

INSTITUTO AGRONÔMICO
PÓS GRADUAÇÃO

FABRÍCIO SALES MASSAFERA TRISTÃO

PRODUÇÃO DE MUDAS MICORRIZADAS DE
CAFEEIRO EM DIFERENTES SUBSTRATOS
ORGÂNICOS

Campinas
Estado de São Paulo
2005

FABRÍCIO SALES MASSAFERA TRISTÃO
Engenheiro Agrônomo

PRODUÇÃO DE MUDAS MICORRIZADAS DE
CAFEEIRO EM DIFERENTES SUBSTRATOS
ORGÂNICOS

Dissertação apresentada ao Instituto
Agrônomo para obtenção do título de
Mestre em Agricultura Tropical e
Subtropical - Área de Concentração em
Gestão de Recursos Agroambientais.

Orientadora: Dra. Adriana Parada Dias da Silveira

Campinas
Estado de São Paulo
2005

T738p

Tristão, Fabrício Sales Massafera

Produção de mudas micorrizadas de cafeeiro em diferentes substratos orgânicos./ Tristão, Fabrício Sales Massafera. Campinas: Instituto Agrônômico, 2005.

91 fls. :il

Orientador: Profa. Dra. Adriana Parada Dias da Silveira
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) –
Instituto Agrônômico de Campinas

1. Café. 2. *Coffea arabica*. 3. Micorriza. 4. Substrato. 5. Fosfatase ácida.
6. Pigmentos fotossintetizantes. I. Silveira, Adriana Parada Dias da.
II. Instituto Agrônômico de Campinas. III. Título

CDD – 633.73

AGRADECIMENTOS

A Deus,
que está comigo
a cada segundo da minha vida.
Ele é o pensamento que tenho;
é o ar que respiro;
é a água que preciso para viver.

A minha mãe,
que teve uma jornada difícil
para me criar e me ensinar
o caminho da verdade.

A todos
que acreditaram em mim,
e me ajudaram a subir
mais um degrau na vida.

E também áqueles
que não acreditaram,
e que colocaram
obstáculos em meu caminho,
ajudando assim
a me fortalecer, dia após dia.

TRISTÃO, F.S.M. **Produção de mudas micorrizadas de cafeeiro em diferentes substratos orgânicos.** Campinas, 2005. 91p. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônômico.

RESUMO

O plantio do café é feito por mudas, que devem ser de alta qualidade para o sucesso da exploração. Para produção das mudas utiliza-se um substrato composto por 70% de solo e 30% de esterco de bovino, enriquecido com adubos químicos. Uma outra alternativa de se obter mudas de café de boa qualidade e com desenvolvimento adequado seria a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no substrato, como forma de reduzir os gastos com insumos, tais como fertilizantes e agrotóxicos. Os estudos sobre utilização de FMAs em substratos orgânicos para a produção de mudas de cafeeiro são escassos, por ser essa uma inovação tecnológica recente no Brasil. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes espécies de FMAs no crescimento de plantas de cafeeiro, utilizando-se substratos orgânicos comerciais. Foram realizados dois experimentos, em casa de vegetação, com delineamento inteiramente ao acaso, com 5 repetições. No primeiro, um fatorial 9x4, sendo 9 substratos, dos quais 4 eram a base de casca de pinus (Rendmax, Vida Verde com adubação, Vida Verde sem adubação e Terra do Paraíso), 3 a base de fibra de coco (Golden Mix 11, Golden Mix 47 e Golden Mix 80) e 2 a base de solo (Mistura 70% solo e 30% esterco de bovino, v:v, geralmente utilizado pelo produtor e solo puro), e 4 FMAs - *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e controle (ausência de FMA). No segundo experimento, um fatorial 2x11, foram utilizados 2 substratos – mistura 70% solo e 30 % esterco (v:v) e Golden Mix 47, e 11 FMAs - *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus clarum*, *Glomus macrocarpum*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus* sp., *Acaulospora* sp. e controle. O solo-inóculo de FMA constou de esporos, pedaços de raiz colonizada e hifas. Foi empregada a cultivar de café Catuaí amarelo – IAC 62. O experimento foi colhido aos 200 dias após transplantio e as seguintes variáveis foram analisadas: altura, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da parte aérea, matéria fresca da raiz, concentração de P na parte aérea, colonização radicular, comprimento de micélio externo total, número de esporos no substrato, atividade da fosfatase ácida e pigmentos fotossintetizantes. A utilização de substratos orgânicos e a inoculação de FMAs mostraram-se eficientes para a produção de mudas de cafeeiro. As mudas apresentaram melhor crescimento quando cultivadas no substrato Vida Verde sem adubação, independente da micorrização. A micorrização promoveu efeito positivo sobre o desenvolvimento das plantas, sendo que no substrato convencional (solo+ esterco), os FMAs mais eficientes foram *G. clarum*, *Glomus* sp, *Acaulospora* sp e *G. margarita* e no substrato à base de fibra de coco, Golden Mix-47, *A. morrowiae*, *G. clarum*, *Glomus* sp e *A. scrobiculata*.

Palavras-chave: café, *Coffea arabica*, micorriza, substrato, fosfatase ácida, pigmentos fotossintetizantes.

TRISTÃO, F.S.M. **Production of mycorrhizal coffee plants in different organic substrates.** Campinas, 2005. 91p. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônômico.

ABSTRACT

The coffee crop is made by seedlings, that should be of high quality for the success of the exploration. The substrate for the production of such seedlings is composed with 70% of soil and 30% of dairy manure, enriched with chemical fertilizers. Another form of getting coffee seedlings with good quality and a desirable development is the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) which can decreased the spendings on fertilizers and pesticides. The studies on the use of mycorrhiza and substrates for the production of coffee plants are still scarce, because this is a recent technological innovation in Brazil. The objective of the present study was to verify the effects of different substrates, commercial or not, using different species of AMF on the development of coffee plants. Two experiments were accomplished under greenhouse conditions, with completely randomized design with five replicates. The first one, in a factorial scheme 9x4, being 9 substrates- seven commercially organic substrates – four substrates containing composted pinus peel (Rendmax, Vida Verde fertilized, Vida verde non- fertilized and Terra do paraíso), three containing coconut fiber (Golden Mix-11, Golden Mix- 47 and Golden Mix 80) and two using soil – a mixture of 70% soil and 30% dairy manure, usually used by the producer, and only soil, and 4 AMF-. *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* and *Gigaspora margarita*, and a control without AMF inoculation. The second experiment, a factorial scheme 2x8, being 2 substrates - substrate used usually by the producer (70% soil and 30% manure of bovine) and Golden Mix 47 and 11 AMF - *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus clarum*, *Glomus macrocarpum*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus sp* , *Acaulospora sp*. and control. The soil – inoculum consisted of spores, pices of colonized root and hiphe. It was used the coffe cultivar catuaí amarelo, IAC-62. The plants were harvested 200 days after transplanting and the following variables were analyzed – height, leaves number, diameter, shoot dry weght, root fresh weight, shoot P concentration, mycorrhizal colonization, total extraradical myceluim length, number of spores in the substrate, acidic phosphatase activity and photosynthetic pigments. The utilization of organic substrates and AMF inoculation showed to be a feasible maneging to obtain well-grown coffee plantlets. Better plant growth conditions were obtained in the substrate Vida verde without fertilization, regardless of mycorrhiza. The mycorrhization promoted a positive effect on plant growth. The most efficient AMF in the conventional substrate were *G. clarum*, *Glomus sp*, *Acaulospora sp* and *G. margarita* and in the substrate made of coconut fiber, Golden Mix 47, *A. morrowiae*, *G. clarum*, *Glomus sp* e *A. scrobiculata*.

Keywords: coffee, *Coffea arabica*, mycorrhiza, substrate, acid phosphatase, photosynthetic pigments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão geral do experimento em casa de vegetação.....	26
Figura 2 – Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	28
Figura 3 – Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	29
Figura 4 – Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	30
Figura 5 – Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação...34	
Figura 6 – Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação...35	
Figura 7 – Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação...36	
Figura 8 – Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação...38	
Figura 9 – Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação...39	
Figura 10 – Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação..40	
Figura 11 – Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	55
Figura 12 – Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas no substrato Solo + esterco com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	56
Figura 13 – Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	59
Figura 14 – Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas no substrato Solo + esterco com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	60

Figura 15 – Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	63
Figura 16 – Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas no substrato Solo + esterco com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química dos substratos utilizados nos experimentos.....	22
Tabela 2 – Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca de raiz (MFR), diâmetro do caule, altura e número de folhas das mudas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes substratos.....	42
Tabela 3 – Porcentagem de colonização das raízes de cafeeiro por fungos micorrízicos em diferentes substratos.....	45
Tabela 4 – Concentração, quantidade acumulada e índice de eficiência de utilização de fósforo nas mudas de café.....	45
Tabela 5 – Eficiência simbiótica dos FMAs nos diferentes substratos.....	48
Tabela 6 – Atividade da fosfatase ácida nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.....	48
Tabela 7 – Comprimento de micélio externo.....	48
Tabela 8 – Teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.....	52
Tabela 9 – Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca de raiz (MFR), diâmetro do caule, altura e número de folhas das mudas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes substratos.....	68
Tabela 10 – Porcentagem de colonização das raízes de cafeeiro por fungos micorrízicos em diferentes substratos.....	71
Tabela 11 – Concentração, quantidade acumulada e índice de eficiência de utilização de fósforo nas mudas de café.....	71
Tabela 12 – Eficiência simbiótica dos FMAs nos diferentes substratos.....	73
Tabela 13 – Atividade da fosfatase ácida nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.....	73
Tabela 14 – Comprimento de micélio externo.....	73
Tabela 15 – Teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.....	76

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Fotos das mudas de café do experimento 1 aos 200 dias após transplante.....	88
Anexo 2 – Fotos das mudas de café do experimento 1 aos 200 dias após transplante.....	89
Anexo 3 – Fotos das mudas de café do experimento 2 aos 200 dias após transplante.....	90
Anexo 4 – Valores de F^1 da análise da variância e o coeficiente de variação das variáveis analisadas no experimento 1.....	91
Anexo 5 – Valores de F^1 da análise da variância e o coeficiente de variação das variáveis analisadas no experimento 2.....	91

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Experimento 1.....	27
4.2. Experimento 2.....	53
5. CONCLUSÕES.....	77
6. REFERÊNCIAS.....	78
7. ANEXOS.....	88

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores e exportadores de café em grão, o que faz com que a cafeicultura venha se expandindo. O café é responsável pela criação de uma grande tradição técnica, empresarial e comercial, geradora de capital, representando no agronegócio um movimento de 5 bilhões de reais por ano, proporcionando cerca de 500 mil empregos (diretos e indiretos) no Estado de São Paulo (THOMAZIELLO et al., 2000).

Para a formação de lavouras cafeeiras, faz-se necessária a utilização de mudas de alta qualidade, com sistema radicular bem desenvolvido e maior vigor vegetativo, o que pode ser possível utilizando-se um substrato adequado. O substrato recomendado para produção de mudas de café é composto por solo (70%) e esterco de curral (30%) (v/v), enriquecido com fertilizantes químicos, o qual permite a obtenção de mudas com crescimento adequado. A utilização de substratos comerciais para produção de várias espécies de flores, de hortaliças e de algumas frutíferas, como citrus e maracujá, tem aumentado no Brasil. Oliveira et al. (1995) observaram que a adição de osmocote, fórmula 17-9-13 de N-P-K, ao substrato comercial plantmax (casca de pinus) proporcionou mudas de cafeeiro com melhor qualidade, altura superior, alto vigor e melhor sanidade, além de antecipação de 40 dias para liberação e considerável economia de mão-de-obra.

As propriedades biológicas de um substrato estão relacionadas à comunidade microbiana presente no material (MAIORANO et al., 2002). A diversidade e atividade da microbiota influenciam diretamente várias características de um determinado substrato, como por exemplo, a agregação de suas partículas, a disponibilidade de determinados nutrientes, a aeração, o armazenamento de água e outros, refletindo no desenvolvimento da planta.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) também influenciam significativamente o crescimento das plantas, sendo que sua capacidade de formar micorriza e de promover tal crescimento pode variar em razão do fungo, da planta e do ambiente, especialmente do substrato. As micorrizas arbusculares atuam como prolongamento do sistema radicular da planta hospedeira, capaz de aumentar a absorção de nutrientes, promover proteção contra patógenos, tolerância à seca e à salinidade (SILVEIRA, 1992).

Para a produção de mudas de cafeeiro, a simbiose com os FMAs se torna extremamente importante, pois tais plantas possuem elevada dependência micorrízica, principalmente em solos de baixa fertilidade (LOPES et al., 1983; COLOZZI FILHO et al., 1994) e apresentam respostas à micorrização. Tais respostas variam em função do tipo de solo (ANTUNES et al., 1988) e, principalmente, do nível de fósforo disponível (SIQUEIRA e COLOZZI FILHO, 1986). Baixa disponibilidade de P pode acarretar maior efeito benéfico da micorrização ao café (SAGGIN-JUNIOR e SIQUEIRA, 1995), enquanto que com alta disponibilidade a resposta à simbiose é mínima (TRISTÃO et al., 2003). Este é um fator importante para a produção de mudas em substratos comerciais, pois são geralmente pobres em nutrientes, havendo necessidade de emprego de fertilizantes, o que encarece o produto. Nesse aspecto, a utilização de fungos micorrízicos eficientes é uma possibilidade interessante, pois pode aumentar a eficiência na utilização dos fertilizantes necessários, diminuindo a quantidade requerida para garantir o adequado desenvolvimento da muda de café.

Para utilização de FMAs na produção de mudas, os mais promissores nos programas de inoculação, e que devem ser priorizados, são os de elevada eficiência simbiótica e mais competitivos e adaptados ao solo/substrato, ambiente e manejo (SAGGIN-JUNIOR e LOVATO, 1999).

O emprego de FMAs em substratos não comerciais (misturas de diversos componentes em várias proporções) para a produção de mudas de plantas micorrizadas tem sido avaliado para, por exemplo, plantas cítricas (WEBER et al., 1990; SOUZA et al., 1997), maracujazeiro (BENTO et al., 1995; LIMA et al., 1997) e outras plantas. Entretanto, trabalhos com objetivo de avaliar o emprego de plantas micorrizadas em substratos orgânicos comerciais são escassos, principalmente no Brasil onde essa inovação tecnológica é mais recente. Assim, para obtenção de mudas micorrizadas de limoeiro cravo, Maiorano (2003) constatou que o substrato à base de fibra de coco - Golden Mix 47 com inoculação de *Glomus intraradices* promoveu melhor crescimento das plantas, comparando-se com outros substratos também comerciais.

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de substratos orgânicos comerciais e inoculação de diferentes espécies de FMAs no desenvolvimento de mudas de cafeeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A planta de café (*Coffea arabica* L.) é uma espécie dicotiledônea, perene, com um porte arbustivo (1,5 – 2,5 metros), da família das Rubiáceas. Produz frutos tipo baga que contém, normalmente, duas sementes que representam o seu produto econômico. Essas sementes após sofrerem processamento são consumidas na forma de infusão. A bebida possui aroma e sabor característico, além de ser nutritiva e estimulante (THOMAZIELLO et al., 2000).

Na América do Sul, a região que teve os primeiros contatos com o cafeeiro foi o Suriname, talvez por volta de 1715. Sobre a entrada do cafeeiro no Brasil, sabe-se que Francisco de Melo Palheta trouxe de Caienas para Belém os primeiros grãos de café plantados no Brasil, por volta de 1720 (TAUNAY, 1945).

O café representa uma das principais fontes de renda para diversos países das regiões tropicais. O Brasil, seu maior produtor mundial, conta, atualmente, com cerca de 6 bilhões de covas que têm produzido, em média, 39 milhões de sacas de 60 Kg anuais de café beneficiado (CONAB, 2005).

O café foi e continua sendo responsável pela criação de uma grande tradição técnica, empresarial e comercial, geradora de capital, representando no agronegócio um movimento de 5 bilhões de reais por ano, proporcionando cerca de 500 mil empregos (diretos e indiretos) no Estado (THOMAZIELLO et al., 2000).

Mesmo com essa alta produtividade, a cafeicultura vem se expandindo devido à ampliação das fronteiras agrícolas brasileiras.

Diversas cultivares são utilizadas para a formação de cafeeiros no Brasil, mas uma das principais é a cultivar Catuaí Amarelo. As linhagens das cultivares Catuaí Amarelo têm ampla capacidade de adaptação, apresentando produtividade elevada na maioria das nossas regiões cafeeiras ou mesmo em outros países. De baixa estatura, permitem maior densidade de plantio, tornam mais fácil a colheita e mais eficiente os tratamentos fitossanitários. Possuem como características principais: porte baixo; internódios curtos; ramificação secundária abundante; frutos amarelos, de maturação média a tardia; sementes de tamanho médio; peneira média em torno de 16; suscetível à ferrugem. Ótima qualidade de bebida. Indicado para plantios adensados, superadensados ou em renque (FAZUOLI et al., 2000).

Trabalhos têm comprovado que o aumento da população de cafeeiros por unidade de área proporciona incremento na produção (NACIF, 1997), redução na erosão, aumento nos conteúdos de matéria orgânica e de nutrientes no solo (PAVAN et al., 1997) e redução na adubação mineral (GALLO et al., 1999).

Além da densidade populacional, outros fatores influenciam na produtividade do cafeeiro, e a disponibilidade de nutrientes é, sem dúvida, um dos mais importantes. Diversos nutrientes são necessários ao bom desenvolvimento da planta, no entanto, a falta de nitrogênio é que mais limita seu crescimento e produção (VAAST et al., 1998). Ele é constituinte integral da estrutura das proteínas e enzimas, da clorofila e ácidos nucleicos (BONATO et al., 1998).

O potássio é também bastante exigido pela cultura (MALAVOLTA, 1993), chegando a ser equivalente às exigências de nitrogênio (SILVA et al., 1999). Este nutriente é o mais abundante no citoplasma (100 a 150 mM) e possui grande contribuição no potencial osmótico das células e tecidos das plantas (BONATO et al., 1998).

O fósforo, embora seja pouco exigido pela cultura, é um dos nutrientes mais utilizados na adubação mineral (POZZA et al., 2002). A função do fósforo como um elemento constituinte da estrutura molecular é mais proeminente nos ácidos nucléicos (DNA e RNA) e participa da formação do ATP, que é o principal composto rico em energia (BONATO et al., 1998). Malavolta (1980) define para a cultura do cafeeiro os seguintes níveis de fósforo nas folhas: Baixo – 0,5 a 1,2 g Kg⁻¹; Médio – 1,3 a 1,5 g Kg⁻¹ e Alto – > 1,5 g Kg⁻¹.

Entretanto, não são só os macronutrientes que interferem significativamente no desenvolvimento do cafeeiro. Essa cultura é exigente em micronutrientes, especialmente em relação ao zinco. Reis Jr. e Martinez (2002) observaram melhor desenvolvimento de plantas que receberam aplicações mais concentradas desse nutriente. O zinco funciona como grupo prostético de várias enzimas importantes no metabolismo da planta e no metabolismo de carboidratos (BONATO et al., 1998).

Juntamente com o zinco, o boro é o micronutriente de maior significado econômico para o cafeeiro. Martinez et al. (2003), observando lavouras de baixa produtividade, analisaram alta concentração de B nas folhas do cafeeiro em ano de alta produção e baixa concentração, em ano de baixa produção. O boro possui funções no transporte de açúcares, no metabolismo do RNA, na respiração, na síntese do ácido indolacético (AIA), no metabolismo

fenólico, nas membranas, na síntese de parede celular, na lignificação e na estrutura da parede celular (BONATO et al., 1998).

Outro fator que influencia no crescimento e produtividade do cafeeiro é o teor de umidade do solo. Tesha e Kumar (1979), trabalhando com cafeeiros da cultivar K7 com um ano de idade, em vasos, constataram que o teor de umidade do solo influenciou a absorção de N, P e K pelas plantas. Gervásio e Lima (1998) constataram que na fase inicial de formação do cafeeiro cultivar Icatu IAC 3282, com seis meses de idade, plantados em vasos, o aumento da umidade do solo acelerou o desenvolvimento das plantas.

Para a formação de lavouras cafeeiras com desenvolvimento adequado e boa produtividade, faz-se necessária a utilização de mudas de alta qualidade. A obtenção de mudas com sistema radicular bem desenvolvido, com maior vigor vegetativo, livre de pragas, doenças de solo e plantas daninhas pode ser possível utilizando-se um substrato adequado.

O termo substrato aplica-se a todo material sólido, natural, sintético, residual, mineral ou orgânico, distinto do solo, que colocados em um recipiente em forma pura ou em mistura permite o desenvolvimento do sistema radicular, desempenhando, portanto, um papel de suporte para a planta (ABAD e NOGUERA, 1998).

O substrato ideal para produção de mudas apresenta adequadas características físicas e químicas, necessárias ao crescimento e desenvolvimento das plantas, tais como uniformidade de composição, baixa densidade, porosidade adequada, capacidade de retenção de água e CTC satisfatórias (CAMPINHOS JR et al., 1984). Outra qualidade importante do

substrato é a de proporcionar maior facilidade na retirada da muda do tubete para plantio no campo.

O substrato recomendado para produção de mudas de cafeeiros é composto por 70% de solo e 30% de esterco de curral (v/v), enriquecido com fertilizantes químicos e acondicionado em saquinhos de polietileno (COSTA et al., 1983), o qual permite a obtenção de mudas com crescimento adequado e alta porcentagem de sobrevivência após transplante para o campo.

O esterco de curral serve como fonte de nitrogênio e de outros elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, além de seu efeito na aeração, estrutura e na capacidade de retenção de água (PONS, 1983).

Costa et al. (1989), utilizando um composto de solo e esterco de curral para formação de mudas de cafeeiro em bandejas de isopor (polietileno expandido) e em sacolas plásticas (com volume aproximado de 900 cm³), observaram bom desenvolvimento das mudas. Furtini et al. (1995) observaram que até 2 anos após o plantio, apenas adubação orgânica (8 kg de esterco de curral na cova) foi capaz de suprir as necessidades das plantas. Pozza et al. (2002) observaram que o esterco de curral utilizado como substrato e as adubações complementares em cobertura foram suficientes para suprir as exigências nutricionais das mudas durante o período do experimento.

Recentemente no Brasil, faz-se uso de substratos comerciais para produção de várias espécies de flores, de hortaliças e de algumas frutíferas, como citrus (BOAVENTURA, 2003) e maracujá (CARNIEL e SOUZA, 2002). Oliveira et al. (1995) estudaram o efeito de doses

de osmocote, fórmula 17-9-13 de N-P-K, adicionado ao substrato comercial plantmax (casca de pinus) na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. Concluíram que a adição de osmocote proporcionou mudas de melhor qualidade, com altura superior, alto vigor e melhor sanidade, além de antecipação de 40 dias para o transplântio e considerável economia de mão-de-obra.

A decisão de se produzir em substratos comerciais deve levar em conta o nível tecnológico do produtor. A escolha do substrato deve ser feita em função da disponibilidade de materiais, sua formulação, suas características físicas e químicas, seu peso e custo (TOLEDO, 1992; KONDURU et al., 1999). O cultivo em substratos apresenta diferenças em relação ao tradicional, como o pequeno volume e a baixa capacidade tampão, que elevam os riscos, mas também as chances de sucesso agrônômico.

A dinâmica da água em substratos é muito distinta daquela que ocorre no perfil do solo, em função das condições de contorno nos recipientes em que esses são colocados. A acomodação de um substrato dentro de recipientes é influenciada pela distribuição do tamanho de suas partículas, o que altera a relação massa/volume, ou seja, a densidade dentro do recipiente. A densidade por sua vez, interfere na porosidade total, no espaço de aeração e na água disponível para as plantas (GRASSI FILHO e SANTOS, 2004).

Tais substratos são fabricados com a finalidade de produzir uma planta (ou muda) de alta qualidade em menor tempo, a baixo custo, e podem ser formados por diferentes matérias primas de origem mineral, orgânica ou sintética. Os materiais orgânicos mais usados como substratos ou como componentes para substratos são: turfa, casca de árvores picada e compostada, fibras vegetais, como a de coco, etc. Entre as substâncias minerais estão:

vermiculita, perlita, espuma fenólica, lã de rocha, que podem ser usadas diretamente como substratos ou combinadas com os orgânicos.

Durante a fabricação dos substratos, outros fatores devem ser considerados, como a ausência ou baixas concentrações de elementos tóxicos, pois estes elementos podem entrar na cadeia alimentar ou então causar impactos ambientais durante o descarte dos substratos utilizados. Dessa forma, a caracterização das propriedades químicas, físicas, físico-químicas e biológicas desses materiais é de importância fundamental tanto para garantir a qualidade desses produtos como a produtividade e qualidade das plantas que os utilizaram para seu crescimento (ABREU et al., 2002).

As propriedades biológicas de qualquer substrato estão relacionadas basicamente à comunidade e atividade microbianas presente no material (MAIORANO et al., 2002). A diversidade da microbiota influencia diretamente várias características de um determinado substrato, como por exemplo, a agregação de suas partículas, a disponibilidade de determinados nutrientes, a aeração, o armazenamento de água e outros. Assim como ocorre no solo, grande número de microorganismos, como hifas de fungos micorrízicos, participam dos processos de formação e estabilização de agregados (ANDRADE et al., 1998). A atividade microbiana alterando a disponibilidade de nutrientes, como Mn (KOTHARI et al., 1991; NOGUEIRA e CARDOSO, 2002), P devido à solubilização de fosfatos insolúveis (JISHA e ALAGAWADI, 1996; SHARMA e PRASAD, 2003), N pela fixação biológica do N₂ e mineralização do N orgânico (AMBROSANO et al., 2003) e outros, é um fator determinante no nível de fertilidade do substrato.

Entretanto, a comunidade microbiana presente em um substrato não causa alterações somente nas suas características, mas influencia também a planta que nele se desenvolve, em função de uma microbiota patogênica ou benéfica, simbiótica ou não. Microorganismos patogênicos podem retardar o crescimento da planta, ou até levá-la a morte, causando sérios prejuízos econômicos. O emprego de substratos orgânicos comerciais, atualmente obrigatório nos viveiros de mudas de plantas cítricas, tem tido como problema a presença de *Phytophthora parasitica* e outros patógenos causadores de podridão radicular em tais plantas (FUNDECITRUS, 2004). Entretanto, podem estar presentes no substrato espécies que sejam competidoras ou antagonistas a patógenos, diminuindo o nível de infestação de uma determinada doença. Amorim e Melo (2002) relatam que *Pseudomonas putida*, *Flavobacterium* sp. e *Bacillus subtilis* foram capazes de controlar *Phytophthora parasitica* e *P. citrophthora* em citros, empregando substratos com incorporação de diferentes fontes de matéria orgânica. França et al. (2004), empregando misturas de solo e substratos orgânicos, constataram diminuição na severidade de podridão radicular causado por *P. parasitica* em limoeiro ‘Cravo’ colonizado pelo fungo micorrízico *Glomus intraradices*.

Também existem microorganismos que favorecem o desenvolvimento das plantas, como constatado por Freitas (1989) em mudas de café que tiveram seu desenvolvimento estimulado por isolados de *Pseudomonas* sp., que pertencem ao grupo das rizobactérias promotoras de crescimento de plantas, que ocorrem tanto em solo como em substratos, orgânicos ou com adição de matéria orgânica.

Um grupo de microorganismos benéficos, que é particularmente importante para plantas que passam pela fase de formação de mudas, é o dos fungos micorrízicos

arbusculares. As associações simbiotróficas entre esses fungos da ordem Glomales e raízes da maioria das plantas vasculares formam as micorrizas arbusculares (MAs).

As micorrizas arbusculares constituem a mais durável, íntima e importante simbiose da Terra (ALLEN, 1996), sendo consideradas uma característica ancestral que evoluiu com os vegetais terrestres (SIMON et al., 1993), permanecendo ausente ou rara apenas em poucas famílias de plantas. Elas ocorrem na maioria dos ecossistemas terrestres em briófitas, pteridófitas, gimnospermas e, principalmente, angiospermas (GERDEMANN, 1968).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) influenciam significativamente o desenvolvimento das plantas. Esses fungos são de ocorrência generalizada na maioria das espécies de plantas, e não apresentam especificidade hospedeira, mas sua capacidade em formar micorriza e promover o crescimento da planta pode variar em razão do fungo, da planta e do ambiente (SMITH e GIANINAZZI-PEARSON, 1988). Siqueira et al. (1989), estudando a ocorrência de FMAs em agroecossistemas, relatam a tendência a ocorrerem espécies de *Acaulospora* em solos com pH inferior a 6,5, e comportamento variando em relação ao teor de fósforo disponível. Gigasporas foram observadas em faixas de pH mais amplas, e menor concentração de fósforo disponível e *Glomus etunicatum* ocorreria predominantemente em solos com pH superior a 6,5 e concentração de fósforo acima de 12 mg Kg⁻¹.

Atuam como a extensão do sistema radicular da planta hospedeira, sendo capaz de aumentar a absorção de nutrientes (HODGE et al., 2000; PRASAD et al., 2000), promover proteção contra patógenos (GUILLEMIN et al., 1994), tolerância à seca (PAULA e SIQUEIRA, 1987) e à salinidade (SOUZA et al., 2003). A planta hospedeira, por outro lado,

transloca carboidratos para o fungo simbiote, os quais representam a única fonte de carbono para o crescimento e reprodução desse microorganismo (SMITH e GIANINAZZI-PEARSON, 1988). Dessa forma, tal associação é obrigatória para os fungos, visto que eles não conseguem completar seu ciclo de vida na natureza sem a presença de uma planta hospedeira. A simbiose entre os FMAs e as raízes das plantas pode ser considerada uma associação mutualística obrigatória, visto que atua como um elo fundamental entre os componentes bióticos e geoquímicos nos ecossistemas terrestres (O'NEILL et al., 1991).

Além dos efeitos nutricionais, tem-se verificado que plantas micorrizadas têm o seu metabolismo e a sua fisiologia alterados, como maior acúmulo de metabólitos secundários (PEIPP et al., 1997), aumento da atividade enzimática (RUIZ-LOZANO e AZCÓN, 1996), alterações no conteúdo de hormônios (GOICOECHEA et al., 1997), aminoácidos (JOHANSEN et al., 1996) e carboidratos (THOMSON et al., 1990), aumento na condutância estomática, nas taxas de respiração, transpiração, absorção de CO₂ e fotossíntese (LOVELOCK et al., 1997) e na exsudação radicular (TAWARAYA et al., 1996).

Os FMAs caracterizam-se pela formação de vesículas e arbúsculos no córtex das raízes das plantas, produção de esporos, geralmente no micélio extrarradicular do fungo e algumas vezes no córtex de raízes velhas. As vesículas podem funcionar como órgãos de reserva ou de propagação, apresentando lipídeos no seu interior, sendo formadas geralmente dentro e algumas vezes fora das raízes. Os arbúsculos são estruturas formadas por finas ramificações dicotômicas de hifas, no interior das células da planta, e constituem pontos de troca de nutrientes entre os simbioses (SILVEIRA, 1992).

Dentre essas estruturas do FMA na planta hospedeira, o micélio extrarradicular é o que apresenta a maior extensão e biomassa, concentrando, talvez, a maior quantidade de

carboidratos destinados ao fungo (MELLONI e CARDOSO, 1999). É certamente um dos principais componentes da simbiose fungo-hospedeiro e possui como principal característica a capacidade de se estender além da rizosfera (CARDOSO FILHO et al., 1999).

O micélio extrarradicular dos FMAs é a estrutura responsável pela absorção de água e de nutrientes, principalmente os de baixa difusão no solo, como o P, Cu e Zn (MARSCHNER e DELL, 1994), transportando-os para a planta hospedeira. Baseados em resultados de estudos com elementos radioativos, foi demonstrado que o micélio externo estabelece interligações entre plantas de mesma ou diferentes espécies (NEWMAN et al., 1994), permitindo a transferência de nutrientes entre elas (MARTINS e READ, 1996). É também responsável pela estimulação ou inibição da microbiota do solo na rizosfera e pode causar alterações na estrutura do solo (BETHLENFALVAY e AMES, 1987), como proporcionar maior estabilidade de agregados, afetando a aeração e o armazenamento de água no solo (TISDALL, 1994).

Considerando o papel do micélio extrarradicular na eficiência da associação, pode-se inferir que a sua quantificação é altamente desejável para obter um conhecimento mais completo de todo o sistema simbiótico.

O trabalho pioneiro sobre micorrização em cafeeiro no Brasil foi feito por Cardoso (1978), que descreveu e avaliou a ocorrência de MAs em mudas de cafeeiro produzidas em viveiros do Estado de São Paulo. Para os aspectos anatômicos da colonização micorrízica das raízes de cafeeiro, os primeiros estudos, realizados por Lopes et al. (1983a), indicaram apenas a formação de pelotões. Posteriormente, Fernandes (1987), estudando a ocorrência de MAs em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais, confirmou a formação de outras

estruturas, como arbúsculos, vesículas e esporos intra-radiculares. A colonização micorrízica das raízes de cafeeiro em campo apresenta ampla variação, como média mínima e máxima de 16 e 51% respectivamente (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1996), sendo influenciada por características do solo, idade das plantas e manejo da cultura. Dentre esses fatores, o mais discutido é a disponibilidade de fósforo no solo. A adubação fosfatada pode diminuir a colonização das raízes ou não influenciar, dependendo da quantidade de P utilizada, frequência de aplicação e nível original de P no solo (SIQUEIRA, 1990).

Quarenta e cinco espécies de FMAs já foram identificadas na rizosfera do cafeeiro, sendo 12 de *Acaulospora*, 17 de *Glomus*, 6 de *Scutellospora*, 4 de *Sclerocystis* e 2 de *Entrophospora*, além de várias outras ainda não descritas (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1996). Entre as espécies já descritas, as mais comumente encontradas na rizosfera de cafeeiros da região Sudeste são em ordem decrescente: *A. scrobiculata*, *A. morrowiae*, *A. mellea*, *A. spinosa*, *E. colombiana*, *G. etunicatum* e *G. fasciculatum*, que em média ocorreram em mais de 20% das amostras avaliadas, sendo que a dominância de espécies ocorrem independente do cultivar de cafeeiro ou do manejo da cultura, refletindo as características do agrossistema e a condição micorrízica das mudas em viveiros comerciais, onde essas espécies também são predominantes (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1996).

Diferentemente da colonização das plantas no campo, a colonização nas mudas em viveiro é geralmente mais baixa, devido à baixa densidade de propágulos de FMAs no substrato de cultivo, ao uso de inseticidas e fungicidas não seletivos aos FMAs e ao elevado nível de fertilidade. Siqueira et al. (1987) observaram colonização média de 13,8% em mudas produzidas em viveiros do Estado de Minas Gerais, enquanto que Lopes et al. (1986)

observaram colonização média de 4,3% em mudas produzidas no viveiro da Cooperativa de Cafeicultores de Garça (SP).

Para a produção de mudas de cafeeiro, a simbiose com os FMAs se torna extremamente importante, pois tais plantas possuem elevada dependência micorrízica (DM), particularmente em solos de baixa fertilidade (LOPES et al., 1983a; COLOZZI FILHO e SIQUEIRA, 1986; SIQUEIRA, 1987).

Segundo Janos (1988), a DM refere-se à incapacidade da planta hospedeira de crescer sem micorrizas em um dado nível de fertilidade do solo. É uma característica herdável (HETRICK et al., 1996), que depende de outras características genéticas, como exigência nutricional, eficiência de absorção das raízes, taxa de crescimento, distribuição e morfologia do sistema radicular (SAGGIN JÚNIOR, 1997). A resposta das plantas à micorrização, micotrofismo, reflete a eficiência do fungo, o funcionamento da simbiose e o potencial de resposta da planta à inoculação. A distinção entre resposta às micorrizas e DM é tênue, mas de grande interesse para a aplicação dos FMAs na formação de mudas, pois a sua sobrevivência, adaptação ao novo ambiente de transplante e a competitividade no ecossistema estão mais relacionadas com a DM do que com a resposta à micorrização (SIQUEIRA e SAGGIN JÚNIOR, 2001).

Colozzi Filho et al. (1994) observaram que mudas de café micorrizadas apresentaram produção de MSPA 100% superior às não micorrizadas, e que a micorrização em plântulas de cafeeiro favoreceu o crescimento das mudas durante a formação, seu desenvolvimento pós-transplante e sua produção no campo.

Tem-se então, que mudas de café, além de possuírem elevada DM, também apresentam respostas à micorrização, principalmente quando se desenvolvem em solos com baixa disponibilidade de fósforo, pois quando a disponibilidade do nutriente é alta, as respostas à simbiose são pequenas. Tristão et al. (2003) observaram que a produção de mudas de cafeeiro em solo com baixa concentração de fósforo ($5,57 \text{ mg dm}^{-3}$) foi altamente influenciada pela micorrização, sendo que plantas micorrizadas apresentaram 1208, 242, 105 e 56% a mais de MSPA, altura, diâmetro do caule e número de folhas, respectivamente, que plantas não micorrizadas. Esse efeito micotrófico é um fator importante para a produção de mudas micorrizadas em substratos comerciais, pois geralmente são pobres em nutrientes, o que torna necessário a adição de fertilizantes, encarecendo bastante o processo.

Essa variação do nível de fertilidade do substrato deve ser considerada no programa de seleção de FMAs, pois como já foi dito, tais fungos não apresentam especificidade à planta hospedeira, mas sua capacidade em promover o crescimento de uma mesma espécie de planta pode variar em função da espécie do fungo e das condições do ambiente (SMITH e GIANINAZZI-PEARSON, 1988).

A capacidade de o fungo beneficiar a planta é referida como eficiência simbiótica. Considera-se como eficiente o fungo que, em uma ampla faixa de condições ambientais, coloniza rápida e extensivamente as raízes, compete com outros microorganismos pelos sítios de infecção e absorção de nutrientes, forma rapidamente um extenso micélio extrarradicular, absorve e transfere nutrientes para a planta e promove benefícios não nutricionais à planta, como agregação e estabilização do solo, equilíbrio hormonal e alívio de estresses, entre outros (SAGGIN-JÚNIOR e LOVATO, 1999). Para uma avaliação mais direta da eficiência simbiótica (ES), é necessário evidenciar os diversos mecanismos fisiológicos e bioquímicos

envolvidos na simbiose, tanto pelo lado do fungo quanto pelo da planta. Contudo, parâmetros fisiológicos e bioquímicos da ES ainda não foram bem estudados (GIANINAZZI-PEARSON, 1991), sendo a ES avaliada indiretamente mediante as respostas da planta aos diferentes fungos.

Colozzi Filho et al. (1994) estudando a eficiência de diferentes espécies de FMAs na formação de mudas, crescimento pós transplante e produção do cafeeiro, observaram que as diferentes espécies estudadas apresentaram comportamento semelhante quanto a seus efeitos no crescimento do cafeeiro na fase de formação de mudas e após transplantio, mas diferiram no campo, onde a inoculação com *Glomus occultum* apresentou os maiores valores para altura, e a inoculação com a mistura *Glomus etunicatum* e *Acaulospora scrobiculata* apresentou os maiores valores na primeira produção.

Quando se pretende aplicar os FMAs na produção de mudas, deve-se priorizar os de elevada ES. Estes devem ser adaptados a amplas condições edafoclimáticas e às práticas de manejo da cultura. Lopes et al. (1983a), avaliando a eficiência de *Gigaspora margarita*, *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus macrocarpum* e *Scutellospora heterogama*, verificaram que *G. margarita* foi a espécie mais eficiente. Essa resposta foi confirmada por Antunes et al. (1988), utilizando solos diferentes, nos quais maior promoção no crescimento de plantas de café Mundo Novo foi observado na associação com *G. margarita*. Lopes et al. (1989), estudando a micorrização em mudas de café Apoatã, observaram alta eficiência de *A. scrobiculata*. Colozzi Filho et al. (1985), avaliando o desenvolvimento de mudas de cafeeiro Catuaí micorrizadas, observaram que *A. scrobiculata*, *Acaulospora morrowiae* e *G. macrocarpum*, apresentaram baixa eficiência simbiótica. Diferentes relatos, como o verificado para *A. scrobiculata*, considerada eficaz por Lopes et al. (1989) e ineficiente por Colozzi

Filho et al. (1985), sugerem a existência de comportamento distinto entre diferentes isolados da mesma espécie.

A influência da micorrização sobre o desenvolvimento das mudas é máximo em determinada faixa de P disponível no solo, podendo estar relacionado com o teor de P nos tecidos (SAGGIN JÚNIOR et al., 1993) e com a colonização micorrízica (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1996). Em solos com alta disponibilidade de P, há redução na colonização das raízes, tornando a micorrização dispensável para a planta, pois esta se encontra bem nutrida em P e o fungo pode exercer efeito negativo à planta hospedeira (SIQUEIRA e COLOZZI FILHO, 1986). Porém, em solos deficientes em P, adições de pequenas doses do nutriente resultam em aumento da colonização, sendo a redução observada apenas em doses mais elevadas. A utilização de substrato convencional para a produção de mudas de cafeeiro (30% de esterco de curral v:v) não chega a influenciar a micorrização das mudas (SOUZA et al., 1987), mas reduz drasticamente os benefícios da micorrização para o crescimento dessas, durante a formação e no início do crescimento após transplante (SIQUEIRA et al., 1996).

Os FMAs diferem quanto ao comportamento em relação ao P no solo, existindo uma relação entre a faixa de P, em que consegue manter relação mutualista, e sua eficiência simbiótica. *G. margarita*, que aumentou os teores de P nos tecidos foliares de cafeeiro, mesmo em solos com mais de 300 mg kg⁻¹ de P disponível no substrato (SAGGIN JUNIOR et al., 1994), é considerada altamente eficiente para a micorrização em cafeeiros, como já foi constatado em relatos anteriores.

A persistência após a inoculação e sua capacidade de produzir propágulos são critérios de grande importância na seleção, pois a utilização de mudas já micorrizadas é, na

maioria das vezes, a única oportunidade de introdução de FMAs em determinada área. A persistência é resultado da competição, tolerância a fatores do solo e do ambiente, e da capacidade de o fungo espalhar-se no solo, de esporular e produzir propágulos. Fungos selecionados devem produzir muitos esporos, resistentes ao ressecamento e às técnicas adotadas de armazenamento e aplicação do inoculante. Isolados com elevada ES, competitivos e adaptados ao solo, ambiente e manejo, são mais promissores para utilização em programas de inoculação (SAGGIN-JÚNIOR e LOVATO, 1999).

Balota e Lopes (1996), estudando a persistência de *Gigaspora margarita* e sua interação com outras espécies de FMAs em um cafezal com cinco anos de idade, formado a partir de mudas previamente micorrizadas, observaram que a colonização micorrízica foi influenciada positivamente pela inoculação do fungo na fase de viveiro. Observaram também que a espécie introduzida interferiu na esporulação dos fungos nativos de forma positiva ou negativa, dependendo da espécie nativa envolvida.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi constituído por dois experimentos, sendo o primeiro um fatorial 9x4 (9 substratos e 4 FMAs), totalizando 36 tratamentos com 5 repetições, e o segundo um fatorial 2x11 (2 substratos e 11 FMAs), totalizando 22 tratamentos com 5 repetições. Em ambos o delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agronômico (IAC), em Campinas, São Paulo.

No primeiro experimento, foram utilizados os substratos: Solo puro (Latosolo vermelho-amarelo); uma mistura Solo (70%) + esterco bovino de curral maturado (30%) (volume/volume), substratos orgânicos comerciais à base de casca de pinus (Rendmax; Vida Verde com adubação; Vida Verde sem adubação e Terra do Paraíso) e de fibra de coco (Golden Mix 11; Golden Mix 47 e Golden Mix 80). Os substratos de cultivo do segundo experimento foram a mistura solo (70%) + esterco bovino de curral maturado (30%) (volume/volume) e o substrato orgânico comercial à base de fibra de coco (Golden Mix 47). Os substratos não sofreram nenhum tipo de esterilização, sendo utilizados como foram adquiridos no comércio ou, no caso dos que utilizaram solo, como foi coletado no campo. A análise química dos substratos foi feita no Laboratório de Análise de Solo e Planta do IAC, segundo Sonneveld et al. (1974) (Tabela 1).

Para a produção das mudas utilizaram-se sementes de café, cultivar Catuaí Amarelo IAC-62, que foram semeadas em vermiculita para germinação. Cento e vinte dias após a semeadura, quando as plântulas apresentavam o par de folhas cotiledonares (estádio de

orelha-de-onça), procedeu-se o transplântio para vasos com capacidade para 3 dm³, contendo o determinado substrato de cultivo, colocando-se uma plântula por vaso. Na base de cada plântula foi adicionado o inóculo de FMA.

Tabela 1. Análise química dos substratos utilizados nos experimentos, segundo Sonneveld et al. (1974)

Substrato	pH	P --(mg dm ⁻³)--	K --(mg dm ⁻³)--	Ca --(cmol _c dm ⁻³)--	Mg --(mg dm ⁻³)--	V%
Solo puro	5,0 ¹	8	12	2,3	0,6	49
Solo (70%) + esterco (30%)	5,6 ¹	405	1142	5,8	3,1	81
Rendmax	5,0 ²	6	124	0,3	0,3	-
Vida Verde c/ adubação	5,1 ²	6	110	0,1	0,1	-
Vida Verde s/ adubação	4,8 ²	1	56	0,1	0,1	-
Terra do Paraíso	5,1 ²	15	48	0,1	0,1	-
Golden Mix 11	4,6 ²	34	365	0,2	0,1	-
Golden Mix 47	4,5 ²	84	459	0,3	0,1	-
Golden Mix 80	4,5 ²	2	109	0,0	0,0	-
Substrato	B	Cu ----- (mg dm ⁻³) -----	Fe	M.O. (g dm ⁻³)	C org g kg ⁻¹	C/N
Solo puro	0,2	5,8	11,0	22	-	-
Solo (70%) + esterco (30%)	0,5	6,4	58,0	48	-	-
Rendmax	0,0	0,1	0,2	-	343	50
Vida Verde c/ adubação	0,1	0,0	0,6	-	302	69
Vida Verde s/ adubação	0,1	0,1	0,4	-	306	78
Terra do Paraíso	0,2	0,0	0,5	-	141	62
Golden Mix 11	0,6	0,3	0,3	-	420	60
Golden Mix 47	0,9	0,1	0,7	-	388	55
Golden Mix 80	0,1	0,1	0,2	-	467	106

¹ pH em solução CaCl₂

² pH em água

As espécies de FMAs utilizadas para inoculação foram provenientes da coleção da área de Microbiologia do Solo do Centro de Solos e Recursos Ambientais (IAC). No primeiro experimento, utilizaram-se as espécies: *Gigaspora margarita* (IAC-32), *Glomus intraradices* (IAC-43) e *Glomus etunicatum* (IAC-42). No segundo experimento, utilizaram-se as espécies: *Gigaspora margarita* (IAC-32), *Glomus intraradices* (IAC-43), *Glomus etunicatum* (IAC-42), *Acaulospora morrowiae* (IAC-14), *Glomus clarum* (IAC-16), *Acaulospora scrobiculata* (IAC-10), *Glomus* sp (IAC-28), *Scutellospora heterogama* (IAC-02), *Glomus macrocarpum* (IAC-03) e *Acaulospora* sp (IAC-13). O solo inóculo foi obtido através de multiplicação a partir de esporos puros tendo a *Brachiaria decumbens* como planta hospedeira e constou de

pedaços de raízes colonizadas, hifas e esporos (500 esporos). Em ambos foi mantido um controle sem inoculação de FMA, o qual recebeu um filtrado de solo inóculo sem propágulos de FMAs.

As mudas permaneceram na casa de vegetação por um período de 200 dias, sendo que o manejo da irrigação utilizado foi realizado com base na capacidade de retenção de água, a qual foi mantida a 60%, previamente determinado para cada substrato através da diferença de massa entre o substrato saturado com água e o substrato seco ao ar. Até os 120 dias após transplântio, foi realizado uma adição de 150 mg N por vaso, juntamente com a irrigação, segundo Furlani (1996).

Aos 175 dias após transplântio, foram determinados os teores de clorofila a, b, a + b e carotenóides, além da atividade da fosfatase ácida. Para a determinação do conteúdo de clorofila foliar e carotenóides realizou-se a extração dos pigmentos de 50 mg de tecido foliar (do segundo e terceiro pares de folhas do ramo ortotrópico), utilizando-se 100% de dimetilsulfóxido, em banho maria a 65°C por 1 hora. A leitura dos extratos foi realizada por espectrofotometria (Hitachi U-2000) em três comprimentos de onda: 470, 646 e 663 nm. O conteúdo de pigmentos foi obtido a partir das equações propostas por Lichtenthaler e Wellburn (1983), e os resultados expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$ de extrato.

A atividade da fosfatase ácida foi determinada segundo Besford (1980). Uma amostra de 100 mg de tecido foliar (do segundo e terceiro pares de folhas do ramo ortotrópico), cortado em pedaços de aproximadamente 3 x 2 mm, foi incubada em 8 mL de p-nitrofenolfosfato 125 $\mu\text{mol L}^{-1}$ em tampão acetato 0,1 mol L^{-1} (pH 4,0) por 20 minutos a 30°C. 5 mL da mistura reatora foram alcalinizados com NaOH 2 mol L^{-1} e posteriormente

realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Hitachi U-2000) a 410 nm. Foi realizada uma curva padrão com as seguintes concentrações de 4-nitrofenol: 0, 25, 50, 75, 100 e 125 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Os resultados foram expressos em μg de p-nitrofenolfosfato g^{-1} .

Durante o período em que as mudas permaneceram em casa de vegetação, foram avaliados, quinzenalmente, a altura, o diâmetro do caule e o número de folhas.

A colheita dos experimentos se deu 200 dias após o transplântio, quando se fez uma avaliação final da altura, do diâmetro do caule e do número de folhas. Após coleta da parte aérea e das raízes, o substrato foi homogeneizado por agitação e coletou-se uma amostra para quantificação de esporos e de micélio externo.

A parte aérea coletada foi lavada com água destilada, seca em estufa de circulação de ar a 65°C até peso constante, pesada para obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA), triturada em moinho tipo Wiley e utilizada para análise do teor de fósforo. Através da diferença de produção de MSPA, em porcentagem, entre as plantas micorrizadas e as não micorrizadas, foi determinado a eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de FMAs. O teor de fósforo da parte aérea foi determinado segundo Bataglia et al. (1983). Através do teor de fósforo da parte aérea determinou-se a quantidade acumulada (mg planta^{-1}) e o índice de eficiência de utilização de fósforo (IEUP) segundo Siddiqi e Glass (1981).

A raiz coletada foi lavada em água corrente sob peneira de malha 0,53 mm, seca em papel absorvente e pesada para obtenção da matéria fresca da raiz (MFR). Foi retirado 1g de raiz fina para avaliação da colonização micorrízica.

Para avaliação da porcentagem de colonização, as amostras de raiz foram clarificadas com KOH a 4% por 10 minutos, acidificadas com HCl a 2% por 12 horas e coradas com trypan-blue por 5 minutos (PHILLIPS e HAYMAN, 1970) e a colonização avaliada pelo método da lâmina com segmentos de raiz (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), com o auxílio de um microscópio estereoscópio, com aumento de até 40 vezes.

Para quantificação dos esporos de FMA, foi coletada uma amostra de 50 mL de substrato que foi submetida ao peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e centrifugação em sacarose (JENKINS, 1964). Para a contagem dos esporos utilizou-se um microscópio estereoscópio com aumento de até 40 vezes.

O micélio externo foi extraído a partir de 5 g do substrato, com o qual foi preparada uma suspensão com 1500 mL de água de torneira. Após filtragem em peneiras de malha 0,71 e 0,25 mm, a suspensão foi agitada em liquidificador (na menor velocidade) por um tempo de 30 s. Após agitação, manteve-se em repouso por 2 minutos para a retirada de uma alíquota de 500 mL. Essa alíquota foi filtrada em peneira de 0,44 mm, sendo o material retido transferido para frasco de cerca de 15 mL de capacidade, utilizando água de torneira, até um volume final de 11 mL. Do material retido no frasco retirou-se uma alíquota de 5 mL que foi filtrada a vácuo em membrana filtrante de policarbonato, quadriculada (linhas horizontais e verticais distanciadas de 3 mm), de 47 mm de diâmetro e 0,45 μ m de porosidade. Após filtrado, foram adicionadas gotas de corante trypan-blue até preenchimento total da membrana. Esta foi seca ao ar e colocada em lâmina de vidro para quantificação do micélio externo. Com o auxílio de um microscópio no aumento de 25 vezes, utilizando-se uma ocular reticulada (10 linhas verticais e 10 linhas horizontais), efetuou-se a contagem do micélio externo, aplicando-se,

posteriormente, a equação simplificada proposta por Melloni e Cardoso (1999) para determinação do comprimento de micélio externo total.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% utilizando-se o programa SANEST (ZONTA et al., 1984). Os dados referentes à colonização das raízes foram transformados para arco-seno da raiz de x antes de serem analisados estatisticamente. Uma visão geral do ensaio em casa de vegetação é apresentada na figura 1.



Figura 1. Visão geral do experimento em casa de vegetação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1

O desenvolvimento em altura, diâmetro do caule e número de folhas das mudas de café variedade Catuaí Amarelo IAC-62 foi avaliado quinzenalmente durante os 200 dias em que o experimento permaneceu em casa de vegetação, possibilitando assim, a obtenção de curvas de crescimento. Os valores do crescimento em altura são apresentados nas figuras 2, 3 e 4. Até os 60 dias após transplante, o desenvolvimento em altura das mudas se manteve constante, atingindo em média 5,0 cm, independente da micorrização ou do substrato de cultivo utilizado. A partir desse período, as mudas que se desenvolviam no substrato Vida Verde sem adubação (Figura 3) passaram a apresentar altura superior às que se desenvolviam nos demais substratos, independente da micorrização. A partir dos 74 dias após transplante, a micorrização, principalmente com a espécie de FMA *G. margarita*, começou a influenciar positivamente a altura das plantas que se desenvolviam nos substratos Solo + esterco (Figura 2), Vida Verde com adubação (Figura 3) e Solo puro (Figura 4). As mudas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 47 (Figura 2), Golden Mix 11 (Figura 2) e Rendmax (Figura 4) apresentaram valores semelhantes de altura, sendo que até os 130 dias após transplante, quando estavam com cerca de 10 cm, vinham tendo um crescimento constante, e após esse período, a taxa de crescimento aumentou.

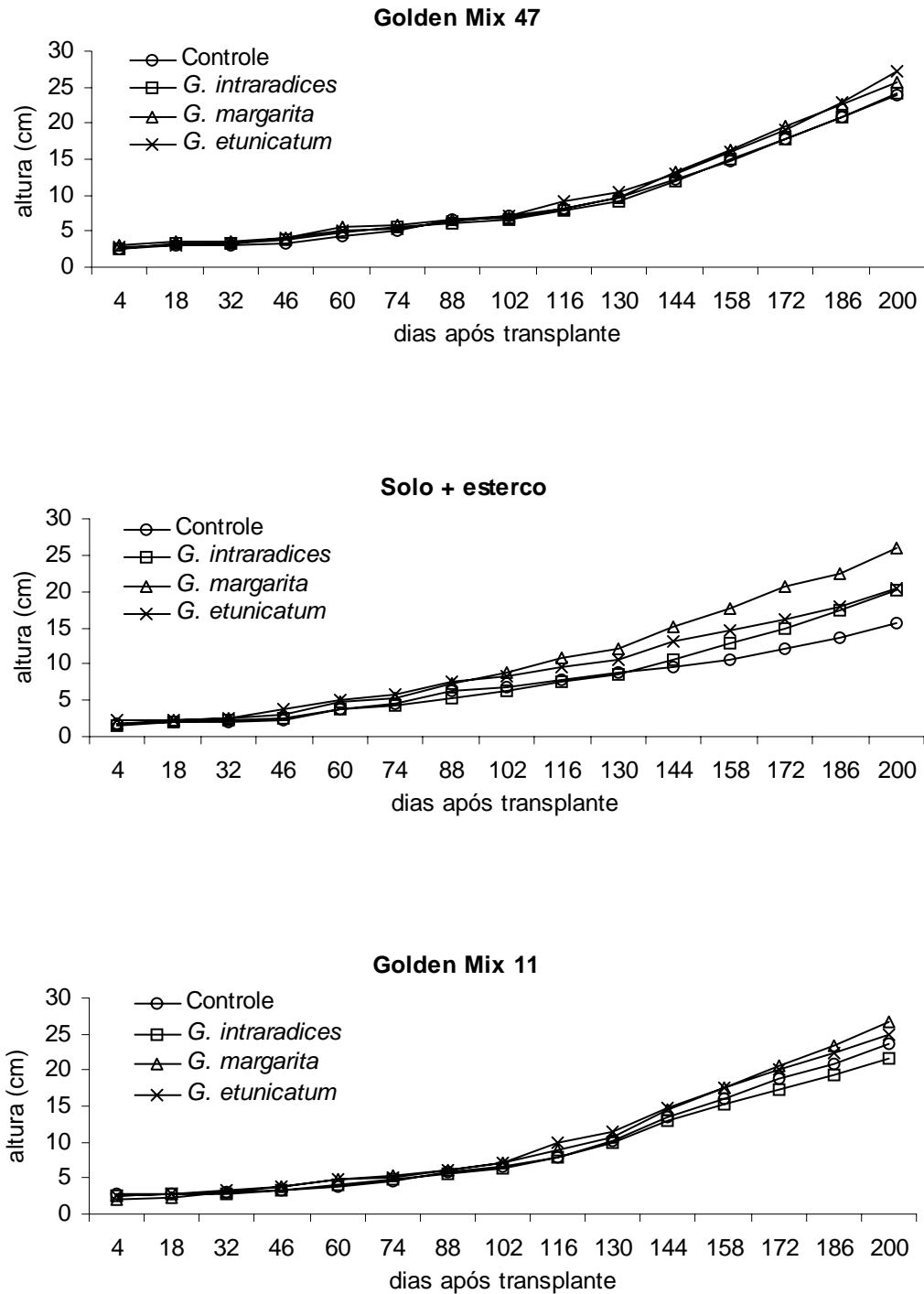


Figura 2. Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

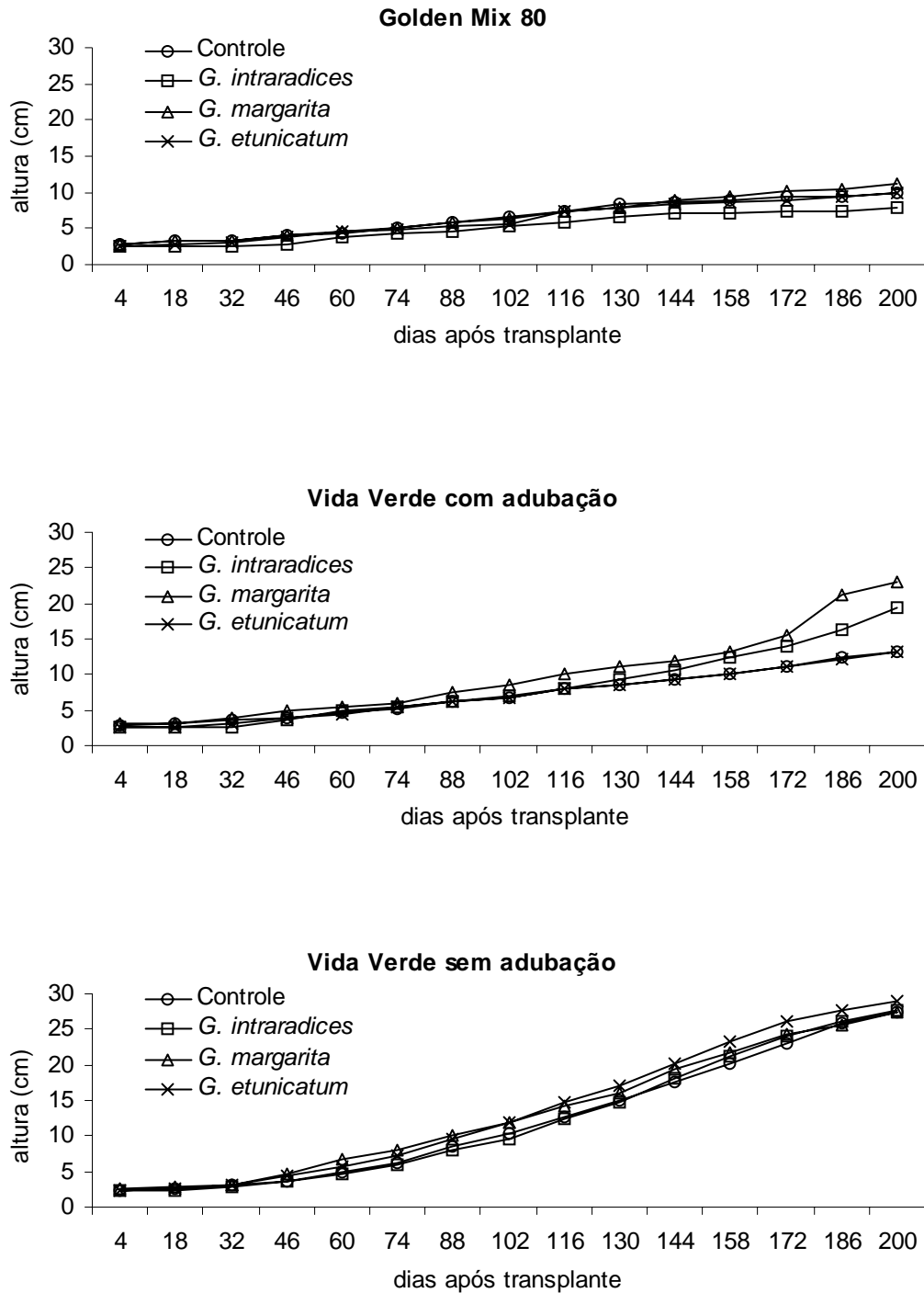


Figura 3. Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

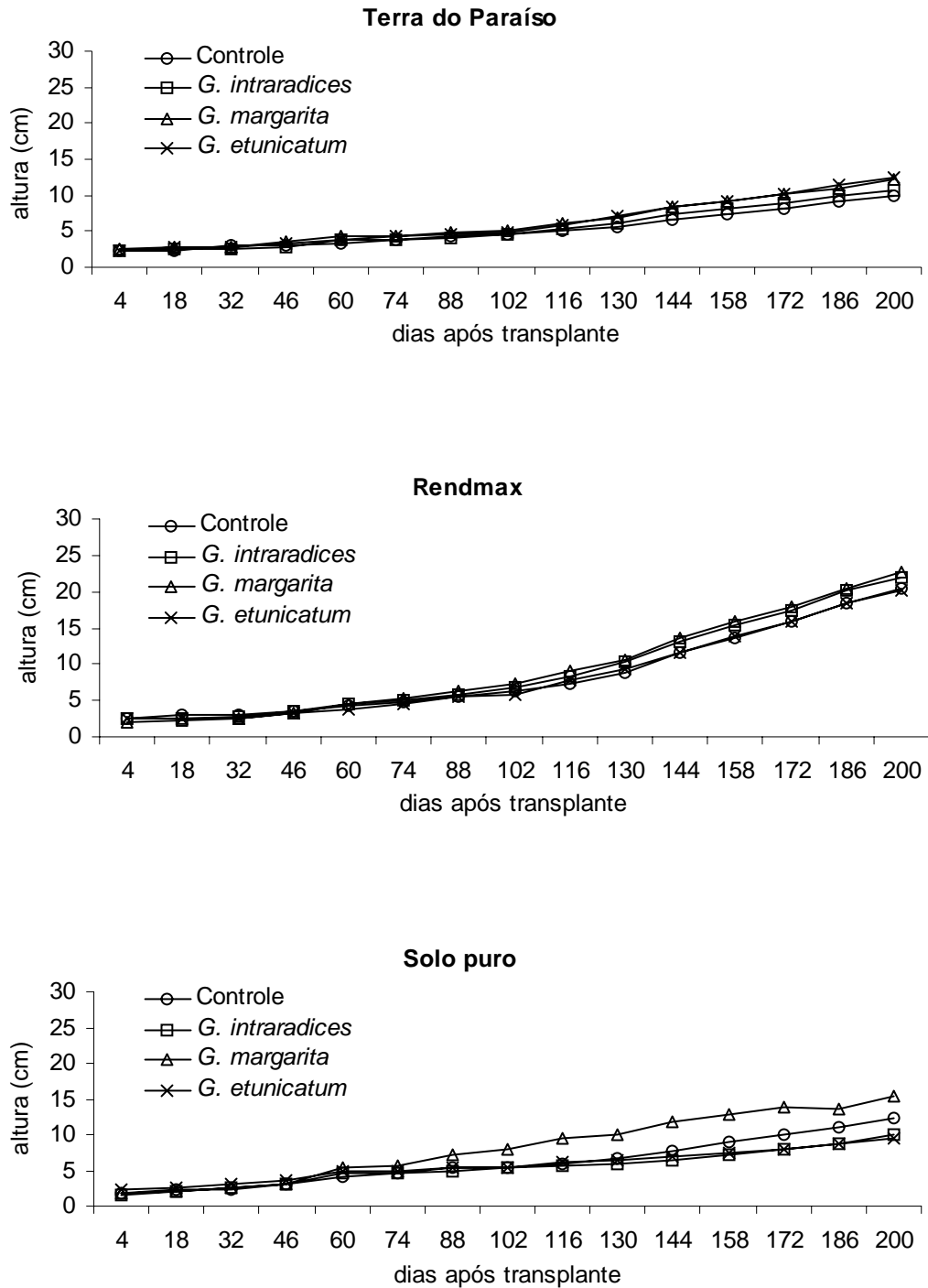


Figura 4. Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

Segundo Thomaziello et al. (2000), a muda de café está apta a ir para o campo quando possuir 5 ou 6 pares de folhas (muda de 6 meses – 180 dias, produzidas em viveiro com passagem de cerca de 50% de luz). Para uma muda que se desenvolveu normalmente, quando apresentar essa quantidade de folhas, estará com altura aproximada de 15 cm. No presente trabalho, as plantas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 80 (Figura 3) e Terra do Paraíso (Figura 4) não atingiram essa altura durante os 200 dias que permaneceram em casa de vegetação, indicando que esses substratos não são indicados para a produção de mudas de cafeeiro. As plantas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 47 (Figura 2), Golden Mix 11 (Figura 2) e Rendmax (Figura 4) atingiram 15 cm de altura aos 158 dias após transplante, independente da micorrização, adiantando o ciclo de produção das mudas em 22 dias. Mas as plantas que conseguiram atingir 15 cm de altura em menor tempo foram as que se desenvolveram nos substratos Vida Verde sem adubação (Figura 3) com a inoculação de *G. etunicatum* e Solo + esterco (Figura 2) com a inoculação de *G. margarita*. O tempo de produção para determinadas mudas foi de 116 e 144 dias respectivamente, sendo que o ciclo de produção das mudas foi diminuído em 64 e 36 dias respectivamente, o que torna esses tratamentos eficientes para a produção de mudas de cafeeiro.

Os valores de crescimento em diâmetro do caule (Figuras 5, 6 e 7) se relacionaram diretamente com os valores de crescimento em altura, sendo que até os 60 dias após transplante, as mudas apresentavam em média 1,5 mm de diâmetro do caule, independente do tratamento. A partir desse período, as mudas que se desenvolviam nos substratos Golden Mix 80 (Figura 6), Terra do Paraíso (Figura 7) e Solo puro (Figura 7) passaram a apresentar uma paralisação no crescimento em diâmetro do caule, enquanto as que foram cultivadas nos demais substratos continuaram se desenvolvendo normalmente, independente da micorrização. Das mudas que continuaram se desenvolvendo normalmente, as que utilizaram

o substrato Vida Verde sem adubação (Figura 6) atingiram aos 130 dias após transplante, em média, 3,0 mm de diâmetro do caule, enquanto que as demais (Golden Mix 47 (Figura 5), Solo + esterco (Figura 5), Golden Mix 11 (Figura 5), Vida Verde com adubação (Figura 6) e Rendmax (Figura 7)) atingiram, em média, 2,0 mm. Até esse período, a micorrização não influenciou significativamente no crescimento em diâmetro do caule, mas a partir dessa época, a micorrização com *G. margarita* influenciou positivamente o desenvolvimento das mudas crescidas nos substratos Solo + esterco (Figura 5) e Vida Verde com adubação (Figura 6).

Como a altura, o diâmetro do caule também pode ser relacionado com o número de pares de folhas em uma muda apta a ir para o campo. Plantas com desenvolvimento normal, apresentando 5 ou 6 pares de folhas (muda de 6 meses – 180 dias, produzidas em viveiro com passagem de cerca de 50% de luz), possuem o diâmetro do caule ao redor de 3,0 mm. No presente trabalho, as plantas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 80 (Figura 6), Terra do Paraíso (Figura 7) e Solo puro (Figura 7) não atingiram esse diâmetro do caule durante os 200 dias que permaneceram em casa de vegetação, indicando que esses substratos não são recomendados para a produção de mudas de cafeeiro. As plantas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 47 (Figura 5) e Rendmax (Figura 7) atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule aos 200 dias após transplante, independente da micorrização, atrasando o ciclo de produção das mudas em 20 dias, comprometendo assim, o potencial de utilização desses substratos para a produção de mudas de cafeeiro. As plantas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 11 (Figura 5) com inoculação de *G. etunicatum* e *G. margarita* atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule aos 172 dias após transplante, não tendo assim, grande diferença do sistema convencional de produção de mudas de cafeeiro. As plantas que atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule em um período inferior ao sistema convencional,

foram as cultivadas no substrato Vida Verde sem adubação (Figura 6). Com a inoculação de *G. etunicatum*, o período foi de 116 dias, enquanto que nos demais tratamentos o período foi de 130 dias. Tem-se então que o ciclo de produção das mudas foi diminuído em 64 e 50 dias respectivamente, o que torna esses tratamentos eficientes para a produção de mudas de cafeeiro.

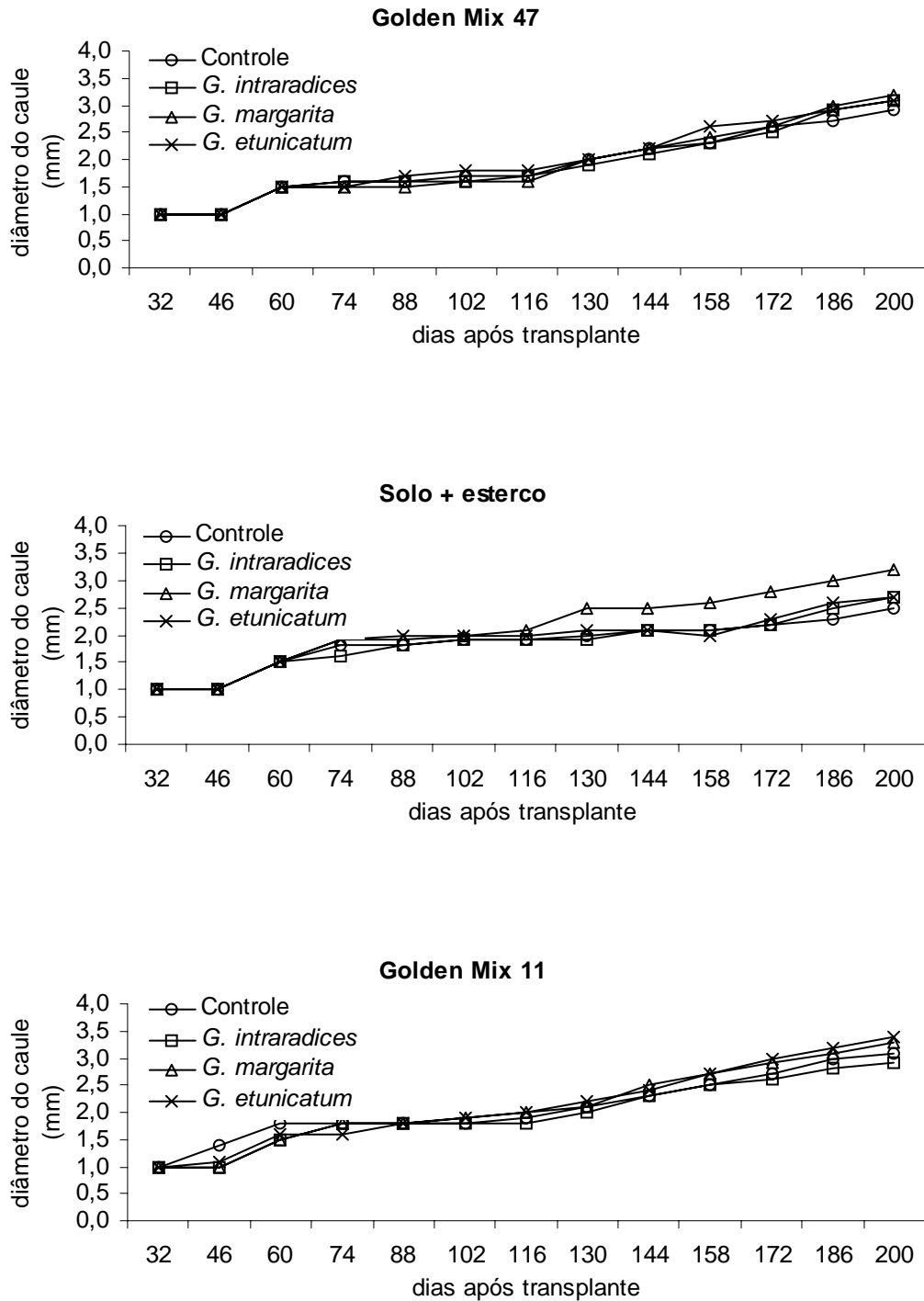


Figura 5. Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

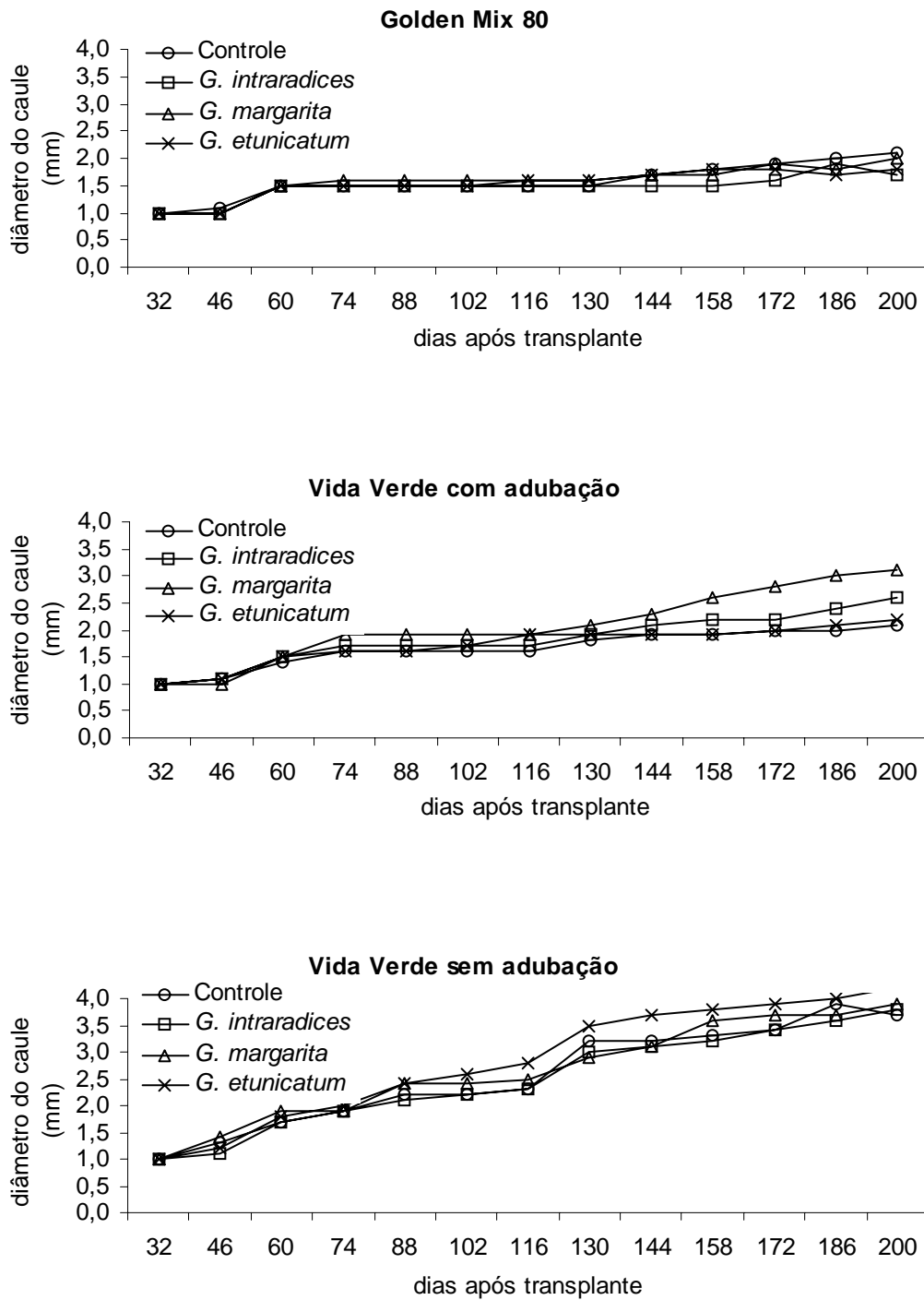


Figura 6. Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

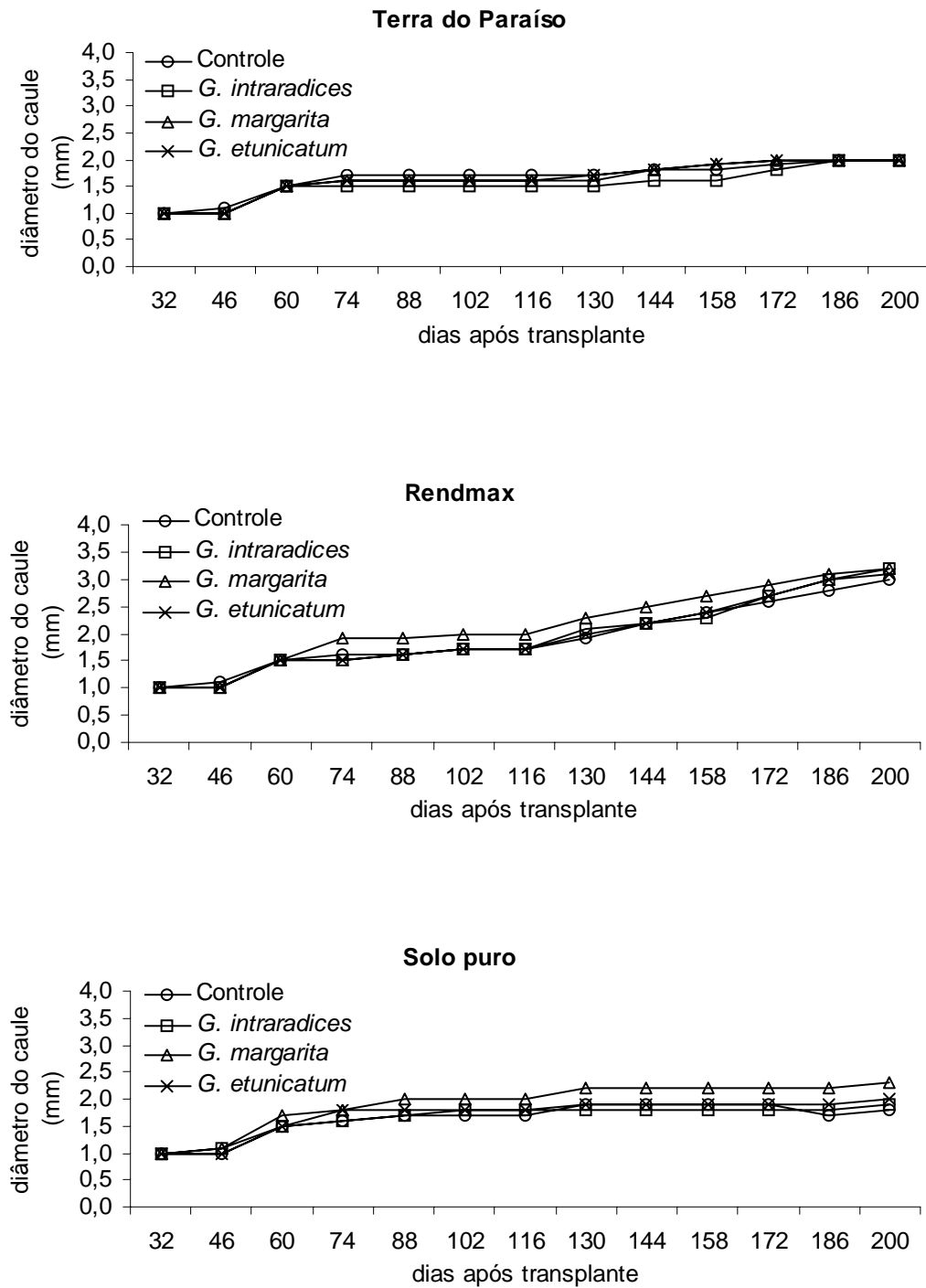


Figura 7. Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

Nas figuras 8, 9 e 10 são apresentadas as curvas de crescimento em número de folhas. Os diferentes substratos de cultivo influenciaram no tempo que as mudas demoraram para apresentar os 5 pares. As mudas que cresceram no substrato Vida Verde sem adubação (Figura 9) apresentaram 10 folhas aos 102 dias após transplante. As mudas que cresceram nos substratos Golden Mix 47 (Figura 8), Solo + esterco (Figura 8), Golden Mix 11 (Figura 8) e Rendmax (Figura 10) apresentaram 10 folhas aos 116 dias após transplante. As mudas que cresceram nos substratos Golden Mix 80 (Figura 9) e Solo puro (Figura 10) apresentaram 10 folhas aos 130 dias após transplante. As mudas que cresceram no substrato Terra do Paraíso (Figura 10) apresentaram 10 folhas aos 144 dias após transplante. Comparando-se com o tempo que as mudas levam para produzir 5 pares de folhas em sistema de produção convencional (6 meses – 180 dias, produzidas em viveiro com passagem de cerca de 50% de luz), houve uma redução de 78, 64, 50 e 36 dias respectivamente para que as mudas cultivadas nos referidos substratos estivessem aptas a irem para o campo.

Nem todos esses substratos, porém, proporcionaram bom desenvolvimento das mudas, sendo que os substratos Golden Mix 80 (Figura 9), Terra do Paraíso (Figura 10) e Solo puro (Figura 10) produziram mudas mal formadas, como pôde-se observar nas curvas de crescimento em altura (Figuras 3 e 4) e diâmetro do caule (Figuras 6 e 7), além de proporcionarem às plantas um número de folhas adequado tardiamente (Figuras 9 e 10).

A micorrização com *G. margarita* influenciou positivamente o crescimento em número de folhas a partir dos 130 dias após transplante nas mudas que se desenvolveram nos substratos Solo + esterco (Figura 8) e Vida Verde com adubação (Figura 9), sendo que nos demais substratos a micorrização não teve influência (Figuras 8, 9 e 10).

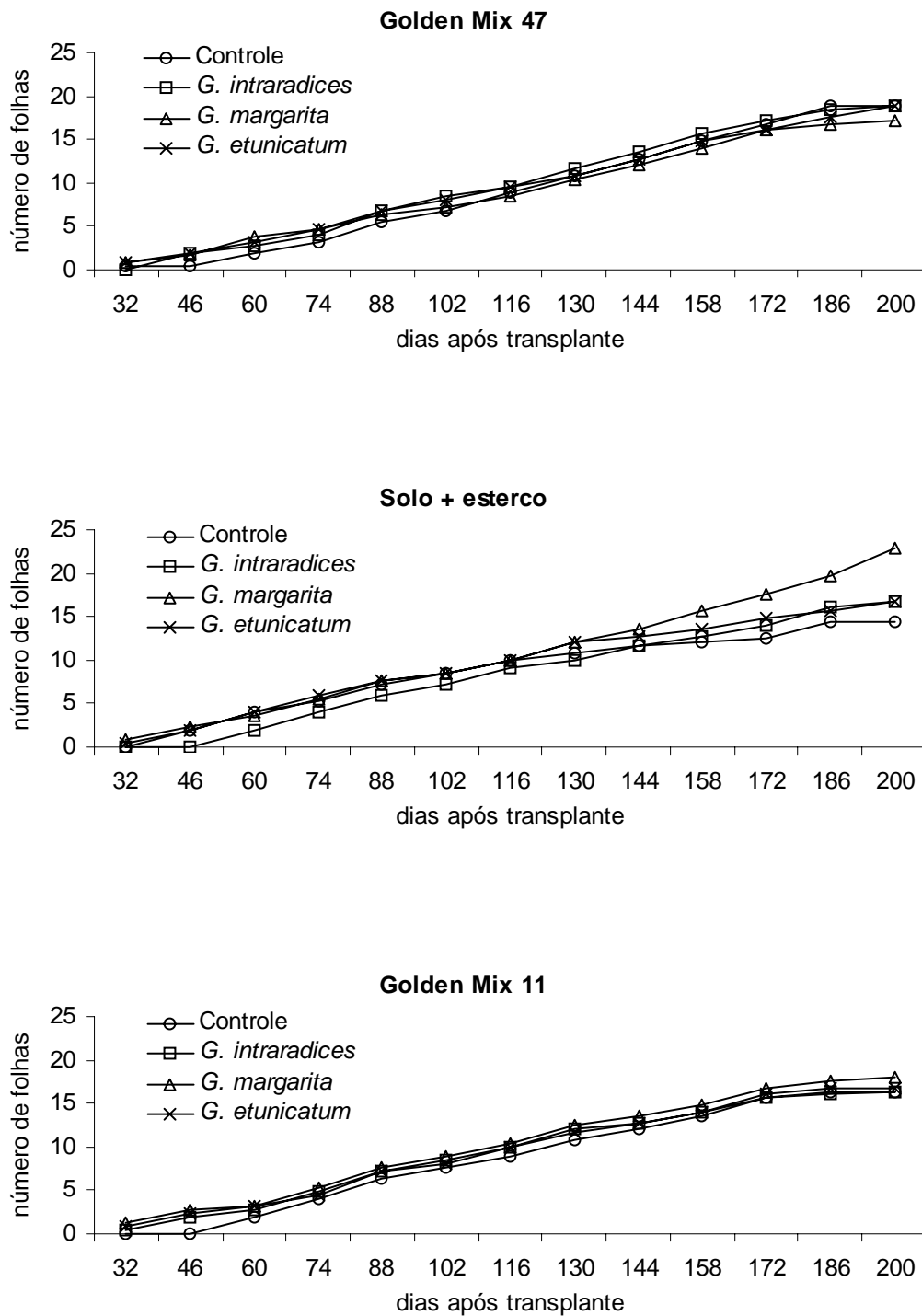


Figura 8. Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

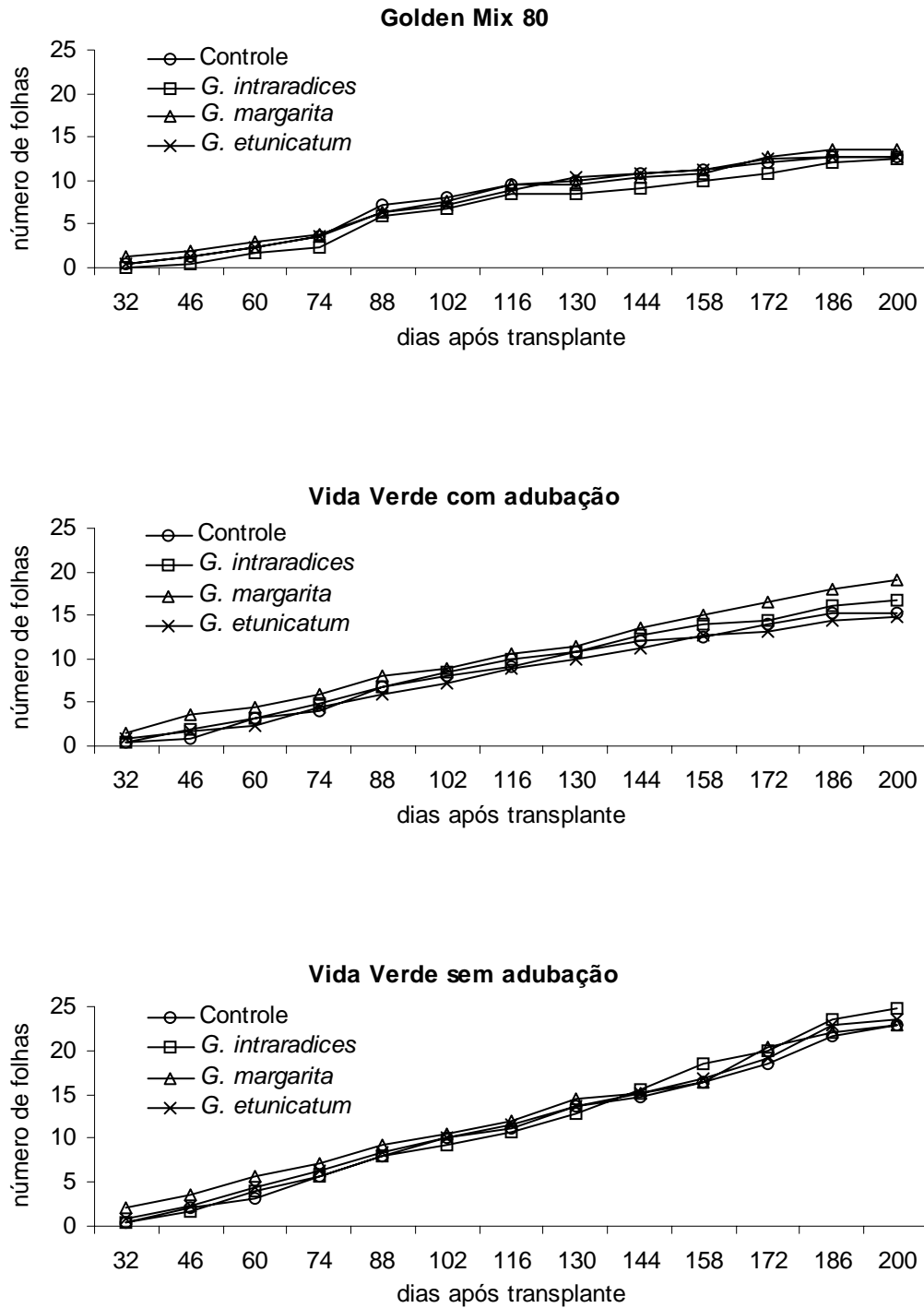


Figura 9. Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

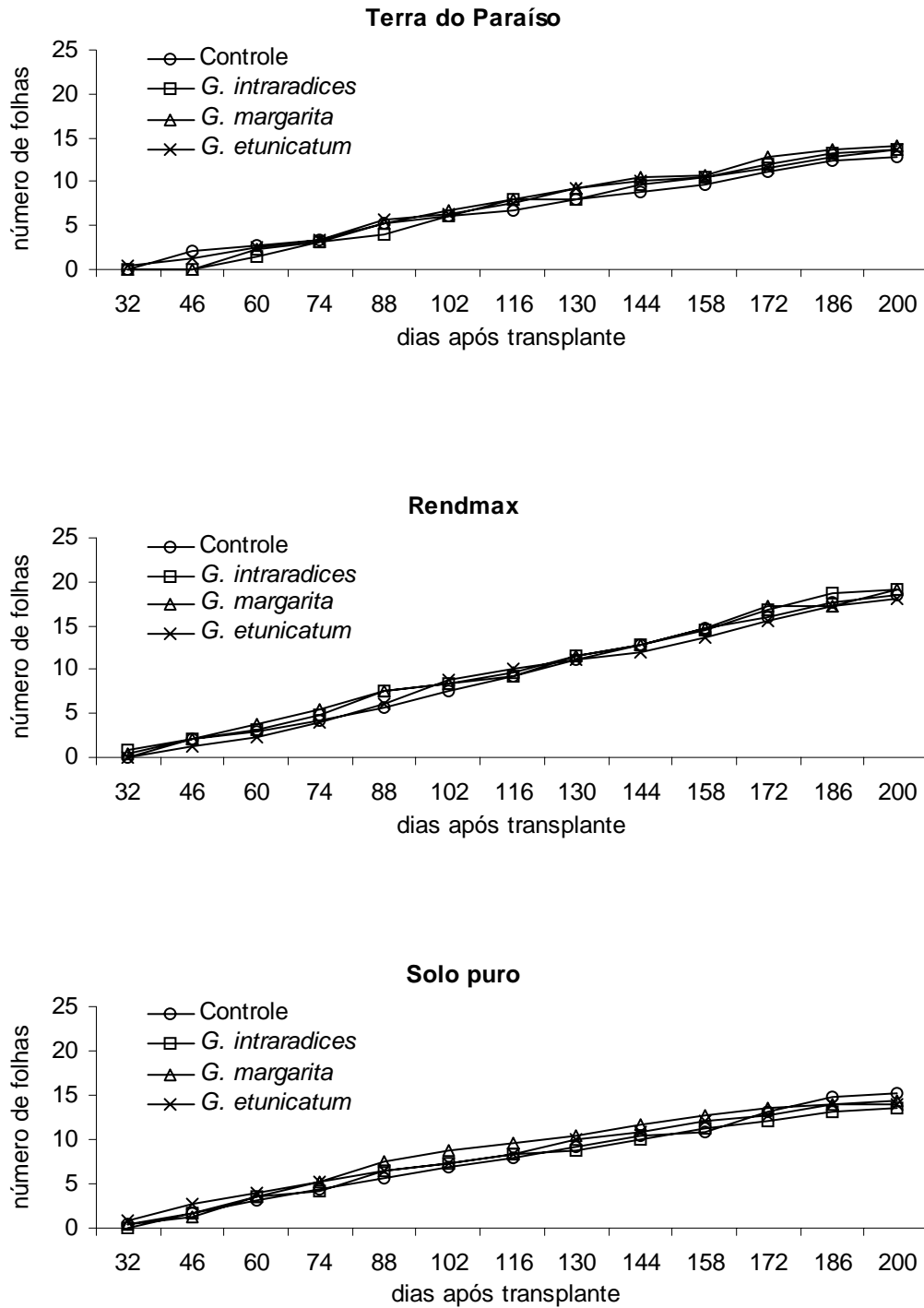


Figura 10. Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas em diferentes substratos durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

Das mudas que estavam aptas a irem para o campo, ou seja, que apresentavam boa relação entre altura e diâmetro do caule quando apresentavam 5 pares de folhas, as que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação apresentaram um período de produção 14 dias inferior às que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 47, Solo + esterco, Golden Mix 11, Vida Verde com adubação e Rendmax. Para o produtor, esse período representa economia com fertilização, irrigação, mão de obra, defensivos, anula os riscos de danos por variações bruscas de temperatura, deficiência hídrica, ataques de pragas e doenças, além de aumentar a produtividade do viveiro devido à diminuição do ciclo de produção das mudas.

As variáveis de crescimento das mudas de café foram influenciadas pelos diferentes substratos e pelos diferentes FMAs (Tabela 2). Plantas que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação apresentaram maior produção de MSPA, MFR, diâmetro do caule, altura e número de folhas, sendo que os substratos Golden Mix 47, Solo + esterco, Golden Mix 11, Vida Verde com adubação e Rendmax também proporcionaram mudas bem desenvolvidas. Os substratos Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro não foram eficientes para a produção de mudas de cafeeiro, pois as plantas que neles se desenvolveram apresentaram os piores valores de crescimento. Em alguns substratos, a micorrização influenciou positivamente o crescimento das mudas de café, como já observado por Colozzi Filho et al. (1994), sendo que os maiores valores de MSPA, diâmetro do caule e altura foram observados em plantas colonizadas por *G. margarita*, confirmando os resultados obtidos por Lopes et al. (1983b) e Siqueira et al. (1994). Entretanto, a micorrização com essa espécie de FMA causou diferentes efeitos, dependendo do substrato utilizado, como uma produção de MSPA 160% superior nas plantas cultivadas no solo + esterco, 71% no Vida Verde com adubação e 17% no Rendmax.

Tabela 2. Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca de raiz (MFR), diâmetro do caule, altura e número de folhas das mudas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes substratos.

Fungos	Substrato ¹						Solo		
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs			
Controle	3,7 a B	2,0 b CDE	2,7 a BCD	0,5 a E	MSPA (g) 1,4 a CDE	5,8 a A	0,4 a E	3,0 a BC	1,1 a DE
<i>G. intraradices</i>	3,2 a B	2,9 b B	2,0 a BC	0,3 a D	2,4 a B	6,1 a A	0,4 a CD	3,5 a B	0,6 a CD
<i>G. margarita</i>	2,8 a BC	5,2 a A	2,8 a BC	0,7 a D	2,4 a BC	5,3 a A	0,5 a D	3,5 a B	1,3 a CD
<i>G. etunicatum</i>	3,5 a B	3,1 b B	2,9 a BC	0,5 a D	1,4 a CD	5,7 a A	0,6 a D	3,0 a BC	0,6 a D
Controle	7,9 a B	3,1 b C	12,6 ab A	1,6 a C	MFR (g) 3,3 c C	13,8 b A	1,6 a C	9,7 ab AB	2,3 a C
<i>G. intraradices</i>	7,5 a BC	4,7 ab CD	10,3 b AB	0,9 a D	8,2 b BC	13,0 b A	2,3 a D	11,0 ab AB	1,2 a D
<i>G. margarita</i>	8,4 a BC	8,2 a C	14,4 a A	2,2 a D	12,1 a ABC	15,7 ab A	2,5 a D	12,6 a AB	2,6 a D
<i>G. etunicatum</i>	8,5 a B	6,6 a BC	13,9 ab A	1,7 a D	2,6 c CD	18,1 a A	2,7 a CD	9,1 b B	1,3 a D
Controle	2,9 a BC	2,5 b CD	3,1 a B	2,1 a DE	Diâmetro do caule (mm)				
<i>G. intraradices</i>	3,1 a BC	2,7 b BC	3,0 a BC	1,7 a D	2,1 c DE	3,8 a A	2,0 a DE	3,0 a BC	1,8 b E
<i>G. margarita</i>	3,2 a B	3,2 a B	3,3 a B	2,0 a C	2,6 b C	3,8 a A	2,0 a D	3,2 a B	1,9 ab D
<i>G. etunicatum</i>	3,1 a BC	2,7 b CD	3,4 a B	1,8 a E	3,1 a B	3,9 a A	2,0 a C	3,2 a B	2,3 a C
Controle	23,8 a AB	15,7 c CD	23,6 a AB	10,0 a E	2,2 bc DE	4,2 a A	2,0 a E	3,1 a BC	2,0 ab E
<i>G. intraradices</i>	24,2 a AB	20,2 bc B	22,7 a AB	8,0 a C	Altura (cm)				
<i>G. margarita</i>	25,6 a A	25,9 a A	26,6 a A	11,3 a B	13,3 b DE	27,3 a A	10,0 a E	20,5 a BC	12,3 a DE
<i>G. etunicatum</i>	27,3 a A	20,5 b BC	25,0 a AB	9,8 a E	21,2 a B	27,8 a A	10,7 a C	22,0 a B	8,8 a C
Controle	18,8 a AB	14,4 b CD	16,4 a BCD	12,8 a D	23,0 a A	27,4 a A	12,2 a B	22,6 a A	11,9 a B
<i>G. intraradices</i>	18,8 a B	16,8 b BC	16,4 a BCD	12,4 a D	13,1 b DE	29,0 a A	12,5 a E	18,6 a CD	9,9 a E
<i>G. margarita</i>	17,2 a BCD	22,8 a A	18,0 a BC	13,6 a D	Número de Folhas				
<i>G. etunicatum</i>	18,8 a B	16,8 b BCD	16,8 a BCD	12,8 a D	15,2 b BCD	22,8 b A	12,8 a D	18,4 a BC	17,2 a BC

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam fungos no mesmo substrato; letras maiúsc.: compararam substratos no mesmo fungo.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

A MFR não foi influenciada pela micorrização nas plantas cultivadas nos substratos Golden Mix 47, Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro, mas quando micorrizadas com *G. margarita* nos substratos Vida Verde com adubação, Solo + esterco, Rendmax, Golden Mix 11 e Vida Verde sem adubação as mudas apresentaram um acréscimo de 267, 165, 30, 15 e 14%, respectivamente e quando micorrizadas com *G. etunicatum* nos substratos Solo + esterco e Vida Verde sem adubação as mudas apresentaram um acréscimo de 113 e 31% respectivamente (Tabela 2).

Na maioria dos substratos utilizados as plantas apresentaram um padrão de crescimento bastante semelhante, apesar da grande diferença que havia entre os substratos, não somente quanto ao nível de fertilidade (Tabela 1), mas, certamente, quanto às características físicas e biológicas. A micorrização das plantas também não ocorreu da forma esperada, pois, geralmente, maior efeito micotrófico é observado nos substratos com baixo nível de fertilidade, o que não se observou nas mudas de cafeeiro. Ao contrário, no substrato convencional, Solo + esterco, que apresentou maior fertilidade, o fungo *G. margarita* mostrou-se eficiente na promoção do crescimento das plantas, não demonstrando, entretanto, o mesmo desempenho nos demais substratos, exceto no Vida Verde com adubação. Um dos fatores que influenciou na resposta do cafeeiro foi o nível de N no substrato, o qual estava abaixo do adequado, apesar de ter sido adicionado ao longo do experimento. A relação C/N dos substratos estava alta (Tabela 1) e, portanto, o processo de imobilização dos nutrientes, principalmente do N, diminuiu sua disponibilidade para as plantas, o que refletiu no seu desenvolvimento. Maiorano (2003), empregando os mesmos substratos para formação de mudas de limoeiro, inclusive com a inoculação de *G. intraradices* e *G. etunicatum*, observou efeito benéfico da micorrização em todos os substratos. Novamente, ressalta-se a importância

do sistema FMA – planta hospedeira – substrato como fator determinante do desempenho da associação.

A colonização micorrízica foi bastante elevada nos substratos que continham solo na sua composição (Solo puro e Solo + esterco), mas foi baixa, geralmente inferior a 10% nos substratos orgânicos comerciais (Tabela 3). Maiorano (2003) em limoeiro ‘Cravo’ também constatou baixos níveis de colonização micorrízica, principalmente no substrato Golden Mix 47, o qual, entretanto, as plantas mostraram melhor crescimento. O teor de matéria orgânica pode ter influenciado a colonização das raízes, como observado por Trindade et al. (2000). Os tratamentos Controle dos substratos Solo puro, Solo + esterco e Vida Verde sem adubação apresentaram colonização das raízes de 29,5; 17,1 e 1,4% respectivamente, uma vez que os substratos não sofreram fumigação, não invalidando, entretanto, a condição de testemunha. Nos substratos Solo puro e Solo + esterco, a maior porcentagem de colonização foi obtida com *G. intraradices*, enquanto que nos demais substratos orgânicos comerciais, o FMA *G. margarita* proporcionou a maior porcentagem de colonização.

Após a extração de esporos dos substratos, observou-se que não houve esporulação devido à micorrização, independente do FMA inoculado ou do substrato utilizado. Provavelmente, isso se deve ao fato de que nesta fase de formação das mudas do cafeeiro não houve estímulo à esporulação do FMA.

Tabela 3. Porcentagem de colonização das raízes de café por fungos micorrizicos em diferentes substratos.

Fungos	Substrato ¹							
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVs	Terra P	Rend	Solo
Controle	0,0 b C	17,1 d B	0,0 b C	0,0 c C	1,4 c C	0,0 a C	0,0 c C	29,5 b A
<i>G. intraradices</i>	4,1 a CD	39,1 a A	5,5 a BCD	6,8 a BC	8,7 a B	3,1 b D	3,1 b D	36,1 a A
<i>G. margarita</i>	5,8 a DE	31,8 b A	5,8 a DE	8,8 a CD	20,1 a B	10,7 a C	4,8 b E	33,1 ab A
<i>G. etunicatum</i>	4,5 a DE	24,8 c B	5,2 a CDE	4,1 b E	7,8 b CD	5,5 b CDE	8,4 a C	32,7 ab A

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam fungos no mesmo substrato; letras maiúsc.: compararam substratos no mesmo fungo.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVs: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

Tabela 4. Concentração, quantidade acumulada e índice de eficiência de utilização de fósforo nas mudas de café.

Fungos	Substrato ¹							
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVs	Terra P	Rend	Solo
Controle	2,8 b B	1,1 a C	0,9 a C	0,5 a D	0,8 b CD	2,5 a B	2,9 c B	1,1 a C
<i>G. intraradices</i>	3,2 a A	1,2 a DE	1,2 a CD	0,5 a F	1,6 a C	2,1 b B	3,3 ab A	0,8 a EF
<i>G. margarita</i>	2,2 c B	1,3 a C	1,1 a CD	0,7 a E	1,3 a C	2,5 a B	3,0 bc A	0,7 a DE
<i>G. etunicatum</i>	2,8 b B	1,1 a D	0,9 a DE	0,5 a F	0,6 b EF	2,3 ab C	3,5 a A	0,7 a DEF
Controle	9,7 a B	2,1 b C	2,5 a C	0,2 a C	1,1 b C	0,9 a C	8,7 b B	1,1 a C
<i>G. intraradices</i>	8,7 a C	2,9 b DE	2,4 a DEF	0,1 a F	3,8 a D	0,9 a EF	11,7 a B	0,4 a F
<i>G. margarita</i>	5,8 b C	6,0 a C	3,1 a DE	0,5 a F	4,6 a CD	1,4 a EF	9,7 ab B	1,1 a EF
<i>G. etunicatum</i>	9,5 a B	3,7 b C	2,5 a CD	0,2 a D	0,8 b D	1,3 a CD	9,5 b B	0,4 a D
Controle	1,3 a B	1,7 c B	2,9 a A	1,0 a BC	1,7 b B	0,1 a C	1,0 a BC	0,9 b BC
<i>G. intraradices</i>	0,9 a BCD	2,2 bc A	1,5 b ABC	0,6 a CD	1,5 b ABC	0,2 a D	1,1 a BCD	0,7 b CD
<i>G. margarita</i>	1,2 a CD	4,1 a A	2,4 a B	1,1 a CD	2,7 a B	0,2 a D	1,0 a CD	2,0 a BC
<i>G. etunicatum</i>	1,2 a BCD	2,7 b A	2,8 a A	0,9 a CD	2,0 ab AB	0,2 a D	0,8 a D	0,8 b D

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam fungos no mesmo substrato; letras maiúsc.: compararam substratos no mesmo fungo.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVs: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

No geral, os maiores teores de P foram observados na parte aérea das plantas que se desenvolveram nos substratos Vida Verde sem adubação e Rendmax (Tabela 4). A concentração de fósforo também foi influenciada positivamente pela micorrização nas plantas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 47 e Vida Verde com adubação, mas por fungos diferentes. Com relação à quantidade de fósforo acumulada nas mudas de café, os maiores valores foram encontrados nas plantas que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação, enquanto que os menores valores foram observados nas plantas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro. A micorrização das mudas cultivadas nos substratos Golden Mix 47, Golden Mix 11, Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro não influenciou o acúmulo de fósforo no tecido das plantas, mas a micorrização com *G. intraradices* e *G. margarita* nos substratos Solo + esterco, Vida Verde com adubação e Rendmax proporcionou um acréscimo de P de cerca de 139% em média, em relação às mudas não micorrizadas. Já a micorrização das plantas crescidas no substrato Vida Verde sem adubação influenciou negativamente o acúmulo de fósforo nas plantas, havendo um decréscimo de cerca de 17% em relação às mudas não colonizadas, independente do FMA inoculado. Quanto ao índice de eficiência de utilização de fósforo (IEUP), que é uma relação entre MSPA e quantidade de fósforo acumulada na planta, as plantas que apresentaram os maiores valores foram, principalmente, as cultivadas no substrato convencional (Solo + esterco), enquanto que os menores valores foram observados nos tratamentos com Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro (Tabela 4). As plantas colonizadas por *G. margarita* apresentaram significativamente os maiores valores de IEUP, quando crescidas nos substratos Solo + esterco, Vida Verde com adubação e Solo puro, indicando que, nesses substratos, a micorrização proporcionou conversão significativa do fósforo absorvido em massa vegetal.

Na tabela 5 encontram-se os valores de eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de FMAs. As maiores ES foram observadas nos substratos Solo + esterco, Vida Verde com adubação e Terra do Paraíso, no qual a micorrização aumentou em média 55% a produção de MSPA. As inoculações apresentaram efeito negativo no substrato Golden Mix 47, no qual a MSPA foi cerca de 14% inferior em relação às testemunhas, diferindo dos resultados obtidos para limoeiro ‘Cravo’ micorrizado, para o qual o melhor substrato foi esse à base de fibra de coco (MAIORANO, 2003).

A atividade da enzima fosfatase ácida é uma forma de avaliação do estado nutricional em P da planta, sendo que sua atividade aumenta à medida que a deficiência de P se eleva, ocorrendo diminuição na produção e na área foliar (ASCENCIO, 1994). Os valores da atividade da fosfatase ácida nas folhas das mudas de cafeeiro se encontram na tabela 6. Apesar de a atividade não ter sofrido influência significativa das diferentes espécies de FMAs que colonizavam as plantas, constatou-se que nas plantas micorrizadas, em alguns substratos como Golden Mix 47, Solo + esterco e Golden Mix 80, a atividade da fosfatase diminuiu em cerca de 40%, em média, com relação à planta não micorrizada. Konrad (2003) também constatou diminuição na atividade da enzima em plantas de café colonizadas por *G. margarita*, quando a saturação por base do solo aumentou. Maior efeito foi observado entre os diferentes substratos de cultivo utilizados. Entretanto, nem sempre a disponibilidade de fósforo do substrato (Tabela 1) se relacionou com a atividade da fosfatase, pois observaram-se valores altos de atividade em substratos como o Golden Mix 11, onde a análise química indicou 34 mg dm^{-3} de P. Já nos substratos Solo + esterco e Golden Mix 47, que mostraram os maiores valores de P disponível, a atividade da fosfatase nas folhas do cafeeiro foi baixa, conforme esperado.

Tabela 5. Eficiência simbiótica dos FMAs nos diferentes substratos.

Fungos	Substrato ¹								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Eficiência Simbiótica (%)									
<i>G. intraradices</i>	-13,5	45,0	-25,9	-40,0	71,4	5,2	0,0	16,7	-45,4
<i>G. margarita</i>	-24,3	160,0	3,7	40,0	71,4	-8,6	25,0	16,7	18,2
<i>G. etunicatum</i>	-5,4	55,0	7,4	0,0	0,0	-1,7	50,0	0,0	-45,4

¹GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

Tabela 6. Atividade da fosfatase ácida nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.

Fungos	Substrato ¹								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Fosfatase ácida ($\mu\text{g de p-nitrofenolfosfato g}^{-1} \text{h}^{-1}$)									
Controle	8,2 a B	9,0 a B	19,9 a A	9,5 a AB	13,3 a AB	12,6 a AB	7,5 a B	15,5 a AB	7,2 a B
<i>G. intraradices</i>	4,1 a C	6,6 a BC	17,2 a AB	4,4 a C	9,9 a ABC	20,8 a A	6,4 a BC	15,4 a AB	7,6 a BC
<i>G. margarita</i>	5,0 a B	7,5 a AB	15,8 a AB	6,6 a B	10,0 a AB	13,8 a AB	6,7 a BC	18,1 a A	8,5 a AB
<i>G. etunicatum</i>	4,4 a C	7,6 a ABC	18,3 a A	7,5 a ABC	9,5 a ABC	15,4 a AB	7,1 a BC	10,6 a ABC	7,2 a BC

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam fungos no mesmo substrato; letras maiúsc.: compararam substratos no mesmo fungo.

¹GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

Tabela 7. Comprimento de micélio externo.

Fungos	Substrato ¹								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Micélio externo (m g^{-1})									
Controle	0,0 b B	1,6 a AB	0,0 c B	0,0 c B	0,0 b B	0,6 b B	0,0 b B	0,0 a B	3,2 a A
<i>G. intraradices</i>	2,2 a CD	1,9 a CD	4,8 a B	7,4 a A	3,2 a BCD	9,6 a A	1,1 ab D	1,3 a CD	3,6 a BC
<i>G. margarita</i>	2,5 a A	2,1 a A	3,2 ab A	2,3 b A	2,8 a A	1,7 b A	2,7 a A	0,9 a A	2,8 a A
<i>G. etunicatum</i>	2,3 a B	2,9 a B	2,5 b B	2,8 b B	3,2 a B	9,3 a A	1,0 ab B	1,5 a B	1,8 a B

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam fungos no mesmo substrato; letras maiúsc.: compararam substratos no mesmo fungo.

¹GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

No geral, as plantas cultivadas nos substratos Vida Verde sem adubação e Rendmax apresentaram maior atividade da fosfatase e teor e acúmulo de P na parte aérea (Tabela 4), contradizendo os resultados esperados, enquanto que as crescidas no Golden Mix 47 mostraram maior teor de P mas baixa atividade da enzima, como esperado.

Na tabela 7 são apresentados os valores do comprimento de micélio externo dos FMAs. Contrariando o observado por Cardoso Filho et al. (1999) e por Nogueira e Cardoso (2000), a produção de micélio externo pelas diferentes espécies de FMAs não foi influenciada pelo teor de fósforo dos substratos. Obteve-se um comprimento médio de aproximadamente $2,6 \text{ m g}^{-1}$ nos substratos Solo + esterco, Golden Mix 47, Solo puro e Vida Verde com adubação, que apresentaram respectivamente os teores de fósforo 405; 84; 8 e 6 mg dm^{-3} (Tabela 1). O comprimento de micélio externo não apresentou diferenças significativas entre os substratos utilizados quando foi feita a inoculação da espécie *G. margarita*, mas quando inoculou-se as demais espécies de FMAs, o comprimento de micélio externo variou entre os substratos, sendo que a produção de micélio pela espécie *G. intraradices* foi maior nos substratos Golden Mix 80 e Vida Verde sem adubação e a espécie *G. etunicatum*, no substrato Vida Verde sem adubação. Outra relação já relatada na literatura é a produção de micélio externo com a porcentagem de colonização (BETHLENFALVAY et al., 1982; ABBOTT e ROBSON, 1985), a qual também não houve no presente experimento. Pôde-se observar que em tratamentos onde as plantas apresentaram baixa porcentagem de colonização houve tanto alto quanto baixo comprimento de micélio externo, como no caso do substrato Vida Verde sem adubação onde a colonização pelo fungo *G. etunicatum* foi baixa (4,8%) mas o micélio externo total foi alto ($9,3 \text{ m g}^{-1}$).

Os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b, a+b e carotenóides) nas folhas das mudas de café são apresentados na tabela 8. No geral, as maiores concentrações dos pigmentos clorofila a, a+b e carotenóides foram observados no substrato Solo + esterco, no qual a micorrização promoveu maiores teores de pigmentos nas folhas, principalmente quando as plantas foram colonizadas pela espécie de FMA *G. margarita*, proporcionando valores 49% superiores em relação às não micorrizadas. Konrad (2003) também constatou que o estabelecimento da micorriza elevou a quantidade de clorofila nas folhas de mudas de café, sendo que as cultivares colonizadas por *G. margarita* apresentaram maiores quantidades do pigmento que as colonizadas por *G. etunicatum*. Altas concentrações também foram apresentadas pelas mudas que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação, mas neste caso, a micorrização não influenciou significativamente nos valores observados. As mudas que apresentaram menores teores de pigmentos fotossintéticos foram as que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 80 e Terra do Paraíso, independente de estas estarem micorrizadas ou não. A micorrização e o substrato não influenciaram no teor de clorofila b nas folhas do café.

Pôde-se relacionar a concentração de pigmentos fotossintéticos com a produção de MSPA pelas mudas de café, pois nas plantas que apresentaram maiores teores destes pigmentos, a MSPA também foi maior (Tabela 2), já as que apresentaram os menores teores, a produção de MSPA foi menor.

Os melhores efeitos da micorrização foram constatados nas plantas colonizadas por *G. margarita* e crescidas nos substratos convencional (Solo + esterco) e Vida Verde com adubação, as quais mostraram maior acúmulo e eficiência na utilização de P (Tabela 4), o que reverteu em maior crescimento e produção de biomassa (Tabela 2), resultando na maior

eficiência simbiótica (Tabela 5). Além disso, no substrato Solo + esterco, a micorrização também favoreceu a concentração de pigmentos fotossintetizantes (Tabela 7) e diminuiu a atividade da fosfatase ácida nas folhas do cafeeiro (Tabela 6), alterando fisiologicamente a planta.

Tabela 8. Teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas de caféiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.

Fungos	Substrato ¹								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Controle	13,3 a AB	13,4 b AB	10,3 a ABC	5,6 ab C	11,5 a AB	14,6 a A	6,5 a C	14,7 a A	9,5 a BC
<i>G. intraradices</i>	13,3 a BC	18,8 a A	9,2 a CD	4,8 b D	12,5 a BC	15,0 a AB	5,9 a D	15,7 a AB	9,1 a CD
<i>G. margarita</i>	10,6 a CDE	20,0 a A	11,0 a CDE	8,8 a DE	12,9 a BCD	16,2 a AB	6,6 a E	14,4 a BC	12,6 a BCD
<i>G. etunicatum</i>	13,1 a ABC	17,1 ab A	8,9 a CDE	6,5 ab DE	10,5 a BCD	14,5 a AB	5,3 a E	14,9 a AB	12,4 a ABC
Controle	3,8 a A	3,2 a A	2,8 a A	2,2 a A	3,0 a A	3,1 a A	2,3 a A	3,0 a A	3,3 a A
<i>G. intraradices</i>	3,8 a AB	4,5 a A	2,6 a AB	1,9 a B	3,1 a AB	3,1 a AB	2,2 a AB	2,8 a AB	3,5 a AB
<i>G. margarita</i>	3,5 a A	4,4 a A	3,1 a A	3,0 a A	3,4 a A	3,9 a A	2,7 a A	2,8 a A	3,6 a A
<i>G. etunicatum</i>	3,9 a A	4,0 a A	2,7 a A	2,2 a A	3,8 a A	4,0 a A	2,0 a A	2,6 a A	3,2 a A
Controle	17,1 a A	16,7 b A	13,0 a ABC	7,7 ab C	14,6 a AB	17,4 a A	8,7 a BC	17,7 a A	15,8 a A
<i>G. intraradices</i>	17,1 a ABC	23,3 a A	11,9 a CD	6,6 b D	18,2 a AB	18,1 a AB	8,0 a D	18,5 a AB	12,6 a BCD
<i>G. margarita</i>	14,1 a BCD	24,4 a A	14,2 a BCD	11,8 a CD	16,4 a BC	20,1 a AB	9,3 a D	17,2 a BC	16,2 a BC
<i>G. etunicatum</i>	17,0 a ABC	21,2 ab A	11,6 a CDE	8,6 ab DE	13,9 a BCD	18,4 a AB	7,3 a E	17,5 a ABC	15,6 a ABC
Controle	3,7 a A	3,8 b A	3,1 a AB	2,1 a B	3,0 a AB	3,8 a A	2,1 a B	3,8 a A	3,7 a A
<i>G. intraradices</i>	3,7 a AB	4,9 a A	2,7 a BC	1,8 a C	3,6 a AB	3,9 a AB	1,9 a C	4,2 a A	2,6 a BC
<i>G. margarita</i>	2,9 a CD	5,4 a A	3,2 a BCD	2,6 a CD	3,6 a BC	4,4 a AB	2,1 a D	3,8 a BC	3,7 a BC
<i>G. etunicatum</i>	3,7 a ABC	4,9 ab A	2,6 a CD	2,2 a D	2,8 a BCD	4,0 a AB	1,9 a D	4,0 a AB	2,8 a BCD

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: comparam fungos no mesmo substrato; letras maiúsc.: comparam substratos no mesmo fungo.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

4.2. Experimento 2

O desenvolvimento em altura, diâmetro do caule e número de folhas das mudas de café cultivar Catuaí Amarelo IAC-62 foi avaliado quinzenalmente durante os 200 dias em que o experimento permaneceu em casa de vegetação, possibilitando assim, a obtenção de curvas de crescimento. Os valores do crescimento em altura são apresentados nas figuras 11 e 12. Até os 60 dias após transplante, o desenvolvimento em altura das mudas se manteve constante, atingindo em média 5,0 cm, independente da micorrização ou do substrato de cultivo utilizado. A partir dos 74 dias após transplante, as plantas que se desenvolveram no substrato Golden Mix 47 com inoculação de *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata*, *Glomus* sp, *S. heterogama*, *G. macrocarpum* e *Acaulospora* sp (Figura 11) e no substrato Solo + esterco com inoculação de *G. margarita*, *G. clarum*, *Glomus* sp e *Acaulospora* sp (Figura 12), apresentaram crescimento em altura superior aos outros tratamentos, indicando que esses fungos foram eficientes e rápidos em formar a simbiose nos respectivos substratos de cultivo. Essa diferença de crescimento em altura das mudas de café influenciada pelas diferentes espécies de FMAs é melhor observada a partir dos 158 dias após transplante, onde as plantas cultivadas no substrato Golden Mix 47 micorrizadas por *A. scrobiculata* e *G. clarum* apresentaram cerca de 25 cm de altura, enquanto as que não micorrizadas (Controle) e as colonizadas por *G. intraradices*, *G. margarita* e *G. etunicatum* apresentaram cerca de 15 cm de altura (Figura 11). Já as plantas cultivadas no substrato Solo + esterco micorrizadas por *G. margarita*, *G. clarum*, *Glomus* sp e *Acaulospora* sp apresentaram cerca de 20 cm de altura, enquanto as testemunhas e as colonizadas por *A. scrobiculata* e *S. heterogama* apresentaram cerca de 10 cm de altura (Figura 12). Ao final das avaliações, a diferença de altura em relação às diferentes espécies de FMAs inoculadas variou de acordo com o substrato de cultivo utilizado. No substrato Solo + esterco, o crescimento das plantas se manteve constante, pois

os tratamentos que apresentaram os maiores e os menores valores não se alteraram no período entre os 158 e 200 dias após transplante (Figura 12). Já no substrato Golden Mix 47, aos 200 dias após transplante, os maiores valores de altura foram observados em plantas micorrizadas por *A. scrobiculata*, *G. clarum* e *A. morrowiae*, enquanto que as não micorrizadas e as colonizadas por *G. intraradices* e *G. margarita* apresentaram os menores valores de altura (Figura 11).

Os resultados obtidos nas diferentes épocas de amostragem evidenciam que as mudas de café são influenciadas tanto pelo tipo de substrato, em que estão sendo cultivadas, quanto pela espécie de FMA que está formando a micorriza, sendo que em ambos os substratos, independentemente do FMA inoculado, a micorrização influiu positivamente no crescimento em altura das plantas, pois as plantas não micorrizadas (controle) apresentaram os menores valores de crescimento em altura.

Segundo Thomaziello et al. (2000), a muda de café está apta a ir para o campo quando possuir 5 ou 6 pares de folhas (muda de 6 meses – 180 dias, produzidas em viveiro com passagem de cerca de 50% de luz). Para uma muda que se desenvolveu normalmente, quando apresentar essa quantidade de folhas, estará com altura aproximada de 15 cm. No presente trabalho, todos os tratamentos atingiram essa altura durante os 200 dias que permaneceram em casa de vegetação, sendo que houve variação em relação ao substrato utilizado e a espécie de FMA inoculada. As plantas que foram cultivadas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de *G. clarum* e *A. scrobiculata* atingiram 15 cm de altura aos 130 dias após transplante (Figura 11), adiantando o ciclo de produção das mudas em 50 dias, o que torna esses tratamentos eficientes para a produção de mudas de cafeeiro.

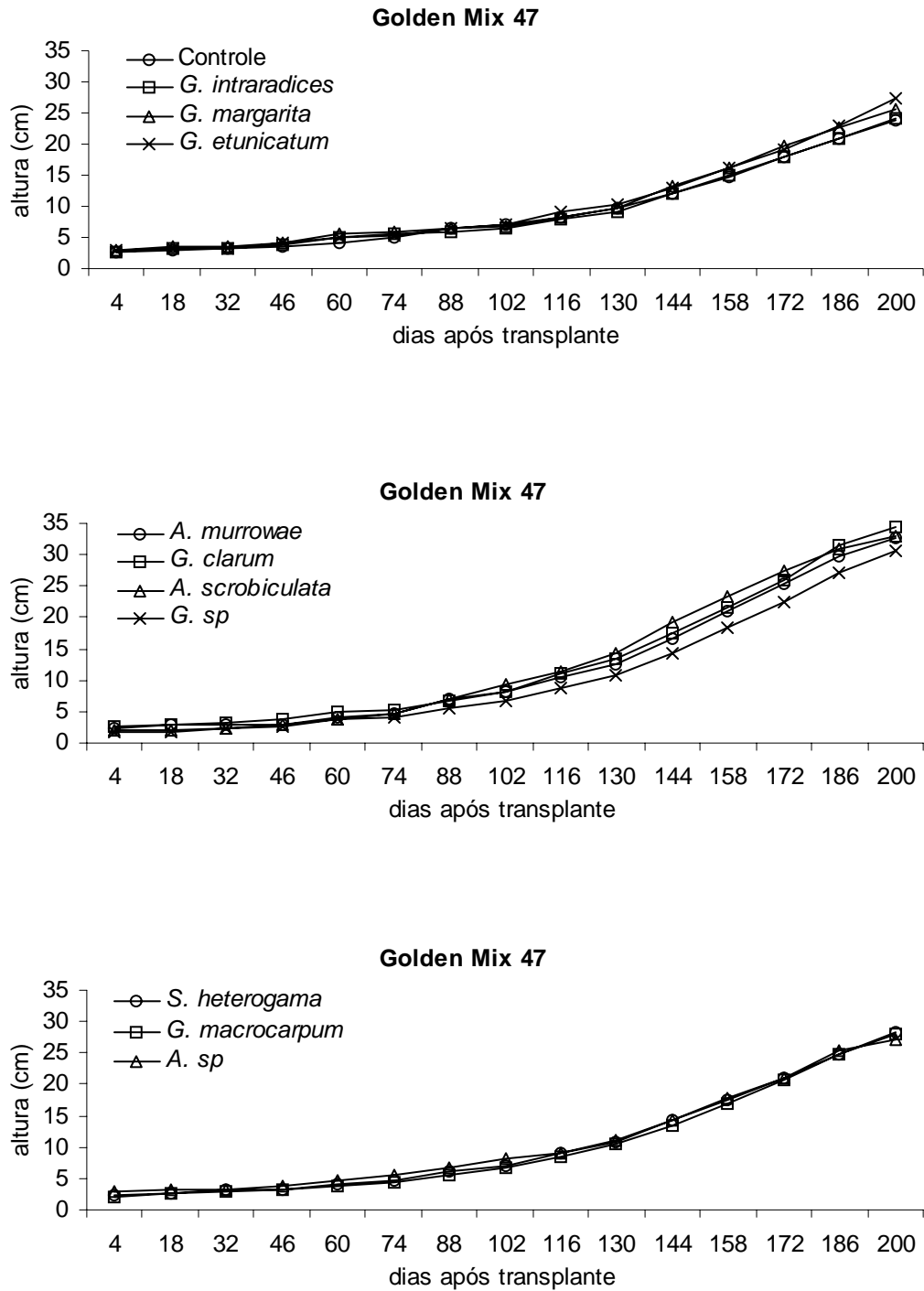


Figura 11. Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

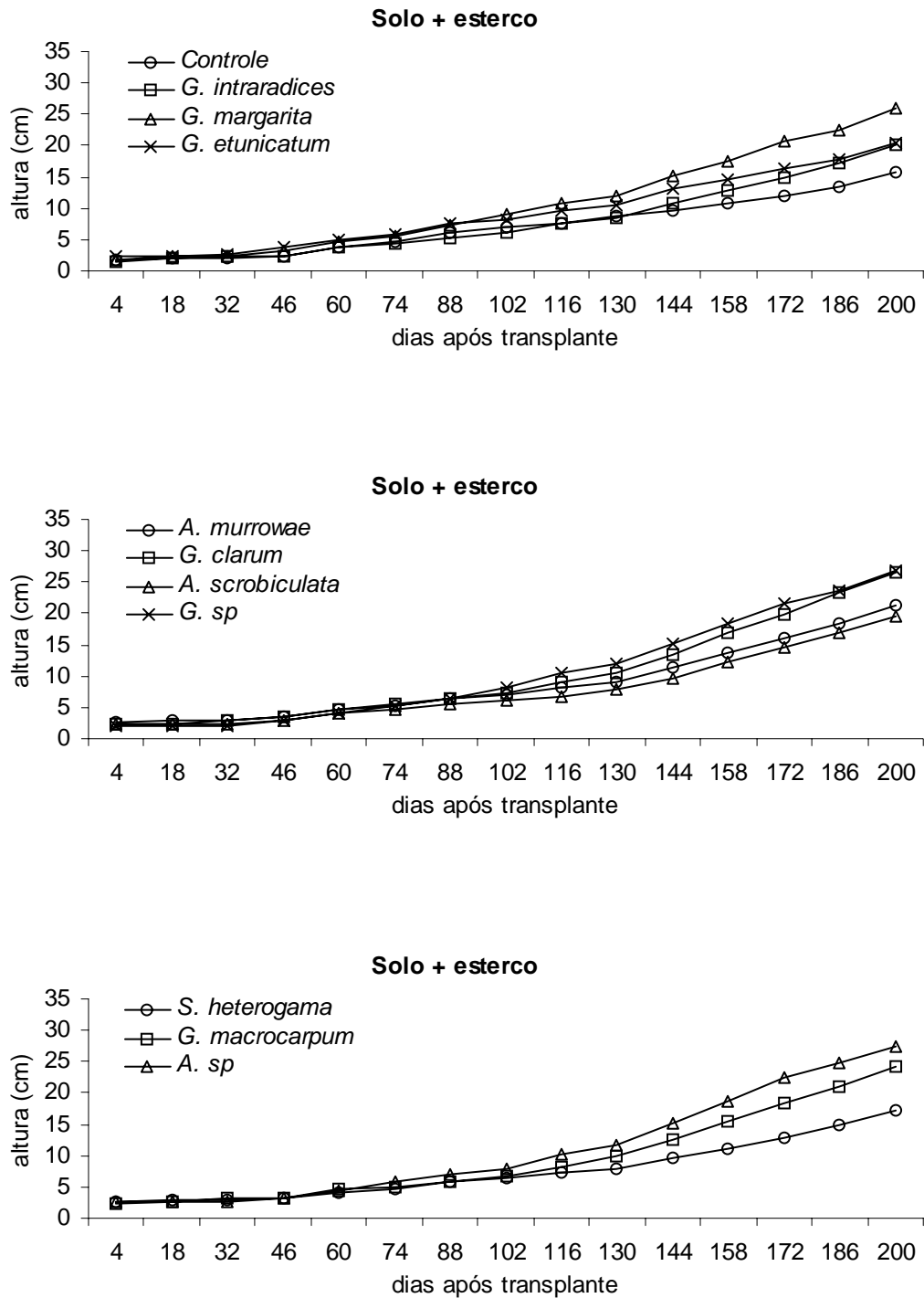


Figura 12. Curva de crescimento em altura das mudas de café produzidas no substrato Solo + esterco com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

Outros tratamentos que atingiram 15 cm de altura em um período bastante inferior aos 180 dias foram os substratos Golden Mix 47 com inoculação de *A. morrowiae*, *Glomus* sp, *S. heterogama*, *G. macrocarpum* e *Acaulospora* sp (Figura 11) e Solo + esterco com inoculação de *G. margarita*, *Glomus* sp, *Acaulospora* sp e *G. clarum* (Figura 12), que adiantaram o ciclo de produção das mudas em 36 dias (144 dias após transplante). Os tratamentos que utilizaram os substratos Golden Mix 47 sem inoculação (Controle) e com inoculação de *G. intraradices*, *G. margarita* e *G. etunicatum* (Figura 11) e Solo + esterco com inoculação de *G. etunicatum* e *G. macrocarpum* (Figura 12) também adiantaram o ciclo de produção das mudas, mas por um período pequeno (22 dias – 158 dias após transplante). Os tratamentos com Solo + esterco inoculados com *G. intraradices*, *A. morrowiae* e *A. scrobiculata* e os tratamentos com Solo + esterco inoculados com *S. heterogama* (Figura 12) não apresentaram diferença entre o ciclo de produção das mudas, sendo que as plantas referentes a esses tratamentos apresentaram 15 cm de altura aos 172 e 186 dias respectivamente. Plantas cultivadas no substrato Solo + esterco sem a inoculação de FMA, apresentaram 15 cm de altura aos 200 dias após transplante (Figura 12), atrasando o ciclo de produção das mudas em 20 dias, tornando este tratamento impróprio para o cultivo de mudas de cafeeiro.

Os valores de crescimento em diâmetro do caule (Figuras 13 e 14) se relacionaram diretamente com os valores de crescimento em altura, sendo que até os 60 dias após transplante, as mudas apresentavam em média 1,5 mm de diâmetro do caule, independente do tratamento. A partir desse período, as mudas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 47 sem inoculação (Controle) e com inoculação de *G. intraradices*, *G. margarita*, *G. etunicatum*, *S. heterogama*, *G. macrocarpum* e *Acaulospora* sp (Figura 13) e Solo + esterco sem inoculação (Controle) e com inoculação de *G. intraradices*, *G. etunicatum*, *A.*

morrowiae, *G. clarum*, *A. scrobiculata*, *S. heterogama* e *G. macrocarpum* (Figura 14) não se desenvolveram adequadamente, sendo que aos 130 dias após transplante, essas mudas apresentavam 2 mm de diâmetro do caule. Já as mudas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 47 com inoculação de *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Glomus* sp (Figura 13) e Solo + esterco com inoculação de *G. margarita*, *Glomus* sp e *Acaulospora* sp (Figura 14) se desenvolveram adequadamente, sendo que aos 130 dias após transplante, essas mudas apresentavam 2,5 mm de diâmetro do caule. A inoculação das espécies de FMAs *G. intraradices*, *G. margarita* e *G. etunicatum* no substrato Golden Mix 47 (Figura 13) e *G. intraradices*, *G. etunicatum*, *A. scrobiculata* e *S. heterogama* no substrato Solo + esterco (Figura 14), não influenciou o crescimento das mudas de café em diâmetro do caule em nenhum momento durante os 200 dias em que se coletou os dados.

Plantas com desenvolvimento normal, apresentando 5 ou 6 pares de folhas, possuem o diâmetro do caule ao redor de 3,0 mm. No presente trabalho, as plantas que foram cultivadas no substrato Solo + esterco sem inoculação (Controle) e com inoculação de *G. intraradices*, *G. etunicatum*, *A. scrobiculata* e *S. heterogama* (Figura 14) não atingiram esse diâmetro do caule durante os 200 dias que permaneceram em casa de vegetação, indicando que esses tratamentos não são indicados para a produção de mudas de cafeeiro. Já as plantas que foram cultivadas no substrato Golden Mix 47, atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule, independente da micorrização (Figura 13). As plantas que foram cultivadas nos substratos Golden Mix 47 sem inoculação (Controle) (Figura 13) e Solo + esterco com inoculação de *A. morrowiae* e *G. macrocarpum* (Figura 14) atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule aos 200 dias após transplante, atrasando o ciclo de produção das mudas em 20 dias, comprometendo assim, o potencial de utilização desses tratamentos para a produção de mudas de cafeeiro.

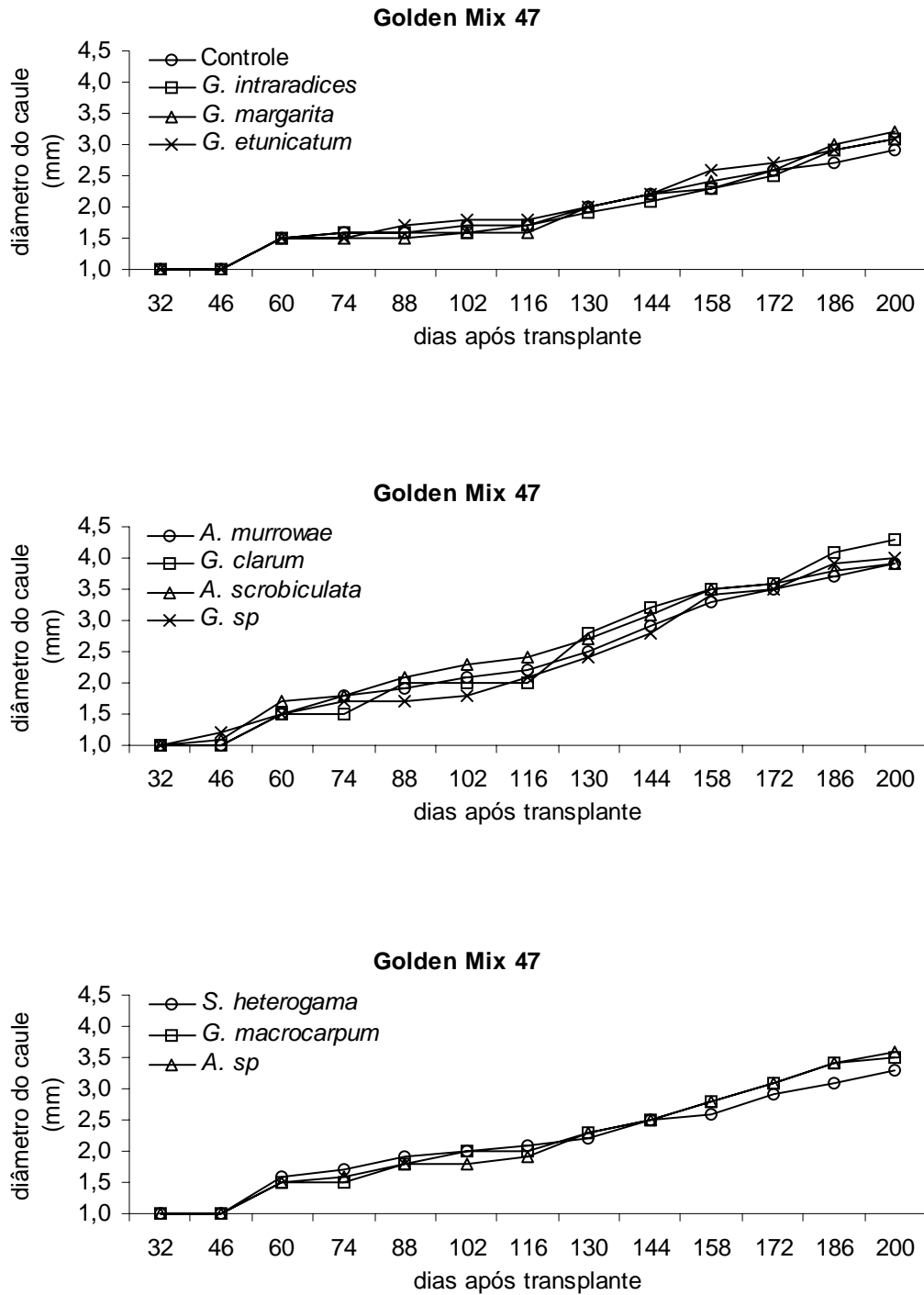


Figura 13. Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

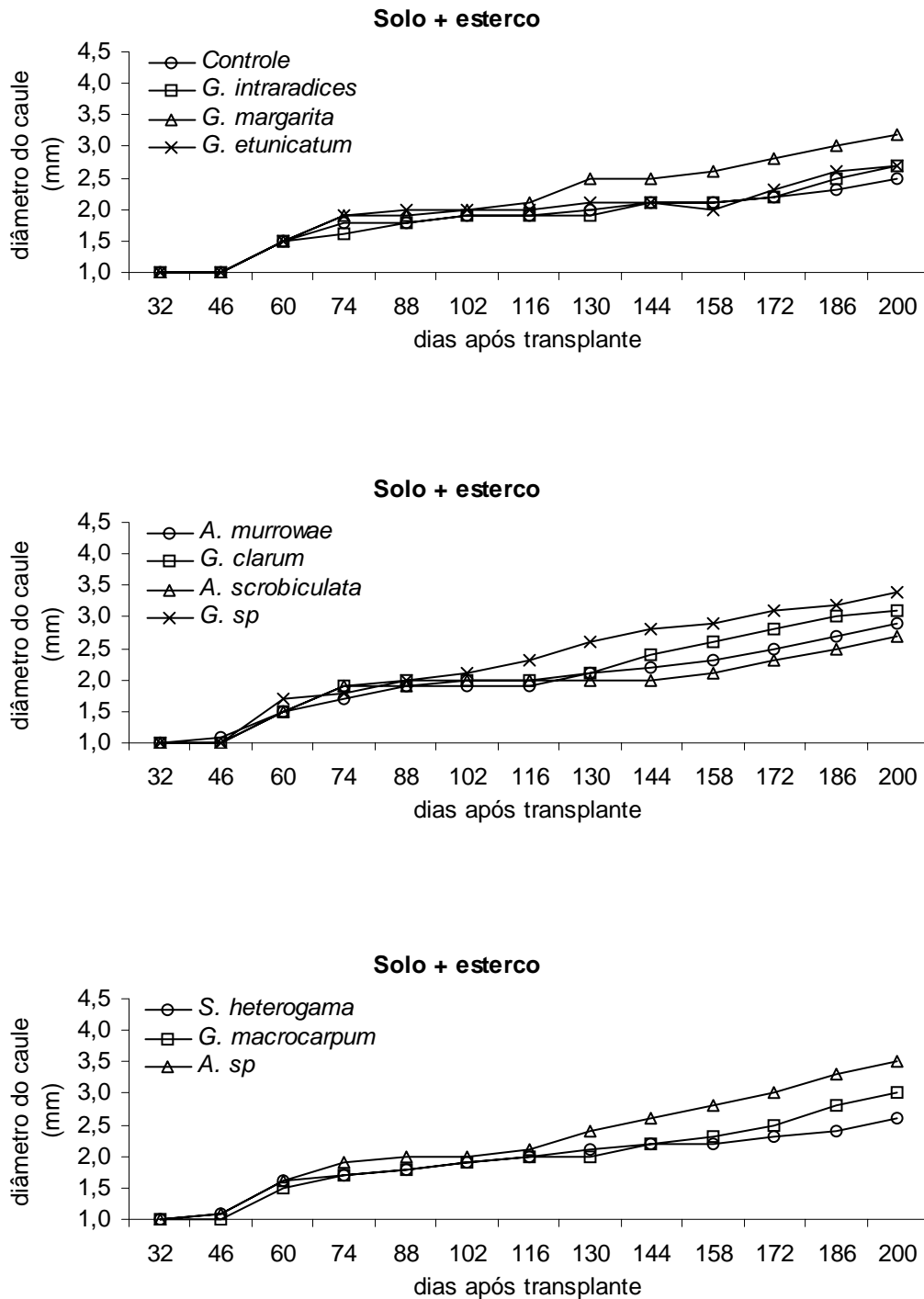


Figura 14. Curva de crescimento em diâmetro do caule das mudas de café produzidas no substrato Solo + esterco com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

As plantas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 47 com inoculação de *G. intraradices*, *G. margarita* e *G. etunicatum* (Figura 13) e Solo + esterco com inoculação de *G. margarita* e *G. clarum* (Figura 14), atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule aos 186 dias após transplante, e as plantas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 47 com inoculação de *S. heterogama*, *G. macrocarpum* e *Acaulospora* sp (Figura 13) e Solo + esterco com inoculação de *Acaulospora* sp (Figura 14), atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule aos 172 dias após transplante, não tendo assim, grande diferença em relação ao sistema convencional de produção de mudas de cafeeiro. As plantas que atingiram 3,0 mm de diâmetro do caule em um período inferior ao sistema convencional, foram as cultivadas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de *G. clarum* e *A. scrobiculata* (Figura 13). Esses tratamentos adiantaram em 36 dias (144 dias após transplante) o ciclo de produção das mudas, sendo assim, eficientes para a produção de mudas de cafeeiro.

Nas figuras 15 e 16 são apresentadas as curvas de crescimento em número de folhas. As diferentes espécies de FMAs inoculadas nos substratos de cultivo influenciaram no tempo que as mudas demoraram para apresentar os 5 pares. As mudas que cresceram nos substratos Golden Mix 47 com inoculação de *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *A. morrowiae* (Figura 15) e Solo + esterco com inoculação de *Glomus* sp (Figura 16), apresentaram 10 folhas aos 102 dias após transplante. As mudas que cresceram nos substratos Golden Mix 47 sem inoculação (Controle) e com inoculação de *G. intraradices*, *G. margarita*, *G. etunicatum*, *G. sp*, *S. heterogama*, *G. macrocarpum* e *Acaulospora* sp (Figura 15) e Solo + esterco sem inoculação (Controle) e com inoculação de *G. etunicatum*, *G. margarita*, *G. intraradices*, *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Acaulospora* sp (Figura 16), apresentaram 10 folhas aos 116 dias após transplante. As mudas que cresceram no substrato Solo + esterco com inoculação de *G. macrocarpum* e *S. heterogama* (Figura 16), apresentaram 10 folhas aos 130 dias após

transplante. Comparando-se com o tempo que as mudas levam para produzir 5 pares de folhas em sistema de produção convencional (6 meses – 180 dias, produzidas em viveiro com passagem de cerca de 50% de luz), houve uma redução de 78, 64 e 50 dias respectivamente, para que as mudas colonizadas pelos referidos FMAs estivessem aptas a irem para o campo.

Portanto, as curvas de crescimento das mudas de café variaram em função da micorrização e dos substratos de cultivo utilizados. Algumas espécies de FMAs influenciaram positivamente o desenvolvimento das plantas em um determinado substrato, mas não influenciaram em outro. *A. morrowiae* e *A. scrobiculata* apresentaram os melhores resultados quando inoculados no substrato Golden Mix 47 (Figuras 11, 13 e 15), mas apresentaram os piores no substrato Solo + esterco, enquanto que *G. margarita* apresentou efeito contrário, com melhores resultados no substrato Solo + esterco (Figuras 12, 14 e 16). Entretanto, algumas espécies de FMAs influenciaram positivamente o desenvolvimento das plantas em ambos os substratos, como *G. clarum* e *Glomus* sp.

Tais resultados comprovam que entre os vários fatores que podem interferir na simbiose, um dos mais relevantes é o substrato. Silveira et al. (2003) observaram que em substratos com adição de matéria orgânica, *A. morrowiae*, *Acaulospora* sp e , *Glomus* sp se mostraram eficientes em promover o crescimento de mudas de maracujá-amarelo. Já Maiorano (2003) observou efeito benéfico da inoculação de *G. etunicatum* e *G. intraradices*, no substrato Golden Mix 47, no crescimento de limoeiro ‘Cravo’.

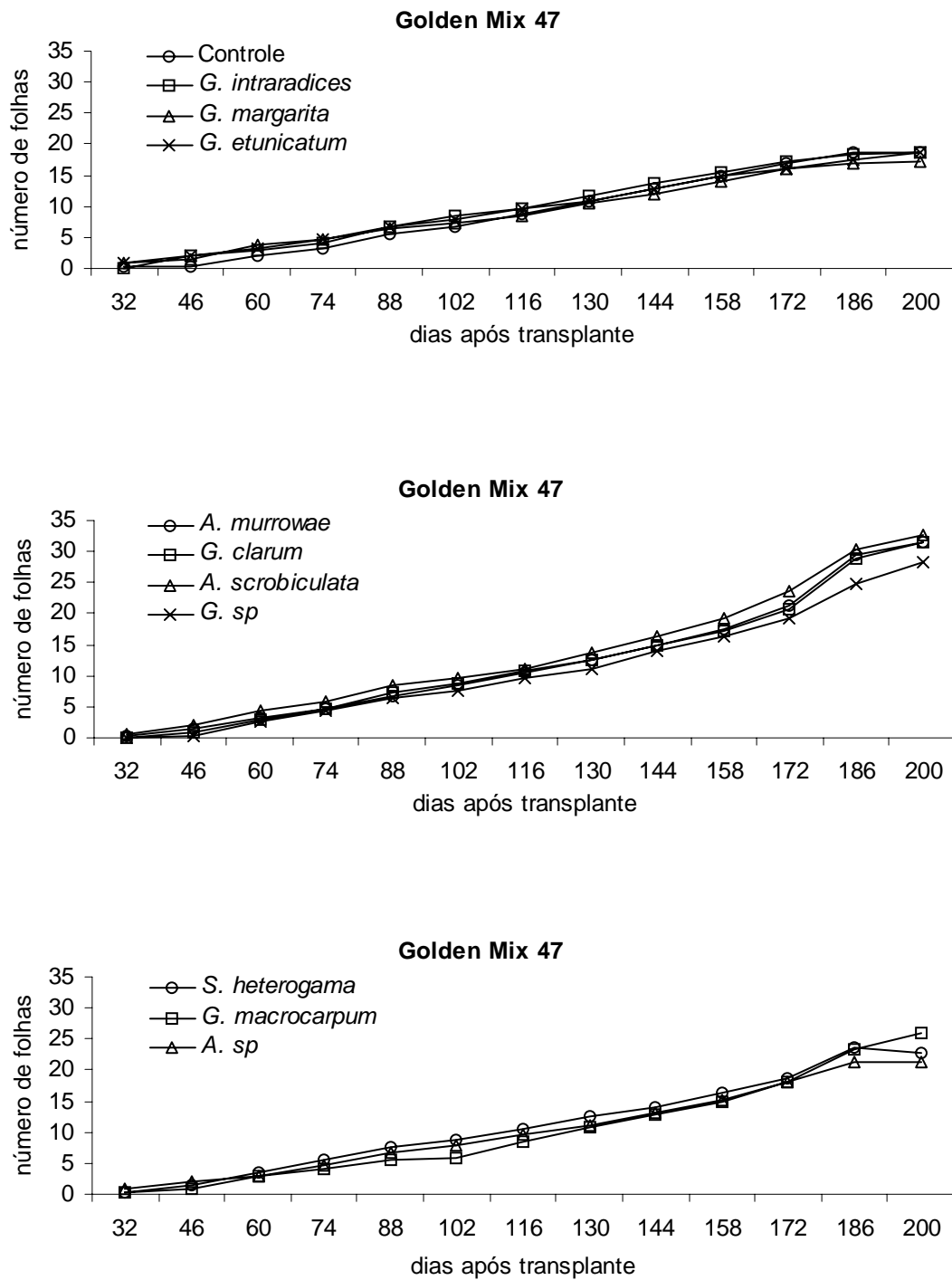


Figura 15. Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas no substrato Golden Mix 47 com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

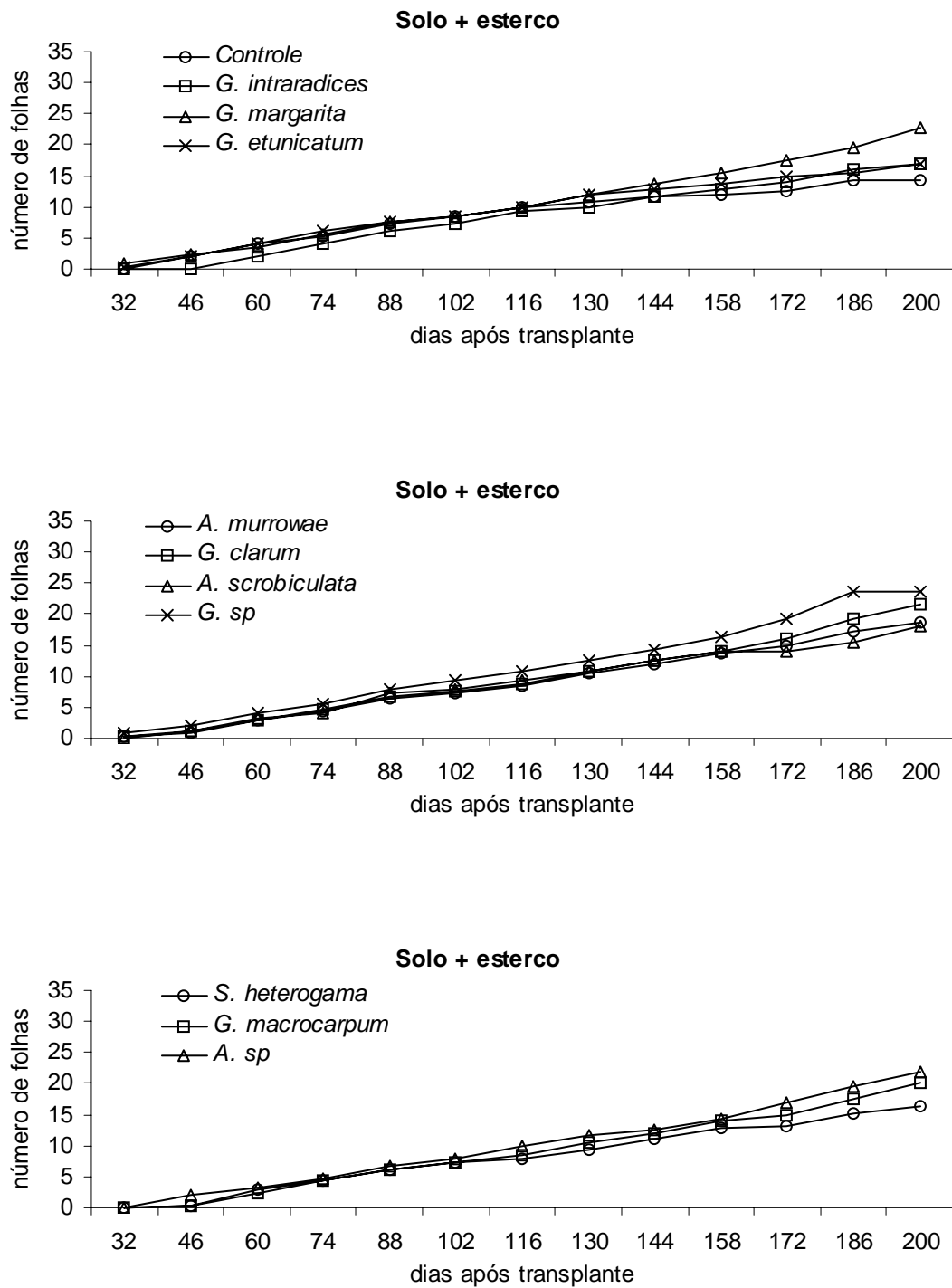


Figura 16. Curva de crescimento em número de folhas das mudas de café produzidas no substrato Solo + esterco com inoculação de diferentes FMAs durante os 200 dias de permanência em casa de vegetação.

As variáveis de crescimento das mudas de café, aos 200 dias após transplante, foram influenciadas pelos diferentes substratos e pelos diferentes FMAs (Tabela 9). Para o acúmulo de MSPA, dos valores observados nas plantas cultivadas no substrato Golden Mix 47, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *A. scrobiculata*, e os menores pelas mudas micorrizadas por *G. margarita*, enquanto que nas plantas cultivadas no substrato Solo + esterco, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *Glomus* sp, e os menores pelas mudas não micorrizadas (Controle). A micorrização com *A. scrobiculata* no substrato Golden Mix 47 e com *Glomus* sp, no substrato Solo + esterco, aumentou a produção de MSPA em 149 e 320%, respectivamente, que as plantas não micorrizadas (Controle).

A diferença de produção de MSPA das plantas micorrizadas nos diferentes substratos, deve-se principalmente ao nível de fertilidade que cada um apresenta, destacando-se os teores de fósforo e a relação C/N. O substrato Solo + esterco apresentou elevado teor de P (405 mg dm^{-3}), enquanto que o substrato orgânico comercial Golden Mix 47 apresentou 84 mg dm^{-3} , mas alta relação C/N (55). Entretanto, os teores de P no substrato Solo + esterco não inviabilizaram a micorrização das mudas, contrariando Saggin Júnior e Siqueira (1996), segundo os quais, a zona de simbiose mutualista no cafeeiro se situa entre 10 e 100 mg kg^{-3} de P disponível. A produção de MSPA pelas mudas micorrizadas com *G. intraradices*, *G. etunicatum* e *Glomus* sp não diferiu em relação à das mudas cultivadas no substrato Golden Mix 47 micorrizadas por tais FMAs. Já as mudas micorrizadas por *G. margarita* e *Acaulospora* sp cultivadas no substrato Solo + esterco, tiveram produção de MSPA significativamente superior às que cresceram no substrato Golden Mix 47. Isto ocorre porque os FMAs diferem quanto ao comportamento em relação ao P no substrato, existindo uma relação entre a faixa de P em que consegue manter relação mutualista e sua eficiência simbiótica. A micorrização com *G. margarita* e *Acaulospora* sp foi eficiente em promover o

crescimento de mudas de cafeeiro no substrato que apresentou elevado teor de P (maior que 300 mg kg^{-3}), confirmando os resultados observados por Saggin Júnior et al. (1994) e Colozzi Filho e Siqueira (1986).

Para a produção de MFR, dos valores observados nas plantas cultivadas no substrato Golden Mix 47, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *G. clarum* e *Glomus* sp, e os menores pelas mudas micorrizadas por *G. intraradices*, enquanto que nas plantas cultivadas no substrato Solo + esterco, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *Glomus* sp. A micorrização com *G. clarum* e *Glomus* sp no substrato Golden Mix 47 e com *Glomus* sp no substrato Solo + esterco aumentou a produção de MFR em 65, 68 e 242%, respectivamente, em relação às não micorrizadas (Controle).

Para o crescimento em diâmetro do caule, dos valores observados nas plantas cultivadas no substrato Golden Mix 47, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *G. clarum*, e os menores pelas mudas não micorrizadas (Controle) e pelas micorrizadas por *G. intraradices* e *G. etunicatum*, enquanto que nas plantas cultivadas no substrato Solo + esterco, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *Acaulospora* sp, e os menores pelas mudas não micorrizadas (Controle) e pelas micorrizadas por *S. heterogama*. A micorrização com *G. clarum* no substrato Golden Mix 47 e com *Acaulospora* sp, no substrato Solo + esterco, aumentou o desenvolvimento em diâmetro do caule em 48 e 40%, respectivamente, em relação às não micorrizadas (Controle).

Para o crescimento em altura, dos valores observados nas plantas cultivadas no substrato Golden Mix 47, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *G. clarum*, e os menores pelas mudas não micorrizadas (Controle) e pelas micorrizadas por *G.*

intraradices, enquanto que nas plantas cultivadas no substrato Solo + esterco, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *Acaulospora* sp, e os menores pelas mudas não micorrizadas (Controle). A micorrização com *G. clarum* no substrato Golden Mix 47 e com *Acaulospora* sp, no substrato Solo + esterco, aumentou o desenvolvimento em altura em 44 e 75%, respectivamente, que as plantas não micorrizadas (Controle).

Para o crescimento em número de folhas, dos valores observados nas plantas cultivadas no substrato Golden Mix 47, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Glomus* sp, e os menores pelas mudas micorrizadas por *G. margarita*, enquanto que nas plantas cultivadas no substrato Solo + esterco, os maiores foram apresentados pelas mudas micorrizadas por *G. margarita* e *Glomus* sp, e os menores pelas mudas não micorrizadas (Controle). A micorrização com *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Glomus* sp no substrato Golden Mix 47 e com *G. margarita* e *Glomus* sp, no substrato Solo + esterco, aumentou o desenvolvimento em número de folhas em 68, 68, 66, 68, 58 e 64%, respectivamente, em relação às plantas não micorrizadas (Controle).

No geral, para a maioria das variáveis de crescimento (Tabela 9) analisadas, as mudas não micorrizadas (Controle) e as micorrizadas por *G. intraradices*, *G. etunicatum*, *G. margarita* e *Acaulospora* sp não mostraram diferenças significativas entre os substratos utilizados. Já as mudas micorrizadas por *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata*, *S. heterogama*, *G. macrocarpum* e *Glomus* sp cultivadas no substrato Golden Mix 47 mostraram significativamente melhor crescimento que no substrato Solo + esterco.

Tabela 9. Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca de raiz (MFR), diâmetro do caule, altura e número de folhas das mudas de caféiro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes substratos.

Substrato ¹	Controle	Fungos ²									
		<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>G. clar</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>
GM47 Solo +	3,7 a CD	3,2 a CD	2,8 b D	3,5 a CD	8,6 a AB	8,2 a AB	9,2 a A	7,9 a AB	4,1 a CD	5,9 a BC	3,7 b CD
	2,0 a D	2,9 a BCD	5,2 a BC	3,3 a BCD	3,5 b BCD	4,6 b BCD	3,0 b BCD	8,4 a A	2,5 b CD	4,1 b BCD	5,8 a AB
GM47 Solo +	8,5 a BC	6,5 a C	8,4 a BC	8,4 a BC	10,7 a ABC	14,0 a A	12,7 a AB	14,3 a A	9,8 a ABC	10,0 a ABC	10,5 a ABC
	3,1 b B	4,7 a B	8,2 a AB	6,2 a AB	4,5 b B	7,0 b AB	3,7 b B	10,6 b A	3,1 b B	4,7 b B	8,3 a AB
GM47 Solo +	2,9 a D	3,1 a D	3,2 a CD	3,1 a D	3,9 a ABC	4,3 a A	3,9 a ABC	4,0 a AB	3,3 a BCD	3,5 a BCD	3,6 a BCD
	2,5 a C	2,7 a BC	3,2 a ABC	2,7 a BC	2,9 b ABC	3,1 b ABC	2,7 b BC	3,4 b AB	2,6 b C	3,0 b ABC	3,5 a A
GM47 Solo +	23,8 a E	24,2 a E	25,6 a DE	27,3 a BCD	32,7 a ABC	34,3 a A	33,0 a ABC	34,1 a AB	26,0 a CDE	27,9 a BCD	27,0 a BCD
	15,7 b D	20,2 a BCD	25,9 a ABC	20,5 b BCD	21,3 b BCD	26,4 b AB	19,4 b BCD	24,0 b ABC	18,7 b CD	24,2 a ABC	27,5 a A
GM47 Solo +	18,8 a BC	18,8 a BC	17,2 b C	18,8 a BC	31,6 a A	31,6 a A	31,2 a A	31,6 a A	22,8 a BC	26,0 a AB	18,4 a BC
	14,4 a B	16,8 a AB	22,8 a A	16,8 a AB	18,8 b AB	21,6 b AB	18,0 b AB	23,6 b A	16,4 b AB	18,4 b AB	22,0 a AB

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam substratos no mesmo fungo; letras maiúsc.: compararam fungos no mesmo substrato.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).

² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus* sp; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora* sp.

A micorrização pode influenciar positivamente o desenvolvimento das mudas de café, como observado por Colozzi Filho et al. (1994), sendo que no substrato Solo + esterco, os menores valores de MSPA, MFR, diâmetro do caule, altura e número de folhas foram observados em plantas não micorrizadas. Os substratos utilizados influenciaram na eficiência da micorrização sobre as variáveis de crescimento, sendo que as espécies de FMAs *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *S. heterogama* foram mais eficientes quando inoculadas no substrato Golden Mix 47 (Tabela 9).

Comparando-se o primeiro (Tabela 2) e o segundo (Tabela 9) experimento, constata-se a importância de se empregar o maior número possível de gêneros/espécies/isolados de FMAs nos programas de seleção de fungos eficientes. No primeiro experimento, as três espécies de FMAs empregados não mostraram efeito benéfico na promoção do crescimento das plantas de café cultivadas no substrato Golden Mix 47 e somente *G. margarita* foi eficiente, no substrato convencional (Solo + esterco). No entanto, o segundo experimento mostrou que várias outras espécies de FMA podem promover aumentos significativos no crescimento das plantas de café em ambos os substratos, mas principalmente no substrato comercial à base de fibra de coco (Golden Mix 47).

A colonização micorrízica foi bastante elevada no substrato Solo + esterco, mas foi baixa, inferior a 7% no substrato orgânico comercial Golden Mix 47 (Tabela 10), como também observado por Maiorano (2003) em limoeiro 'Cravo'. Possivelmente o teor de matéria orgânica influenciou a colonização das raízes, como relatado por Trindade et al. (2000). O tratamento Controle do substrato Solo + esterco apresentou colonização das raízes de 17,1%, uma vez que os substratos não sofreram desinfestação, não invalidando, entretanto, a condição de testemunha. No substrato Solo + esterco, a maior porcentagem de colonização

foi obtida com *A. morrowiae*, enquanto que no substrato Golden Mix 47, os FMAs não diferiram entre si.

Após a extração de esporos dos substratos, observou-se que não houve esporulação dos FMAs, nos substratos utilizados, durante a fase de formação das mudas.

As maiores concentrações e acúmulos de P foram observadas nas plantas que se desenvolveram no substrato Golden Mix 47 (Tabela 11). Mesmo sem relação com a porcentagem de colonização, a concentração de fósforo foi influenciada positivamente pela micorrização nas plantas que se desenvolveram no substrato Golden Mix 47, mas não sofreu influência nas plantas que utilizaram o substrato Solo + esterco. Das mudas que foram cultivadas no substrato Golden Mix 47, as que apresentaram maior concentração de fósforo foram as micorrizadas por *S. heterogama*, enquanto as que apresentaram a menor concentração foram as micorrizadas por *G. margarita* e *Acaulospora* sp. A micorrização influenciou o acúmulo de fósforo no tecido das plantas cultivadas em ambos os substratos, sendo que nas plantas colonizadas por *A. scrobiculata* no substrato Golden Mix 47, e por *Glomus* sp e *Acaulospora* sp, no substrato Solo + esterco, houve um acréscimo de cerca de 231, 219 e 233%, respectivamente, em relação às mudas não micorrizadas, nos referidos substratos. Das mudas que foram cultivadas no substrato Golden Mix 47, as que apresentaram menor acúmulo de fósforo nos tecidos foram as não micorrizadas (Controle) e as micorrizadas por *G. intraradices*, *G. margarita*, *G. etunicatum* e *Acaulospora* sp, enquanto os menores valores observados em Solo + esterco foram das plantas não micorrizadas (Controle) e das micorrizadas por *S. heterogama*.

Tabela 10. Porcentagem de colonização das raízes de caféiro por fungos micorrízicos em diferentes substratos.

Substrato ¹	Fungos ²									
	Controle	<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>
GM47	0,0 b B	4,1 b A	5,8 b A	4,5 b A	6,8 b A	5,8 b A	5,2 b A	3,8 b A	4,1 b A	4,5 b A
Solo +	17,1 a G	39,1 a D	31,8 a E	24,8 a F	60,2 a A	49,5 a C	47,2 a C	52,5 a BC	58,5 a AB	34,1 a DE

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: comparam substratos no mesmo fungo; letras maiúsc.: comparam fungos no mesmo substrato.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).
² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus sp*; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora sp*.

Tabela 11. Concentração, quantidade acumulada e índice de eficiência de utilização de fósforo nas mudas de café.

Substrato ¹	Fungos ²									
	Controle	<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>
GM47	2,8 a DE	3,2 a CD	2,2 a E	2,8 a DE	3,6 a ABC	3,4 a ABC	3,8 a AB	3,9 a A	3,8 a AB	2,5 a E
Solo +	1,1 b A	1,2 b A	1,3 b A	1,2 b A	1,3 b A	1,3 b A	1,5 b A	1,1 b A	1,1 b A	1,2 b A
GM47	9,7 a D	8,7 a D	5,8 a D	9,5 a D	28,6 a AB	27,4 a ABC	32,1 a A	21,0 a C	22,1 a BC	9,8 a D
Solo +	2,1 b D	2,9 b CD	6,0 a AB	3,7 b C	4,3 b BC	5,9 b AB	4,1 b BC	2,6 b D	4,6 b B	7,0 a A
GM47	1,3 a A	0,9 b A	1,2 b A	1,2 b A	2,2 a A	2,4 b A	2,3 a A	1,4 a A	1,6 b A	1,5 b A
Solo +	1,7 a D	2,2 a CD	4,1 a ABC	2,7 a BCD	2,4 a BCD	3,7 a ABC	1,9 a D	2,0 a CD	3,6 a ABC	4,7 a A

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: comparam substratos no mesmo fungo; letras maiúsc.: comparam fungos no mesmo substrato.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).
² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus sp*; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora sp*.

Quanto ao índice de eficiência de utilização de fósforo (IEUP), constatou-se que os maiores valores foram observados nas plantas crescidas no substrato Solo + esterco. A micorrização não teve efeito significativo no IEUP no substrato Golden Mix 47. No substrato Solo + esterco, as plantas colonizadas por *Acaulospora* sp e *Glomus* sp apresentaram os maiores valores desse índice e foram as que também tiveram maior produção de MSPA (Tabela 9).

Na tabela 12, encontram-se os valores de eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de FMAs. As maiores ES foram observadas no substrato Solo + esterco, no qual a micorrização aumentou em média 116% a produção de MSPA, destacando-se os fungos *Glomus* sp, *Acaulospora* sp, *G. clarum* e *G. margarita*. Já no substrato Golden Mix 47, a micorrização aumentou em média 54% a produção de MSPA, mas as espécies *G. intraradices*, *G. margarita*, e *G. etunicatum* apresentaram efeito negativo, diminuindo a MSPA em cerca de 14% em relação à testemunha. Nesse substrato, os fungos mais eficientes foram *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Glomus* sp.

A atividade da fosfatase ácida nas folhas das mudas de caféiro (Tabela 13) foram significativamente maiores nas plantas não micorrizadas, em ambos os substratos, não se correlacionando entretanto, com os teores e acúmulo de P na parte aérea das plantas (Tabela 11). Apesar da diferença na disponibilidade de P entre os substratos, a atividade da enzima não diferiu, provavelmente porque as plantas estavam com o mesmo nível crítico de P nos tecidos.

Tabela 12. Eficiência simbiótica dos FMAs nos diferentes substratos.

Substrato ¹	Fungos ²									
	<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>G. clar</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>
GM47	-13,5	-24,3	-5,4	132,4	121,6	148,6	113,5	10,8	59,5	0,0
Solo +	45,0	160,0	65,0	75,0	130,0	50,0	320,0	25,0	105,0	190,0

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).

² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus sp*; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora sp*.

Tabela 13. Atividade da fosfatase ácida nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.

Substrato ¹	Fungos ²										
	Controle	<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>G. clar</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>
GM47	10,6 a A	4,1 a B	5,0 a B	4,4 b B	3,5 a B	3,4 a B	3,2 a B	5,1 a B	3,1 a B	3,5 a B	6,4 a AB
Solo +	10,7 a A	6,6 a AB	7,5 a AB	8,0 a AB	4,9 a B	5,8 a B	5,3 a B	4,7 a B	4,8 a B	5,9 a B	7,6 a AB

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam substratos no mesmo fungo; letras maiúsc.: compararam fungos no mesmo substrato.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).

² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus sp*; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora sp*.

Tabela 14. Comprimento de micélio externo.

Substrato ¹	Fungos ²										
	Controle	<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>G. clar</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>
GM47	0,0 b B	2,2 a A	2,5 a A	2,3 a A	2,0 a A	2,2 a A	1,9 a A	1,7 a A	1,8 b A	2,0 a A	2,0 a A
Solo +	1,6 a B	1,9 a AB	2,1 a AB	2,9 a A	1,4 a B	2,3 a AB	2,4 a AB	2,1 a AB	2,5 a AB	2,3 a AB	2,2 a AB

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam substratos no mesmo fungo; letras maiúsc.: compararam fungos no mesmo substrato.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).

² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus sp*; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora sp*.

Na tabela 14 são apresentados os valores do comprimento de micélio externo dos FMAs, sendo que as espécies de FMAs não apresentaram diferença significativa entre si, no substrato Golden Mix 47. Já no substrato Solo + esterco, o maior comprimento de micélio externo foi apresentado por *G. etunicatum* e o menor por *A. morrowiae* e os FMAs nativos (Controle). Como constatado no primeiro experimento, não houve correlação entre a colonização interna e a produção de micélio externo. O comprimento do micélio externo das plantas micorrizadas, crescidas no substrato Golden Mix 47, que apresentaram baixa colonização interna (Tabela 10) não diferiu do micélio externo das plantas cultivadas no Solo + esterco, mas que mostraram significativamente maior colonização interna.

Os teores de pigmentos fotossintetizantes (clorofila a, b e carotenóides) nas folhas das mudas de café são apresentados na tabela 15. As maiores concentrações dos pigmentos clorofila a, a+a e carotenóides foram observados nas plantas do substrato Solo + esterco colonizadas por *G. margarita*, *G. clarum* e *Acaulospora* sp, que proporcionaram valores 46, 44 e 51%, respectivamente, superiores à planta não micorrizada. Já no substrato Golden Mix 47, a micorrização não influenciou os teores de pigmentos fotossintetizantes das mudas. Não houve, também, influência da micorrização sobre os teores de clorofila b, independentemente do substrato em que as mudas se desenvolveram.

Os teores dos pigmentos fotossintetizantes podem ser relacionados à disponibilidade de nitrogênio do substrato, uma vez que esse nutriente é o principal componente da clorofila. Como a relação C/N do substrato Golden Mix era alta, ou seja, a imobilização de N ainda era intensa, pode ter ocorrido escassez de N para as plantas e, conseqüentemente, menor teor dos pigmentos nas folhas.

Portanto, o emprego de um número maior de FMAs permitiu selecionar alguns fungos que se mostraram eficientes na formação de mudas de cafeeiro. Infelizmente, neste segundo experimento somente foram empregados dois substratos, devido o problema de tamanho e volume de material necessário para se realizar um fatorial completo, com 9 substratos e 11 FMAs.

Assim, constatou-se que no substrato convencional, a inoculação de *G. clarum*, *Glomus* sp, *Acaulospora* sp e *G. margarita* promoveram adequado desenvolvimento das plantas de café, enquanto que no substrato à base de fibra de coco Golden Mix 47, os FMAs mais eficientes foram *A. morrowiae*, *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Glomus* sp.

Ainda há a necessidade de se avaliar o emprego de diferentes FMAs nos demais substratos orgânicos comerciais, visando aumentar a oferta e a possibilidade de uso de vários substratos pelo produtor/viveirista de mudas de café. Além disso, também é necessário adequar o nível de fertilidade de cada substrato para garantir o melhor desempenho possível da associação micorrízica.

Tabela 15. Teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas de caféiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos.

Substrato ¹	Fungos ²										
	Controle	<i>G. intr</i>	<i>G. marg</i>	<i>G. etun</i>	<i>A. morr</i>	<i>A. scro</i>	<i>G. sp</i>	<i>S. heter</i>	<i>G. macr</i>	<i>A. sp</i>	
						Clorofila a (mg mL⁻¹ de extrato planta⁻¹)					
GM47	13,3 a AB	13,3 b AB	10,6 b B	13,1 b AB	16,8 a A	17,2 a A	14,9 a AB	16,5 a AB	14,4 b AB	15,1 b AB	11,7 b AB
Solo +	13,4 a B	18,8 a AB	20,0 a A	17,1 a AB	17,3 a AB	20,1 a A	18,2 a AB	18,1 a AB	18,1 a AB	18,9 a AB	20,9 a A
						Clorofila b (mg mL⁻¹ de extrato planta⁻¹)					
GM47	3,8 a A	3,8 a A	3,5 a A	3,9 a A	3,9 a A	4,4 a A	3,4 a A	4,3 a A	3,3 a A	3,6 a A	3,2 a A
Solo +	3,3 a A	4,5 a A	4,4 a A	4,2 a A	4,1 a A	4,4 a A	3,8 a A	3,7 a A	3,8 a A	4,1 a A	4,5 a A
						Clorofila a+b (mg mL⁻¹ de extrato planta⁻¹)					
GM47	17,1 a A	17,1 b A	14,1 b A	17,0 a A	20,8 a A	21,6 a A	18,3 a A	20,8 a A	17,7 a A	18,6 a A	15,0 b A
Solo +	16,7 a B	23,3 a AB	24,4 a AB	21,2 a AB	21,4 a AB	24,5 a A	22,0 a AB	21,8 a AB	21,9 a AB	23,0 a AB	25,5 a A
						Carotenóides (mg mL⁻¹ de extrato planta⁻¹)					
GM47	3,7 a A	3,7 b A	2,9 b A	3,7 b A	4,5 a A	4,4 a A	4,1 a A	4,4 a A	4,0 a A	4,2 a A	3,4 b A
Solo +	3,8 a B	4,9 a AB	5,4 a A	4,9 a AB	4,5 a AB	5,1 a AB	4,7 a AB	4,7 a AB	4,7 a AB	4,9 a AB	5,5 a A

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsc.: compararam substratos no mesmo fungo; letras maiúsc.: compararam fungos no mesmo substrato.

¹ GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%).

² *G. intr*: *Glomus intraradices*; *G. marg*: *Gigaspora margarita*; *G. etun*: *Glomus etunicatum*; *A. morr*: *Acaulospora morrowiae*; *G. clar*: *Glomus clarum*; *A. scro*: *Acaulospora scrobiculata*; *G. sp*: *Glomus* sp; *S. heter*: *Scutellospora heterogama*; *G. macr*: *Glomus macrocarpum*; *A. sp*: *Acaulospora* sp.

5. CONCLUSÕES

- A utilização de substratos orgânicos e a inoculação de FMAs mostraram-se eficientes para a produção de mudas de cafeeiro.
- As mudas apresentaram melhor crescimento quando cultivadas no substrato Vida Verde sem adubação, independente do FMA utilizado.
- A micorrização promoveu efeito positivo sobre o desenvolvimento das plantas, sendo que no substrato convencional (solo+ esterco), os FMAs mais eficientes foram *G. clarum*, *Glomus* sp, *Acaulospora* sp e *G. margarita* e no substrato à base de fibra de coco, Golden Mix-47, *A. morrowiae*, *G. clarum*, *Glomus* sp e *A. scrobiculata*.

6. REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. **Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales**, Madrid, p.287-342, 1998.
- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Cambridge, v.99, p.245-255, 1985.
- ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas, 2002. **Documentos IAC**, 70. Campinas, Instituto Agronômico, 2002. p.18-28.
- ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. **Mycology Research**, Cambridge, v.100, p.769-782, 1996.
- AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; MURAOKA, T. Nitrogen mineralization in soils amended with sunnhemp, velvet bean and common bean residues. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.133-137, 2003.
- AMORIM, E.P.R.; MELO, I.S. Ação antagônica de rizobactérias contra *Phytophthora parasitica* e *P. citrophthora* e seu efeito no desenvolvimento de plântulas de citrus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.565-568, 2002.
- ANDRADE, G.; MIHARA, K.L.; LINDERMAN, R.G.; BETHLENFALVAY, G.J. Soil aggregation status and rhizobacteria in the mycorrhizosphere. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.202, p.89-96, 1998.
- ANTUNES V.; SILVEIRA, A.P.D.; CARDOSO, E.J.B.N. Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). **Turrialba**, San José, v.38, n.2, p.117-122, 1988.
- ASCENCIO, J. Acid phosphatase as a diagnostic tool. **Communications in Soil Science and Plant Analyzes**, v.25, p. 1553-1564, 1994.
- BALOTA, E.L.; LOPES, E.S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condição de campo. I- Persistência e interação com espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.217-223, 1996.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. E GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Circular 78, Instituto Agronômico, Campinas, 48p., 1983.
- BENTO, M.M.; CUNHA, M.I.B.; ROSSI, S.; SILVEIRA, A.P.D. Efeito de tipos de substrato para produção de mudas micorrizadas de maracujazeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 27., Santos, 1995. **Programa e Resumos**, Santos, SBM, 1995. p.58.

BESFORD, R.T. A rapid tissue test for diagnosing phosphorus deficiency in tomato. **Plant. Ann. Bot.**, Oxfcird, v.45, p.225-227, 1980.

BETHLENFALVAY, G.J.; AMES, R.N. Comparison of two methods for quantifying extramatrical mycelium of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science Society of America**, Madison, v.51, p.834-837, 1987.

BETHLENFALVAY, G.J.; BROWN, M.S., PACOVSKY, R.S. Relationships between host and endophyte development in mycorrhizal soybean. **New Phytologist**, Cambridge, v.90, p.537-542, 1982.

BOAVENTURA, P.S.R. **Demanda por nutrientes de mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido**. Campinas, 2003. 62p. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônômico.

BONATO, C.M.; RUBIN FILHO, C.J.; MELGES, E.; SANTOS, V.D. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1998. 136p.

CAMPINHOS JR, E.; IKEMORI, Y.K.; MARTINS, F.C.G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucaliptus* sp. e *Pinus* sp. em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais, 1., Curitiba, 1984. **Simpósio**. Curitiba, UFPR, 1984. p. 350-365.

CARDOSO, E.J.B.N. Ocorrência de micorrizas em café. **Summa Phytopathol.**, Campinas, v.4, p.136-137, 1978.

CARDOSO FILHO, J.A.; PACOVSKY, R.S.; CARDOSO, E.J.B.N. Growth and metabolic activity of the extramatrical mycelium of endomycorrhizal maize plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.23, p.807-815, 1999.

CARNIEL, E.; SOUZA, P.V.D. Efeito da retenção de água no substrato sobre o enraizamento de estacas de maracujazeiro (*Passiflora* L.). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas, 2002. **Documentos IAC**, 70. Campinas, Instituto Agrônômico, 2002. p.115.

COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeitos de *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.199-205, 1986.

COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1397-1406, 1994.

COLOZZI-FILHO, A.; SOUZA, P.; OLIVEIRA, E.; CARVALHO, M.M. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro 'Catuaí' micorrizadas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.10, n.2, p.235, 1985.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. www.conab.gov.br, 2005.

COSTA, P.C.; MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R.; CORREA, J.B. Substratos para formação de mudas de raízes nuas, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983.

COSTA, P.C.; SANTINATO, R.; GROHMANN, F.; MATIELLO, J.B. Dados preliminares de nova tecnologia para produção de mudas de café. **Cafeicultura Moderna**, Rio de Janeiro, v.2, n.5, p.50-54, 1989.

FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; GUERREIRO FILHO, O.; GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M.B.; GALLO, P.B. Cultivares de café selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., Poços de Caldas, 2000. **Resumos expandidos**. Brasília, EMBRAPA Café, 2000. p.488-493.

FERNANDES, A.B. **Micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiro da região sul do Estado de Minas Gerais**. Lavras, 1987. 98p. Dissertação (Mestrado) ESAL.

FRANÇA, S.C.; AGNANI, D.R.G.; SILVEIRA, A.P.D. Interações microbianas e atividades de quitinase e β -1,3 glucanase em raízes de citros. **Summa Phytopathol.**, Campinas, v.30, n.3, p.333-339, 2004.

FREITAS, S.S. Desenvolvimento de plântulas de café pela inoculação de *Pseudomonas* sp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.31-34, 1989.

FUNDECITRUS. Ministério da agricultura elabora nova lei de mudas. **Revista do Fundecitrus**. ed.124, p.15-16, 2004.

FURLANI, P.R. Hidroponia. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico 100, 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p.

FURTINI, A.E.; CURI, N.; GUIMARÃES, P.T.G. Fontes de matéria orgânica e fertilização química na formação e produção de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em latossolos da região dos Cerrados. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.3, p.265-271, 1995.

GALLO, P.B.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; PEREIRA, L.C.E. Respostas de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.341-351, 1999.

GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.6, p.397-418, 1968.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet silvling and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, Cambridge, v.46, p.235-244, 1963.

GERVÁSIO, E.S.; LIMA, L.A. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função de diferentes lâminas de água aplicadas durante a fase inicial de formação da lavoura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.68-74, 1998.

- GIANINAZZI-PEARSON, V. Protein expression in vesicular-arbuscular endomycorrhizas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4., Mendes, 1991. **Programas e resumos**. Itaguaí, EMBRAPA – CNPDS; UFRRJ, 1991. p.33-46.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, p.489-500, 1980.
- GOICOECHEA, N.; ANTOLÍN, M.C.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M. Gas exchange is related to the hormone balance in mycorrhizal or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. **Physiol. Plant.**, Copenhagen, v.100, p.989-997, 1997.
- GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C.H. Importância da relação entre os fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., Viçosa, 2004. **Palestras e resumos**. Lavras, UFV, 2004. p.78-91.
- GUILLEMIN, J.P.; GIANINAZZI, S.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; MARCHAL, J. Contribution of endomycorrhizas to biological protection of micropropagated pineapple (*Annanas comosus* L. Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **Agricultural Science in Finland**, Helsinki, v.3, p.241-251, 1994.
- HETRICK, B.A.D.; WILSON, G.W.T.; TODD, T.C. Mycorrhizal response in wheat cultivars: relationship to phosphorus. **Can. J. Bot.**, Ottawa, v.74, p.19-25, 1996.
- HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A.H. An arbuscular mycorrhizal inoculation enhances root proliferation in, but not nitrogen capture from, nutrient rich patches in soil. **New Phytologist**, Cambridge, v.154, n.3, p.575-584, 2000.
- JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperature-zone approaches appropriate? In: NG, F.S.P. (Ed.) **Trees and mycorrhiza**. Kuala Lumpur: Forest Research Institute, 1988. p.133-188.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Dis. Resp.**, New Brunswick, v.48, p.692, 1964.
- JISHA, M.S.; ALAGAWADI, A.R. Nutrient uptake and yield of sorghum (*Sorghum bicalor* L. Moenoh) inoculated with phosphate solubilizing bacteria and cellulolytic fungus in a cotton stalk amended vertisol. **Microbiological Research**, Jena, p.213-217, 1996.
- JOHANSEN, A.; FINLAY, R.D.; OLSSON, P.A. Nitrogen metabolism of external hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. **New Phytologist**, Cambridge, v.133, p.705-712, 1996.
- KONDURU, S.; EVANS, M.R.; STAMPS, R.H. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. **HortScience**, Alexandria, v.34, p.88-90, 1999.

KONRAD, M.L.F. **Crescimento do cafeeiro sob influência do alumínio em solução nutritiva e em solo ácido, inoculado com micorrizas arbusculares.** Campinas, 2003. 114p. Tese (Doutorado) UNICAMP.

KOTHARI, S.K.; MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere micro-organisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize (*Zea mays* L.). **New Phytologist**, Cambridge, v.117, p.649-655, 1991.

LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, London, v.11, p.591-592, 1983.

LIMA A.A.; BORGES, A.L.; CALDAS, R.C.; TRINDADE, A.V. Substratos e inoculação de fungos micorrízicos em mudas de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.19, n.3, p.353-358, 1997.

LOPES, E.S.; BALOTA, E.L.; GONÇALVES, W. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mudas de café (*Coffea canephora*) cv. IAC Apoatã. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS. 3., Piracicaba, 1989. **Programas e resumos**. Piracicaba, CENA/ESALQ, 1989. p.67.

LOPES, E.S.; DIAS, R.; COSTA, A.M. Problemas no desenvolvimento e na colonização micorrízica natural de mudas de café em viveiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS. 1., Lavras, 1985. **Anais**. Lavras, FAEPE, 1986. p.156.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.R.P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.137-141, 1983a.

LOPES, E.S.; TOLEDO, S.V.; WUTKE, A.C.P.; CERVELLINI, G.S.; HIROCE, R.; DIAS, R. Efeitos do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento de mudas de cafeeiro 'Mundo Novo' em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983b. p.122-123.

LOVELOCK, C.E.; KYLLO, D.; POPP, M.; ISOPP, H.; VIRGO, A.; WINTER, K. Symbiotic vesicular-arbuscular mycorrhizal influence maximum rates of photosynthesis in tropical tree seedlings grown under elevated CO₂. **Aust. J. Plant Physiol.**, Melbourne, v.24, p.185-199, 1997.

MAIORANO, J.A. **Utilização de substratos orgânicos comerciais na obtenção de mudas micorrizadas de limoeiro "Cravo" em ambiente protegido.** Campinas, 2003. 62p. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônômico.

MAIORANO, J.A.; VIEIRA, M.R.; SILVEIRA, A.P.D. Características microbiológicas de substratos orgânicos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas, 2002. **Documentos IAC**, 70. Campinas, Instituto Agrônômico, 2002. p.98.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, 251p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993, 210p.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, n.1, p.89-102, 1994.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; VENEGAS, V.H.A.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiro em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.703-713, 2003.

MARTINS, M.A.; READ, D.J. The role of the external mycelial network of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. II. A study of phosphorus transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v.27, p.30-35, 1996.

MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B.N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas e endófitos. I. Método empregado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.23, p.53-58, 1999.

NACIF, A.P. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes no cerrado de Patrocínio-MG**. Viçosa, 1997. 124p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa.

NEWMAN, E.I.; DEVOY, C.L.N.; EASEN, N.J.; FOWLES, K.J. Plant species that can be linked by VA mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Cambridge, v.126, p.691-693, 1994.

NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.24, p.329-338, 2000.

NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Interações microbianas na disponibilidade e absorção de manganês por soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1605-1612, 2002.

OLIVEIRA, P.S.R.; GUALBERTO, R.; FAVORETO, A.J. Efeito do osmocote adicionado ao substrato plantmax na produção de mudas de café em tubetes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 21., Caxambu, 1995. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro, MAPA/PROCAFÉ, 1995. p.70-72.

O'NEILL, E.G.; O'NEILL, R.V.; NORBY, R.J. Hierarchy theory as a guide to mycorrhizal research on large-scale problems. **Environment Pollution**, v.73, p.271-284, 1991.

PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.289-293, 1987.

- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; SIQUEIRA, R.; ANDROCIOLI FILHO, A. **O sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo**. Potafós (Informações Agrônomicas 80), Piracicaba, p.1-7, 1997.
- PEIPP, H.; MAIER, W.; SCHMIDT, J.; WRAY, V.; STRACK, D. Arbuscular mycorrhizal fungus induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots. **Phytochemistry**, New York, v.44, p.581-587, 1997.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v.55, n.1, p.158-60, 1970.
- PONS, A.L. **Fontes e usos da matéria orgânica**. IPAGRO informa. Porto Alegre, v.26, p.111-147, 1983.
- POZZA, A.A.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; ROMANIELLO, M.M.; POZZA, E.A.; CARVALHO, J.G. Suprimento de fósforo na produção e intensidade da cercosporiose de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.26, n.5, p.970-976, 2002.
- PRASAD, V.; MANJUNATH, G.T.S.; REDDY, C.N. Influence of *Glomus etunicatum* on growth and phosphorus uptake in *Gladiolus* sp. **Mycorrhiza News**, New Delhi, v.11, n.4, p.17-18, 2000.
- REIS JR, R.A.; MARTINEZ, H.E.P. Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por cultivares de cafeeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.537-542, 2002.
- RUIZ-LOZANO, J.M.; AZCÓN, R. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. **Agric. Ecosyst. Environ.**, Amsterdam, v.60, p.175-181, 1996.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J. **Micorrizas arbusculares em mudas de espécies arbóreas nativas do Sudeste brasileiro**. Lavras, 1997. 120p. Tese (Doutorado) UFLA.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: DCS, 1999. p.725-773.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: DCS/DCF, 1996. p.203-254.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Crescimento do cafeeiro em solo de cerrado sob influência de diferentes fungos micorrízicos e doses de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia, 1993. **Resumos**. Goiânia, SBCS, 1993. p.357-358.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos *versus* superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.27-36, 1994.

SHARMA, S.N.; PRASAD, R. Yield and P uptake by rice and wheat grown in a sequence as influenced by phosphate fertilization with diammonium phosphate and Mussoorie rock phosphate with or without crop residues and phosphate solubilizing bacteria. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, p.359-369, 2003.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization Index: A modified approach to the estimations and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, n.3, p.289-302, 1981.

SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.335-345, 1999.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; SAITO, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.) **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.257-282.

SILVEIRA, A.P.D.; SILVA, L.R.; AZEVEDO, I.C.; OLIVEIRA, E.; MELETTI, L.M.M. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, em diferentes substratos. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.89-99, 2003.

SIMON, L.; BOUSQUET, J.; LÉVESQUE, R.C.; LALONDE, M. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. **Nature**, London, v.363, p.67-69, 1993.

SIQUEIRA, J.O. Eficiência de fertilizantes fosfatados em associações micorrízicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHAS FOSFÁTICAS, 5., São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, IBRAFOS, 1990. p.165-193.

SIQUEIRA, J.O. Mycorrhizal benefits to some crop species in a P-deficient oxisol of southeastern Brazil. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 7., Gainesville, 1987. **Proceedings**. Gainesville, Institute of Food and Agricultural Sciences, 1987. p.59.

SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.207-211, 1986.

SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.

SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E.; FERNANDES, A.B.; FLORENCE, M.L. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro produzidas no sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.31-38, 1987.

SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Efeitos da infecção de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p.875-883, 1994.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v.11, n.5, p.245-255, 2001.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JUNIOR, O.J.; COLLOZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Influência do substrato e da micorriza no crescimento de mudas de cafeeiro transplantadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1417-1425, 1996.

SMITH, S.E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interaction between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.39, p.211-244, 1988.

SONNEVELD, C.; ENDE, J. van den; DIJK, P.A. van. Analysis of growing media by means of a 1:1.5 volume extract. **Communications in. Soil Sci. Plant Anal.**, v.5, n.3, p.183-202, 1974.

SOUZA, C.A.S.; CARVALHO, M.M.; SOUZA, P.; OLIVEIRA, E. Influência de micorrizas vesicular-arbusculares no crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em substrato com e sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples. **Ciência Prática**, Lavras, v.11, n.2, p.177-189, 1987.

SOUZA, P.V.D.; BERJON, M.A.; ORENGA, V.A.; FONFRIA, M.A. Desenvolvimento do citrange 'Troyer' infectado com fungo micorrízico, em dois substratos de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.1039-1045, 1997.

SOUZA, R.G.; MAIA, L.C.; SALES, M.F.; TRUFEM, S.F.B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.1, 2003.

TAUNAY, A.E. **Pequena história do café no Brasil**. Departamento Nacional do Café. Rio de Janeiro, 1945. 558p.

TAWARAYA, K.; WATANABE, S.; YOSHIDA, E.; WAGATSUMA, T. Effect of onion (*Allium cepa*) root exudates on hyphal growth of *Gigaspora margarita*. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v.6, p.57-59, 1996.

TESHA, A.J.; KUMAR, D. Effects of soil moisture, potassium and nitrogen on mineral absorption and growth of *Coffea arabica* L. **Turrialba**, San José, v.29, n.3, p.213-218, 1979.

THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. **Café Arábica: Cultura e técnicas de produção**. Boletim técnico 187, Instituto Agrônomo, Campinas, 82p., 2000.

THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOT, L.K. Mycorrhizas formed by *Gigaspora calospora* and *Glomus fasciculatum* on subterranean clover in relation to soluble carbohydrate concentrations in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.114, p.217-225, 1990.

TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, n.1, p.115-121, 1994.

TOLEDO, A.R.M. **Efeito de substratos na formação de mudas de laranjeira (*Citrus sinensis* (L.) OSBECK cv. "Pera Rio") em vaso**. Lavras, 1992. 88p. Dissertação (Mestrado) ESAL.

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

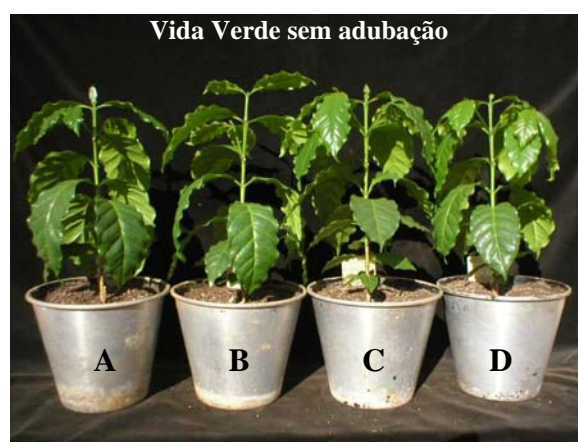
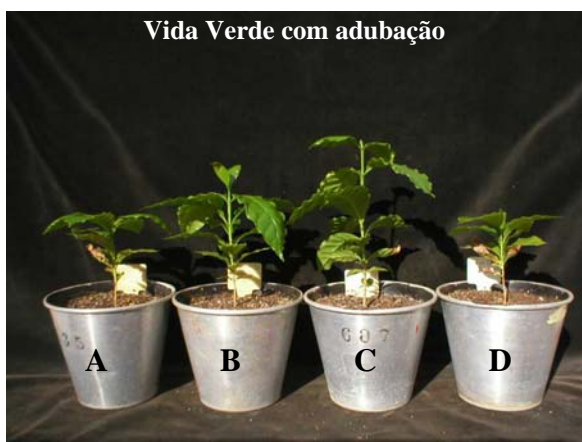
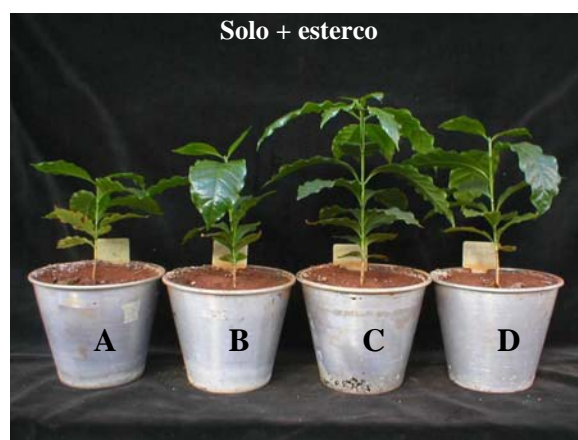
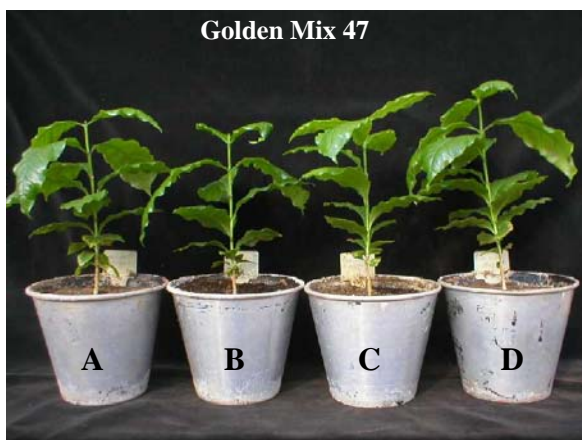
TRISTÃO, F.S.M.; COLOZZI-FILHO, A.; MACHINESKI, O. Micorrização de cafeeiro sob alta concentração de P no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Resumos**. Ribeirão Preto, SBCS, 2003. 4p.

VAAST, P.; ZASOSKI, R.J.; BLEDSOE, C.S. Effects of solution pH, temperature, nitrate/ammonium ratios and inhibitors on ammonium and nitrate uptake by arabica coffee in short term solution culture. **Journal of Plant Nutrition**, Moticello, v.21, n.7, p.1551-1564, 1998.

WEBER, O.B.; OLIVEIRA, A.A.R.; MAGALHÃES, A.F.J. Adubação orgânica e inoculação com *Glomus etunicatum* em porta enxertos de citrus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.321-326, 1990.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistemas de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas(RS):Universidade Federal de Pelotas, 1984, 151p.

Anexo 1. Fotos das mudas de café do experimento 1 aos 200 dias após transplante.



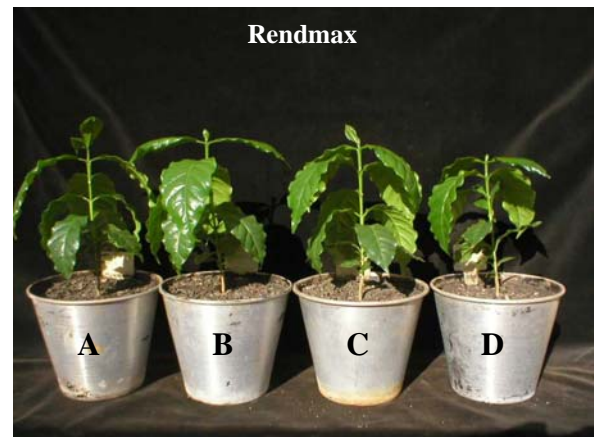
A: Controle

B: *Glomus intraradices*

C: *Gigaspora margarita*

D: *Glomus etunicatum*

Anexo 2. Fotos das mudas de café do experimento 1 aos 200 dias após transplante.



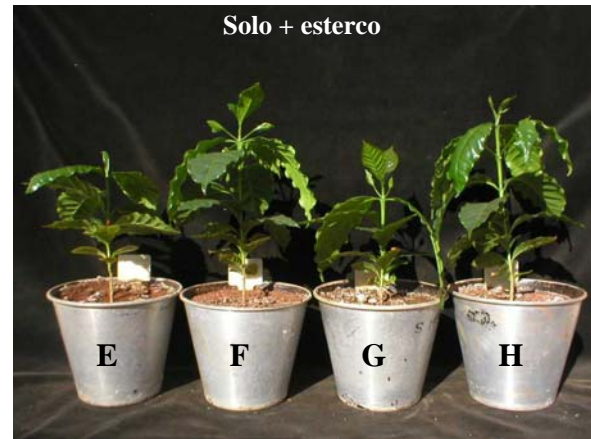
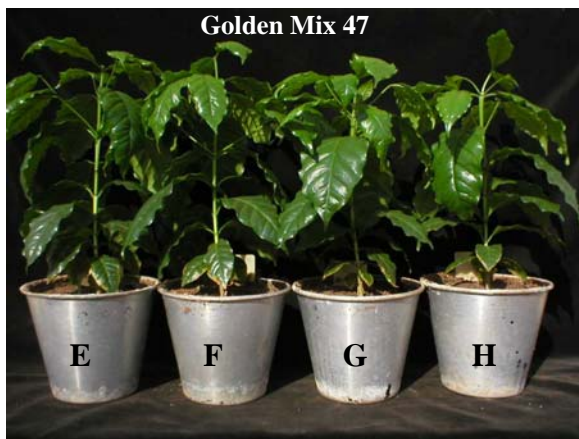
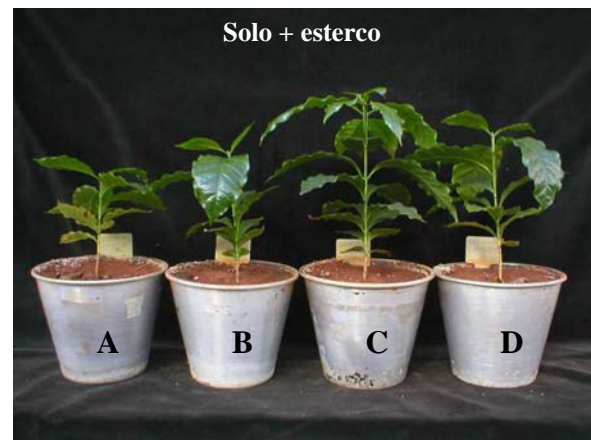
A: Controle

B: *Glomus intraradices*

C: *Gigaspora margarita*

D: *Glomus etunicatum*

Anexo 3. Fotos das mudas de café do experimento 2 aos 200 dias após transplante.



A: Controle
 B: *Glomus intraradices*
 C: *Gigaspora margarita*
 D: *Glomus etunicatum*

E: *Acaulospora morrowiae*
 F: *Glomus clarum*
 G: *Acaulospora scrobiculata*
 H: *Glomus* sp

I: *Scutelospora heterogama*
 J: *Glomus macrocarpum*
 L: *Acaulospora* sp

Anexo 4. Valores de F¹ da análise da variância e o coeficiente de variação das variáveis analisadas no experimento 1.

	Substrato	FMA	Substrato x FMA	CV(%)
MSPA	89,08**	2,66*	2,39**	32,9
MFR	103,30**	11,10**	3,41**	30,2
Diâmetro caule	108,38**	9,85**	2,18**	10,8
Altura	117,43**	11,46**	3,34**	14,9
Nº folhas	49,12**	2,10*	3,63**	11,9
% colonização	447,72**	280,93**	12,01**	9,1
Concentração de P	498,95**	4,04**	7,37**	9,3
Quant. acumul. de P	502,98**	1,51 ^{ns}	6,38**	17,5
IEUP	46,63**	12,48**	3,53**	27,6
Fosfatase ácida	14,42**	0,79 ^{ns}	0,80 ^{ns}	39,2
Micélio externo	26,36**	69,82**	12,72**	35,2
Clorofila a	53,24**	3,41*	1,82*	15,6
Clorofila b	5,67**	1,18 ^{ns}	0,37 ^{ns}	28,6
Clorofila a+b	40,91**	2,56 ^{ns}	1,63 ^{ns}	15,8
Carotenóides	33,64**	2,16 ^{ns}	1,66*	15,9

¹ ns – não significativo

* – significativo a 5%

** – significativo \leq 1%

Anexo 5. Valores de F¹ da análise da variância e o coeficiente de variação das variáveis analisadas no experimento 2.

	Substrato	FMA	Substrato x FMA	CV(%)
MSPA	29,56**	13,54**	9,42**	29,4
MFR	85,90**	6,47**	2,78**	31,6
Diâmetro caule	69,83**	8,41**	2,96**	11,5
Altura	99,90**	8,34**	4,27**	13,5
Nº folhas	53,95**	10,57**	6,80**	17,1
% colonização	6221,51**	82,38**	37,20**	5,4
Concentração de P	1467,99**	12,09**	10,05**	9,4
Quant. acumul. de P	549,17**	26,34**	24,65**	20,7
IEUP	51,99**	4,05**	3,22**	33,2
Fosfatase ácida	19,69**	8,49**	0,79 ^{ns}	28,6
Micélio externo	7,56**	8,06**	3,57**	19,7
Clorofila a	51,96**	2,25*	2,78**	13,8
Clorofila b	2,80 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,76 ^{ns}	20,9
Clorofila a+b	38,78**	1,79 ^{ns}	2,42*	13,9
Carotenóides	41,26**	1,19 ^{ns}	2,67*	13,4

¹ ns – não significativo

* – significativo a 5%

** – significativo \leq 1%