

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI – UFVJM**

SAMUEL DIAS MOREIRA

**COLONIZAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFÉ
INOCULADAS COM FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR EM
SOLOS COM DOSES DE P E UMIDADES CONTROLADAS**

DIAMANTINA - MG

2014

SAMUEL DIAS MOREIRA

**COLONIZAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFÉ
INOCULADAS COM FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR EM
SOLOS COM DOSES DE P E UMIDADES CONTROLADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. Dr. André Cabral França

DIAMANTINA – MG

2014

Ficha Catalográfica - Sistema de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Rodrigo Martins Cruz – CBR6-2886

Moreira, Samuel Dias.
M835c 2014 Colonização e crescimento de mudas de café inoculadas com fungo micorrízico arbuscular em solos com doses de P e umidades controladas / Samuel Dias Moreira. – Diamantina: UFVJM, 2014.
62 p. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. André Cabral França.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Faculdade de Ciências Agrárias, 2014.

1. Coffea arabica. 2. Endomicorrizas. 3. Solo não esterilizado. 4. Capacidade de campo. 5. Fungos nativos. I. França, Cleube Andrade. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Faculdade de Ciências Agrárias. III. Título.

CDD 633.73

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SAMUEL DIAS MOREIRA

**COLONIZAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFÉ INOCULADAS COM
FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR EM SOLOS COM DOSES DE P E
UMIDADES CONTROLADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2014

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues dos Reis – UFV

Membro

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti - UFVJM

Membro

Prof. Dr. Wellington Willian Rocha - UFVJM

Membro

Prof. Dr. André Cabral França – UFVJM

Presidente

DIAMANTINA - MG

2014

OFEREÇO

*Aos meus pais, Pedro e Laudinice,
pela dedicação e compreensão, as
minhas irmãs, Ianny e Luiza, aos
amigos e professores que estiveram
comigo em toda essa trajetória.*

DEDICO

*A Deus por estar sempre ao meu lado,
iluminando meu caminho e dando força nos
momentos mais difíceis. E a todas as pessoas
que tornaram possível a conclusão deste
trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos ensinamentos, sempre me guiando pelo caminho correto, pela saúde e força que me foi concedida, para enfrentar os desafios que surgiram ao longo dessa jornada. E, sobretudo pelo dom da vida.

A minha família, pelo carinho, força, dedicação, incentivo e amor prestados a mim por todos esses anos.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, de maneira especial ao Departamento de Agronomia e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Dr. André Cabral França, pelos ensinamentos, orientação e exemplo de profissional, e principalmente pela amizade.

Aos professores Drs. Paulo Henrique Graziotti e Wellington Willian Rocha, pela amizade, conselhos e por estar sempre dispostos a ajudar quando precisei.

Aos técnicos de laboratórios Andrezza Mara Martins Gandini, Fabiano Ramos Costa, Múcio Magno Melo Farnezi e Rafael Baracho, pelo apoio e auxílio nas atividades laboratoriais.

Ao laboratório de microbiologia da Faculdade Regional de Blumenau (FURB/SC), pelo fornecimento dos inoculantes de fungos micorrízicos arbusculares.

Aos professores da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos durante minha formação acadêmica.

Aos colegas de Mestrado, pela amizade, convivência e companheirismo nos estudos das disciplinas.

Aos amigos Renner, Juliano, Danilo, Christiano, Arley e Luiz, por toda amizade e companheirismo. E um agradecimento especial para minha grande amiga Blenda, que considero uma irmã.

Aos companheiros do grupo de estudos NECAF (Samuel, Felipe, Ademilson, Guto, Indiara, Thauanne, Wedis, Ana Flávia, Nycolas, Juliano, Moisés, Edimilson, Roberto e Rodrigo) pela amizade, ensinamentos e ajuda nos experimentos.

A todos que, diretamente e indiretamente, contribuíram para essa conquista, “Mestre”.

Obrigado!

RESUMO

MOREIRA, S. D. **Colonização e crescimento de mudas de café inoculadas com fungo micorrízico arbuscular em solos com doses de P e umidades controladas.** 2014. 51p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são capazes de estimular o crescimento das plantas, sobre tudo pelo efeito na nutrição mineral e hidratação, onde possibilita maior absorção de água e nutrientes. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a colonização e o crescimento de plantas de café inoculadas com FMA em solos com doses de fósforo (P) e diferentes umidades. Foram produzidas mudas de café (*Coffea arabica*) micorrizadas utilizando inóculos contendo esporos de *Glomus calrum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma*. O período de muda durou 160 dias e posteriormente, conduzidas em dois experimentos, foram plantadas em vasos plásticos e crescidas por 150 dias em casa de vegetação. Para avaliar o efeito de P o experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4 sendo, as doses de 0,00; 0,74; 1,48 e 2,96 g kg⁻¹ de P₂O₅ por planta e os três FMA mais o controle não inoculado. E para avaliar o efeito da umidade do solo o delineamento experimental utilizado foi o mesmo do P e o fatorial também foi 4 x 4 sendo, a umidade do solo 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo e os mesmos tratamentos fúngicos. Os resultados para incremento na altura, área foliar, massa seca das raízes, massa seca do caule e porcentagem de colonização mostraram efeito significativo da interação entre os fatores FMA x doses de fósforo. E para interação dos fatores FMA x umidade do solo, os resultados mostraram efeito significativo somente para incremento na área foliar, massa seca das raízes e relação parte aérea/raízes. A colonização dos fungos *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* tiveram resultados

distintos, com comportamentos semelhantes, para as doses de P diminuindo linearmente e para a umidade tipo quadrático. A inoculação de FMA, a adição de P e o aumento da umidade do solo aumentam o crescimento do cafeeiro.

Palavras-Chave: *Coffea arabica*. Endomicorrizas. Solo não esterilizado. Capacidade de campo. Fungos nativos.

ABSTRACT

MOREIRA, S. D. **Colonization and growth of coffee seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi in soils with P levels and controlled moisture.** 2014. 51p. (Dissertation - Master in Plant Science) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are able to stimulate the growth of plants, especially the effect on mineral nutrition and hydration, which allows for greater absorption of water and nutrients. The objective of this study was to evaluate the colonization and growth of coffee plants inoculated with AMF in soils with phosphorus doses (P) and different moistures. Coffee seedlings (*Coffea arabica*) were produced using mycorrhizal inoculum containing spores of *Glomus calrum*, *Glomus etunicatum* and *Scutellospora heterogma*. The seedlings period lasted 160 days and subsequently conducted two experiments were planted in plastic pots and grown for 150 days in a greenhouse. To evaluate the effect of the P experiment was conducted in a randomized block design with four replications in a factorial 4 x 4 with doses of 0.00; 0.74; 1.48 and 2.96 g kg⁻¹ of P₂O₅ per plant and three FMA more the non-inoculated control. And to evaluate the effect of soil moisture the experimental design was the same as the P factorial and was also 4 x 4, with soil moisture 40, 60, 80 and 100% of field capacity and the same fungal treatments. The results for height increment, leaf area, dry weight of

roots, dry weight of stem and percentage of colonization showed a significant interaction between AMF x phosphorus doses factors. And for interaction between factors AMF x soil moisture, the results showed a significant effect only for increase in leaf area, dry weight of roots and relative air / root part. The colonization of fungi *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* and *Scutellospora heterogma* had different results with similar behaviors, to doses P decreasing linearly and quadratic type to soil moisture. The AMF inoculation, the addition of P and increased soil moisture increase the growth of the coffee.

Key words: *Coffea arabica*. Endomycorrhizae. Non-sterilized soil. Field capacity. Native fungi.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO I	Pág.
<p>Figura 1 Porcentagem do comprimento de raízes colonizadas (Colonização %) em plantas de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i> e <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inoculação, com adição crescente de adubo fosfatado.....</p>	21
<p>Figura 2 (a) Incremento na altura das plantas e (b) Massa seca de raízes de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i> e <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inoculação, com adição crescente de adubo fosfatado.....</p>	23
<p>Figura 3 (a) Incremento na área foliar e (b) Massa seca do caule plantas de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i> e <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inoculação, com adição crescente de adubo fosfatado.....</p>	25
<p>Figura 4 (a) Relação parte aérea/raízes (PA/R), (b) massa seca das folhas, (c) massa seca total e (d) incremento no diâmetro do caule plantas de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i> e <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inoculação, com adição crescente de adubo fosfatado.....</p>	26
ARTIGO CIENTÍFICO II	
<p>Figura 1 (a) Comprimento de raízes colonizadas (Colonização) e (b) incremento na área foliar das plantas de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i>, <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inóculação, submetidas às umidades 0,15; 0,23; 0,30 e 0,38 cm³ de água por cm³ de solo correspondem, respectivamente, a 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo do solo.....</p>	40
<p>Figura 2 (a) Massa seca de raízes e (b) Relação parte área/raízes (PA/R) das plantas de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i>, <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inóculação, submetidas às umidades 0,15; 0,23; 0,30 e 0,38 cm³ de água por cm³ de solo correspondem, respectivamente, a 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo do solo.....</p>	42
<p>Figura 3 (a) Teor de clorofila total, (b) massa seca das folhas, (c) do caule e (d) total das plantas de café inoculadas com <i>Glomus clarum</i>, <i>Glomus etunicatum</i>, <i>Scutellospora heterogma</i> e sem inoculação, submetidas às umidades 0,15; 0,23; 0,30 e 0,38 cm³ de água por cm³ de solo correspondem, respectivamente, a 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo do solo.....</p>	44

ANEXOS

- Figura 1 Crescimento de cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob efeito de diferentes aplicações de adubo fosfatado (0,0; 0,74; 1,48 e 2,96 g kg⁻¹ de P₂O₅). Tratamentos micorrízicos: *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE), *Scutellosporo heterogama* (SH) e não inoculado (NI)..... 50
- Figura 2 Crescimento de cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob efeito de umidades controladas: 100, 80, 60 e 40% da capacidade de campo (CC), correspondendo a 0,1526; 0,2287; 0,3001; 0,3812 cm³ de água por cm³ de solo. Tratamentos micorrízicos: *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE), *Scutellosporo heterogama* (SH) e inoculado (NI)..... 51

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I.		Pág.
Tabela 1	Análise textural e químicas do Latossolo Vermelho-amarelo distrófico argiloso utilizado no experimento.....	18
ARTIGO CIENTÍFICO II.		
Tabela 1	Análise textural e químicas do Latossolo Vermelho-amarelo distrófico argiloso utilizado no experimento.....	37

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	2
REFERÊNCIAS	7
ARTIGO CIENTIFICO I - Crescimento do cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em solo com doses de fósforo.....	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS.....	27
ARTIGO CIENTIFICO II – Colonização e Crescimento do cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em solo com umidades controladas.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	45
CONCLUSÃO GERAL.....	49
ANEXOS.....	50

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. A safra de 2013 atingiu 49,15 milhões de sacas de café beneficiado e a área plantada no país totaliza 2,31 milhões de hectares. A cadeia produtiva do café envolve mais de oito milhões de empregos no país, sendo uma fonte imprescindível de receita para vários produtores e famílias (MAPA, 2014). Deste modo, a cafeicultura constitui uma importante atividade no desenvolvimento do país, principalmente na questão sócio econômica, pela sua participação na geração de riquezas e oportunidades de emprego, além de ser um expressivo gerador de divisas.

No período de janeiro a agosto de 2013, o café destacou-se como sexto item da pauta das exportações, com 5,1% da balança do agronegócio brasileiro, ficando atrás do complexo soja, carnes, complexo sucroalcooleiro, produtos florestais, cereais, farinha e preparações (MAPA, 2013). Apesar dessa significativa participação no agronegócio, os cafeicultores ainda buscam novas tecnologias para desenvolver a cultura, tendo grande preocupação com as questões sociais e ambientais, todavia alcançar altas produtividades com sustentabilidade.

Entre as várias tecnologias desenvolvidas e utilizadas no cafeeiro, algumas se destacam como o emprego de fertilizantes (CORRÊA et al., 2001), cujo seu uso é absolutamente necessário para a agricultura, havendo uma estreita relação entre a produção de café e o consumo dos três principais nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio). Além da adubação, a irrigação se destaca entre as tecnologias, contribuindo com o aumento da produtividade do café, pois, além do suprimento das necessidades hídricas do cafeeiro, garante a da produção e proporciona frutos de qualidade, sendo uma prática cada vez mais utilizada de forma a atender as necessidades da cultura (RAIJ, 2007). Diante disso, tem-se a preocupação de encontrar soluções para aperfeiçoar o uso dessas tecnologias, sendo a micorriza uma alternativa promissora para otimizar o uso dos adubos químicos e da água pela cultura do café.

26 Os cafeeiros respondem positivamente à inoculação com fungos micorrízicos
27 arbusculares (FMA), além de outras espécies, como por exemplo, soja, milho, batata-doce,
28 mandioca, cana-de-açúcar, espécies florestais e frutíferas brasileiras (BERBARA et al., 2006).
29 Os FMA ocorrem naturalmente no cafeeiro e, de forma generalizada, colonizam as raízes
30 desde a fase de formação de mudas até plantas adultas no campo (CARDOSO, 1978;
31 SIQUEIRA et al., 1998; CARDOSO et al., 2003). Em monocultivo prolongado, espécies de
32 FMA mais adaptadas ao meio são selecionadas, porém esses fungos são geralmente menos
33 eficientes em promover benefícios para a planta (JOHNSON et al., 1992). Na produção de
34 mudas de cafeeiro a simbiose micorrízica torna-se particularmente importante, pois o cafeeiro
35 apresenta elevada dependência micorrízica, destacando-se em solos de baixa fertilidade
36 (LOPES et al., 1983; COLOZZI-FILHO et al., 1994).

37 Os FMA, Filo Glomeromycota, Classe Glomeromicetos, são organismos biotróficos,
38 que estabelecem associações endomicorrízicas com as raízes da maioria das plantas presentes
39 em agrossistemas e ecossistemas naturais (SMITH; READ, 1997). Todos os gêneros das
40 Angiospermas e Gimnospermas, e numerosas briófitas e Pteridófitas formam micorrizas
41 (SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005), onde levantamentos apontam que 80 % das famílias de
42 plantas apresentam essa associação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A MA é considerada
43 como uma associação mutualística nutricional, onde ambos os organismos se beneficiam
44 dessa associação, na qual a planta supre o fungo com energia e produtos fotossintéticos para o
45 crescimento e manutenção deste, enquanto o fungo fornece nutrientes e água (BERBARA et
46 al., 2006).

47 Os FMA têm capacidade de estimular o desenvolvimento das plantas, sobretudo pelo
48 efeito na nutrição mineral, onde possibilita maior absorção de nutrientes, principalmente o
49 fósforo (BERBARA et al., 2006). Conservando e utilizando os nutrientes disponíveis no solo,
50 a micorriza proporciona melhor adaptação das plantas ao meio, conferindo maior resistência

51 aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica ou abiótica (COLOZZI-FILHO;
52 NOGUEIRA, 2007), como ataque de fitopatógenos (MAIA et al., 2006) e déficit hídrico
53 (AUGÉ, 2004).

54 O FMA coloniza as células do córtex inter e intracelularmente formando arbúsculos,
55 estrutura altamente ramificada, característico das MA (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Após
56 estabelecimento do fungo no interior das células radiculares, as hifas podem estender-se no
57 solo a vários centímetros, aumentando o volume de solo explorado (CAMEL et al., 1991). O
58 aumento da área explorada pelas raízes das plantas, favorece a absorção de nutrientes por
59 difusão, especialmente os de baixa mobilidade no solo, como o fósforo (MARSCHNER,
60 1995). Além disso, os micélios externos desses fungos proporcionam aumento na estabilidade
61 de agregados do solo (PURIN, 2005), possibilitando maior retenção de água no solo e
62 fornecimento para a planta.

63 O P é o nutriente mais favorecido pela micorriza arbuscular, por causa da sua baixa
64 disponibilidade e baixa mobilidade no solo, ao mesmo tempo, esse elemento destaca-se entre
65 os fatores edáficos mais importantes no controle da colonização das raízes pelo FMA e do
66 efeito da simbiose sobre o hospedeiro (SMITH, T. F., 1980; ABBOTT; ROBSON, 1984;
67 SIQUEIRA; COLLOZI-FILHO, 1986). O FMA pode ter comportamento mutualístico,
68 neutralístico ou parasítico com a planta hospedeira, dependendo da quantidade de P
69 disponível no solo (SMITH, S. E., 1980).

70 Entre o P do solo e o dos tecidos da planta existe um balanço que controla a
71 associação micorrízica, sendo provável que o mecanismo que regula essa simbiose estar
72 relacionado com o nível ótimo de P para o desenvolvimento do hospedeiro. Em uma mesma
73 condição ambiental os hospedeiros variam na associação micorrízica, pois diferem no balanço
74 de fósforo, devido cada espécie, variedade ou cultivar apresentar uma exigência nutricional, e
75 também podendo ser diferenciado pelo tipo de crescimento e o porte da planta (MIRANDA et

76 al., 1989; COSTA et al., 2001; CARRENHO et al., 2010), ou seja, a elevada quantidade de
77 fósforo na efetividade dos FMA é influenciada pelo genótipo do hospedeiro (SYLVIA et al.,
78 1993). A quantidade de fósforo requerida para inibir a colonização de FMA depende da
79 capacidade de absorção, translocação e exigência da planta hospedeira. Sendo que em solos
80 com elevada deficiência de P, a aplicação de pequena quantidade desse nutriente favorece a
81 associação micorrízica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

82 No entanto, muitos outros fatores podem influenciar nas associações micorrízicas,
83 como a umidade e luz (MORATELLI et al., 2007); a calagem (CARRENHO et al., 2007); o
84 sistema de cultivo (DAWO et al., 2009); a contaminação do solo com resíduos (NAKATANI
85 et al., 2008; MODESTO et al., 2009) e metais pesados (KLAUBERG-FILHO et al., 2002;
86 SILVA et al., 2006; ANDRADE; SILVEIRA, 2008); aplicação de agrotóxicos (ABDALLA et
87 al., 2000; VIEIRA et al., 2007).

88 As práticas de cultivos agrícolas afetam as características físicas como textura e
89 condições de umidade do solo, aeração, inundação e compactação, conseqüentemente,
90 exercem grande influência sobre as associações micorrízicas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).
91 O preparo do solo, a correção da acidez e a adição de fertilizantes químicos (nitrogênio,
92 potássio, fósforo e outros) ou orgânicos (resíduos culturais, vermicomposto, esterco, e outros),
93 também, podem alterar a estrutura das comunidades de FMA (CARRENHO et al., 2010).

94 Uma das atividades agrícolas que mais interferem na comunidade e no potencial de
95 inóculo natural de FMA é o preparo do solo (CARRENHO et al., 2010), pois a camada arável
96 do solo é onde se localizam a maior parte das raízes absorventes das plantas, sendo essa
97 camada o principal habitat e reservatório de propágulos desse fungo nos agroecossistemas
98 (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nestes sistemas intensivamente manejados, principalmente
99 monocultivo, induzem a seleção de espécies de FMA, pois o equilíbrio entre os componentes

100 do sistema micorrízico é rompido, e nem sempre essa seleção é direcionada à eficiência
101 simbiótica, mas sim à sobrevivência (SIQUEIRA et al., 1994).

102 Os fungos e as raízes dos hospedeiros são aeróbios, portanto em condições de elevado
103 teor de umidade ou sujeitas à inundação, com falta de aeração, geralmente são desprovidos de
104 FMA. Os propágulos desses fungos sobrevivem em condições extremamente secas, mas o
105 máximo crescimento das micorrizas ocorre, geralmente, próximo à capacidade de campo do
106 solo. Umidades elevadas do solo beneficiam o desenvolvimento de hifas hiperparasitas de
107 esporos dos FMA reduzindo-lhes a viabilidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

108 No Brasil, as pesquisas realizadas em mudas de café, envolvendo colonização e
109 eficiência simbiótica, mostram que espécies eficientes de FMA são geralmente exóticas,
110 apresentando dificuldades de sobrevivência no campo (depois do transplante), atribui-se a
111 isso, a dificuldade de adaptarem às novas condições ambientais (LOPES et al., 1983). É
112 necessário realizar estudos em campo para verificar-se o benefício da associação micorrízica
113 na fase de muda se mantém após o plantio para o campo, pois são poucos experimentos
114 realizados em condições de campo, e assim podemos avaliar a eficiência do FMA introduzido
115 na presença de FMA nativos (SILVEIRA; GOMES, 2007). Porém no campo torna-se difícil
116 o controle das variáveis analisadas, sendo assim, propõem-se realizar experimentos em casa
117 de vegetação utilizando solo não esterilizado, aproximando ao máximo das condições de
118 campo.

119 O presente trabalho teve como objetivo avaliar a colonização micorrízica e o crescimento do
120 cafeeiro previamente inoculado na fase de mudas e crescido em solo com doses de P e
121 umidades controladas, no período de 150 dias em solo não esterilizado.

122

123

REFERÊNCIAS

124

125 ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. The effect of mycorrhizal on plant growth. In: POWELL,
126 C. L.; BAGYARAJ, D. J. (Eds.); **Mycorrhiza** - Boca Raton. Florida: CRC Press, 1984.
127 p.113–130.

128

129 ABDALLA, M. H.; OMAR, S. A.; KARANXHA, S. The impact of pesticides on arbuscular
130 mycorrhizal and nitrogenfixing symbioses in legumes. **Applied Soil Ecology**, v. 14, n. 3, p.
131 191–200, 2000.

132

133 ANDRADE, S.; SILVEIRA, A. Mycorrhiza influence on maize development under Cd stress
134 and P supply. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 1, p. 39–50, 2008.

135

136 AUGÉ, R. M. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. **Canadian Journal of**
137 **Soil Science**, v. 84, n. 4, p. 373–381, 2004.

138

139 BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos
140 arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.); **Nutrição Mineral de**
141 **Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.53 – 88.

142

143 CAMEL, S. B.; REYES-SOLIS, M. G.; FERRERA-CERRATO, R.; AL., E. Growth of
144 vesicular-arbuscular mycorrhizal mycelium through bulk soil. **Soil Science Society of**
145 **American Journal, Madison**, v. 35, p. 389–393, 1991.

146

147 CARDOSO, E. J. N. Ocorrência de micorriza em café. **Summa Phutopathol**, v. 4, p. 136–
148 137, 1978.

149

- 150 CARDOSO, I.; BODDINGTON, C.; JANSSEN, B. Distribution of mycorrhizal fungal spores
151 in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**,
152 v. 58, p. 33–43, 2003.
- 153
154 CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.
155 Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O.;
156 SOUSA, F. A. de; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.); **Micorrizas: 30 anos de**
157 **pesquisa no Brasil**. Lavras, MG: UFLA, 2010. p.215–250.
- 158
159 CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R.; SILVA, E. S. The effect of
160 different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and
161 maize. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 723–730, 2007.
- 162
163 COLOZZI-FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais:
164 Café, Mandioca e Cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. (Eds.);
165 **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p.41–
166 56.
- 167
168 COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J. O.; JUNIOR, O. J. S.; GUIMARÃES, P. T. G.;
169 OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de
170 mudas, crescimento pós-transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária**
171 **Brasileira, Brasília**, v. 29, n. 9, p. 1397–1406, 1994.
- 172
173 CORRÊA, J. B.; REIS JÚNIOR, R. A.; CARVALHO, J. G. DE; GUIMARÃES, P. T. G.
174 Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais.
175 **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 25, n. 6, p. 1279–1286, 2001.
- 176

- 177 COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C.
178 Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de
179 aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6,
180 2001.
- 181
182 DAWO, M. I.; WILKINSON, J. M.; PILBEAM, D. J. Interactions between plants in
183 intercropped maize and common bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.
184 89, n. 1, p. 41–48, 2009.
- 185
186 JOHNSON, N. C.; COPELAND, P. J.; CROOKSTON, R. K.; PFLEGER, F. L. Mycorrhizae:
187 Possible Explanation for Yield Decline with Continuous Corn and Soybean. **Agronomy**
188 **Journal**, v. 84, n. 3, p. 387, 1992.
- 189
190 KLAUBERG-FILHO, O.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos
191 arbusculares em solos de área poluída com metais pesados. **Resvista Brasileira de Ciência**
192 **do Solo**, v. 26, n. 1, p. 125–134, 2002.
- 193
194 LOPES, E.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N. Occurrence and distribution of
195 vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São
196 Paulo State, Brazil. **Turrialba**, v. 4, p. 417–422, 1983.
- 197
198 MAIA, L. C.; SILVEIRA, N. S. S. DA; CAVALCANTE, U. M. T. Interaction between
199 arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. In: RAI, M. K. (Ed.); **Handbook of**
200 **Microbial Biofertilizers**. New York: Handbook of Microbial Biofertilizers, 2006. p.325–352.
- 201
202 MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Café**
203 **participa como sexto item das exportações do agronegócio**. Disponível em:
204 <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 2/2/2013.

- 205 MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Café -**
206 **Saiba mais**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 28/1/2014.
- 207
208 MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995.
- 209
210 MIRANDA, J. C. C.; HARRIS, P. J.; WILD, A. Effects of soil and plant phosphorus
211 concentrations on vesicular arbuscular mycorrhiza in sorghum plants. **New Phytologist**,
212 **Cambridge**, v. 112, n. 3, p. 405–410, 1989.
- 213
214 MODESTO, P. T.; SCABORA, M. H.; COLODRO, G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO,
215 A. M. R. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de
216 esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1489–
217 1498, 2009.
- 218
219 MORATELLI, E. M.; COSTA, M. D.; LOVATO, P. E.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T. S.
220 Efeito da disponibilidade de água e de luz na colonização micorrízica e no crescimento de
221 *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb. (Bignoniaceae). **Revista Árvore**, Sociedade de
222 Investigações Florestais. v. 31, n. 3, p. 555–566, 2007.
- 223
224 MOREIRA, F. M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do do Solo**. 2^a
225 edição ed. Lavras, MG: UFLA, 2006. 729 p.
- 226
227 NAKATANI, A. S.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S.; LAMBAIS, M. R.
228 Comunidades microbianas, atividade enzimática e fungos micorrízicos em solo rizosférico de
229 “Landfarming” de resíduos petroquímicos. **Resvista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.
230 1501–1512, 2008.
- 231

- 232 PURIN, S. **Fungos micorrízicos arbusculares: atividade, diversidade e aspectos**
233 **funcionais em sistemas de produção de maçãs.** 182 f. Dissertação de Mestrado. Lages,
234 Universidade do Estado de Santa Catarina, 2005.
- 235
236 RAIJ, B. V. A fertilização do cafeeiro no Brasil e o desenvolvimento sustentável. In:
237 ZAMBOLIM, L. (Ed.); **Boas práticas agrícolas na produção de café.** Viçosa, MG: UFV,
238 2007. p.61–82.
- 239
240 SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. DA. Micorriza arbuscular - Papel, funcionamento
241 e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Eds.); **Processos**
242 **biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável.**
243 Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.101–149.
- 244
245 SILVA, S. DA; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S. Fungos micorrízicos no crescimento
246 e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. **Pesquisa**
247 **Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1749–1757, 2006.
- 248
249 SILVEIRA, A. P. D. DA; GOMES, V. F. F. Micorrizas em Plantas Frutíferas Tropicais. In:
250 SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. (Eds.); **Microbiota do solo e qualidade**
251 **ambiental.** Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p.57–77.
- 252
253 SIQUEIRA, J. O.; COLLOZI-FILHO, A. A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de
254 cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista**
255 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 207–211, 1986.
- 256
257 SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; JUNIOR, O. J. S. Efeito da infecção de plântulas
258 de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *gigaspora*
259 *margarita.* **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 6, p. 875–883, 1994.

- 260 SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; FLORES-AYLAS, W. W.; GUIMARÃES, P. T.
261 G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant
262 development and yield of coffee in Brazil. **Mycorrhiza**, v. 7, p. 293–300, 1998.
- 263
264 SMITH, S. E. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. **Biological Reviews**, v. 55, n. 4, p.
265 475–510, 1980.
- 266
267 SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. California: Academic Press, 1997.
- 268
269 SMITH, T. F. The effect of season and crop rotation on the abundance of spores of vesicular-
270 arbuscular (V-A) mycorrhizal endophytes. **Plant and Soil**, v. 57, n. 2-3, p. 475–479, 1980.
- 271
272 SYLVIA, D. M.; WILSON, D. O.; GRAHAM, J. H.; et al. Evaluation of vesicular-arbuscular
273 mycorrhizal fungi in diverse plants and soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 6, p.
274 705–713, 1993.
- 275
276 VIEIRA, R. F.; SILVA, C. M. M. S.; SILVEIRA, A. P. D. Soil microbial biomass C and
277 symbiotic processes associated with soybean after sulfentrazone herbicide application. **Plant**
278 **and Soil**, v. 300, n. 1-2, p. 95–103, 2007.

ARTIGO CIENTÍFICO I**NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DA REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA**

Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br>

**Crescimento do cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos
arbusculares em solo com doses de fósforo**

Growth of coffee inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi
in soil with phosphorus doses

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar a colonização micorrízica e o crescimento do cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 inoculado com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma*, e adubado com 0; 0,74; 1,48 e 2,96 g kg⁻¹ de P₂O₅. As mudas previamente inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular (FMA) foram plantadas em vasos com 17 dm³ de solo não esterilizados. Todos os tratamentos fúngicos apresentaram diminuições lineares na colonização dos FMA. Para incremento na altura e massa seca de raízes das plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogma* e não inoculadas apresentam comportamento quadrático. O incremento na altura das plantas foi 39% maior para aquelas inoculadas com *Glomus etunicatum*, 35% maior para *Glomus clarum* e 25% maior para *Scutellospora heterogma* em relação às plantas não inoculadas no solo sem adição de P. As plantas não inoculadas aumentaram o incremento na área foliar e a massa seca do caule com a adição de P, todavia as plantas inoculadas tiveram melhor resposta na aplicação de baixas doses desse nutriente, com tendência de estabilização já na primeira dose. Os fungos inoculados apresentaram resultados distintos na colonização do cafeeiro, com diminuição da colonização micorrízica com o

304 aumento da disponibilidade de P no solo, porém foram maiores que nas plantas não
305 inoculadas. As plantas de café inoculadas com FMA apresentaram maior crescimento em
306 relação às plantas não inoculadas, nos solos com baixa adição de P.

307 **Palavras-chave:** *Coffea arabica*. Endomicorrizas. Solo não esterilizado. Fungos nativos.
308 Adubação fosfatada.

309

310 **ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the micorrízica colonization and
311 growth of the coffee Catuaí Vermelho IAC 99 inoculated with *Glomus clarum*, *Glomus*
312 *etunicatum* and *Scutellospora heterogma*, and fertilized with 0; 0.74; 1.48 and 2.96 g kg⁻¹ of
313 P₂O₅. The seedlings inoculated with mycorrhizal fungi (AMF) were planted in pots containing
314 17 kg of non-sterilized soil. All fungal treatments showed linear decreases in colonization of
315 AMF. To increase the height and dry weight of roots of plants inoculated with *Glomus*
316 *etunicatum*, *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogma* and non-inoculated have quadratic
317 behavior. The increase in plant height was 39% greater for those inoculated with *Glomus*
318 *etunicatum*, 35% higher for *Glomus clarum* and 25% higher for *Scutellospora heterogma* in
319 relation to non-inoculated plants in soil without added P. Non-inoculated plants increased the
320 increment in leaf area and dry weight of stem with the addition of P, however, the inoculated
321 plants had better response in the application of low doses of this nutrient, with a tendency to
322 stabilize since the first dose. The inoculated fungi presented different results in the
323 colonization of coffee with decreased mycorrhizal colonization with the increased availability
324 of P in soil, however were greater than in non-inoculated plants. Coffee plants inoculated with
325 AMF showed greater growth compared to non-inoculated plants, in soils with low addition of
326 P.

327 **Key words:** *Coffea arabica*. Endomycorrhizae. Non-sterilized soil. Native fungi. Phosphorus
328 fertilization.

INTRODUÇÃO

329

330 Os cafeicultores para conseguirem boas produtividades e longevidade das lavouras
331 precisam realizar adubações, pois na maioria das vezes os solos utilizados para implantação
332 da cafeicultura são de baixa a média fertilidade natural. Contudo adubar para conseguir altas
333 produtividades não tem sido o maior problema, o real desafio é utilizá-la de forma sustentável
334 (GUIMARÃES; REIS, 2010). A produção com sustentabilidade é visada por todo o mundo,
335 principalmente na conservação do meio ambiente. Por isso, novas tecnologias estão sendo
336 pesquisadas para o uso consciente dessas fontes e para evitar a contaminação ambiental.

337

A micorriza é uma biotecnologia promissora para tornar a agricultura mais sustentável.
338 Os fungos micorrícicos arbusculares (FMA) são organismos biotróficos obrigatórios, que
339 estabelecem associações simbióticas mutualística com raízes da maioria das plantas
340 (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O café responde positivamente à inoculação com FMA
341 (BERBARA et al., 2006), esses fungos ocorrem naturalmente no cafeeiro e, de forma
342 generalizada, colonizam as raízes desde a fase de formação de mudas até plantas adultas no
343 campo (CARDOSO et al., 2003). Espécies e, ou isolados de FMA mais adaptadas ao meio são
344 selecionadas devido ao monocultivo prolongado, porém geralmente são menos eficientes em
345 promover benefícios positivos para o hospeiro (JOHNSON et al., 1992).

346

Os FMA são de grande importância tanto no aspecto nutricional como ecológico, atuam
347 como um complemento do sistema radicular do hospedeiro e exercem papel na obtenção de
348 nutrientes para a planta (COLOZZI FILHO; CARDOSO, 2000). Dentre os nutrientes
349 absorvidos pelo FMA, o P é que trás mais benefício para a planta, pois a concentração e a
350 mobilidade desse nutriente são baixas no solo. Em contrapartida, esse elemento é o fator
351 edáfico que mais tem controle sobre a porcentagem de colonização e dos efeitos da simbiose
352 sobre a planta. Dependendo da quantidade de P disponível, a simbiose pode ser de natureza

353 mutualística, neutralística ou parasítica para o hospedeiro (SIQUEIRA; COLLOZI-FILHO,
354 1986).

355 Nos diversos estudos sobre FMA, a maioria é realizada em solos esterilizados, não
356 havendo interferência de micro-organismos naturais do solo, contudo, é preciso realizar
357 experimentos em condições de campo para verificar a eficiência da micorrização na fase de
358 muda se mantém após o plantio para o campo, pois assim, podemos avaliar a eficiência do
359 FMA inoculados na presença de FMA nativos (SILVEIRA; GOMES, 2007). Experimento de
360 cafeeiro micorrizado com adubação de doses crescentes de P no solo já foram conduzidos em
361 solo não esterilizado, adotando como controle planta não inoculada em solo não esterilizado e
362 solo esterilizado, contudo, observaram-se resultados diferentes entre os tratamentos, onde as
363 plantas em solo esterilizado tiveram crescimento linear com o aumento das doses de P, e para
364 as plantas micorrizadas observou comportamento quadrático ou do tipo raiz quadrada
365 (SAGGIN-JÚNIOR et al., 1994). Nesse experimento as plântulas de café foram inoculadas e
366 transplantadas diretamente para os vasos, diferente deste, o presente trabalho realizou,
367 primeiramente, a produção de mudas micorrizadas e posteriormente o plantio para vasos, com
368 o objetivo de aproximar da realidade no campo.

369 Objetivou-se com esse trabalho avaliar a colonização micorrízica e o crescimento do
370 cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 inoculado com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*
371 e *Scutellospora heterogma*, e adubado com 0; 0,74; 1,48 e 2,96 g kg⁻¹ de P₂O₅, em solo não
372 esterilizado.

373

374 MATERIAL E MÉTODOS

375

376 O experimento foi conduzido de agosto de 2012 a novembro de 2013, em casa de
377 vegetação situada no Departamento de Agronomia na Universidade Federal dos Vales do

378 Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, MG, Brasil. Utilizou-se sementes de café
379 cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 e três inóculos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).
380 Os inóculos foram compostos por areia, argila expandida, fragmentos de raízes e esporos de
381 FMA, foram produzidos através do projeto “Produção de Inoculante Micorrízico e de Plantas
382 Micorrizadas de Qualidade (Rede Glomeronet)”, Universidade Regional de Blumenau
383 (FURB/SC), coordenado pelo Dr. Sidney Luiz Stürmer. Para quantificação da densidade dos
384 esporos, amostras contendo 50 g de cada inóculo foi submetido à técnica de peneiramento
385 úmido, seguida de centrifugação em água, por três minutos a 3000 rpm, e em sacarose 50%
386 durante dois minutos a 2000 rpm (JENKINS, 1964), e posteriormente, efetuada a contagem
387 com auxílio da lupa.

388 O substrato para cultivo das plantas constituiu-se de Latossolo vermelho-amarelo
389 distrófico (horizonte superficial 0-20 cm) peneirado em malha de 4 mm e não esterilizado. A
390 análise de solo foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFVJM (Tabela 1).
391 Esse solo apresentou densidade de 14,7 esporos de fungos nativos por grama de solo. As
392 adubações foram realizadas de acordo com Guimarães et al. (1999), exceto as adubações
393 fosfatadas.

394 Para produção de mudas inoculadas, as sementes foram germinadas em areia
395 previamente lavada com água destilada. Quando as plântulas atingiram a fase de “palito de
396 fósforo”, isto é, antes do lançamento da folha hipocotiledonar, foram transplantadas para
397 sacos de polietileno com 1,6 dm³ do substrato citado anteriormente, com adição de 0,46 g kg⁻¹
398 de P₂O₅. No ato desses transplantios, 3/4 das plântulas receberam o inóculo contendo os FMA
399 junto às raízes, onde a quantidade de inoculo usada dependeu do FMA e foi suficiente para
400 fornecer 100 esporos por planta. O restante das plântulas, correspondente a 1/4, não foi
401 inoculada, sendo o tratamento não inoculado (controle). A fase de muda ocorreu durante o
402 período de outubro de 2012 a maio de 2013, e quando as plantas atingiram quatro a cinco

403 pares de folhas definitivas, aos 160 dias após o transplântio, as mudas foram plantadas em
404 vasos.

405 **Tabela 1.** Análise textural e químicas do Latossolo Vermelho amarelo distrófico argiloso
406 utilizado no experimento.

Análise granulométrica (dag kg ⁻¹)											
Areia	Silte	Argila									
38	8	56									
Análise química											
pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H + Al	SB	t	T	m	V
H ₂ O	... mg dm ⁻³...		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..... % .....
4,9	1,3	8	0,1	0,1	0,3	4,6	0,3	0,6	4,9	50	6
P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO					
mg L ⁻¹	.....	.....	.....	.....	.....	dag kg ⁻¹					
7,1	0,2	30,5	0,7	0,1	0,1	1,9					

407 pH água - Relação solo-água 1:2,5. P, K, Cu, Fe, Mn e Zn - Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al -
408 Extrator KCl 1 mol L⁻¹. H+Al - Extrato Acetato de Calcio 0,5 mol L⁻¹. M.O. - Matéria
409 Orgânica: método da oxidação do carbono por dicromato de potássio em meio ácido
410 multiplicado por 1,724. SB – Soma de bases. t – Capacidade de troca de cátions efetiva. T -
411 Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases.
412
413

414 Para produção de mudas inoculadas, as sementes foram germinadas em areia
415 previamente lavada com água destilada. Quando as plântulas atingiram a fase de “palito de
416 fósforo”, isto é, antes do lançamento da folha hipocotiledonar, foram transplantadas para
417 sacos de polietileno com 1,6 dm³ do substrato citado anteriormente, com adição de 0,46 g kg⁻¹
418 de P₂O₅. No ato desses transplântios, 3/4 das plântulas receberam o inóculo contendo os FMA
419 junto às raízes, onde a quantidade de inoculo usada dependeu do FMA e foi suficiente para
420 fornecer 100 esporos por planta. O restante das plântulas, correspondente a 1/4, não foi
421 inoculada, sendo o tratamento não inoculado (controle). A fase de muda ocorreu durante o
422 período de outubro de 2012 a maio de 2013, e quando as plantas atingiram quatro a cinco
423 pares de folhas definitivas, aos 160 dias após o transplântio, as mudas foram plantadas em
424 vasos.

425 O experimento consistiu em um delineamento experimental em blocos casualizados,
426 com quatro repetições, disposto em um esquema fatorial 4 x 4, sendo mudas de cafeeiro
427 inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellosporo heterogama* e não

428 inoculada (controle) com quatro adubações. A unidade experimental foi constituída por um
429 vaso, contendo uma planta.

430 Para o plantio das mudas, 18 dm³ do mesmo substrato utilizado na produção das
431 mesmas, após a adição de 0,00; 0,74; 1,48 e 2,96 g kg⁻¹ de P₂O₅, foram acondicionados em
432 vasos na casa de vegetação. As doses de P₂O₅ são equivalentes a 0, 50%, 100% e 200% da
433 dosagem recomendada, de acordo com Guimarães et al. (1999).

434 No dia do plantio das mudas foram mensuradas a altura da parte aérea, diâmetro do
435 caule e área foliar das plantas, sendo esta determinada de acordo com o método não destrutivo
436 proposto por Antunes et al. (2008). Durante o período de condução do experimento foram
437 feitos manejos diários de manutenção da cultura: irrigação, mantendo 80% da capacidade de
438 campo; controle manual de plantas daninhas e pragas. Aos 150 dias após o plantio (DAP) a
439 altura da planta, diâmetro do caule e área foliar foram novamente avaliados. O incremento na
440 altura das plantas, no diâmetro do caule e na área foliar foi determinado pela subtração da
441 avaliação realizada no primeiro dia do plantio. Nesse mesmo dia mensurou-se com o uso do
442 medidor eletrônico de teor de clorofila (clorofiLOG – CFL1030), em quatro folhas do terço
443 médio, os índices de clorofila total, em que, posteriormente, os teores de clorofila foram
444 obtidos de forma indireta através do índice SPAD de acordo com Porra *et al.*(1989),
445 adaptando-se à seguinte equação: $Yt = 2,1468 + 0,1022 x + 0,002 x^2$, $R^2 = 91\%$., através de
446 correlação entre o índice SPAD e a clorofila total.

447 Quando as plantas de café atingiram 150 DAP foram retiradas dos vasos e divididas em
448 folhas, caules e raízes, posteriormente, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a
449 65°C, até atingirem peso constate, para determinação da massa seca. A partir dos valores
450 obtidos por meio dessas medições calculou-se a relação parte aérea/raízes (PA/R).

451 Para verificar a porcentagem de comprimento de raízes colonizadas (porcentagem de
452 colonização) foram coletadas amostras do sistema radicular, retirando-se de cada unidade

453 experimental, aproximadamente, 1g de raízes, e armazenando em solução de Formol:ácido
454 acético:álcool etílico 96° na proporção de 1:1:18. As raízes amostradas foram clarificadas com
455 KOH 10%, acidificadas com HCl 1% e coradas com azul de tripano em lactoglicerol 0,05%
456 (PHILLIPS; HAYMAN, 1970). A avaliação da colonização micorrízica foi realizada pelo
457 método de interseção em placa quadriculada, sob microscópio estereoscópico
458 (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980), realizando a contagem de no mínimo 100 segmentos de
459 raízes. Este procedimento foi realizado no Laboratório de Microbiologia do solo da UFVJM.

460 Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), onde se
461 realizou o desdobramento da interação significativa, através da análise de regressão entre as
462 doses de fósforo.

463

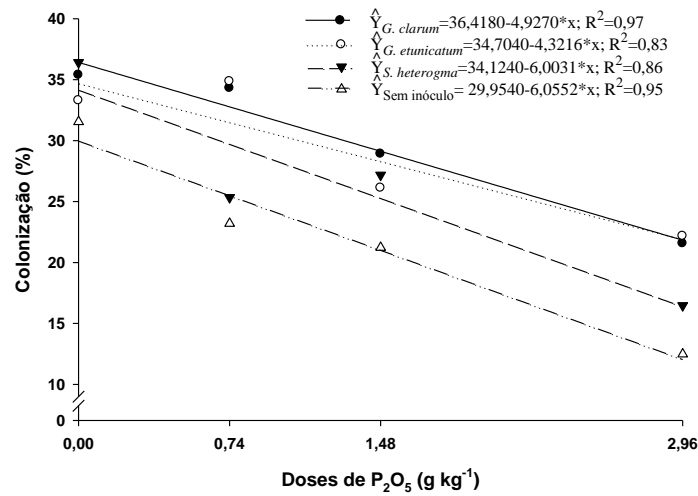
464

RESULTADOS E DISCUSSÃO

465 Porcentagem de comprimento de raízes colonizadas (porcentagem de colonização),
466 incremento na altura e na área foliar, massa seca do caule e massa seca de raízes foram
467 influenciadas pela interação entre fungos e doses de P. Contudo, para as demais variáveis
468 houve apenas efeito das doses de P.

469 A ocorrência de colonização nas plantas não inoculadas pode ser explicada pelo fato de
470 que o solo utilizado não qualquer tratamento antimicrobiano. A colonização micorrízica
471 diminuiu linearmente com o aumento da disponibilidade de P no solo, tanto para as plantas
472 inoculadas como não inoculadas (Figura 1). Para todos os tratamentos fúngicos a maior
473 porcentagem de colonização foi no solo sem adição de adubo fosfatado. Resultado semelhante
474 foi observado em cafeeiro inoculado com *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* em solo
475 não esterilizado apresentando 1 mg dm⁻³ de P (SAGGIN-JÚNIOR et al., 1994). Este
476 comportamento da colonização micorrízica com adição de P também foi observado em
477 *Mentha arvensis* (FREITAS et al., 2006) e *Andropogon gayanus* (CARNEIRO et al., 2007).

478



479

480 **Figura 1** – Porcentagem do comprimento de raízes colonizadas (Colonização %) em plantas
 481 de café inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* e sem
 482 inoculação, com adição crescente de adubo fosfatado.

483

484

A diminuição na colonização ocasionada pela adição de P no solo está bem
 485 documentada na literatura, geralmente teores elevados desse nutriente inibem o
 486 estabelecimento da micorriza, isso está relacionado ao estado nutricional da planta e aos
 487 mecanismos de auto-regulação da simbiose (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Para o mesmo
 488 FMA houve redução da porcentagem de colonização do tratamento sem adição de fosfato para
 489 a maior dose aplicada de P₂O₅ (2,96 g kg⁻¹) de 37% para *Glomus etunicatum*, 40% para
 490 *Glomus clarum*, 52% para *Scutellospora heterogma* e 60% para o controle (Figura 1). O
 491 *Glomus etunicatum*, em relação aos demais, apresentou menor intensidade na redução linear,
 492 podendo ser resultado da maior tolerância dessa espécie a doses elevadas de P nas condições
 493 desse experimento. Todavia o tratamento controle teve grande redução na colonização com a
 494 maior dose aplicada, mostrando que aplicações de grande quantidade de fertilizantes
 495 fosfatados inibem a colonização dos fungos nativos.

496

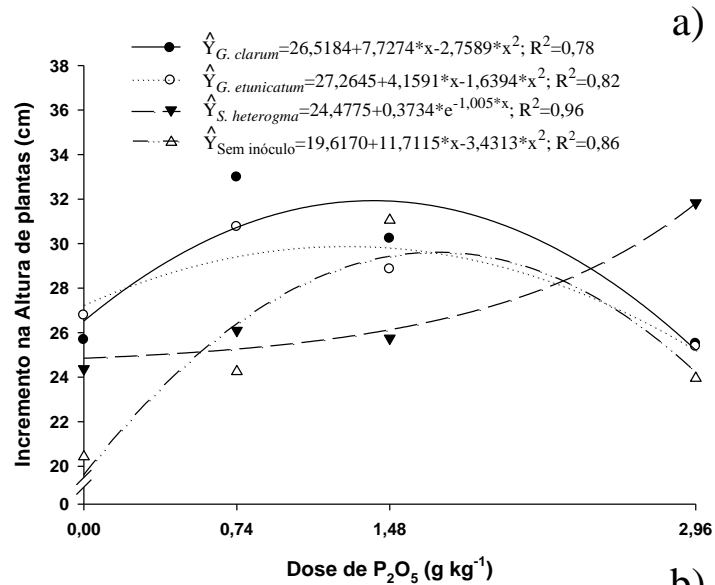
497

Para incremento na altura e massa seca de raízes das plantas inoculadas com *Glomus*
etunicatum, *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogma* e não inoculadas apresentam

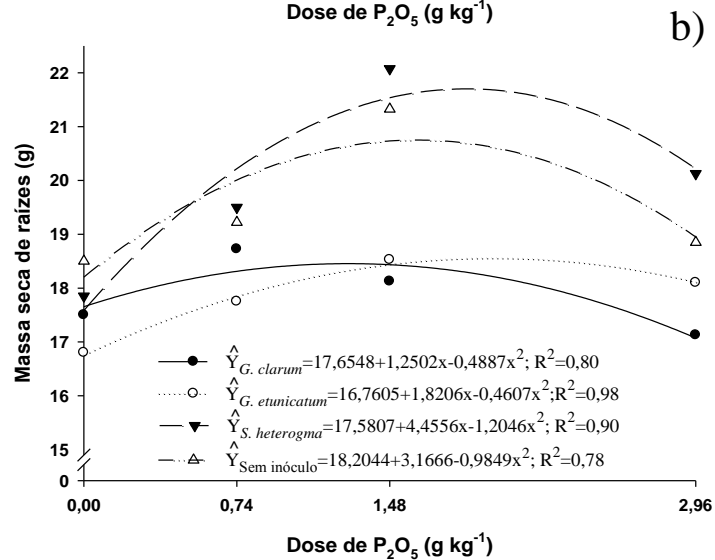
498 comportamento quadrático (Figura 2). O maior incremento na altura das plantas inoculadas
499 com *Glomus etunicatum* foi observado na dose 1,27 g kg⁻¹ de P₂O₅, para aquela inoculada
500 com *Glomus clarum* 1,40 g kg⁻¹ de P₂O₅ e para não inoculada 1,71 g kg⁻¹ de P₂O₅. Já as
501 plantas inoculadas com *Scutellospora heterogma*, o incremento na altura aumentou com a
502 adição crescente de adubo fosfatado (Figura 2a). Este resultado indica menor eficiência desse
503 fungo em promover o crescimento da planta de café. O incremento na altura das plantas foi
504 39% maior para aquelas inoculadas com *Glomus etunicatum*, 35% maior para *Glomus clarum*
505 e 25% maior para *Scutellospora heterogma* em relação às plantas não inoculadas no solo sem
506 adição de P. Este resultado mostra a eficiência dos fungos introduzidos e a dependência
507 micorrízica do cafeeiro em solos com baixa fertilidade. O crescimento do cafeeiro em solo
508 natural contendo propágulos viáveis é menos favorecido pela inoculação (SAGGIN-JÚNIOR
509 et al., 1994).

510 O comportamento quadrático do incremento na altura observado no presente trabalho
511 corrobora com o observado em outros (TRINDADE et al., 2001; ROCHA et al., 2006;
512 BALOTA et al., 2011). Em altas doses de P, os FMA podem deixar de formar uma simbiose
513 mutualística e tornasse parasítica, podendo ocasionar a redução no crescimento do hospedeiro.
514 A associação micorrízica está correlacionada com o custo de carboidratos da simbiose, e
515 quando esse custo excede o benefício do FMA, a associação pode reduzir o crescimento da
516 planta em até 17%, isso geralmente ocorre em ambientes com elevado teor de P (RAMOS;
517 MARTINS, 2010).

518



519



520 **Figura 2** – (a) Incremento na altura das plantas e (b) Massa seca de raízes de café inoculadas
 521 com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* e sem inoculação, com
 522 adição crescente de adubo fosfatado.

523

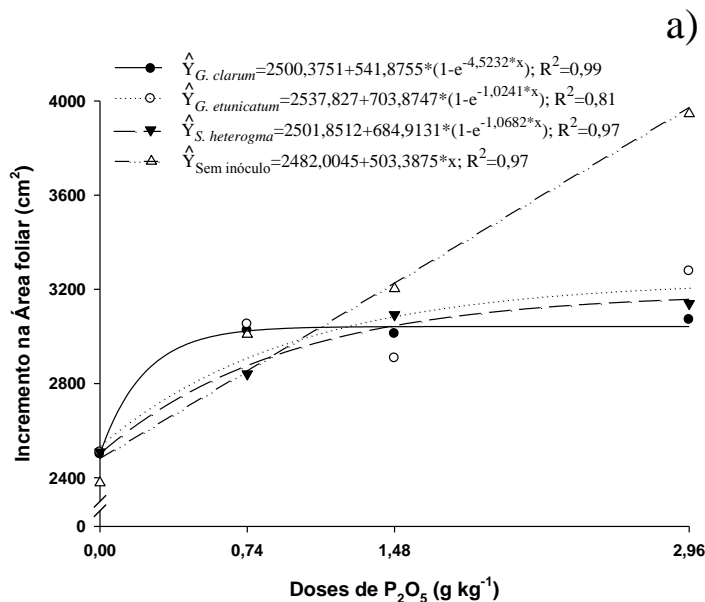
524 Os fungos do gênero *Glomus* apresentam maior porcentagem de colonização (Figura 1),
 525 ou seja, possuem uma ampla exploração do solo devido ao maior número de hifas, assim,
 526 diminui a necessidade do cafeeiro de investir em sistema radicular, justificando assim sua
 527 menor produção de massa seca de raízes (Figura 2b). Ao contrario do gênero *Glomus*, as
 528 plantas inoculada com *Scutellospora* alcançaram maior produção de massa seca de raízes,
 529 tendo como base a avaliação do incremento na altura da planta (Figura 2a), esse fungo teve

530 menor crescimento em relação aos outros inóculos, necessitando de maior aporte de raiz para
 531 suprir as necessidades do hospedeiro.

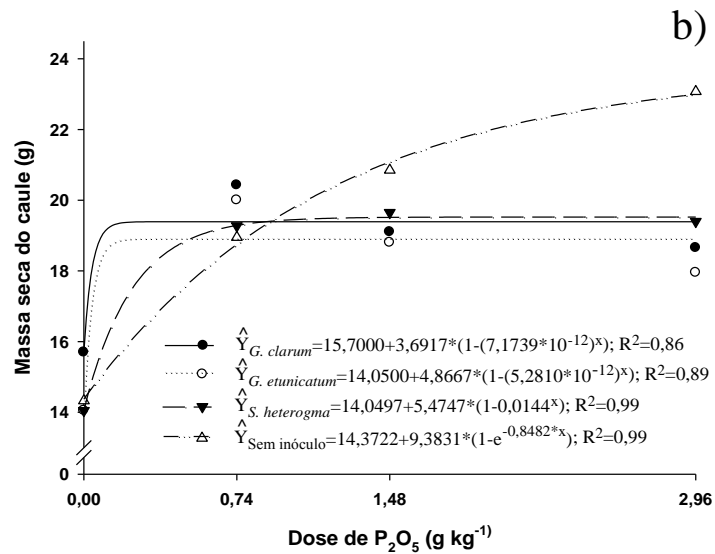
532 O incremento na área foliar e a massa seca do caule das plantas inoculadas com *Glomus*
 533 *etunicatum*, *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogma* apresentaram comportamento
 534 exponencial (Figura 3). As plantas não inoculadas aumentaram o incremento na área foliar e a
 535 massa seca do caule com a adição de P, todavia as plantas inoculadas tiveram melhor resposta
 536 na aplicação de baixas doses desse nutriente, com tendência de estabilização já na primeira
 537 dose. Na dose de 1,48 g kg⁻¹ de P₂O₅ todos os tratamentos inoculados apresentaram
 538 incremento na área foliar e a massa seca do caule menor do que naquelas não inoculadas,
 539 evidenciando o efeito negativo da micorriza nas condições de altas doses desse nutriente. Em
 540 cafeeiro, a ocorrência de micorriza em elevadas doses de P no solo ocasiona efeito depressivo
 541 na AF (SIQUEIRA; COLLOZI-FILHO, 1986; SAGGIN-JÚNIOR et al., 1994).

542

543



544



545

546 **Figura 3** – (a) Incremento na área foliar e (b) Massa seca do caule plantas de café inoculadas
 547 com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* e sem inoculação, com
 548 adição crescente de adubo fosfatado.

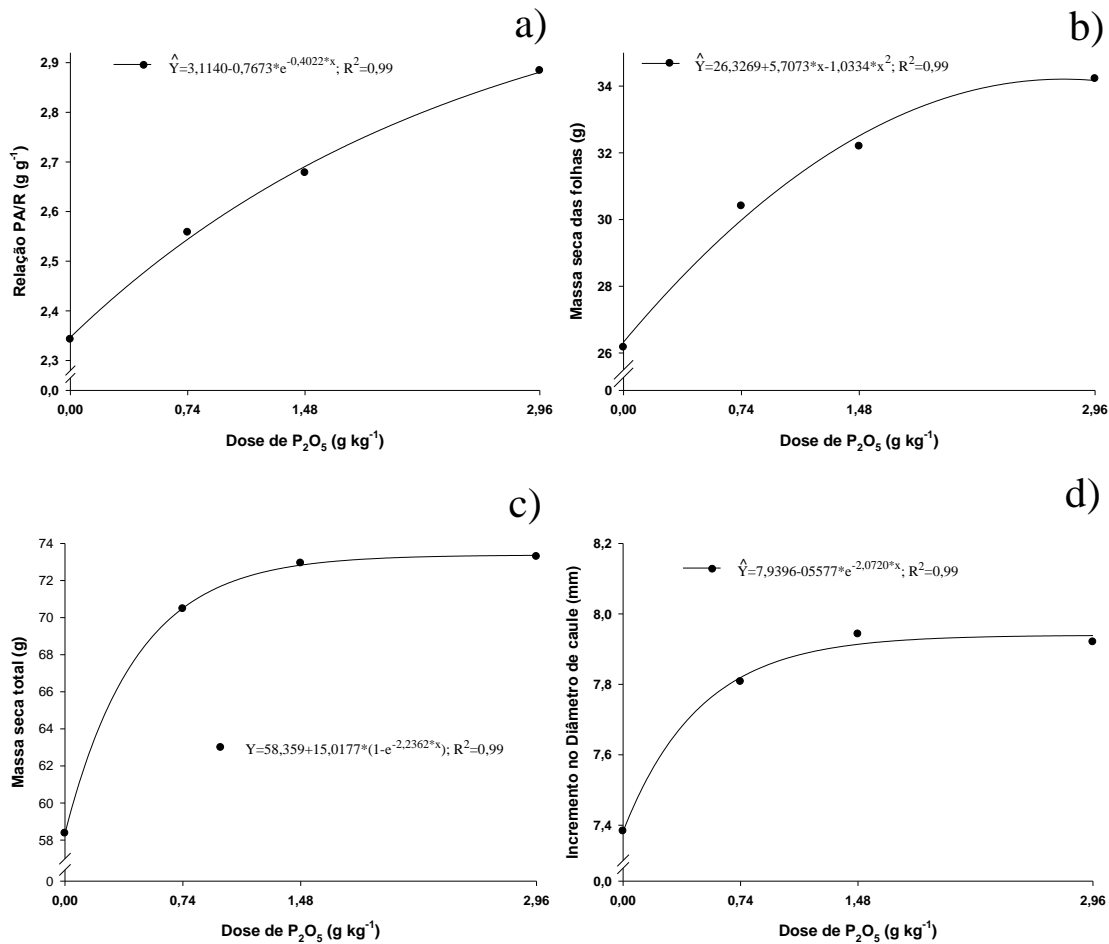
549

550 Os teores de clorofila, incremento no diâmetro do caule, massa seca total, massa seca
 551 das folhas e relação PA/R aumentaram de forma exponencial (Figura 4). Houve aumento de
 552 todas essas variáveis com a adição crescente de P, com tendência a estabilizar com o aumento
 553 das doses de P, ou seja, a adição desse nutriente contribuiu para o crescimento do cafeeiro
 554 independente da inoculação micorrízica.

555

556 Em solo com baixo teor de P, as plantas investem mais em crescimento radicular para
 557 maior exploração desse nutriente, assim, reduz-se a relação PA/R e, ao contrário disso, em
 558 ambientes onde se tem uma maior concentração de P, as plantas não necessitam ter uma
 559 grande exploração do solo, pois há uma grande quantidade disponível desse nutriente próximo
 das raízes existentes (Figura 4a).

560



561

562

563 **Figura 4** – (a) Relação parte aérea/raízes (PA/R), (b) massa seca das folhas, (c) massa seca
 564 total e (d) incremento no diâmetro do caule plantas de café inoculadas com *Glomus clarum*,
 565 *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* e sem inoculação, com adição crescente de
 566 adubo fosfatado.
 567

568 Neste trabalho observou-se dependência micorrízica do cafeeiro com 150 DAP,
 569 cultivado em solo sem aplicação de adubo fosfatado, entretanto a partir da dose de 0,74 g kg⁻¹
 570 a dependência diminuiu. Assim a utilização de FMA em plantas jovens de café deve ser
 571 considerada, principalmente em ambientes pobre em fósforo, visando melhor
 572 desenvolvimento da planta e sustentabilidade no uso de adubos fosfatados. Os fungos *Glomus*
 573 *clarum* e *Glomus etunicatum* foram as que proporcionaram melhor efeito de crescimento das
 574 plantas de café.

575 Com o solo não esterilizado a presença de FMA nativos no solo poderia interferir sobre
 576 os FMA introduzidos e causar efeito negativo na colonização deste e no desenvolvimento da

577 planta, mas apesar disso os tratamentos inoculados proporcionaram melhores resultados do
578 que os tratamentos sem adição de inóculo, em condições de baixo teor de fósforo. Os efeitos
579 da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado apresentam maior
580 aumento no crescimento das mudas com a inoculação de FMA inoculados do que com os
581 FMA nativos, mostrando o benefício da adição de FMA exóticos, mesmo no solo não
582 fumigado (CHU et al., 2001). Comportamento semelhante foi observado em experimento com
583 Algaroba (*Prosopis juliflora*), também em solo não esterilizado, foi constatado maior
584 eficiência dos FMA introduzido do que os nativos no crescimento da mudas, em condições de
585 baixa disponibilidade de P (AGUIAR et al., 2004).

586

587

CONCLUSÕES

- 588 1. Os fungos *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* apresentaram
589 resultados distintos na colonização da cultivar Catuai Vermelho IAC 99, com diminuição
590 da colonização micorrízica com o aumento da disponibilidade de P no solo, porém foram
591 maiores que nas plantas não inoculadas.
- 592 2. Os fungos *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* promovem
593 maior crescimento das plantas de café em relação às plantas não inoculadas, nos solos
594 com baixa adição de P.

595

596

REFERÊNCIAS

- 597 AGUIAR, R. L. F. DE; MAIA, L. C.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. DE S. B. Interação
598 entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da algaroba [*Prosopis*
599 *juliflora* (Sw) DC]. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 589–598, 2004.

600

601 ANTUNES, W. C.; POMPELLI, M. F.; CARRETERO, D. M.; DAMATTA, F. M. Allometric
602 models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea*
603 *canephora*). **Annals of Applied Biology**, v. 153, n. 1, p. 33–40, 2008. Blackwell Publishing
604 Ltd.

605
606 BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação
607 de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v.
608 70, n. 1, p. 166–175, 2011.

609
610 BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos
611 arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.); **Nutrição Mineral de**
612 **Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.53 – 88.

613
614 CARDOSO, I.; BODDINGTON, C.; JANSSEN, B. Distribution of mycorrhizal fungal spores
615 in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**,
616 v. 58, p. 33–43, 2003.

617
618 CARNEIRO, R. F. V.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M.; DETMANN, E.; VÁSQUEZ,
619 H. M. Inoculação micorrízica arbuscular e doses de fósforo na produção do capim-
620 andropogon, em substrato não estéril. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v. 2, n. 3, p.
621 212–218, 2007.

622
623 CHU, E. Y.; MÖLLER, M. D. R. F.; CARVALHO, J. G. DE. Efeitos da inoculação
624 micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa**
625 **Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 671–680, 2001.

626

- 627 COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E. J. B. N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares
628 em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária**
629 **Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 2033–2042, 2000.
- 630
631 FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; CARVALHO, A. J. C. DE. Crescimento e
632 composição mineral da menta em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares
633 e adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 11–16, 2006.
- 634
635 GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-
636 arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489–500, 1980.
- 637
638 GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; V., V. H. A.; et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.
639 C.; GONTIJO, P. T.; ALVAREZ, V. H. (Eds.); **Comissão de fertilidade do solo do estado**
640 **de minas gerais. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:**
641 **5ª aproximação.** Viçosa, 1999. p.289–302.
- 642
643 GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T. H. P. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: REIS, P. R.;
644 CUNHA, R. L. da (Eds.); **Café Arábica do plantio à colheita.** Lavras: Unidade Regional
645 EPAMIG Sul de Minas, 2010. p.342–445.
- 646
647 JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil.
648 **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.
- 649
650 JOHNSON, N. C.; COPELAND, P. J.; CROOKSTON, R. K.; PFLEGER, F. L. Mycorrhizae:
651 Possible Explanation for Yield Decline with Continuous Corn and Soybean. **Agronomy**
652 **Journal**, v. 84, n. 3, p. 387, 1992.
- 653

- 654 MOREIRA, F. M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do do Solo**. 2^a
655 edição ed. Lavras, MG: UFLA, 2006.729 p.
- 656
657 PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining
658 parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal for rapid assessment of infection.
659 **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, p. 158–161, 1970.
- 660
661 PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIEDERMANN, P. E. Determination of accurate
662 extinction coefficients and simultaneous equation for assaying chlorophylls and b extracted
663 with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls standards by
664 atomic absorption spectroscopy. **Biochimicaet Biophysica Acta**, v. 975, p. 384–394, 1989.
- 665
666 RAMOS, A. C.; MARTINS, M. A. Fisiologia de micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J.
667 O.; SOUZA, F. A. de; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.); **Micorrizas: 30 anos de**
668 **pesquisas no Brasil**. Lavras, MG: UFLA, 2010. p.133–152.
- 669
670 ROCHA, F. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. DA; LIMA, W. L. DE.
671 Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa**
672 **Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 77–84, 2006.
- 673
674 SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. DA. Micorriza arbuscular - Papel, funcionamento
675 e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Eds.); **Processos**
676 **biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**.
677 Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.101–149.
- 678
679 SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E.
680 Interação fungos micorrízicos versus superfosfato simples e seus efeitos no crescimento e

- 681 teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Resvista Brasileira de Ciência do**
682 **Solo, Campinas**, v. 18, p. 27–36, 1994.
- 683
684 SILVEIRA, A. P. D. DA; GOMES, V. F. F. Micorrizas em Plantas Frutíferas T ropicais. In:
685 SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. (Eds.); **Microbiota do solo e qualidade**
686 **ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p.57–77.
- 687
688 SIQUEIRA, J. O.; COLLOZI-FILHO, A. A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de
689 cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista**
690 **Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v. 10, n. 3, p. 207–211, 1986.
- 691
692 SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. California: Academic Press, 1997.
- 693
694 TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. DE. Dependência micorrízica de
695 variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p.
696 1485–1494, 2001.

ARTIGO CIENTÍFICO II

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DA REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA

Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br>**Colonização e crescimento do cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em solo com umidades controladas**

Colonization and growth of coffee plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi in soil with controlled moistures

RESUMO: Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em associação com as raízes das plantas proporcionam maior capacidade de exploração da água, se comparados as plantas não micorrizadas. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar colonização dos FMA e o crescimento do cafeeiro colonizado, em solo não esterilizado com umidades controladas. Utilizaram-se sementes de café cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 e três inóculos de FMA: *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogama*. Umidades do solo adotadas foram: correspondendo a 0,15; 0,23; 0,30; 0,38 cm³ de água por cm³ de solo. Foram produzidas mudas de cafeeiro micorrizadas, e posteriormente plantadas em vasos plásticos. A colonização micorrízica e o incremento na área foliar das plantas inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* e não inoculadas apresentaram comportamento quadrático. O cafeeiro apresentou maior colonização em associação com *Glomus clarum*, 39%, em solo com 71% da capacidade de campo. As plantas inoculadas com FMA apresentaram maior incremento na área foliar do que as plantas não inoculadas. As plantas inoculadas com o fungo *Scutellospora heterogama* produziram 21% de massa seca de raízes maior que as não inoculadas na umidade de 0,38 cm³ de água por cm³ de solo. A

722 relação PA/R apresentou pouca variação com o aumento da umidade do solo para as plantas
723 inoculadas com FMA. Os fungos micorrízicos arbusculares inoculados e o aumento da
724 umidade do solo aumentaram o crescimento das plantas de café. As plantas inoculadas com
725 *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogma* são resistentes ao estresse
726 hídrico moderado.

727 **Palavras-chave:** Estresse hídrico. Capacidade de campo. Endomicorrizas. Solo não
728 esterilizado.

729

730 **ABSTRACT:** Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in association with plant roots provide
731 greater capacity for exploitation water, non-mycorrhizal plants compared. The objective of
732 this study was to evaluate the AMF colonization and growth of colonized coffee in non-
733 sterilized soil with controlled moistures. It was used coffee seeds Catuaí Vermelho IAC 99
734 and three inoculum of AMF: *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* and *Scutellospora*
735 *heterogama*. Soil moistures were adopted: corresponding to 0.15; 0.23; 0.30; 0.38 cm³ of
736 water per cm³ of soil. Mycorrhizal seedlings of coffee were produced, and then planted in
737 plastic pots. Mycorrhizal colonization and increase in leaf area of plants inoculated with
738 *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* and not inoculated presented
739 quadratic behavior. The coffee had increased colonization in association with *G. clarum*, 39%
740 in soil with 71% of field capacity. Plants inoculated with AMF presented higher increase in
741 leaf area than plants non-inoculated. Plants inoculated with the fungus *Scutellospora*
742 *heterogma* produced 21% dry weight of roots greater than in non-inoculated in soil moisture
743 of 0.38 cm³ of water per cm³ soil roots. The relative AP/R presented little variation with
744 increasing soil moisture for plants inoculated with AMF. The arbuscular mycorrhizal fungi
745 inoculation and increased soil moisture increased the growth of coffee plants. Plants

746 inoculated with *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* and *Scutellospora heterogma* are
747 resistant to moderate stress.

748 **Key words:** Water stress. Field capacity. Endomycorrhizae. Non-sterilized soil.

749

750

INTRODUÇÃO

751 O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo, atualmente, a cafeicultura
752 ocupa uma área estimada de 2,311 milhões de hectares (MAPA, 2014). As regiões onde estão
753 localizadas as plantações de café, normalmente, apresentam deficiência hídrica ou com
754 veranicos, sendo a irrigação uma prática essencial. O crescimento e rendimento das plantas
755 são limitados por diversos fatores abióticos, sendo o déficit hídrico considerado um dos mais
756 importantes. A manutenção da umidade do solo garante melhor produtividade e qualidade dos
757 grãos e da bebida (COSTA et al., 2010).

758 No meio agrícola tem ocorrido o aumento das áreas irrigadas, demandando grande
759 quantidade de recursos hídricos, sendo necessário utilizar esse recurso de modo racional, a
760 fim de reduzir o seu consumo e preservar o ambiente, sem diminuir sua produtividade
761 (COSTA et al., 2010). Para alcançar a racionalização da água existem várias técnicas, como
762 utilização de sistemas de irrigação mais eficientes e bem dimensionados, manutenção do
763 sistema e saber o momento de irrigar. São manejos que reduzem o desperdício de água, porém
764 podem ser melhoradas com o uso da biotecnologia, neste ponto destacamos a micorriza, para
765 aumentar a eficiência da planta na absorção de água no solo e resistência a períodos secos.

766 Tem-se observado em vários estudos que as plantas micorrizadas aumentam sua
767 resistência à seca, com alteração nas taxas de movimento da água, para dentro e fora das
768 plantas hospedeiras, tendo efeito sobre a hidratação e fisiologia da planta (RUIZ-LOZANO,
769 2003). A micorriza alcança sua colonização máxima em condições de umidade próxima a
770 capacidade de campo, apesar dos propágulos do FMA sobreviverem em ambientes

771 extremamente secos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Na fase de muda, as plantas de café
772 apresentam alta dependência micorrízica (SIQUEIRA; COLLOZI-FILHO, 1986), e plantas
773 adultas observou-se colonização no campo (CARDOSO et al., 2003).

774 Os FMA em associação com as raízes do hospedeiro proporcionam maior capacidade de
775 exploração da água e de nutrientes no solo, se comparados as plantas não micorrizadas, isso é
776 atribuído ao desenvolvimento extra-radicular do micélio (COLOZZI-FILHO; NOGUEIRA,
777 2007). Esse emaranhado de hifas aumenta o volume e a extensão do solo explorado, além de
778 aumentar a superfície de contato com o solo, tendo um menor gasto de energia na criação
779 deste que as raízes, portanto, para a planta é mais viável investir em micorriza do que na
780 produção de raízes (SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005).

781 Nos diversos estudos sobre FMA, a maioria é realizada em solos esterilizados, não
782 havendo interferência de microrganismos naturais do solo. Porém é necessário conhecer os
783 efeitos dessa interação entre os microrganismos, pois podem provocar efeito negativo no
784 desenvolvimento da planta ou na colonização (SAGGIN-JÚNIOR et al., 1994). A utilização
785 de solos não esterilizados torna-se muito complexa, a partir do ponto que a microbiota do solo
786 é muito diversificada, podendo existir indivíduos que interfiram negativamente nessa
787 simbiose, através de competição ou parasitismo, mas ao mesmo tempo podem existir outros
788 que beneficiam (sinergismo). Desse modo, torna-se importante conduzir experimentos que
789 condiz mais com as condições de campo.

790 Na literatura não existem experimentos que avaliaram o comportamento da associação
791 micorrízica em cafeeiro com aumento da umidade do solo, mantendo a quantidade de água
792 constante de acordo com os tratamentos. Assim, Objetivou-se com o presente trabalho avaliar
793 colonização dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o crescimento do cafeeiro
794 colonizado, em solo não esterilizado com umidades controlas.

795

MATERIAL E MÉTODOS

796

797 O experimento foi conduzido de agosto de 2012 a novembro de 2013, em casa de
798 vegetação situada no Departamento de Agronomia na Universidade Federal dos Vales do
799 Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, MG, Brasil. Utilizou-se sementes de café
800 cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 e três inóculos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).
801 Os inóculos eram compostos por areia, argila expandida, fragmentos de raízes e esporos de
802 FMA, foram produzidos através do projeto “Produção de Inoculante Micorrízico e de Plantas
803 Micorrizadas de Qualidade (Rede Glomeronet)”, Universidade Regional de Blumenau
804 (FURB/SC), coordenado pelo Dr. Sidney Luiz Stürmer. Para quantificação da densidade dos
805 esporos, amostras contendo 50 g de cada inóculo foi submetido à técnica de peneiramento
806 úmido, seguida de centrifugação em água, por três minutos a 3000 rpm, e em sacarose 50%
807 durante dois minutos a 2000 rpm (JENKINS, 1964), e posteriormente, efetuada a contagem
808 com auxílio da lupa.

809 O substrato para cultivo das plantas constituiu-se de Latossolo vermelho-amarelo
810 distrófico (horizonte superficial 0-20 cm) peneirado em malha de 4 mm e não esterilizado. A
811 análise de solo foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFVJM (Tabela 1).
812 Esse solo apresentou densidade de 14,7 esporos de fungos nativos por grama de solo. As
813 adubações foram realizadas de acordo com Guimarães et al. (1999), exceto as adubações
814 fosfatadas.

815

816

817

818

819

820

821 **Tabela 1.** Análise textural e químicas do Latossolo Vermelho-amarelo distrófico argiloso
 822 utilizado no experimento.

Análise granulométrica (dag kg ⁻¹)											
Areia	Silte	Argila									
38	8	56									
Análise química											
pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H + Al	SB	t	T	m	V
H ₂ O	... mg dm ⁻³ ...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4,9	1,3	8	0,1	0,1	0,3	4,6	0,3	0,6	4,9	50	6
P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO					
mg L ⁻¹	.....	.....	.....	.....	.....	dag kg ⁻¹					
7,1	0,2	30,5	0,7	0,1	0,1	1,9					

823 pH água - Relação solo-água 1:2,5. P, K, Cu, Fe, Mn e Zn - Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al -
 824 Extrator KCl 1 mol L⁻¹. H+Al - Extrato Acetato de Calcio 0,5 mol L⁻¹. M.O. - Matéria
 825 Orgânica: método da oxidação do carbono por dicromato de potássio em meio ácido
 826 multiplicado por 1,724. SB – Soma de bases. t – Capacidade de troca de cátions efetiva. T -
 827 Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases.
 828
 829

830 Para produção de mudas inoculadas, as sementes foram germinadas em areia
 831 previamente lavada com água destilada. Quando as plântulas atingiram a fase de “palito de
 832 fósforo”, isto é, antes do lançamento da folha hipocotiledonar, foram transplantadas para
 833 sacos de polietileno com 1,6 dm³ do substrato citado anteriormente, com adição de 0,46 g kg⁻¹
 834 de P₂O₅. No ato desses transplantios, 3/4 das plântulas receberam o inóculo contendo os FMA
 835 junto às raízes, onde a quantidade de inóculo usada dependeu do FMA e foi suficiente para
 836 fornecer 100 esporos por planta. O restante das plântulas, correspondente a 1/4, não foi
 837 inoculada, sendo o tratamento não inoculado (controle). A fase de muda ocorreu durante o
 838 período de outubro de 2012 a maio de 2013, e quando as plantas atingiram quatro a cinco
 839 pares de folhas definitivas, aos 160 dias após o transplantio, as mudas foram plantadas em
 840 vasos.

841 O experimento consistiu em um delineamento experimental em blocos casualizados,
 842 com quatro repetições, disposto em um esquema fatorial 4 x 4, sendo mudas de cafeeiro
 843 inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellosporo heterogama* e não
 844 inoculada (controle) com quatro unidades do solo. A unidade experimental foi constituída por
 845 um vaso, contendo uma planta.

846 Para o plantio das mudas, 18 dm³ do mesmo substrato utilizado na produção das
847 mesmas, após a adição de 0,74 g kg⁻¹ de P₂O₅, foram acondicionados em vasos na casa de
848 vegetação. A capacidade de campo foi determinada pelo método da câmara de pressão de
849 Richards, onde cinco amostras de solo (Tabela 1) foram submetidas a esse ensaio
850 (EMBRAPA, 2005), sendo utilizada a pressão de 6 kPa.. As umidades do solo foram: 40, 60,
851 80 e 100% da capacidade de campo (CC), correspondendo a 0,1526; 0,2287; 0,3001; 0,3812
852 cm³ de água por cm³ de solo.

853 No dia do plantio das mudas foram mensuradas a altura da parte aérea, diâmetro do
854 caule e área foliar das plantas, sendo esta determinada de acordo com o método não destrutivo
855 proposto por Antunes et al. (2008). Durante 30 dias após plantio, as plantas foram mantidas a
856 80% da capacidade de campo, e após esse período, iniciou-se a aplicação dos tratamentos por
857 meio de medidor eletrônico de umidade do solo (Hidrofarm - modelo HFM2030), sendo cada
858 unidade experimental medida a cada dois dias, onde foram completadas com água até atingir a
859 umidade correspondente de cada tratamento. Durante o período de condução do experimento
860 foram feitos manejos diários de manutenção da cultura: controle manual de plantas daninhas e
861 pragas.

862 Aos 150 dias após o plantio (DAP) a altura da planta, diâmetro do caule e área foliar
863 foram novamente avaliados. O incremento na altura das plantas, no diâmetro do caule e na
864 área foliar foi determinado pela subtração da avaliação realizada no primeiro dia do plantio.
865 Nesse mesmo dia mensurou-se com o uso do medidor eletrônico de teor de clorofila
866 (clorofiLOG – CFL1030), em quatro folhas do terço médio, os índices de clorofila total, em
867 que, posteriormente, os teores de clorofila foram obtidos de forma indireta através do índice
868 SPAD de acordo com Porra *et al.*(1989), adaptando-se à seguinte equação: $Y_t = 2,1468 +$
869 $0,1022 x + 0,002 x^2$, $R^2 = 91\%$., através de correlação entre o índice SPAD e a clorofila total.

870 Quando as plantas de café atingiram 150 DAP foram retiradas dos vasos e divididas em
871 folhas, caules e raízes, posteriormente, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a
872 65°C, até atingirem peso constate, para determinação da massa seca. A partir dos valores
873 obtidos por meio dessas medições calculou-se a relação parte aérea/raízes (PA/R).

874 Para verificar a porcentagem de comprimento de raízes colonizadas (porcentagem de
875 colonização) foram coletadas amostras do sistema radicular, retirando-se de cada unidade
876 experimental, aproximadamente, 1g de raízes, e armazenando em solução de Formol:ácido
877 acético:álcool etílico 96° na proporção de 1:1:18. As raízes amostradas foram clarificadas com
878 KOH 10%, acidificadas com HCl 1% e coradas com azul de tripano em lactoglicerol 0,05%
879 (PHILLIPS; HAYMAN, 1970). A avaliação da colonização micorrízica foi realizada pelo
880 método de interseção em placa quadriculada, sob microscópio estereoscópico
881 (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980), realizando a contagem de no mínimo 100 segmentos de
882 raízes. Este procedimento foi realizado no Laboratório de Microbiologia do solo da UFVJM.

883 Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), onde
884 realizou-se o desdobramento da interação significativa, através da análise de regressão entre
885 as umidades do solo.

886

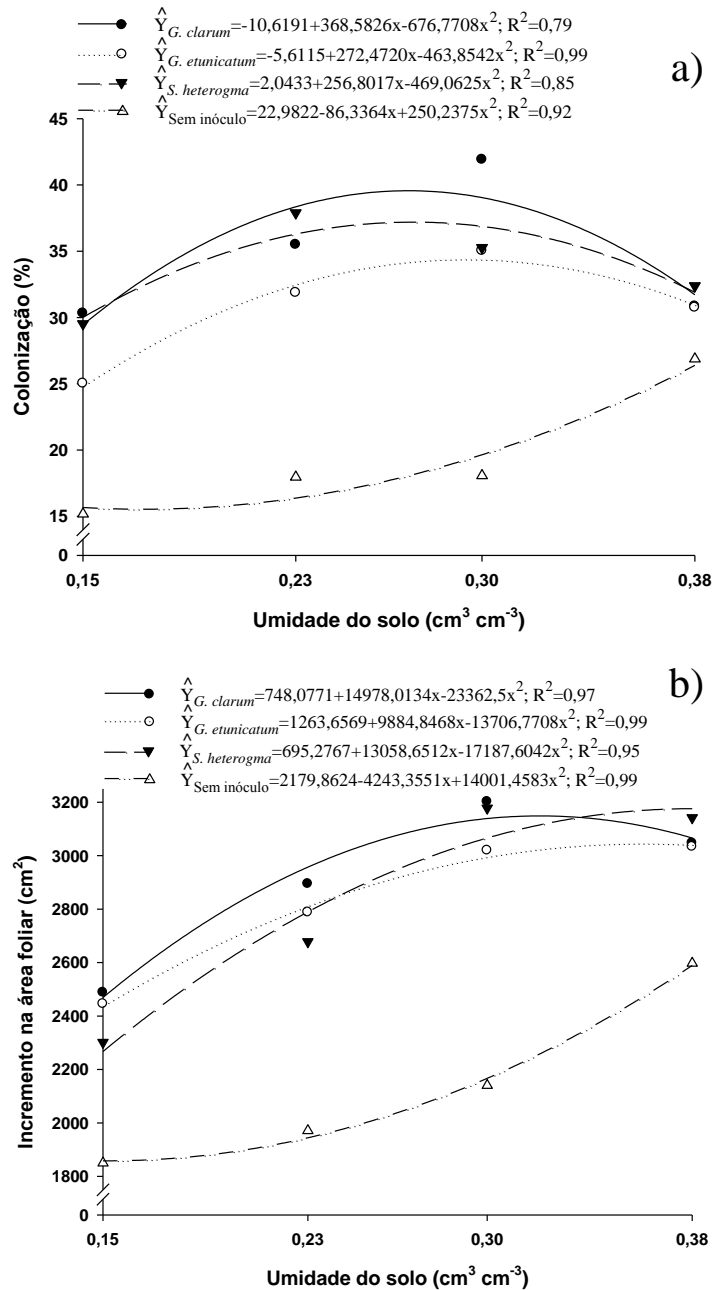
887

RESULTADOS E DISCUSSÃO

888 A porcentagem de comprimento de raízes colonizadas (colonização), o incremento na
889 área foliar, a massa seca de raízes, relação parte aérea/raízes (PA/R) foram influenciadas pelos
890 fungos e as umidades do solo. Já o teor clorofila total, massa seca total, massa seca das folhas
891 e massa seca do caule foram influenciados pelas umidades do solo. Demais variáveis não
892 foram influenciadas nenhum dos fatores.

893 A colonização micorrízica e o incremento na área foliar das plantas inoculadas com
894 *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogma* e não inoculadas apresentaram

895 comportamento quadrático (Figura 1). Já em plantas de cupuaçu, pupunha e guaraná
 896 encontraram-se correlações lineares positiva entre os fatores umidade do solo e colonização
 897 micorrízica (OLIVEIRA et al., 1998, 1999).



898

899

900 **Figura 1** – (a) Comprimento de raízes colonizadas (Colonização) e (b) incremento na área
 901 foliar das plantas de café inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora*
 902 *heterogma* e sem inóculo, submetidas às umidades 0,15; 0,23; 0,30 e 0,38 cm³ de água por
 903 cm³ de solo correspondem, respectivamente, a 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo do
 904 solo.

905

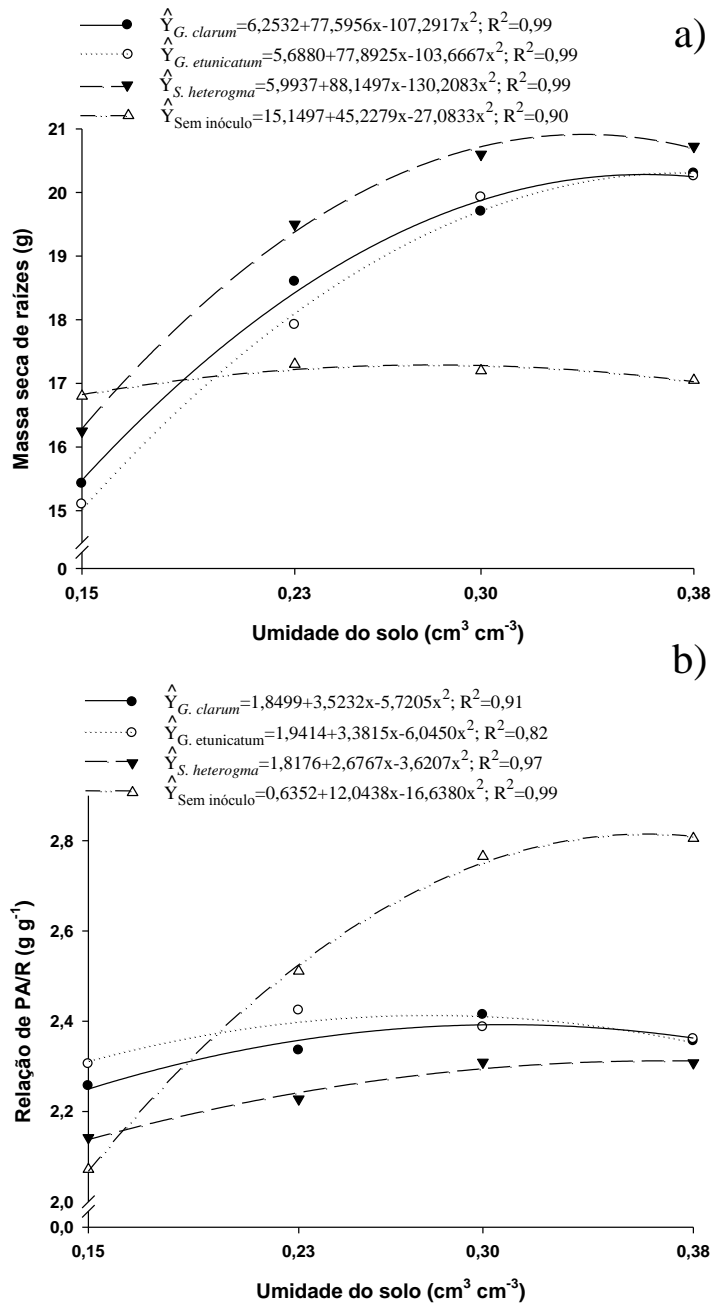
906 *Glomus etunicatum* teve maior porcentagem de colonização de raízes na umidade 0,29
907 cm^3 de água por cm^3 de solo, quando o solo estava com 76% da capacidade de campo e, para
908 *Glomus clarum* e *Scutellospora heterogma* foi 0,27 cm^3 de água por cm^3 de solo, com 71%
909 (Figura 1a). O cafeeiro apresentou maior colonização em associação com *Glomus clarum*,
910 39%, em solo com 71% da capacidade de campo.

911 A diminuição colonização dos FMA nas condições com umidade 0,38 cm^3 de água por
912 cm^3 de solo pode ser devido aeração e parasitas. Solos com elevado teor de umidade estão
913 sujeitos a falta de oxigênio, portanto, diminuição da atividade dos FMA, pois são aeróbicos.
914 Sendo assim, a alta umidade favorece o desenvolvimento de fungos parasitas de esporos de
915 FMA. Os microrganismos presentes no solo podem exercer efeitos inibitórios na germinação
916 dos esporos e no crescimento micelial do fungo, atuando como predadores, parasitas ou na
917 produção de substancia fungistáticas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

918 O maior valor de incremento na área foliar das plantas inoculadas com *Scutellospora*
919 *heterogma* foi encontrado na umidade 0,38 cm^3 de água por cm^3 de solo, para aquelas
920 inoculadas com *Glomus etunicatum* na umidade 0,36 cm^3 de água por cm^3 de solo e para
921 *Glomus clarum* na umidade 0,32 cm^3 de água por cm^3 de solo (Figura 1b). As plantas não
922 inoculadas apresentaram maior incremento na área foliar quando o solo estava na capacidade
923 de campo, proporcionando um aumento de 40 % no incremento na área foliar em relação ao
924 solo com menor umidade. As plantas inoculadas com FMA apresentaram maior incremento
925 na área foliar do que as plantas não inoculadas.

926 A massa seca de raízes das plantas não inoculadas não apresentou alteração quanto ao
927 aumento da umidade do solo (Figura 2a). Para plantas inoculadas com FMA, a massa seca de
928 raízes foi menor apenas na umidade de 0,15 cm^3 de água por cm^3 de solo, ou seja, no solo
929 com menos água, já a partir desse ponto, com o aumento da umidade do solo as plantas
930 inoculadas apresentaram maior massa seca de raízes. Em geral, as plantas inoculadas com o

931 fungo *Scutellospora heterogma* produziram 21% de massa seca de raízes maior que as não
 932 inoculadas na umidade de 0,38 cm³ de água por cm³ de solo, e em seguida os fungos *Glomus*
 933 *clarum* e *Glomus etunicatum*, apresentado comportamento semelhantes com o aumento da
 934 umidade do solo (Figura 2a).



936

937 **Figura 2** – (a) Massa seca de raízes e (b) Relação parte área/raízes (PA/R) das plantas de café
 938 inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogma* e sem
 939 inóculo, submetidas às umidades 0,15; 0,23; 0,30 e 0,38 cm³ de água por cm³ de solo
 940 correspondem, respectivamente, a 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo do solo.

941

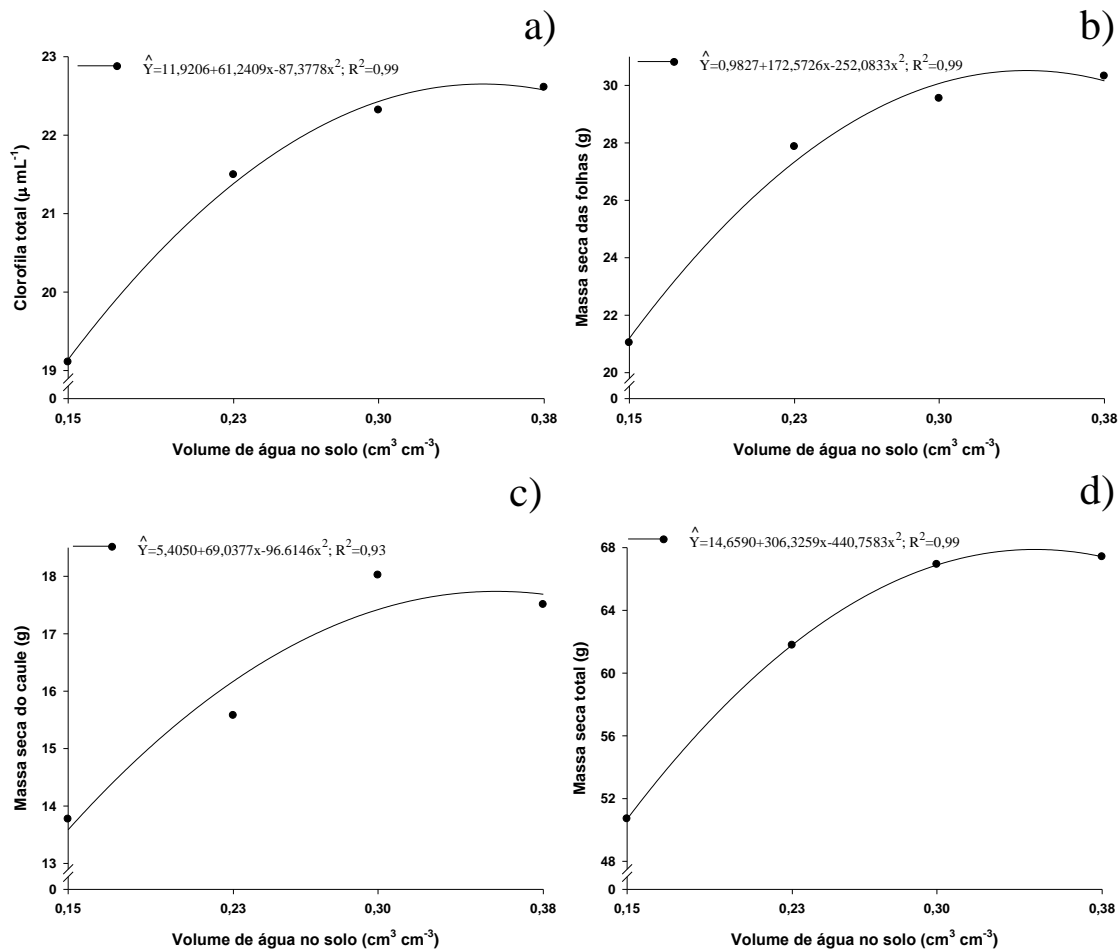
942 A relação PA/R apresentou pouca variação com o aumento da umidade do solo para as
943 plantas inoculadas com FMA (Figura 2b). Isso indica que as plantas inoculadas são capazes
944 de manter o seu crescimento mesmo em solo como carência de água, assim não compromete a
945 produção de matéria seca da parte aérea, pois os FMA garantem a contribuição das reservas
946 no sistema radicular para crescimento da parte aérea em situação de déficit hídrico. Vários
947 estudos com plantas micorrizadas têm apontado aumento na relação PA/SR, indicando um
948 sistema radicular mais desenvolvido, com mais ramificações e bem distribuído no solo
949 (SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005).

950 Mesmo na presença de fungos nativos os FMA inoculados exibiram capacidade de
951 colonização após o plantio para os vasos. Evidenciando também a eficiência desses fungos em
952 promover crescimento de plantas de café até os 150 DAP. Os FMA apresentaram respostas
953 diferentes para as variáveis analisadas, porém *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*
954 diferenciaram pouco entre si, todavia nas condições desse experimento espécies do mesmo
955 gênero não tiveram diferença significativa.

956 O teor clorofila total, massa seca das folhas, massa seca do caule e massa seca total
957 apresentaram comportamento quadrático, aumentando seus valores com o aumento crescente
958 da umidade do solo, com tendência a estabilização (Figura 3). Observou-se nas plantas de
959 café maior teor de clorofila e de massa seca total na umidade $0,35 \text{ cm}^3$ de água por cm^3 de
960 solo, para massa seca das folhas na umidade $0,34 \text{ cm}^3$ de água por cm^3 de solo e para massa
961 seca do caule na umidade $0,36 \text{ cm}^3$ de água por cm^3 de solo, valores estes que estão próximo a
962 capacidade de campo do solo.

963

964



965

966

967 **Figura 3** – (a) Teor de clorofila total, (b) massa seca das folhas, (c) do caule e (d) total das
 968 plantas de café inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogma*
 969 e sem inoculação, submetidas às umidades 0,15; 0,23; 0,30 e 0,38 cm³ de água por cm³ de
 970 solo correspondem, respectivamente, a 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo do solo.
 971

972 Todos os resultados desse experimento, principalmente aqueles que apresentaram efeito
 973 somente da umidade do solo (Figura 3), mostram que o baixo volume de água no solo
 974 compromete o crescimento do cafeeiro, pois a falta de água afeta direta ou indiretamente
 975 todos os processos fisiológicos da célula vegetal. As plantas em condição de baixa umidade
 976 do solo fecham os estômatos porque a transpiração excede a absorção de água via raízes,
 977 restringindo a entrada de CO₂, e deste modo reduz a fotossíntese. O estresse hídrico influencia
 978 no desenvolvimento estrutural e funcional dos cloroplastos e na síntese de clorofila. A
 979 clorofila nesta situação acelera a taxa de degradação e reduz a taxa de síntese (MARENCO;
 980 LOPES, 2005).

981 Correlacionando o incremento na área foliar, que apresentou efeito dos fungos e da
982 umidade, e massa seca folhas, somente efeito da umidade, pressupõem que os FMA alteram a
983 morfologia das folhas do cafeeiro, pois esta mantém a massa seca das folhas entre os
984 tratamentos micorrízicos e diferenciam quanto área foliar, podendo estar relacionado á menor
985 espessura ou ao maior número de folhas das plantas de café, melhorando a sua estrutura.

986

987

CONCLUSÕES

988 1. Os fungos micorrízicos arbusculares inoculados e o aumento da umidade do solo
989 aumentaram o crescimento das plantas de café.

990 2. A colonização micorrízica é maior em solos com alta umidade, próxima a 75% da
991 capacidade de campo.

992 3. As plantas inoculadas com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora*
993 *heterogma* são resistentes ao estresse hídrico moderado.

994

995

996

997

REFERÊNCIAS

998 ANTUNES, W. C.; POMPELLI, M. F.; CARRETERO, D. M.; DAMATTA, F. M. Allometric
999 models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea*
1000 *canephora*). **Annals of Applied Biology**, v. 153, n. 1, p. 33–40, 2008.

1001

1002 CARDOSO, I.; BODDINGTON, C.; JANSSEN, B. Distribution of mycorrhizal fungal spores
1003 in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**,
1004 v. 58, p. 33–43, 2003.

1005

- 1006 COLOZZI-FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais:
1007 Café, Mandioca e Cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D. FREITAS, dos S. (Eds.);
1008 **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p.41–
1009 56.
- 1010
1011 COSTA, E. L. DA; SIMÃO, F. R.; OLIVEIRA, P. M. DE; SILVA, V. A. Irrigação. In: REIS,
1012 P. R.; CUNHA, R. L. da (Eds.); **Café Arábica do plantio à colheita**. 1ª ed. Lavras, MG:
1013 Unidade Regional EPAMIG Sul de Minas, 2010. p.447–517
- 1014
1015 EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de**
1016 **laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos,
1017 Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.
- 1018
1019 GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted
1020 from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.
1021 46, p. 235–244, 1963.
- 1022
1023 GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-
1024 arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489–500, 1980.
- 1025
1026 GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; V., V. H. A.; et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.
1027 C.; GONTIJO, P. T.; ALVAREZ, V. H. (Eds.); **Comissão de fertilidade do solo do estado**
1028 **de minas gerais. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:**
1029 **5ª aproximação**. Viçosa, 1999. p.289–302.
- 1030
1031 JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil.
1032 **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.
- 1033

- 1034 MAIA, L. C.; SILVA, G. A. DA; YANO-MELO, A. M.; GOTO, B. T. Fungos Micorrízicos
1035 Arbusculares no Bioma Caatinga. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A. de; CARDOSO, E. J.
1036 B. N.; TSAI S. M. (Eds.); **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras, MG: UFLA,
1037 2010. p.311–339.
- 1038
1039 MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. **Café - Saiba mais**. Disponível em:
1040 <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 28/1/2014.
- 1041
1042 MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal -fotossíntese, respiração, relações**
1043 **hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: UFV, 2005.
- 1044
1045 MOREIRA, F. M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do do Solo**. 2^a
1046 edição ed. Lavras, MG: UFLA, 2006.
- 1047
1048 OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Micorrizas arbusculares em
1049 cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal de terra firme no Município de Manaus.
1050 FertBio. **Anais...** Caxambú: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p.617.
- 1051
1052 OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; RAMOS, M. B. P. Ocorrências de micorrizas
1053 arbusculares (MAs) em cinco cultivares de bananeira (*Musa spp.*) num cultivo experimental
1054 em Latossolo Amarelo da Amazônia Ocidental. MOSTRA TÉCNICO CIENTÍFICA DA
1055 UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do
1056 Amazonas. , 1999. p.11.
- 1057
1058 PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining
1059 parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal for rapid assessment of infection.
1060 **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, p. 158–161, 1970.
- 1061

- 1062 PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIEDERMANN, P. E. Determination of accurate
1063 extinction coefficients and simultaneous equation for assaying chlorophylls and b extracted
1064 with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls standards by
1065 atomic absorption spectroscopy. **Biochimicaet Biophysica Acta**, v. 975, p. 384–394, 1989.
- 1066
1067 RICHARDS, L. A. . Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy**
1068 **Engineering, Madison**, , n. 28, p. 451–454, 1947.
- 1069
1070 RUIZ-LOZANO, J. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress.
1071 New perspectives for molecular studies. **Mycorrhiza**, v. 13, n. 6, p. 309–17, 2003.
- 1072
1073 SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. DA. Micorriza arbuscular - Papel, funcionamento
1074 e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Eds.); **Processos**
1075 **biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável.**
1076 Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. , 2005 p.101–149.
- 1077
1078 SIQUEIRA, J. O.; COLLOZI-FILHO, A. A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de
1079 cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista**
1080 **Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v. 10, n. 3, p. 207–211, 1986.

CONCLUSÃO GERAL

1081

1082 A colonização dos fungos *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora*
1083 *heterogma* tiveram resultados distintos, com comportamentos semelhantes, para as doses de P
1084 diminuindo linearmente e para a umidade quadrático. A inoculação de FMA, a adição de P e
1085 o aumento da umidade do solo aumentam o crescimento do cafeeiro. As plantas inoculadas
1086 apresentaram maior crescimento do que as não inoculadas em condições de déficit hídrico e
1087 nutricional.

1088

1089
1090
1091

ANEXOS

GC



1092
1093

GE



1094
1095

SH



1096
1097

NI



1098
1099
1100
1101
1102

FIGURA 1. Crescimento de cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob efeito de diferentes aplicações de adubo fosfatado (0,0; 0,74; 1,48 e 2,96 g kg⁻¹ de P₂O₅). Tratamentos micorrízicos: *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE), *Scutellosporo heterogama* (SH) e não inoculado (NI)

1103
1104

GC



1105
1106

GE



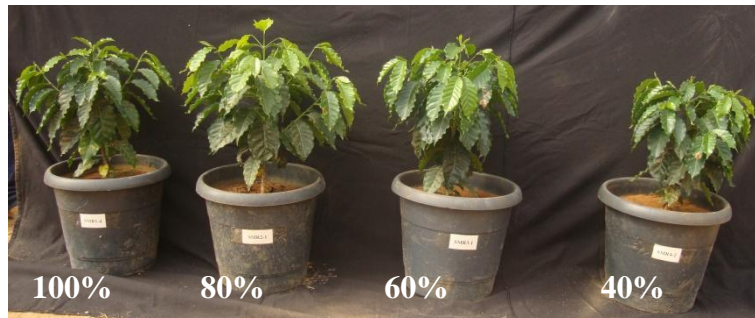
1107
1108

SH



1109
1110

NI



1111
1112
1113
1114
1115
1116

FIGURA 2 - Crescimento de cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob efeito de umidades controladas: 100, 80, 60 e 40% da capacidade de campo (CC), correspondendo a 0,1526; 0,2287; 0,3001; 0,3812 cm³ de água por cm³ de solo. Tratamentos micorrízicos: *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE), *Scutellosporo heterogama* (SH) e não inoculado (NI).