadas com tratamentos constituídos pela presença (I) e ausência (NI) de inoculação com fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann, obtido de vaso de cultivo com *Brachiaria decumbens* Stapf Prain procedente da coleção de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) do DCS-UFLA. As doses de P foram aplicadas diretamente no solo, incorporadas e o solo incubado por 15 dias, quando os teores de P extraível pelo Mehlich-1 foram, respectivamente: 2, 9, 21, 50 e 258 μ g de P/g de solo. As sementes das duas espécies foram obtidas do Laboratório de Sementes do Departamento de Ciências Florestais da UFLA e germinadas em vermiculita em condições de temperatura e umidade controladas. Plântulas saudáveis foram repicadas para vasos plásticos de 5 dm³ quando receberam os tratamentos de inoculação. Todos os tratamentos sem inoculação receberam 10 mL de filtrado do inóculo isento de propágulos de FMA. Após a repicagem e inoculação a umidade do solo foi ajustada para 50% do VTP e mantida durante todo o experimento através de pesagens periódicas. Aplicaram-se 5 mL de inóculo de FMA por vaso, suficiente para fornecer 400 esporos/plântula. O inóculo foi aplicado diretamente sobre as radículas durante a repicagem das plântulas para os vasos.

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 5x2 (cinco doses de P e presença ou ausência de inoculação). Foram feitas aplicações quinzenais de N, intercalando uréia e sulfato de amônio, totalizando 200 μ g de N/g de solo. Nas doses 0 e 30 μ g P/g de solo as primeiras aplicações foram de sulfato de amônio, visando diminuir as diferenças nas quantidades

de S entre os tratamentos. Aos 365 dias da repicagem, a parte aérea foi cortada e submetida à secagem em estufa a 80°C para obtenção do peso da matéria seca. Área foliar foi estimada conforme Gomide et al. (1977). Após a pesagem, este material foi moído e os teores de nutrientes determinados. As raízes foram retiradas dos vasos, separando-se 1g de raízes finas para avaliação da colonização micorrízica, conforme será descrito a seguir, sendo o restante seca em estufa, para obtenção do peso de matéria seca de raízes.

Exp.2- Efeito da adição de N, P, fumigação do solo e inoculação com FMA

Este experimento foi conduzido com o mesmo solo do exp. 1, sendo este fumigado (F) e sem fumigação (NF). A fumigação foi feita com Bromex (brometo de metila 98% + cloropicrina 2%) na base de 2,6 cm³/kg de solo, objetivando-se eliminar os propágulos de FMA e prevenir a micorrização pelos fungos indígenas. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 4x2x2, sendo a unidade experimental constituída de tubos de PVC revestidos com sacos plásticos com capacidade de 1dm³ de solo. O experimento constou dos seguintes tratamentos: Test. (testemunha); +P(adicação de 60µg de P/g de solo na forma de superfosfato simples); +N (adição de 200µg de N/g de solo aplicado em cobertura intercalando sulfato de amônio e uréia); +PN (combinação de P e N conforme especificado em +P e +N). Estes tratamentos foram combinados com presença e ausência de *G. etunicatum* (I e NI), como no experimento anterior. Avaliaram-se, aos 270 dias da repicagem, os dados de matéria seca e teores de nutrientes foram coletadas, conforme procedimentos mencionados para o exp. 1.

Avaliação e análise estatística

A matéria seca de parte aérea moída, determinou os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os extratos dos tecidos foram preparados por digestão via seca para o B e nítrico-perclórica para os demais nutrientes (Hunter, 1975). Os teores de N foram determinados pelo método de destilação e titulação segundo Bremner e Edwards (1965); os de P, por colorimetria (azul de molibdênio); K, por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica; B por colorimetria (curcumina) e S, por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). A colonização micorrízica foi avaliada em raízes finas clarificadas com KOH 10% e coloridas com fucsina ácida (Kormanik e McGraw, 1982), estimando-se a colonização pelo método da placa quadriculada (Giovannetti e Mosse, 1980), sob estereomicroscópio (aumento 40x).

Os dados foram submetidos à análise de variância, testes de médias e análises de regressão, utilizando-se o programa SANEST (Zonta et al., 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exp.1- Resposta a doses de P e inoculação com FMA em solo não fumigado

A resposta da copaíba a aplicação de doses de superfosfato simples e inoculação com *G. etunicatum* (I) nos diversos parâmetros de crescimento encontra-se na figura 1. Verifica-se que as doses crescentes de superfosfato afetaram significativamente ($P \leq 0,05$) o crescimento inicial das plantas. Para produção de matéria seca da parte aérea, a dose 30 μ g de P/g de solo proporcionou maior crescimento em plantas não inoculadas, o que significou um aumento de 283% quando comparada a testemunha (Fig. 1a). Para os demais parâmetros de crescimento avaliados (Fig.1b-c), maiores valores foram obtidos na dose 120 μ g de P/g de solo em plantas não inoculadas, representando um aumento de 380 e 373% respectivamente para área foliar e matéria seca de raiz, em relação à testemunha. A

inoculação com *G. etunicatum* exerceu efeito depressivo no crescimento das plantas, nos diversos parâmetros avaliados em todas as doses de P, apesar da colonização ter sido ligeiramente superior, nas plantas inoculadas (Fig. 1d). Plantas I atingiram apenas 38% da produção de matéria seca de parte aérea obtida na dose 30 μ g de P/g solo por plantas colonizadas pelos fungos micorrízicos indígenas (NI). Nesta dose de P, não houve diferença na produção de matéria seca de raíz e área foliar entre plantas inoculadas e não inoculadas. Na dose 120 μ g de P/g solo houve redução de até 525% nos parâmetros de crescimento (MS raíz) com a inoculação das plantas. Estes resultados diferem dos obtidos por Carneiro et al. (1996), que não encontraram efeitos de superfosfato ou inoculação micorrízica no crescimento desta espécie. Também são diferentes dos estudos de Camargo et al. (1988) que relatam dependência micorrízica da copaíba em solo de baixa fertilidade. Aspectos específicos da fertilidade do solo, origem das sementes e as condições de crescimento podem explicar os resultados conflitantes.

A colonização radicular das plantas com fungos indígenas foi significativamente menor ($P \leq 0,05$) que aquelas com *G. etunicatum* (Fig. 1d), indicando que o fungo introduzido foi mais eficiente em colonizar as plantas, porém mostrou-se depressiva para o crescimento da planta hospedeira. Graciolli e Graciolli (1992) relataram que esta espécie apresenta elevada colonização micorrízica quando adulta, apesar das espécies pertencentes a sub-família Caesalpinoidea serem consideradas ectomicorrízicas (Högberg, 1982). As bases da micotrofia parasítica induzida por elevado teor de P, são bem discutidas (Siqueira e Colozzi-Filho, 1986), mas não parecem ser as razões da depressão causada pelo *G. etunicatum* no copaíba, considerando sua resposta à superfosfato. Koide (1991) considera que a velocidade de crescimento se relaciona com a dependência ao micotrofismo. Assim, o crescimento lento da copaíba pode contribuir para pequena demanda de P e ausência de dependência micorrízica conforme relatado no presente trabalho.

De forma geral, os efeitos da inoculação com *G. etunicatum* e da adição de superfosfato (P), nos teores de nutrientes da copaíba foram bastante reduzidos, e serão apenas mencionados no texto. A inoculação afetou apenas os teores de Mg que variou de 2,2 a 3,3g.kg⁻¹, sendo maior nas doses mais elevadas de P. Os teores de P e K não diferiram entre os tratamentos, e tiveram média geral 1,1 e 11,7g.kg⁻¹ respectivamente. Salienta-se os baixos teores de P desta espécie e o pequeno efeito dos tratamentos quando comparados com as respostas verificadas para plantas com alto grau de micotrofismo como o cafeeiro (Saggin-Junior et al., 1994) e outras espécies vegetais (Siqueira, 1994), refletindo as características de espécies clímax (Barbosa et al., 1992). Dos demais nutrientes apenas o N, Ca, Mn, Cu e B apresentaram variações em função das doses de P, sendo que o N variou de 20 a 24g.kg⁻¹ e o Ca de 8,8 a 10,8g.kg⁻¹ sem consistência nos resultados. Verificou-se redução dos teores de micronutrientes nas doses mais elevadas de P, aparentemente por efeito direto de aumento da disponibilidade deste nutriente no solo.

Para o guatambú, a dose 60µg de P/g de solo proporcionou o maior crescimento (Fig.2). Em relação à testemunha, houve um aumento de 499, 423 e 664% na matéria seca de parte aérea, matéria seca de raiz e área foliar, respectivamente, indicando que a espécie apresenta respostas positivas a P, em solo com baixa disponibilidade deste nutriente. Não foram encontradas raízes colonizadas nem presença de estruturas típicas de FMA, indicando o caráter não micotrófico desta espécie, conforme já relatado por Carneiro et al. (1996). Há necessidade entretanto de se realizar avaliações anatômicas mais detalhadas para a confirmação deste caráter.

Os teores de nutrientes encontrados no guatambú também foram inconsistentes e foram pouco influenciados pelos tratamentos. O teor de P foi influenciado pelos tratamentos e teve média geral 0,83g.kg⁻¹, portanto, muito baixo em comparação com outras espécies. Os teores dos demais nutrientes foram muito pouco influenciados pelos tratamentos, porém apresentaram variações: K de 11 a 22g.kg⁻¹,

N de 24 a 34g.kg⁻¹, Mg de 5,6 a 8,3g.kg⁻¹, Ca de 13 a 23g.kg⁻¹, Fe de 242 a 414µg.g⁻¹, Cu de 4 a 10µg.g⁻¹ e B de 30 a 79µg.g⁻¹.

Tanto para o óleo copaíba quanto para o guatambú, a presença de quantidades pequenas a moderadas de superfosfato simples (30 a 120µg de P/g solo) estimulou o crescimento inicial. Por outro lado nenhuma das espécies apresentou caráter micotrófico definido, sendo que o óleo copaíba apresentou colonização radicular, porém sem estimular o crescimento como verificado por Camargo et al. (1988).

A capacidade destas espécies crescerem com baixo teor de P nos tecidos, indica a sua elevada eficiência nutricional, o que pode explicar a dominância da copaíba nas matas remanescentes do sudeste brasileiro (Oliveira Filho, 1995), onde predominam solos muito intemperizados e pobres em P disponível.

Exp. 2- Efeito da adição de N, P, fumigação do solo e inoculação com FMA

Os efeitos dos tratamentos no crescimento de plantas de copaíba foram reduzidos e apenas a produção de matéria seca de raízes apresentou efeito significativo ($P \leq 0,05$) para a interação inoculação x fumigação x adubação. A fumigação do solo exerceu efeito depressivo no crescimento da copaíba (Fig. 3). Este efeito é geralmente associado à eliminação dos propágulos de FMA do solo, que elimina a colonização micorrízica e reduz a absorção de nutrientes, especialmente de P, nas espécies vegetais com alta dependência (Yost e Fox, 1979; Plenchette et al., 1983). Entretanto, a inoculação não estimulou o crescimento da copaíba em nenhum dos experimentos realizados, descartando o envolvimento da micorriza no efeito da fumigação. Isto pode ser atribuído à elevação nos teores de N-NH₄ no solo (Jakobsen, 1987), atingindo níveis tóxicos para a planta, aos efeitos fitotóxicos do Bromex residual, às alterações microbiológicas com a eliminação de microrganismos benéficos desconhecidos

ou ao favorecimento de heterotróficos (Rovira, 1976; Ridge, 1976). Verifica-se efeito significativo apenas para +P na produção de matéria seca da parte aérea de plantas em solo não fumigado. A adição de N (+N) ou +PN não estimulou o crescimento desta espécie. No guatambú, a produção de matéria da parte aérea seca e área foliar não foram afetadas pelos tratamentos (dados não apresentados), confirmando os resultados de Carneiro et al. (1996). A colonização da copaíba foi baixa, com médias inferiores a 12% em todos os tratamentos de adubação (Tabela 1). Apenas a testemunha teve colonização aumentada pela inoculação. Isto indica que as condições de baixo suprimento de P podem ter favorecido a colonização (Barea, 1991). No guatambú verificou-se a completa ausência de colonização tal como ocorreu no exp. 1.

Na copaíba, os teores de N, K, Mn, Zn, Cu, e B só foram influenciados pela fumigação (Tabela 2), sendo que houve redução no teor de Cu e aumento nos teores dos demais nutrientes. O aumento dos teores destes nutrientes pode ter ocorrido devido ao aumento na disponibilidade destes no solo pela redução da biomassa (matéria seca) resultante do crescimento reduzido das plantas no solo fumigado (Fig. 3). Os teores de P, S, Ca e Mg não diferiram entre os tratamentos e apresentaram média de $1,26\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $1,36\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $9,6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, e $3,3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. No guatambú, os teores de nutrientes foram muito pouco afetados (Tabela 2), porém, verificou-se efeito da fumigação para alguns deles. Houve aumento nos teores de Mg, Mn, Zn e B e redução no teor de Cu em solo fumigado, como apresentado para a copaíba. Estes aumentos podem estar relacionados a aumentos da disponibilidade destes nutrientes no solo ocasionados pela fumigação (Jakobsen, 1987) ou também de alterações no crescimento, com reflexos nos teores, pelos efeitos de concentração dos nutrientes em plantas com crescimento menor.

CONCLUSÕES

A adição de superfosfato promoveu o crescimento inicial das plantas, em até 499% para o guatambú com 60 μ g de P/g solo e em até 283 % para a copaíba com a dose 30 μ g de P/g solo.

Nenhuma das duas espécies respondeu à adição de nitrogênio.

Colonização micorrízica só foi verificada na copaíba, porém nenhuma das espécies vegetais estudadas apresentou dependência ao micotrofismo, ao contrário *G. etunicatum* mostrou-se depressivo para a copaíba.

TABELA 1. Colonização micorrízica arbuscular da copaíba sob a influência de tratamentos de adubação e inoculação com *G. etunicatum*.

Inoculação	Tratamentos			
	Test.	+P	+N	+PN
I	11,6aA	6,1aB	7,6aAB	4,6aB
NI	3,3bA	3,6aA	7,1aA	3,4aA

Letras iguais indicam não haver diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5%; minúsculas para inoculação e maiúsculas para adubação.

TABELA 2. Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea da copaíba e do guatambú sob a influência de fumigação do solo.

Nutrientes	Planta	Fumigado	Não Fumigado
N (g.kg ⁻¹)	copaíba	29a	19b
	guatambú	nd	nd
K (g.kg ⁻¹)	copaíba	13a	8b
	guatambú	nd	nd
Mg (g.kg ⁻¹)	copaíba	6,0a	4,6b
	guatambú	nd	nd
Mn (mg.g ⁻¹)	copaíba	757a	452b
	guatambú	173a	114b
Zn (mg.g ⁻¹)	copaíba	27a	22b
	guatambú	13a	7b
Cu (mg.g ⁻¹)	copaíba	4b	9a
	guatambú	1b	2a
B (mg.g ⁻¹)	copaíba	34a	24b
	guatambú	58a	32b

nd - não determinado; material vegetal insuficiente para análise. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, L.M.; ASPERTI, L.M.; BEDINELLI, C.; BARBOSA, J.M. BELASQUE, E.de F.; PIRRÉ, E. Informações básicas para modelos de recuperação de áreas degradadas de matas ciliares. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.640-643.
- BAREA, J.M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. **Advances in Soil Science**, New York, v.15, p.1-39, 1991.
- BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acid. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, Jan. 1965.
- BREMNER, J.M.; EDWARDS, H.P. Determination and isotope ratio analyses of different form of nitrogen in soils. I. Aparatus and procedures for destilation and determination for ammonium. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.29, n.5, p.504-507, Sep. 1965.
- BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v.21, p.171-313, 1991.
- CAMARGO, A.F.; OLIVEIRA, E. de; ROSADO, S.C.S. Micorrizas vesicular-arbusculares em óleo copaíba (*C. langsdorffii* - Caesalpinoideae). In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 2, Curitiba, 1988. **Anais...** Curitiba: Instituto Florestal do Paraná, 1988. p.669-678.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R.do. Colonização micorrízica, crescimento e teores de nutrientes em trinta e uma espécies arbóreas em resposta a fungo micorrízico e superfosfato simples. **Scientia Forestalis**, v.50, Piracicaba, 1996. (no prelo)

- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640p.
- FARIA, M.P. de. **Resposta de leguminosas arbóreas a fósforo e fungo micorrízico em latossolo vermelho-escuro da região Campos das Vertentes (MG)**, Lavras: ESAL, 1994, 128p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de plantas).
- GERDEMANN, J.W. ; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Translation British Mycology Society**, v.46, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Oxford, v.84, n.3, p.484-500, Mar.1980.
- GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros 'Mundo Novo e Catuaí'. **Ciência e Prática**, Lavras, v.1, n.1, p.118-123, 1977.
- GONÇALVES, J.L.de M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXÊDAS; GONÇALVES, J.C.; GERES, W.L.de A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo, 1992. **Anais...**São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.463-469.
- GRACIOLLI, L.A.; GRACIOLLI, E.I.B. Micorrizas vesículo-arbusculares em espécies nativas utilizadas no reflorestamento ciliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE AMBIENTAL, 1. **Resumos...** Rio Claro: UNESP, 1994. p.190.
- HÖGBERG, P. Mycorrhizal associations in some woodland and forest trees and shrubs in Tanzania. **The New Phytologist**, Oxford, v.92, n.3, p.407-415, 1982

- HUNTER, A.H. **Laboratory analysis of vegetal tissues samples**. Raleigh, Internacional Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N.C.S.U., 1975. 5p.
- JAKOBSEN, I. Effects of VA mycorrhiza on yield and harvest index of field-grown pea. **Plant and Soil**, The Hague, v.98, p.407-415, 1987.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **The New Phytologist**, Oxford, v.113, n.3, p.365-386, Mar. 1991.
- KORMANIK, P.P.; MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plants roots. In: SCHENCK, N.C. (ed.). **Methods and Principles of Mycorrhizal Research**, St.Paul: American Phytopathological Society, 1982. p.37-46.
- LIMA, H.N. **Crescimento inicial de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação com NPK a campo**. Lavras: ESAL, 1995, 53p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de plantas).
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. Effect of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in Southeastern Brazil. **Flora**, Germany, 1994. (no prelo).
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plants species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. **Plant and Soil**, The Hague, v.70, p.189-209, 1983.
- PRITCHETT, W.L.; FISHER, R.F. **Properties and Management of Forest Soils**. New York: John Wiley, 1987. 494p.
- RENÓ, N.B. **Requerimentos nutricionais e resposta ao fósforo e fungo micorrízico de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro**. Lavras: ESAL, 1994. 62p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- RIDGE, E.D. Studies on soil fumigation II. Effects on bacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, p.249-253, 1976.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e Madeiras úteis do Brasil**. Manual de Dendrologia Brasileira. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 296p.
- ROVIRA, A.D. Studies on soil fumigation- I Effects on ammonium, nitrate and phosphate in soil and on the growth, nutrition and yield of wheat. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, p.241-247, 1976.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.27-36, Jan./Abr. 1994.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares In: Microrganismos de importância agrícola. ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (eds.). EMBRAPA-CNPAP doc. 44, Brasília, 1994, p.151-194.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.207-211, Set/Dez. 1986.
- YOST, R.S.; FOX, R.L. Contribution of mycorrhizae to P nutrition of crops growing on an oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.903-908, 1979.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores (SANEST)**. Pelotas, Departamento de Matemática e Estatística, 1984, 151p.

Lista de Figuras

FIGURA 1- Resposta da copaíba à doses de superfosfato e inoculação com o fungo micorrízico *Glomus etunicatum* em LE de baixa fertilidade. 1- Diferença mínima significativa (DMS) entre as doses de P. 2- DMS entre tratamentos inoculados e não inoculados.

FIGURA 2- Resposta do guatambú à doses de superfosfato em LE de baixa fertilidade: a) matéria seca da parte aérea (g/vaso); b) matéria seca de raízes (g/vaso); c) Área foliar (dm²/planta). As barras verticais indicam a DMS a 5% entre as doses de P.

FIGURA 3- Resposta da copaíba a adubação com fósforo (+P), nitrogênio (+N) e +P+N em solo fumigado (F) e não fumigado (NF). As médias seguidas pelas mesmas letras comparam adubação e não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Efeito significativo pelo teste de Tukey a 5% para fumigação.







