

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “ JÚLIO DE  
MESQUITA FILHO”

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**

INTERAÇÃO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR E ADUBAÇÃO  
FOSFÁTICA NO CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES  
PELO PORTA-ENXERTO LIMOEIRO “CRAVO”

Marli Teixeira de Almeida Minhoni

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrônômicas, Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”, para obtenção do Título de  
Livre Docente em Microbiologia  
Agrícola.

BOTUCATU-SP  
Maio-2004

INTERAÇÃO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR E ADUBAÇÃO  
FOSFÁTICA NO CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE  
NUTRIENTES PELO PORTA-ENXERTO LIMOEIRO “CRAVO”

**Marli Teixeira de Almeida Minhoni**

RESUMO

Estudou-se o efeito da inoculação com fungo micorrízico arbuscular (FMA), *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, ou *Scutelospora heterogama*, e da adição de fósforo solúvel (15, 30, 45, 60, 120 e 240 mg de P kg<sup>-1</sup> de terra) sobre as variáveis altura, número de folhas, diâmetro do caule, massas vegetais aérea e radicular, teores de nutrientes nas folhas e colonização micorrízica no porta-enxerto limoeiro “Cravo” (*Citrus limonia* (L.) Osbeck). Os FMAs, *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum*, e doses crescentes de fósforo exerceram efeitos significativos sobre essas variáveis. O efeito da inoculação sobre as variáveis de crescimento vegetal foi mais acentuado nos tratamentos com adição de 30 a 60 mg de P kg<sup>-1</sup> de terra. Para o teor de P foliar, o efeito da inoculação foi mais acentuado nos tratamentos adicionados de 120 a 240 mg de P kg<sup>-1</sup> de terra. A inoculação com estes FMAs aumentou a eficiência do limoeiro “Cravo” em absorver nutrientes, tanto que as variáveis estudadas em plantas inoculadas na ausência de adubação fosfática superaram às de plantas não inoculadas em substrato adicionado de 240 mg de P kg<sup>-1</sup> de terra.

Termos de indexação: *Citrus limonia* (L.) Osbeck, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Scutelospora heterogama*, altura, diâmetro de caule, número de folhas, massas vegetais aérea e radicular, teores de nutrientes nas folhas, colonização micorrízica e doses de fósforo.

INTERACTION BETWEEN MYCORRHIZAL FUNGI AND PHOSPHORUS  
AMMENDMENTS ON GROWTH AND NUTRIENT UPTAKE  
OF RANGPUR LIME ROOTSTOCKS

**Marli Teixeira de Almeida Minhoni**

SUMMARY

The effects of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* or *Scutelospora heterogama* inoculation and soluble phosphate addition (15, 30, 45, 60, 120 and 240 mg P kg<sup>-1</sup> of soil) on the height, leaf number, stem diameter, shoot and root mass, nutrients in foliar mass and mycorrhizal colonization parameters on Rangpur lime rootstocks plants were studied. AMF inoculation and soluble phosphate levels increased these parameters. Inoculation effect on the plant growth parameters was more intense at 30 to 60 mg P kg<sup>-1</sup> soil. AMF inoculation effect on the leaf P was more intense at 120 to 240 mg P kg<sup>-1</sup> soil addition. AMF inoculation increased citrus efficiency to absorb nutrients so that the parameters studied of inoculated plants without phosphate addition did not differ of non-inoculated plants in substrate with 240 mg P kg<sup>-1</sup> soil addition.

Index terms: Rangpur lime rootstocks, *Citrus limonea*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Scutelospora heterogama*, height, stem diameter, leaf number, shoot and root mass, nutrients in foliar area and mycorrhizal colonization, phosphorus levels.

## 1. INTRODUÇÃO

A formação de mudas de frutíferas em viveiros depende, na maioria das vezes, de um tratamento fitossanitário prévio do substrato, para diminuição ou eliminação de sementes de plantas daninhas, pragas e/ou patógenos. Contudo, esta prática acarreta também a redução ou eliminação de microrganismos benéficos presentes no substrato, tais como fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), podendo comprometer a formação e qualidade das plantas, especialmente aquelas dependentes de micorrização.

A importância das associações micorrízicas no desenvolvimento e nutrição das plantas tem sido enfatizada em várias revisões (MARONEK et al., 1981; LOPES et al., 1983; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Nesta associação simbiótica mutualista, muitos fatores estão envolvidos e, dentre estes, o teor de fósforo presente no substrato de cultivo é fator condicionador para o estabelecimento e funcionalidade do processo.

O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos da adição de fósforo solúvel (15, 30, 45, 60, 120 e 240 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo) e da inoculação com FMA, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama*, sobre as variáveis diâmetro do caule, altura, número de folhas, massas vegetais aérea e radicular, teores de nutrientes no limbo foliar e colonização micorrízica do porta-enxerto cítrico limoeiro “Cravo” .

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

As plantas cítricas são nativas de uma extensa área asiática que vai desde a região do Himalaia, na Índia, até o norte e centro da China, estendendo-se à Burma, Tailândia, Indonésia e Nova Caledônia (CRISTOFANI; MACHADO, 1999). Incluem os “citros primitivos”, com os gêneros *Severinia*, *Pleiospermium*, *Burkillanthus*, *Limnocitrus* e *Hesperathusa*, os “próximos a citros”, com os gêneros *Citropsis* e *Atalantia*, e os “citros verdadeiros”, com os gêneros *Citrus*, *Poncirus*, *Eremocitrus*, *Fortunella*, *Microcitrus* e *Clymenia* (CRISTOFANI; MACHADO, 1999).

Das plantas cítricas, o gênero *Citrus* é o utilizado na citricultura. Ademais, é a cultura arbórea frutífera de maior importância mundial, com produções anuais de aproximadamente 102 milhões de toneladas (GEORGIU, 2002). Este gênero apresenta espécies e híbridos de importância econômica, incluindo as laranjas, tangerinas, limões, limas ácidas, pomelos e tangelos. Dentre estes, os mais extensamente produzidos no mundo são as laranjas (65%) e as tangerinas (17%), produção esta concentrada principalmente no Brasil e Estados Unidos (GEORGIU, 2002).

### 2. 1. A citricultura brasileira

O Brasil tem sido o maior produtor mundial de citros. Embora a maioria dos Estados brasileiros produza frutas cítricas, destacando-se entre estes os Estados de Sergipe, Bahia e Minas Gerais, é no Estado de São Paulo que a produção é concentrada (70%) e também, onde se encontra o parque industrial de processamento dos citros (GAMA et al., 2000).

A citricultura brasileira está fundamentada em pequeno número de porta-enxertos e de variedades-copa. Das mudas comercializadas, 97% têm sido produzidas sobre apenas três porta-enxertos a saber: limoeiro “Cravo” (85%), tangerina “Cleópatra” (9%) e citrumelo “Swingle” (3%). Das copas mais utilizadas, temos as laranjas doces “Pêra” (36%), “Natal” e “Valência” (14%), a tangerina “Ponkan” (10%) e a lima ácida “Tahiti” (7%). Outras copas são utilizadas em menor escala e, dentre estas, citam-se as laranjas doces “Hamlin” e “Westin” e a tangerina “Murcott” (CRISTOFANI; MACHADO, 1999).

A participação da copa laranja na citricultura brasileira é histórica e, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2003), a produção desta no ano de 2001 correspondeu a 88% da área total plantada, 88% da área total colhida e 85% do valor total da produção.

Ainda no ano de 2001, a citricultura brasileira, medida como a soma das culturas de laranjas, limões e tangerinas, apresentou-se com 940175 hectares de área plantada e 937403 hectares de área colhida. A produção foi de 57896 frutos colhidos por hectare, com um valor de 3055202 mil reais, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2003).

Os produtos que a citricultura brasileira oferece para os mercados nacional e internacional incluem, principalmente, os sucos concentrados diversos (SILVA et al., 1998; NEVES et al., 2001) e também, a fruta *in natura* e subprodutos tais como a polpa cítrica (SORBARA et al., 2000; TOKARNIA et al., 2001; MALAFAIA et al., 2002), essências, óleos (MENDES et al., 1997; RAHAL et al., 2001) e outros.

Na citricultura brasileira, os frutos de mesa têm tido pouca importância, haja visto que a produção, desde a década de 60, particularmente a paulista, tem sido voltada para matérias primas para a indústria de sucos. Como consequência, tem sido dada pouca

importância à produção e qualidade das frutas *in natura*, as quais não tem sido colocadas no mercado norte-americano e outros, devido a problemas técnicos e fitossanitários (NEVES et al., 2001). Este fato pode ser o reflexo da falta de observação e manejo criteriosos permanentes das condições bióticas e abióticas dos diversos sistemas de produção. A queda na produção, inclusive na de sucos, tem sido acentuada e as causas relatadas tem sido especialmente aquelas voltadas ao manejo das culturas.

Segundo Tersi e Rigolin (2000), apesar da extensa área cultivada com citros, a produtividade média dos pomares pode ser considerada baixa, ao redor de 20 toneladas por hectare. As razões apresentadas por estes autores foram: 1. existência de pomares jovens ou que se encontravam com produção muito baixa; 2. falta de tratamentos fitossanitários; 3. adubação e correção do pH inadequados; 4. espaçamento muito largo; 5. práticas culturais impróprias; 6. incidência do declínio dos citros.

Fatores como a fertilidade do solo, clima, irrigação, conjunto porta-enxerto/copa, monocultivo, tipo de porta-enxerto utilizado, doenças e pragas, em diversas combinações e graus de importância, têm afetado a produção de citros de modo geral, tanto que esta vem caindo acentuadamente nos últimos anos. No ano de 2001, enquanto as áreas plantada e colhida apresentaram uma redução média de 17% em relação ao ano de 1999, a redução na quantidade produzida, em frutos ha<sup>-1</sup>, foi de 85%, segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2003). Este fato é uma prova da redução da eficiência do sistema de produção.

Dentre as doenças dos citros, citam-se a gomose ou podridão radicular, causada pelos fungos *Phytophthora parasitica* (Dastur) Waterhouse e *Phytophthora citrophthora* (Smith & Smith) Leon (SIVIERO et al., 2002; MAY-DE MIO et al., 2002), a clorose variegada do citrus (CVC), causada pela bactéria *Xylella fastidiosa* (ARAÚJO et al., 2002), a tristeza, causada pelo vírus da tristeza do citros (MEISSNER FILHO et al.,

2002), o cancro, causado pela bactéria *Xanthomonas campestris* (TUNG; KUO, 1999), denominada a partir de 2001 de *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (CUBERO et al., 2001), a leprose e outras. Segundo Gama et al. (2000), o cancro e a clorose variegada estão entre os principais responsáveis pela diminuição da produção de citros nos últimos anos.

Além das doenças acima relatadas, outras anomalias têm acometido a citricultura brasileira, quais sejam, o declínio e o fenômeno morte súbita. Ambas são complexas e de etiologia desconhecida. Enquanto o declínio surgiu há mais de 100 anos (CARLOS et al., 2000) e vem incidindo sobre diversas áreas de produção de citros, a morte súbita é recente e localizada nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, até o momento (INFORMATIVO CENTRO DE CITRICULTURA, 2001, 2002).

O declínio dos citros passou a ser relatado no Brasil a partir da década de 70, tornando-se grave nos últimos anos. A causa real ainda é desconhecida, embora algumas alterações fisiológicas envolvidas no processo já tenham sido estudadas tais como o teor elevado de Zn nos tecidos vasculares e a associação de proteínas em plantas afetadas (CARLOS et al., 2000).

Com relação à morte súbita dos citros (MSC), de causa até o presente também desconhecida, os primeiros sintomas foram observados no final de 1999 em laranjeiras “Valência” com 12 anos de idade, enxertadas em limoeiro “Cravo”. A anomalia já foi relatada também em laranjeiras “Hamlin”, “Natal” e “Pêra”. A sintomatologia é, às vezes, semelhante à do declínio e, no estágio mais avançado, ocorre a morte rápida da planta. Há evidências de que as causas sejam devidas à alterações edafo-climáticas do sistema e também ao porta-enxerto utilizado, o que aponta para um caráter biótico do fenômeno, ou seja, a um patógeno (INFORMATIVO CENTRO DE CITRICULTURA, 2001, 2002).



Com relação às pragas que incidem sobre o citros citam-se os ácaros da ferrugem e leprose (KONNO et al., 2001), as cochonilhas (LARANJEIRA, 1997), o pulgão preto (YAMAMOTO et al, 2000), o bicho furão, a lagarta minadora (SÁ et al., 2000; YAMAMOTO et al, 2000), as cigarrinhas vetores da CVC (YAMAMOTO et al, 2000; MILANEZ et al., 2001; YAMAMOTO et al, 2002; MARUYAMA et al., 2002), os besouros da raiz (LANTERI et al., 2002) e outras.

Com relação ao porta-enxerto, este condiciona a compatibilidade com as cultivares-copa de citros, a nutrição e vigor da planta, a produção e qualidade dos frutos, bem como a resistência à pragas e doenças.

## 2. 2. Porta-enxertos

No Brasil, o porta-enxerto mais utilizado tem sido o limoeiro “Cravo” (*Citrus limonia* Osbeck) (80% ou mais) devido às suas características agronômicas superiores, tais como a compatibilidade com todas as variedades de copa utilizadas no país, rusticidade e vigor elevados, precocidade na formação de mudas, produção elevada, resistência à seca e tolerância à tristeza (POMPEU JÚNIOR, 2001; POMPEU JÚNIOR et al., 2002).

A despeito de todas estas características favoráveis ao porta-enxerto limoeiro “Cravo”, têm-se registrado quedas constantes e acentuadas na produção de citros. O limoeiro “Cravo” tem-se mostrado altamente suscetível à gomose (AMORIM; MELO, 2002), ao declínio (CARLOS et al., 2000) e ao fenômeno “morte súbita”, de ocorrência atual no triângulo mineiro e norte de São Paulo. Nestas regiões, o porta-enxerto limoeiro “Cravo” é quase que exclusivo, face à sua compatibilidade com as laranjas e à sua resistência ao déficit hídrico elevado, comuns nos solos destas regiões.

Segundo Cristofani e Machado (1999), a pequena diversidade de cultivares porta-enxerto e copas utilizadas no Brasil, associada com o sistema de monocultivo de grandes áreas e as práticas de manejo adotadas, tornam a citricultura brasileira bastante suscetível às pragas e doenças.

Outros porta-enxertos têm sido utilizados na citricultura brasileira mas, em menor escala. Dentre estes citam-se as tangerinas “Cleópatra” (*Citrus reshni* Hot. ex Tanaka) e “Sunki” (*Citrus sunki* Hot. ex Tanaka), o citrumelo “Swingle” (*Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus paradise* Macf.), o limoeiro “Volkameriano” (*Citrus volkameriana* Tan. ex Pasq.), a laranja “Caipira” (*Citrus sinensis* L. Osbeck), a laranja “Azeda” (*Citrus aurantium* L.) e outros.

A tangerina “Cleópatra” é tolerante ao declínio mas, apresenta suscetibilidade elevada a nematóides e à gomose, e a produção de laranja “Pêra” é atrasada em 1 a 2 anos em relação ao limoeiro “Cravo” (CARLOS et al., 2000; GROSSER et al. 1990, citados por LATADO et al., 2002).

O citrumelo “Swingle”, por sua vez, tem a vantagem de ser altamente resistente à gomose. Foi liberado para uso recentemente mas, ainda é incompatível com a variedade “Pêra” de laranja, a cultivar-copa mais cultivada no país, e é pouco tolerante à seca, sendo utilizado somente em sistemas irrigados, os quais são restritos na citricultura brasileira (CARLOS et al., 2000).

A tangerina “Sunki” e a laranja doce “Caipira” também têm sido de uso restrito pois, são altamente suscetíveis à gomose (CARLOS et al., 2000).

O limoeiro “Volkameriano” é resistente à seca como o limoeiro “Cravo” e resistente à gomose e, apesar de sua incompatibilidade com a laranja “Pêra” e do desconhecimento de seu comportamento frente à “morte súbita”, tem tido uma difusão crescente entre os produtores do Estado de São Paulo e vem sendo apontado como um

possível substituto ao limoeiro “Cravo” (INFORMATIVO CENTRO DE CITRICULTURA, 2002).

A mudança de porta-enxerto tem sido investigada no Centro de Citricultura Sylvio Moreira, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), SP, e outros, especialmente para a seleção de porta-enxertos tolerantes ou resistentes aos principais fatores limitantes da citricultura brasileira, tais como a tristeza, declínio, gomose, nematóides, seca e outros, e que sejam compatíveis com as principais cultivares copa utilizadas no país, formando plantas produtivas e longevas. Busca-se também, a característica nanicante, para otimização da densidade de plantio, redução nos custos dos tratos culturais e colheita mecânica (POMPEU JÚNIOR et al., 2002). E agora, com o surgimento da “morte súbita”, a mudança de porta-enxerto pode ser uma das soluções, especialmente em regiões afetadas. Contudo, até o presente momento, não existem resultados de pesquisa que indiquem porta-enxertos compatíveis com a cultivar-copa mais utilizada no país, as laranjas, e que sejam ao mesmo tempo, resistentes à “morte súbita” e à seca, uma característica das regiões até então afetadas (INFORMATIVO CENTRO DE CITRICULTURA, 2002).

Figueiredo et al. (2002) estudaram a produção de lima ácida cultivar-copa “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tanaka) sobre 11 porta-enxertos, na região do Município de Bebedouro, SP, período de 1991 a 1998. Os porta-enxertos avaliados por estes autores, oriundos do Banco de Germoplasma de Citrus, Centro de Citricultura Sylvio Moreira, IAC, SP, foram:

1. tangelo “Orlando”,
2. citrange “Morton” ,
3. citrumelo “Swingle”,
4. limoeiro “Volkameriano Catanea 2”,
5. trifoliata “EEL”,

6. limoeiro “Cravo”,
7. tangerina “Sunki”,
8. tangerina “Cleópatra”,
9. tangerina “Batangas”,
10. tangerina “Oneco”, e
11. laranja “Caipira DAC”.

Houve variação nas produções média e acumulada, bem como na perda de plantas. A produção variou de 357,7 a 114,8 kg planta<sup>-1</sup>, sendo significativamente maior nos sete primeiros porta-enxertos estudados, os quais não diferiram entre si. A perda de plantas ocorreu quando a cultivar-copa foi enxertada sobre limoeiro “Cravo”, laranja “Caipira DAC”, tangelo “Orlando”, tangerina “Batangas” e tangerina “Oneco”, sendo equivalente a 100, 100, 40, 20 e 20 % do total de dez plantas por tratamento.

Ainda neste contexto de busca de outras alternativas de porta-enxertos para a citricultura, a obtenção de híbridos interespecíficos e intergenéricos em *Citrus* pode resultar em porta-enxertos mais promissores, devido à possibilidade de combinação de características desejáveis de duas espécies (LATADO et al., 2002). Estes autores obtiveram híbridos somáticos de limoeiro “Cravo” e tangerina “Cleópatra”, via fusão de protoplastos; todos os híbridos somáticos obtidos revelaram padrões moleculares aditivos aos das espécies parentais.

Pompeu Júnior et al. (2002) também vêm estudando híbridos cítricos com a finalidade de ampliação da diversificação de porta-enxertos para a citricultura brasileira. Estes autores enfatizam que a utilização generalizada de um único porta-enxerto, no caso brasileiro o limoeiro “Cravo”, provavelmente restringe as características genéticas das cultivares-copa, as quais não manifestariam todo o seu potencial produtivo. Os 13 porta-

enxertos híbridos avaliados por estes autores, produzidos pelo United States Horticultural Research Laboratory (USHRL), Fort Pierce, Florida, USA, foram:

1. citrange “Morton” (HRS 815)<sup>a</sup>,
2. tangerina “Changsha” x trifoliata “English Large” (HRS 852),
3. toranja “Siamese” x trifoliata “Gotha-road” (HRS 802),
4. tangerina “Changsha” x trifoliata “English Small” (HRS 801),
5. limoeiro “Cravo” x trifoliata “Swingle”(A),
6. limoeiro “Cravo” x trifoliata “Swingle”(B),
7. tangerina “Sunki” x trifoliata “Benecke” (HRS 812),
8. laranja “Shamouti” x laranja “Mediterranean” x trifoliata “Christeansen” (HRS 850),
9. tangerina “Miaray” (HRS 847),
10. laranja azeda “Smooth Flat Seville” x trifoliata “Argentina” (HRS 849),
11. trifoliata “Davis” A,
12. citrange “Troyer” tetraplóide (HRS 881) e
13. citrange “Carrizo” tetraplóide (HRS 880).

Houve variação na altura da copa e diâmetro do caule da cultivar-copa utilizada, laranja “Valência”, precocidade e produção de frutos, bem como nos sólidos solúveis e acidez destes. Quanto à sensibilidade destes porta-enxertos à doença tristeza dos citros, de modo geral, estes não mostraram sintomas típicos, exceto a tangerina “Miaray”. Por outro lado, quanto à sensibilidade ao declínio dos citros, o exame visual das plantas revelou sintomas típicos em algumas plantas enxertadas sobre os híbridos: laranja azeda “Smooth Flat Seville” x trifoliata “Argentina”; tangerina “Changsha” x trifoliata “English

---

<sup>a</sup> Número de registro no USHRL.

Small”; tangerina “Sunki” x trifoliata “Benecke”; toranja “Siamese” x trifoliata “Gotharoad”; citrange “Morton”; trifoliata “Davis” A. Segundo estes autores, do conjunto de porta-enxertos avaliados, somente o trifoliata “Davis” A já foi utilizado na citricultura brasileira e, neste trabalho, além da presença de plantas com sintomas da doença declínio dos citros, verifica-se que a sua produção por planta foi significativamente inferiores à da maioria dos demais porta-enxertos.

Outras variedades de porta-enxertos para citros também vêm sendo estudadas na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) e no Centro de Energia na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, desde 1995, dentro do Programa de Hibridação Somática, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Fundo Paulista de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) (MOURÃO FILHO; MENDES, 2000). Os objetivos principais são a combinação de características complementares de resistência à doenças e redução do porte das árvores copa. Os híbridos obtidos já aclimatizados em casa de vegetação e o número de plantas regeneradas são:

Híbridos somáticos	Número de plantas regeneradas
laranja “Caipira” + limoeiro “Cravo”	28
laranja “Caipira” + tangerina “Cleópatra”	23
laranja “Caipira” + limoeiro “Volkameriano”	4
laranja “Caipira” + “limoeiro rugoso da Flórida” ( <i>C. jambhiri</i> Lush)	5
tangerina “Cleópatra” + laranja “Azeda”	23
limoeiro “Cravo” + laranja “Azeda”	7

Na agricultura, a adoção de métodos de manejos integrados deve ser uma constante, visando a sustentabilidade do sistema. Para o controle da gomose em citros, por exemplo, a redução da umidade do solo bem como a fuga ou evasão cultural podem reduzir ou eliminar a ocorrência da doença e viabilizar o uso de porta-enxertos suscetíveis à esta doença em cultivares-copa não compatíveis com outros porta-enxertos.

### 2. 3. Substrato de formação de porta-enxertos

Além da relação com o tipo e qualidade do porta-enxerto utilizado, a incidência de pragas e de doenças está, muitas vezes, diretamente relacionada ao substrato utilizado na formação destes porta-enxertos. E, neste sentido, existem considerações que devem ser lembradas quando se trata da desinfestação dos substratos de formação de mudas.

No sistema de formação de mudas de citros, é obrigatória a utilização de substratos desinfestados, visando a redução e/ou eliminação dos riscos de ocorrência de patógenos e de pragas, que possam ser veiculados pelo substrato. Contudo, a obrigatoriedade deste procedimento é recente (CENTRO DE DEFESA SANITÁRIA VEGETAL, 1999).

Desta forma, na citricultura brasileira, muitos dos porta-enxertos que ainda estão no campo, podem ter sido produzidos em substratos naturais. E, nestas condições, ainda que os porta-enxertos pudessem ter interagido com uma comunidade microbiana benéfica eventualmente presente no substrato, este pode também ter veiculado doenças e pragas. Este fato, aliado às conseqüências do monocultivo, da utilização generalizada de um único porta-enxerto, do uso intensivo de biocidas e outros fatores bióticos e abióticos do sistema, podem ter colaborado com as perdas significativas que estão ocorrendo na produção.

Atualmente, é obrigatória a desinfestação de substratos para a formação de porta-enxertos para os citros. Contudo, esta prática acarreta também a redução ou eliminação de microrganismos benéficos presentes no substrato, tais como fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (KURLE; PFLEGER, 1994; MINHONI; AULER, 2003) e outros (VENANCIO, 1993), podendo comprometer a formação e qualidade das plantas (WEBER et al., 1990; EISSENSTAT et al., 1993; MELLONI et al., 2000).

Apesar do valor e função reconhecidos dos FMAs e de outros microrganismos no crescimento e nutrição de plantas, inclusive para os citros, a utilização destes na citricultura brasileira ainda é restrita à pesquisas.

#### 2. 4. Fungos micorrízicos arbusculares em citros

Efeitos positivos de FMAs sobre o crescimento e nutrição de plantas cítricas foram observadas por diversos autores na América do Norte (EISSENSTAT et al., 1993; NEMEC et al., 1996; FIDELIBUS et al., 1999; e outros), na Europa (DUTRA et al., 1996; e outros), no Mediterrâneo (GEORGIOU, 2002; e outros), na Ásia, na Oceania (TREEBY, 1992; e outros) na América do Sul (CARDOSO et al., 1986; FONSECA et al., 1994; MELLONI et al., 2000; e outros) e outras regiões. Redução na incidência e/ou controle de patógenos radiculares (AGNANI, 2002), aumento na resistência a estresses abióticos, tais como déficit hídrico, excesso de sais e de metais pesados, também foram relatados em plantas cítricas em função da presença de fungos micorrízicos arbusculares (LINDERMAN, 1994).

As micorrizas possuem uma maior superfície de contato com o solo, dada à presença do micélio externo à raiz. Este micélio pode crescer para além da zona de depleção de nutrientes, aumentando assim, o potencial de absorção de água e nutrientes,



principalmente os imóveis como o fósforo, o cobre e o zinco (BAGYARAJ, 1994; LINDERMAN, 1994; CARDOSO FILHO et al., 1999; NOGUEIRA; CARDOSO, 2000; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Ademais, as hifas do micélio, além de apresentarem atividade elevada na absorção de fósforo (SILVEIRA; CARDOSO, 1990), capacidade esta freqüentemente inferida quando o teor de fósforo é baixo e/ou quando este é adicionado na forma de fosfatos de rocha (MINHONI et al., 1993ab), melhoram a estruturação do solo e interação, de modo direto ou indireto, com a biota rizosférica, inclusive patógenos de plantas e antagonistas destes (LINDERMAN, 1994).

Quanto à interações das micorrizas com a biota rizosférica, Xavier e Germida (2003) encontraram bactérias rizosféricas dos gêneros *Alcaligenes*, *Bacillus* spp., *Burkholderia*, *Flavobacterium* e *Pseudomonas* em esporos de *Glomus clarum*. Os efeitos destas bactérias sobre os esporos variaram desde a inibição até a promoção da germinação e crescimento miceliano.

FRACCHIA et al. (2003) isolaram a levedura *Rhodotorula mucilaginosa* de rizosfera de milho e verificaram efeitos positivos desta na germinação de esporos de *Glomus mosseae* e *Gigaspora rosea*, *in vitro*. Em condições de casa de vegetação, a levedura exerceu efeitos positivos sobre a produção de massa vegetal (aérea e radicular) e colonização micorrízica das associações *Glomus mosseae*-soja e *Gigaspora rosea*-trevo (*Trifolium pratense*), quando a sua inoculação foi feita duas semanas antes da inoculação do FMA. A inoculação da levedura concomitantemente ou duas semanas após o FMA, não exerceu efeitos positivos no crescimento das plantas e colonização micorrízica.

Os fungos micorrízicos são parte integrante da comunidade rizosférica da maioria das plantas e como tal, exercem e sofrem ações no sistema solo-planta-microrganismos (AZCÓN-AGUILAR; BAREA, 1992; CAMPRUBÍ et al., 1995; DUTRA et al., 1996). Neste contexto, a incidência de nematóides e patógenos radiculares em plantas, bem como

a severidade dos sintomas, podem ser reduzidos com a presença de FMAs. Os mecanismos propostos são diversos mas sempre condicionados à alterações na fisiologia da associação micorrízica, podendo incluir um ou mais dos seguintes aspectos, dentre outros: 1. alteração na exsudação radicular, mediada por fatores bióticos e abióticos do sistema; 2. aumento do vigor da planta em função da melhoria na nutrição; 3. competição por sítios de infecção e/ou por fotoassimilados; 4. aumento de microbiota rizosférica antagonica ao patógeno; 5. alterações morfológicas nos tecidos radiculares; 6. maior tolerância à estresses abióticos (LINDERMAN, 1994; KURLE; PFLEGER, 1994).

A ocorrência natural de diversos FMAs em viveiros e/ou em pomares de citros tem sido constatada em diversos Estados do país, incluindo Minas Gerais (SIQUEIRA et al., 1989), Bahia (WEBER; OLIVEIRA, 1994), Sergipe (WEBER; OLIVEIRA, 1994; OLIVEIRA; COELHO, 1995), Rio Grande do Sul (SOUZA et al., 2002), dentre outros.

No Estado do Rio Grande do Sul, Souza et al. (2002) constataram a presença dos seguintes FMAs, em ordem decrescente, em viveiros e pomares cítricos: *Glomus macrocarpum* > *Scutelospora heterogama* > (*Acaulospora scrobiculata* = *Acaulospora birreticulata*) > (*Glomus invernaium* = *Glomus occultum* = *Entrophospora colombiana*) > (*Glomus claroideum* = *Glomus constrictum*) > *Scutelospora persica*. Contudo, a intensidade e efetividade da associação micorrízica nestas condições naturais têm variado em função de fatores intrínsecos aos macro e microsimbiontes envolvidos e a fatores bióticos e abióticos do sistema, especialmente o teor de fósforo disponível no solo.

No Estado de Sergipe, a diversidade de FMAs foi observada por Weber e Oliveira (1994) e por Oliveira e Coelho (1995). Os primeiros autores analisaram nove pomares (6 a 8 anos pós enxertia) e sete viveiros (8 a 10 meses pós enxertia) de laranja “Pêra” em limoeiro “Cravo”. Os fungos micorrízicos detectados e em ordem decrescente foram: *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora spinosa*, *Glomus occultum*, *Glomus etunicatum*,

*Acaulospora longula*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora appendiculata*, *Acaulospora morrowae*, *Scutelospora heterogama* e *Scutelospora pellucida*. A colonização variou de 51 a 63% e de modo geral, os valores maiores foram observados nos solos mais pobres. Oliveira e Coelho (1995) também observaram diversidade elevada de fungos micorrízicos em 50 pomares cítricos, com predominância dos gêneros *Glomus* e *Gigaspora*. A colonização radicular foi menor, variando de 20 a 30%, sendo que os dados maiores foram observados em solos com teor de fósforo disponível menor que 8 mg kg<sup>-1</sup>.

No Estado de Minas Gerais, Siqueira et al. (1989) já relataram a presença dos FMAs *Acaulospora morrowae*, *Acaulospora appendiculata*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora* sp e *Glomus intraradices*. A colonização variou de 47 a 71%. Ainda neste Estado, Caldeira et al. (1983) verificaram a presença dos FMAs *Gigaspora margarita*, *Glomus occultum*, *Acaulospora* sp e *Acaulospora scrobiculata*.

Embora comunidades de FMAs possam estar presentes na maioria dos solos, as associações micorrízicas devida à estas podem não ser funcionais a ponto de resultar em efeitos positivos na crescimento e nutrição das plantas. Os fatores podem ser diversos e, para muitos autores, o mais importante é o nível de fósforo no solo. Outros fatores também importantes são o potencial baixo de inóculo, a viabilidade baixa deste, a defasagem entre a germinação dos propágulos e a presença de raízes, o índice pH, a temperatura, a microbiota rizosférica, a adubação, biocidas e outros fatores bióticos e abióticos desfavoráveis (WILSON; TOMMERUP, 1992; SAFIR, 1994; BURKE et al., 2003; XAVIER; GERMIDA, 2003). O histórico cultural da área bem como a cultura atual, particularmente em termos de suscetibilidade e de sua influência sobre os propágulos micorrízicos, também são fatores a serem considerados (WILSON; TOMMERUP, 1992).

Carvalho et al. (1995) estudaram o efeito de práticas culturais de controle de ervas daninhas sobre a micorrização em laranjeiras “Pêra” com 7 anos de idade, sem inoculação prévia de FMAs, no Estado da Bahia. As práticas envolviam combinações de capina, roçada, gradagem, leguminosas como adubação verde e herbicidas. A colonização micorrízica foi baixa, de 18 a 28%, não havendo diferenças entre as práticas culturais adotadas.

Pelissari (1992) verificou a colonização micorrízica natural de limoeiro “Cravo” enxertado com laranja “Pêra”, Município de Conchal, SP, após 13 anos sem ou com capinas ou aplicações anuais dos herbicidas Terbacil, Simazine, Dichlobenil, Diuron, Bromacil ou Bromacil+Diuron. A colonização foi baixa em todos os tratamentos, variando de 3,5 a 15%. A adição de Terbacil, Bromacil ou Bromacil+Diuron, reduziu a colonização em relação às testemunhas sem e com capinas.

Na associação micorrízica e em especial quando o macrossimbionte é uma planta perene ou semi-perene, três aspectos devem ser considerados: **1.** a precocidade da infecção, uma função do potencial de inóculo existente no substrato e da localização deste em relação ao sistema radicular, o que condiciona o sucesso da interação, ou seja, o grau e a eficiência desta. **2.** muitas frutíferas e outras plantas perenes e semiperenes passam por uma fase de formação de mudas em viveiros e em substratos desinfestados, para diminuição e/ou eliminação de sementes de plantas daninhas, pragas e/ou patógenos. Para os citros, esta prática é recente e obrigatória. Mas, neste processo, há redução ou eliminação de microrganismos benéficos eventualmente presentes, inclusive os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs); **3.** sabendo-se da importância de FMAs para as plantas de modo geral, aquelas que passam por esta fase de viveiro podem ser micorrizadas logo no início de seu crescimento e com FMAs selecionados. Nestas condições, trabalha-se

com um potencial de inóculo abundante e localizado próximo ao sistema radicular e fatores bióticos e abióticos podem ser manejados (SAFIR, 1994).

Desta forma, a introdução de FMAs em substratos, principalmente os desinfestados, tem favorecido a formação de porta-enxertos cítricos e mudas de outras frutíferas, medida através de diversas variáveis do crescimento e/ou da absorção de nutrientes (KLEINSCHMIDT; GERDEMANN, 1972; MENGE et al., 1980; LIN, 1986; SOARES; MARTINS, 2000).

A tabela 1 reúne informações da literatura nacional consultada sobre as interações entre porta-enxertos cítricos e FMAs.

Os efeitos positivos observados nestes trabalhos incluem aumentos na altura, no diâmetro de caule, nas massas vegetais aérea e radicular, na absorção de fósforo, magnésio, cálcio, potássio, enxofre, ferro, manganês e zinco, e/ou no controle de patógeno radicular.

A introdução de FMAs em substratos também tem favorecido a formação de mudas de outras frutíferas, tais como abacate (SILVA; SIQUEIRA, 1991; SILVEIRA et al., 2002), manga (SILVA; SIQUEIRA, 1991), maracujá (SOARES; MARTINS, 2000), mamoeiro (RAMIREZ et al., 1975; SILVA, SIQUEIRA, 1991; MOHANDAS, 1992; TRINDADE et al., 2000; TRINDADE et al., 2001; MINHONI; AULER, 2003), goiaba (SCHIAVO; MARTINS, 2002) e outras plantas.

Ressalte-se que o grau da micorrização bem como os efeitos desta sobre variáveis do crescimento e nutrição da planta, bem como outras variáveis, estão diretamente relacionados com o teor de fósforo na planta (EISSENSTAT et al., 1993).

## 2. 5. Efeito do fósforo na associação micorrízica

Um dos fatores que mais afeta a colonização e esporulação micorrízica é o teor de fósforo no solo e, conseqüentemente, na planta. Em condições de teores de fósforo muito baixos no solo, a micorrização é limitada em decorrência do menor crescimento da planta.

Com o aumento da fertilidade do solo, especialmente em termos de fósforo, ocorre melhoria no estado nutricional da planta e a micorrização é aumentada (KURLE; PFLEGER, 1994). Nesta situação de teor moderado de fósforo no solo, os pontos de infecção, a colonização, o comprimento do micélio externo e o número de esporos micorrízicos são aumentados (WILSON; TOMMERUP, 1992). Porém, em condições de excesso de fósforo no solo, a micorrização é diminuída (SAFIR, 1994).

Tabela 1. Associações micorrízicas arbusculares experimentadas na citricultura brasileira.

Porta-enxerto	FMA	Literatura consultada
tangerina ‘Cleópatra’	<i>Glomus etunicatum</i>	Weber et al., 1990; Cardoso e Lambais, 1993;
	<i>Glomus clarum</i>	Fonseca et al., 1994; Gomes, 1997; Melloni e Cardoso, 1999;
	<i>Glomus intraradices</i>	Gomes, 1997; Melloni e Cardoso, 1999;
laranja ‘Caipira’	<i>Glomus leptotichum</i>	Cardoso et al., 1986;
	<i>Gigaspora gilmorei</i>	Cardoso et al., 1986;
	<i>Glomus intraradices</i>	Gomes, 1997; Melloni e Cardoso, 1999;
	<i>Glomus clarum</i>	Gomes, 1997; Melloni e Cardoso, 1999;

	<i>Glomus leptotichum</i>	Cardoso et al., 1986;
	<i>Gigaspora gilmorei</i>	Cardoso et al., 1986;
limoeiro “Cravo”	<i>Glomus etunicatum</i>	Antunes e Cardoso, 1990; Weber et al., 1990; Agnani, 2002; Oliveira et al., 1992;
	<i>Glomus clarum</i>	Fonseca et al., 1994; Gomes, 1997;
	<i>Glomus intraradices</i>	Gomes, 1997; Melloni et al., 2000; Agnani, 2002
Limoeiro “Rugoso da Flórida”	<i>Glomus etunicatum</i>	Weber et al., 1990; Oliveira et al., 1992;
	<i>Gigaspora margarita</i>	Cardoso et al., 1986;
limoeiro ‘Volkameriano’	<i>Gigaspora gilmorei</i>	Cardoso et al., 1986;
	<i>Glomus leptotichum</i>	Cardoso et al., 1986;
	<i>Glomus etunicatum</i>	Weber et al., 1990;

A relação inversa entre o teor de fósforo disponível no solo e as variáveis da micorrização, com conseqüente queda nos efeitos positivos sobre variáveis do crescimento vegetal, é bastante conhecida (CARDOSO et al., 1986; PARON et al, 1997; NOGUEIRA; CARDOSO, 2000). Segundo Moreira e Siqueira (2002), em condições de suprimento elevado de fósforo, a inibição da colonização ocorre indiretamente, sendo resultante de alterações na atividade metabólica da planta. O processo é complexo e as hipóteses apresentadas são que: **a.** lectinas livres nas células radiculares ligam-se a carboidratos do fungo, inibindo o seu crescimento e colonização radicular; **b.** aumenta-se a biossíntese de fosfolipídeos e, como conseqüência, ocorre diminuição na permeabilidade celular e exsudação radicular, o que diminui a infecção e colonização radicular; **c.** a fotossíntese é aumentada e ocorre aumentos no dreno de sacarose e/ou seus derivados para o sistema radicular e, a concentração maior destes compostos no sistema radicular inibiria os propágulos do fungo micorrízico, tal como já verificado “*in vitro*”.

Todavia, o teor de fósforo disponível que limita a colonização micorrízica é muito variável em função da planta e fungo envolvidos no processo. Ademais, fatores como a disponibilidade de água, o índice pH, a concentração de sais e outros, podem influenciar a formação da micorriza de modo direto ou mesmo indireto, afetando a disponibilidade de nutrientes (SAFIR, 1994). Para algumas combinações, a esporulação e a colonização são elevadas mesmo sob níveis elevados de fósforo disponível no solo (CARDOSO et al., 1986; WEBER; AMORIM, 1994).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, em Botucatu, São Paulo, Brasil, Latitude 22° 51' Sul, Longitude 48° 27' Oeste e Altitude 786 m. A amostra de terra utilizada na composição do substrato foi de um Latossolo Vermelho amarelo (EMBRAPA, 1999), do Município de Botucatu, SP. A amostra, coletada a 0-20cm e peneirada a 2mm (peneira ABNT nº 10), apresentou-se com as seguintes características químicas: pH em CaCl<sub>2</sub> = 3,4; matéria orgânica = 33 g dm<sup>-3</sup>; P = 4 mg dm<sup>-3</sup>; H + A1 = 8,8 cmol kg<sup>-1</sup>; K = 0,03 cmol kg<sup>-1</sup>; Ca = 0,09 cmol kg<sup>-1</sup>; Mg = 0,1 cmol kg<sup>-1</sup>; T = 1,16 cmol kg<sup>-1</sup> e V = 11%. Nas determinações do P, K, Ca, e Mg, a extração foi efetuada em resina. (RAIJ; QUAGGIO, 1983). As características granulométricas foram: areia total = 760 g kg<sup>-1</sup>; silte = 40 g kg<sup>-1</sup> e argila total = 200 g kg<sup>-1</sup>.

#### 3. 1. Fase de bandejas

##### 3. 1. 1. Semeadura

O substrato utilizado nesta fase foi uma mistura de areia grossa de rio lavada + vermiculita textura fina (1:1, v/v), disposto em bandejas de isopor com células de 30 cm<sup>3</sup> de capacidade. Previamente à semeadura, o substrato foi umedecido a 80% da capacidade efetiva de retenção de água, aproximadamente, e autoclavado por duas vezes a 120° C, durante 1 hora.

Sementes extraídas de frutos maduros de limoeiro “Cravo” foram lavadas em água corrente, desinfestadas superficialmente, através de imersão, por dez minutos, em solução

de hipoclorito de sódio 0,5%, lavadas novamente em água corrente por duas vezes e secas à sombra. Após, procedeu-se a semeadura nas bandejas de isopor, na proporção de uma semente por célula e cada célula com 30 cm<sup>3</sup> de substrato.

### 3. 1. 2. Inoculação de fungo micorrízico arbuscular

O substrato utilizado nesta fase foi uma mistura de terra + areia grossa de rio lavada + vermiculita textura fina (2:1:0,5, v/v), disposto em bandejas de isopor com células de 100 cm<sup>3</sup> de capacidade.

Previamente à composição do substrato, procedeu-se à calagem (V= 90 %) da amostra de terra com calcário dolomítico (PRNT 91%), umedeceu-se a 70% da c.e.r.a., aproximadamente, e incubou-se por 20 dias. Após, as amostras de terra e areia foram umedecidas a 80% da c.e.r.a. e submetidas à tinalização, separadamente, em autoclave sob vapor fluente (100° C, 1 hora, três dias consecutivos). Após, as amostras foram secas ao ar e misturadas em conjunto com a vermiculita para a composição do substrato.

Após o preparo do substrato e aos 59 dias após a semeadura, procedeu-se a inoculação dos FMA e o transplante das plântulas, uma por célula.

Os inóculos dos FMA foram colocados na base da célula, na forma de substrato de cultivo de *Brachiaria decumbens* micorrizada, contendo uma média de 380 esporos+micélio+raízes, para cada fungo inoculado. Os volumes de substratos adicionados foram 6, 30 ou 30 cm<sup>3</sup> para os tratamentos inoculados com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* ou *Scutelospora heterogama*, respectivamente. Procedeu-se o transplante e completou-se o volume com o substrato terra + areia grossa de rio lavada + vermiculita textura fina. Para os tratamentos sem FMA, adicionaram-se 30 cm<sup>3</sup> de substrato de cultivo de *Brachiaria decumbens* sem micorriza. Os inóculos de FMA foram

procedentes da Micoteca do Laboratório de Microbiologia do Solo, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. A multiplicação foi feita em rizosfera de *Brachiaria decumbens*, cultivada em areia autoclavada, 120° C, durante 1 hora. A nutrição de *Brachiaria decumbens* foi feita com solução nutritiva de macro e micronutrientes de Hoagland e Arnon, diluída à 50%, uma vez por semana. O manejo da água foi diário, com água destilada, procurando-se manter a umidade do substrato num nível adequado, evitando-se perdas por lixiviação.

Após a inoculação dos FMA e transplante das plântulas, 5 cm<sup>3</sup> de água destilada foram adicionados diariamente em cada célula. Durante esta fase de crescimento das plântulas na presença ou ausência de FMA, 5 cm<sup>3</sup> de solução nutritiva de macro e micronutrientes de Hoagland e Arnon, sem ferro e sem manganês, diluída a 50%, foram adicionados em cada célula, uma vez por semana.

### 3. 2. Fase de vasos

Aos 70 dias após a inoculação, ou seja, aos 129 dias após a semeadura, procedeu-se o transplante das mudas para vasos contendo substrato composto de terra fumigada + areia grossa de rio lavada e autoclavada (2:1, v/v), na proporção de uma planta por vaso.

#### 3. 2. 1. Desinfestação do substrato

A fumigação da amostra de terra foi feita com brometo de metila (98%) mais cloropicrina (2%). Para tanto, a amostra de terra foi umedecida até 70% da capacidade efetiva de retenção de água, aproximadamente, e disposta sob lona plástica por 72 horas para a ação do agente fumigante, dose de 200 cm<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> de terra. Após esse período,

retirou-se a lona plástica e a amostra de terra foi ventilada naturalmente por 20 dias (FERNANDES et al., 1987). A amostra de areia foi autoclavada a 120° C, durante 1 hora.

### 3. 2. 2. Calagem e adubação

Em seguida, prepararam-se os vasos com a mistura de 2000 cm<sup>3</sup> de terra fumigada + 1000 cm<sup>3</sup> de areia autoclavada. Procedeu-se à calagem (V= 90 %, 8,6 g de calcário dolomítico - PRNT 91%, por vaso), umedeceu-se a 70% da c.e.r.a., aproximadamente, e incubou-se por 34 dias.

Após, adicionaram-se 50 mg kg<sup>-1</sup> de K no solo (0,19 g de KCl por vaso), 40 mg kg<sup>-1</sup> de N no solo [0,38 g de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por vaso] e fósforo, em cada vaso. As doses de fósforo adicionadas foram: 15, 30, 45, 60, 120 e 240 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, na forma de superfosfato triplo (430 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no solo), o que equivaleu à adição de 0,08, 0,16, 0,24, 0,32, 0,64 e 1,28 g kg<sup>-1</sup> de superfosfato triplo no solo, respectivamente. Prepararam-se também, vasos sem adição de fósforo. Após homogeneização, procedeu-se o transplante das mudas, com os respectivos torrões. Como adubação de cobertura, foram aplicados 40 mg kg<sup>-1</sup> de N no solo, na forma de nitrato de amônio, aos 17, 60 e 113 dias do cultivo em vasos. A umidade do substrato foi mantida em torno de 60% da c.e.r.a., aproximadamente, com adição diária de água destilada. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições, segundo um esquema fatorial 4x6 (com três FMA e um nível sem FMA; com cinco doses de adubo fosfático e um nível sem esse adubo).

Solução de micronutrientes de Hoagland e Arnon, sem manganês, foi adicionada no substrato logo após o transplante, num volume de 100 ml por vaso. Após, solução completa de micronutrientes foi adicionada uma vez por semana, 100 ml por vaso.

Após a correção da acidez e adubação, o substrato dos tratamentos (fósforo adicionado,  $\text{mg kg}^{-1}$  = 0, 15, 30, 45, 60, 120 e 240) apresentaram as seguintes características químicas:

Características químicas	Fósforo adicionado, $\text{mg kg}^{-1}$						
	0	15	30	45	60	120	240
pH, $\text{CaCl}_2$	5,97	5,80	5,97	5,73	5,73	5,63	5,70
M. O., $\text{g dm}^{-3}$	15,33	17,33	15,00	19,00	17,00	20,33	20,00
P(resina), $\text{mg dm}^{-3}$	0	4,33	9,33	13,00	18,33	43,33	71,67
H + Al, $\text{m mol}_c \text{ dm}^{-3}$	15,33	16,33	14,67	17,33	16,33	18,33	17,33
K, $\text{m mol}_c \text{ dm}^{-3}$	1,77	1,50	1,57	1,30	1,10	1,80	1,67
Ca, $\text{m mol}_c \text{ dm}^{-3}$	39,67	42,00	43,67	36,67	36,67	39,67	44,00
Mg, $\text{m mol}_c \text{ dm}^{-3}$	12,33	13,33	12,33	9,67	9,67	11,33	12,33
SB, $\text{m mol}_c \text{ dm}^{-3}$	53,33	56,67	57,33	47,33	47,67	53,00	57,67
CTC, $\text{m mol}_c \text{ dm}^{-3}$	68,00	73,67	72,33	65,00	64,00	71,33	75,00
V, %	78,00	77,00	79,33	72,67	74,33	74,33	76,67

Aos 150 dias após o transplante para os vasos, ou seja, aos 79 dias após a semeadura, determinaram-se o número de folhas, a altura das plantas, o diâmetro do caule, as massas vegetais aérea e radicular, o teor de nutrientes no limbo foliar e a colonização micorrízica. Para as variáveis do crescimento e nutrição vegetal, determinou-se o efeito da inoculação (EI) de cada um dos FMAs utilizados, segundo a equação:  $\text{EI} = [(\text{variável em plantas inoculadas com o FMA} - \text{variável em plantas não inoculadas com o FMA}) / \text{variável em plantas não inoculadas com o FMA}] \times 100$ .

A altura das plantas foi medida da base do caule, a cerca de 1 cm acima do substrato, até o ápice da folha mais jovem, fazendo-se uso de uma fita métrica.

O diâmetro do caule foi medido na base, a cerca de 1 cm acima do colo, fazendo-se uso de um paquímetro.

Para determinação da matéria seca da parte aérea, cortou-se a parte aérea na base do caule, a cerca de 1 cm acima do substrato, lavou-se com água corrente e água destilada. Colocou-se em estufa a 60 °C com circulação forçada de ar até peso constante. A seguir, determinou-se o peso da massa seca em balança analítica.

Para determinação da matéria fresca da parte radicular, esta foi lavada em água corrente e deixada em repouso sobre papel absorvente por cerca de quinze minutos. A seguir, A seguir, determinou-se o peso da massa fresca em balança analítica.

Após determinação do peso da massa fresca radicular, determinou-se a colonização micorrízica. Para tanto, amostras das raízes foram conservadas em álcool a 50 %. A seguir, procedeu-se descoloração e coloração das raízes, segundo método proposto por Vierheilig et al. (1998), no qual se faz uso de soluções de KOH (10%), ácido acético (vinagre, 5%), tinta preta (de caneta tipo tinteiro, 5%) e lactoglicerol. Para avaliação da colonização micorrízica, adotou-se o método proposto por Giovannetti e Mosse (1980), dispendo-se 20 segmentos de 1 cm de raiz em lâmina de microscopia, seguido da observação e avaliação em microscópio óptico sob aumento de 40 vezes. Prepararam-se três lâminas por repetição, ou seja, por vaso.

Para a análise de nutrientes nas folhas, adotaram-se métodos descritos por Malavolta et al. (1989), conforme o que se segue:

Nutrientes	Metodologias
N	Extração por digestão ácida a quente, sulfúrica, método semi-micro Kjeldahl.

K, Ca, Mg, Cu, Fé, Mn, Zn	Extração nítrico-perclórica, método e determinação por espectrofotometria de absorção atômica.
P	Extração nítrico-perclórica, método de colorimetria do metavanadato, determinação por espectrofotômetro UV / VIS (colorímetro).
S	Extração nítrico-perclórica, método de turbidimetria do sulfato de bário, determinação por espectrofotômetro UV / VIS (colorímetro).
B	Extração via seca (incineração), método de colorimetria da azometina H, determinação por espectrofotômetro UV / VIS (colorímetro).

### 3. 2. 3. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância para experimentos em blocos casualizados e, para comparação das médias, o teste de Tukey a 5% de significância. Para a análise, os dados de contagem (número de folhas) foram transformados para  $(x+1/2)^{1/2}$  e os dados em porcentagem (colonização micorrízica) foram transformados para arc seno  $(x/100)^{1/2}$ . Para as análises de regressão, utilizou-se o "software Table Curve 2D" (Jandel Scientific), sendo escolhida a equação de melhor ajuste de acordo com o maior coeficiente de determinação.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Crescimento das plantas de porta-enxerto limoeiro “Cravo”

Os valores de “P” (nível de significância) para a altura, o diâmetro de caule, o número de folhas, a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria fresca da parte radicular (MFPR) do porta-enxerto limoeiro “Cravo” são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores de “P”(nível de significância) obtidos na análise de variância de altura, diâmetro, número de folhas, matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria fresca da parte radicular (MFPR) do porta-enxerto limoeiro “Cravo”.

Causas de Variação	Altura	Diâmetro	Nº Folhas	MSPA	MFPR
Doses de P	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
FMA	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
Doses de P x FMA	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
CV %	7,18	8,94	7,15	11,01	13,22

\*: significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste “F”; FMA: fungo micorrízico arbuscular.

A adição de doses crescentes de fósforo ao substrato e a inoculação com os FMAs, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama*, isoladamente ou em conjunto, exerceram efeitos positivos sobre o diâmetro do caule, a altura, o número de folhas, a MSPA e a MFPR do porta-enxerto limoeiro “Cravo”.



#### 4. 1. 1. Efeito do fósforo

O efeito do fósforo, nutriente limitante no experimento, sobre o crescimento do limoeiro “Cravo”, seguiu comportamentos esperados. Para as plantas não inoculadas com FMA as interações obtidas entre este nutriente e o diâmetro do caule, a altura, o número de folhas, a MSPA e a MFPR foram expressas através da equação  $y=a+bx$  (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5). Para as plantas inoculadas com FMA, por sua vez, as interações foram expressas através da equação  $y=a+bx+cx^{0.5}$  (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5). Estas interações são reflexo do efeito do fósforo sobre o crescimento das plantas sem e com FMA.

O limoeiro “Cravo”, planta que necessita de concentrações elevadas de fósforo (FONSECA et al, 1994; GOMES, 1997), apresentou-se com um crescimento baixo e constante na ausência de FMA, em função do fósforo adicionado ao substrato (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5). Nesta condição de suprimento insuficiente de fósforo e ausência de fungos micorrízicos, o diâmetro do caule variou de 0,1 a 0,23 cm, a altura variou de 6,4 a 10,5 cm, o número de folhas variou de 11 a 16, a MSPA variou de 0,2 a 0,6 g e a MFPR variou de 0,9 a 2,3 g, respectivamente nos tratamentos sem e com adição de  $240 \text{ mg kg}^{-1}$  de P no solo.

Melloni e Cardoso (1999) obtiveram valores maiores para a MSPA de plantas de limoeiro “Cravo” não inoculadas com FMA, os quais variam de 0,2 a 3,9 g em função de condições de adubação fosfática semelhantes às do presente experimento. Para Melloni et al. (2000), os dados de crescimento das plantas não inoculadas também foram maiores aos do presente experimento; o diâmetro do caule, a altura e a MSPA situaram-se aproximadamente entre 0,1 a 0,5 cm, 15 a 45 cm e 0,2 a 5,0 g, respectivamente, também em função de condições de adubação fosfática semelhantes às do presente experimento.

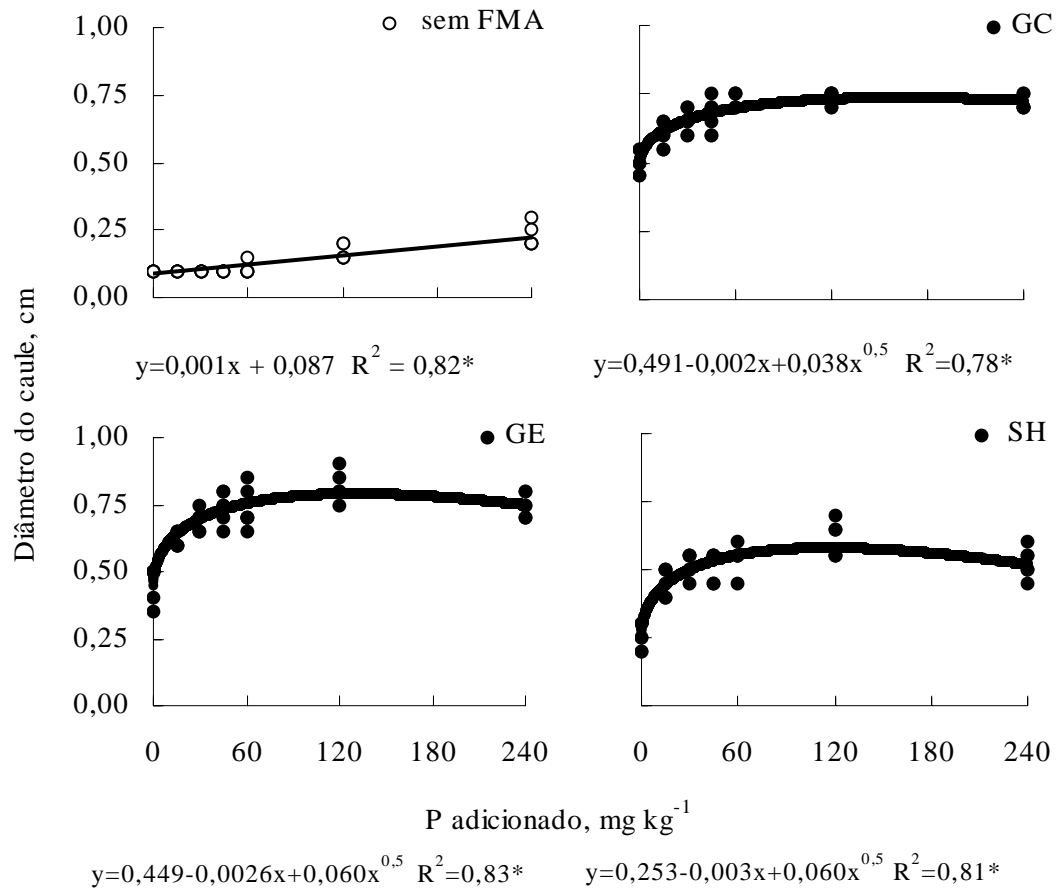


Figura 1. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o diâmetro do caule, cm, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

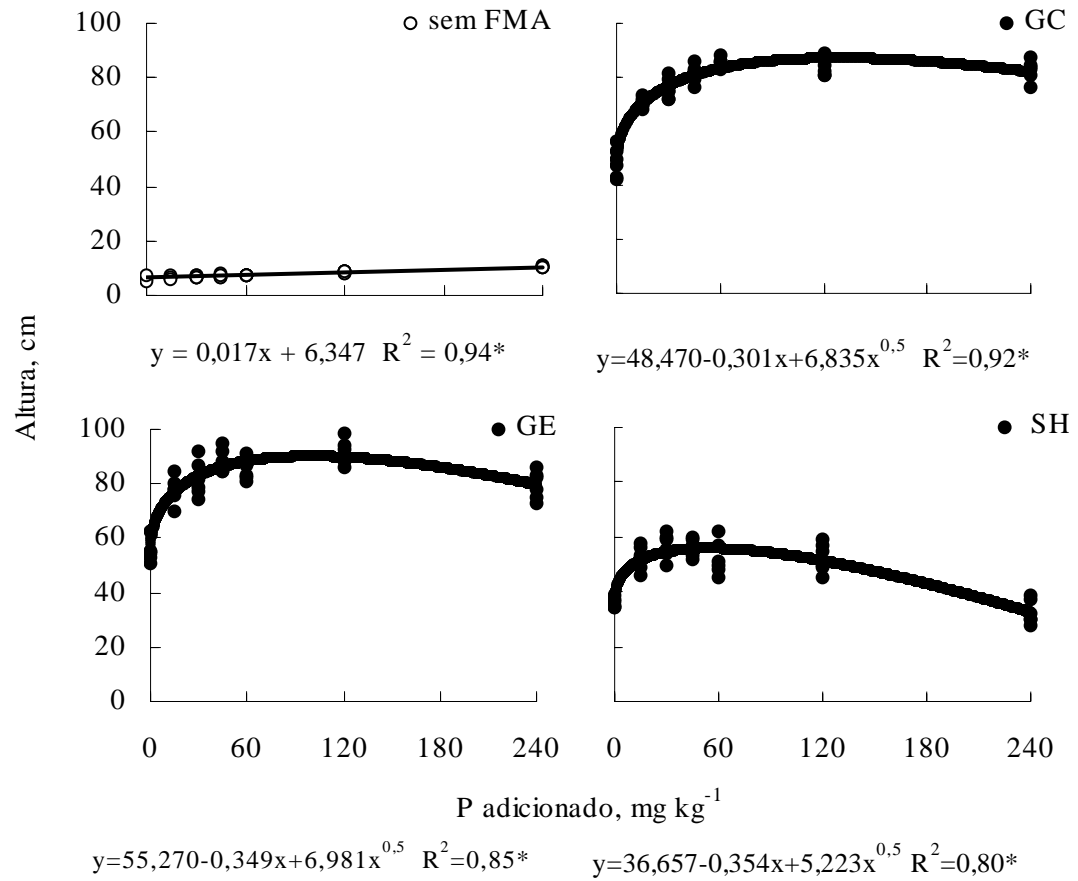


Figura 2. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e a altura, cm, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

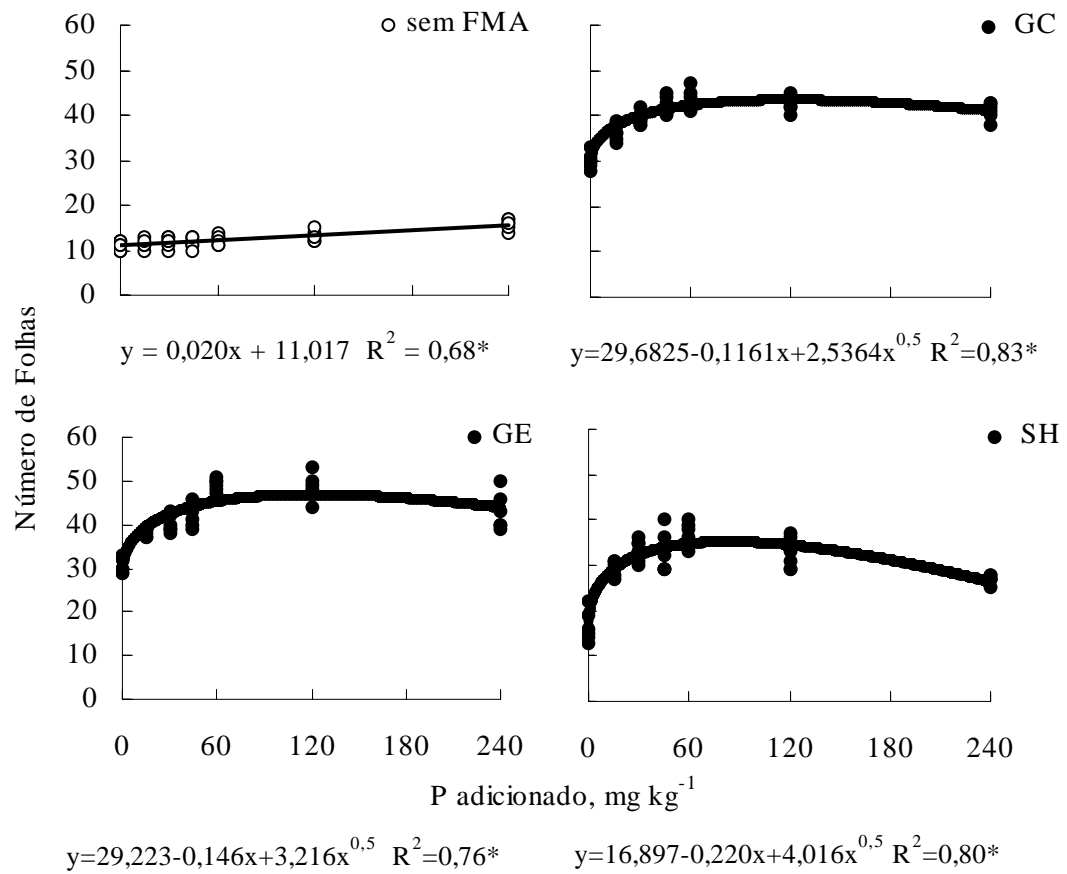


Figura 3. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o número de folhas do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

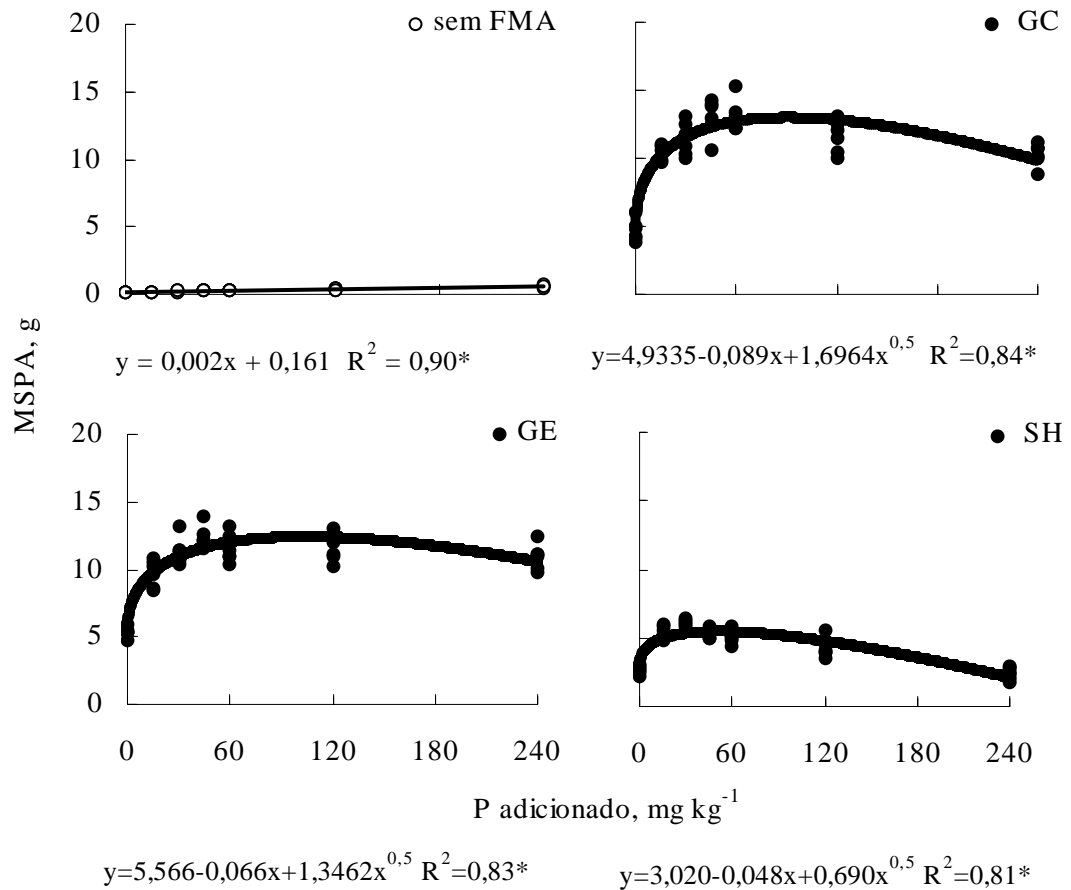


Figura 4. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e a matéria seca da parte aérea (MSPA), g, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

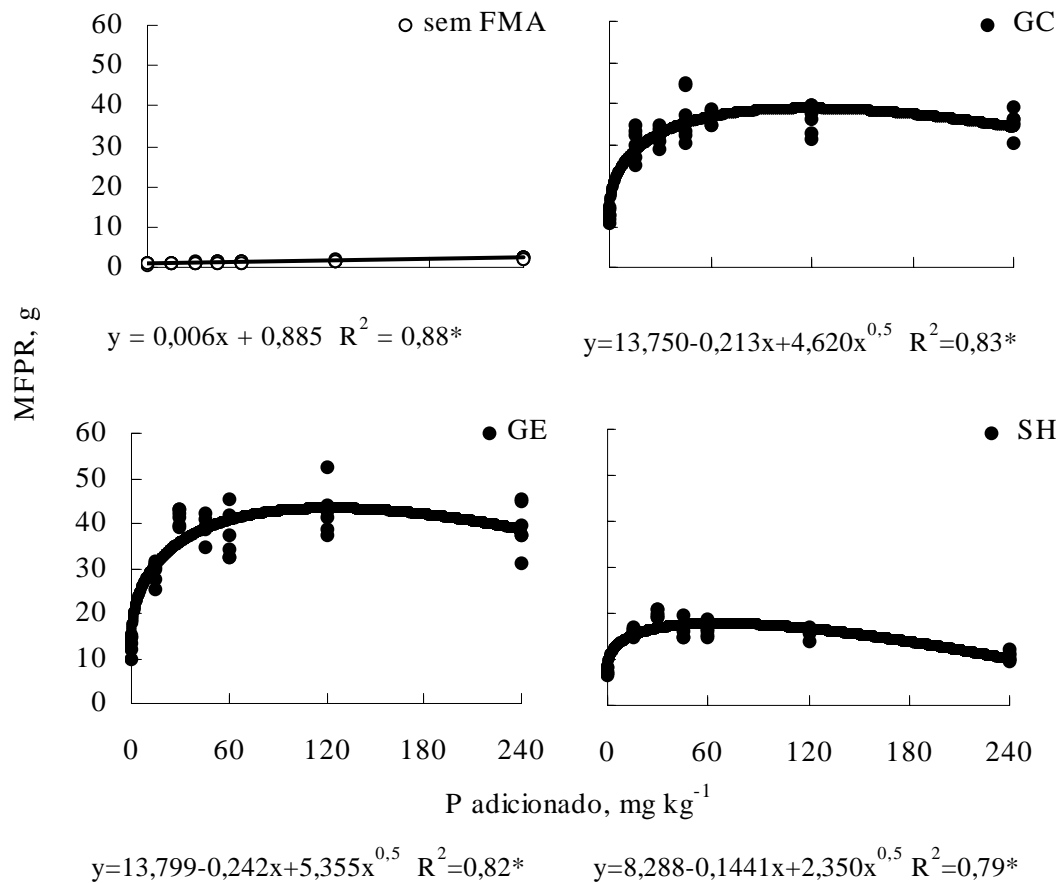


Figura 5. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e a matéria fresca da parte radicular (MFPR), g, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Moreira et al (2000) obtiveram valores de 1,2 cm para o diâmetro e 53 g para a MSPA, aproximadamente, para plantas de limoeiro “Cravo” com cinco meses de idade, cultivadas em vasos [mistura de amostra de um Latossolo Vermelho escuro (35%) + composto orgânico (25%) + areia grossa (15%) + casca de arroz carbonizada (15%) +

esterco de galinha (10%), adicionado de 577 mg kg<sup>-1</sup> de P]. Gomes (1997) obtiveram 0,2 cm para o diâmetro de caule, 7,4 cm para a altura e 0,03 g para a MSPA de plantas de limoeiro “Cravo” com seis meses de idade cultivadas na ausência de adubação fosfática. As adições de 200 e 800 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo elevaram estes dados para 0,6 cm, 50 cm e 6,7 g e para 0,6 cm, 70 cm e 11,9 g, respectivamente. Por outro lado, Carvalho (1994), estudando a produção de porta-enxertos cítricos (5 meses de idade) em bandejas com 75 cm<sup>3</sup> de substrato (vermiculita/solo orgânico/casca de pinus), com adição de 500 mg kg<sup>-1</sup> de P e doses crescentes de nitrato de potássio, obteve dados médios semelhantes aos do presente experimento, ou seja, 0,27 cm para o diâmetro de caule, 10,1 cm para a altura e 0,53 g para a MSPA, nos tratamentos adicionados periodicamente com 10 cm<sup>3</sup> de solução 0,2% de KNO<sub>3</sub>.

Esta variação no crescimento de plantas não inoculadas tem fundamento nas características de cada experimento em si, incluindo desde o vigor das sementes, o tipo de substrato, o tipo e nível de adubação, a época de transplante das mudas para o vaso de cultivo, a idade das plantas, as condições edafo-climáticas e outros fatores.

Para as plantas inoculadas com FMA, por sua vez, a adição de fósforo até as doses de 120, 30-60, 60, 30-45 e 30-45 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, promoveu aumentos gradativos no diâmetro do caule, na altura, no número de folhas, na MSPA e na MFPR, respectivamente. Os valores máximos obtidos para o diâmetro do caule foram 0,82, 0,73 e 0,61 cm, para a altura foram 91,4, 83,3 e 55,9 cm, para o número de folhas foram 49, 44 e 37, para a MSPA foram 12,4, 13,0 e 6,1 g e para a MFPR foram 42,7, 36,9 e 19,9 g, respectivamente em função da inoculação com *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama*. Em doses maiores de fósforo, houve tendência de redução nestas variáveis. Estes resultados confirmam o papel dos FMAs sobre o crescimento vegetal bem como o efeito maior em condições de nível de fósforo abaixo do ótimo para o

crescimento vegetal (ANTUNES, 1987; MINHONI et al., 1993a; BAGYARAJ, 1994; PARON et al., 1997; CARDOSO FILHO et al., 1999; NOGUEIRA; CARDOSO, 2000; MELLONI et al., 2000; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002), ou seja, o efeito positivo da micorrização é inversamente proporcional à disponibilidade de fósforo.

#### 4. 1. 2. Efeito da inoculação com fungo micorrízico arbuscular

A inoculação com os FMAs aumentou o crescimento das plantas, em termos de diâmetro do caule (Tabela 3), altura (Tabela 4), número de folhas (Tabela 5), MSPA (Tabela 6) e MFPR (Tabela 7), em relação às plantas sem inoculação. De modo geral, os efeitos da inoculação com FMA seguiram a ordem decrescente: *Glomus etunicatum* > *Glomus clarum* > *Scutelospora heterogama*.

A presença dos FMAs aumentou a eficiência do limoeiro “Cravo” para absorção de nutrientes, tanto que o desenvolvimento das plantas inoculadas e na ausência de adubação fosfática superou o de plantas não inoculadas submetidas a 240 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo. O diâmetro do caule foi 100, 117 e 9% maior (Tabela 3), a altura foi 428, 363 e 245% maior (Tabela 4), o número de folhas foi 93, 91 e 4% maior (Tabela 5), a MSPA foi 824, 707 e 362% maior (Tabela 6) e a MFPR foi 476, 455 e 220% maior (Tabela 7) nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama*, respectivamente, e na ausência de adubação fosfática, em relação às plantas não inoculadas submetidas a 240 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo.



Tabela 3. Dados médios originais do diâmetro do caule, cm, do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Diâmetro, cm			
0	0,100	0,458	0,500	0,250
15	0,100	0,625	0,600	0,458
30	0,100	0,692	0,650	0,517
45	0,100	0,742	0,667	0,517
60	0,108	0,733	0,725	0,542
120	0,167	0,817	0,733	0,608
240	0,225	0,750	0,717	0,525
Média <sup>(1)</sup>	0,13 D	0,69 A	0,66 B	0,49 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,02, CV%= 8,94.

Tabela 4. Dados médios originais da altura, cm, do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Altura, cm			
0	6,400	55,233	48,400	36,067
15	6,583	77,800	70,667	52,400
30	6,850	81,917	75,717	56,783
45	7,083	88,550	80,933	55,933
60	7,350	85,550	85,300	52,250
120	8,450	91,417	84,017	52,500
240	10,450	79,383	82,433	32,633
Média <sup>(1)</sup>	7,60 D	79,98 A	75,35 B	48,37 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 2,16, CV%= 7,18.

Tabela 5. Dados médios originais do número de folhas do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Número de folhas			
0	5,750	15,500	15,333	8,500
15	5,917	19,333	18,417	14,917
30	6,167	20,333	19,917	16,917
45	6,083	21,333	21,583	16,500
60	6,417	24,830	22,083	18,667
120	6,853	24,500	21,583	16,500
240	8,167	21,750	20,833	13,750
Média <sup>(1)</sup>	6,48 D	21,08 A	19,96 B	15,11 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,64, CV%= 7,15.

Tabela 6. Dados médios originais da matéria seca da parte aérea (MSPA), g, do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	MSPA, g			
0	0,168	5,365	4,682	2,675
15	0,160	9,718	10,365	5,388
30	0,225	11,387	11,408	6,045
45	0,250	12,380	13,033	5,350
60	0,270	11,576	13,027	5,078
120	0,375	11,653	11,593	4,245
240	0,583	10,885	10,257	2,385
Média <sup>(1)</sup>	0,29 C	10,42 A	10,62 A	4,45 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,40, CV%= 11,01.

Tabela 7. Dados médios originais da matéria fresca da parte radicular (MFPR), g, do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	MFPR, g			
0	0,893	13,260	12,770	7,373
15	1,007	29,235	30,158	16,102
30	1,067	41,490	32,018	19,903
45	1,093	39,082	36,870	16,598
60	1,227	37,245	36,643	16,312
120	1,602	42,727	36,077	15,898
240	2,293	39,310	35,258	10,697
Média <sup>(1)</sup>	1,31 D	34,62 A	31,40 B	14,70 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 1,54, CV%= 13,22.

Efeitos positivos da inoculação com FMA sobre o crescimento e utilização de fósforo são comuns na literatura. Micorrizas produzem micélio extraradicular, o qual aumenta o potencial do sistema para a absorção de água e nutrientes, contribuindo também para a melhoria da estruturação do solo (LINDERMAN, 1994; BAGYARAJ, 1994; CARDOSO FILHO et al., 1999; NOGUEIRA; CARDOSO, 2000; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). As hifas do micélio, além de manterem um maior contato com as partículas do substrato e de possuírem um crescimento radial, muitas vezes para além da zona de depleção de nutrientes, podem apresentar atividade elevada na absorção de fósforo (SILVEIRA; CARDOSO, 1990). Tais características, dentre outras, justificam os efeitos benéficos da micorrização, bem como a maior eficiência na utilização de fósforo em plantas micorrizadas.

As intensidades do efeito da inoculação com *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama* sobre o crescimento das plantas de limoeiro “Cravo” são

apresentadas na tabela 8 (para o diâmetro), tabela 9 (para a altura), tabela 10 (para o número de folhas), tabela 11 (para a MSPA) e tabela 12 (para a MFPR).

Tabela 8. Dados médios originais do efeito da inoculação, %, com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre o diâmetro do caule do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado, mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----		
	GE	GC	SH
	Efeito da inoculação, %		
0	358,33	400,00	150,00
15	525,00	500,00	358,33
30	591,67	550,00	416,67
45	641,67	566,67	416,67
60	602,78	583,33	408,33
120	400,00	347,22	272,22
240	241,11	227,22	138,89
Média <sup>(1)</sup>	480,08 A	453,49 A	308,73 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 30,22, CV%= 14,06.

Tabela 9. Dados médios originais do efeito da inoculação, %, com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre a altura do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado, mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----		
	GE	GC	SH
	Efeito da inoculação, %		
0	766,58	663,19	467,71
15	1058,57	977,12	695,94
30	1096,20	1006,63	729,52
45	1152,41	1044,76	690,89
60	1063,92	1060,82	610,71
120	981,73	894,58	521,93
240	659,62	689,34	211,80
Média <sup>(1)</sup>	972,29 A	905,21 B	561,21 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 35,49, CV%= 8,42.

Tabela 10. Dados médios originais do efeito da inoculação, %, com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre o número de folhas do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado, mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----		
	GE	GC	SH
	Efeito da inoculação, %		
0	178,51	175,63	49,60
15	238,79	222,20	160,96
30	241,55	235,12	184,47
45	264,89	268,23	183,03
60	301,11	256,81	200,30
120	270,27	225,53	150,18
240	173,09	160,88	70,98
Média <sup>(1)</sup>	238,32 A	220,63 B	142,79 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 17,41, CV%= 16,73.

Tabela 11. Dados médios originais do efeito da inoculação, %, com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre a matéria seca da parte aérea do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado, mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----		
	GE	GC	SH
	Efeito da inoculação, %		
0	3111,63	2703,02	1526,00
15	6008,24	6447,18	3309,16
30	5007,97	5072,15	2619,08
45	4875,00	5124,20	2043,00
60	4252,00	4758,29	1805,00
120	3078,11	3090,54	1050,30
240	1807,80	1698,29	322,52
Média <sup>(1)</sup>	4020,10 A	4127,70 A	1810,80 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 265,88, CV%= 15,44.

Tabela 12. Dados médios originais do efeito da inoculação, %, com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre a matéria fresca da parte radicular do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado, mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----		
	GE	GC	SH
	Efeito da inoculação, %		
0	1395,24	1384,86	747,77
15	2833,22	2928,49	1526,07
30	3839,06	2947,50	1796,73
45	3580,04	3307,11	1462,73
60	2947,00	2891,45	1232,49
120	2597,13	2176,28	901,14
240	1618,81	1454,95	369,69
Média <sup>(1)</sup>	2687,21 A	2441,52 B	1148,09 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 171,25, CV%= 15,78.

As interações entre o efeito da inoculação com *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama* e o fósforo adicionado, relativas ao diâmetro do caule, à altura e ao número de folhas de plantas de limoeiro “Cravo” são apresentadas na figura 6, enquanto que as interações relativas à MSPA e à MFPR são apresentadas na figura 7. As curvas obtidas, do tipo  $y=a+bx+cx^{0,5}$  para o efeito da inoculação sobre a altura e do tipo  $y=a+4bn(1-n)$ ;  $n=\exp(-(x-c)/d)$  para as demais variáveis, traduzem a dinâmica do efeito da inoculação micorrízica sobre o crescimento das plantas.

O efeito da inoculação, ocorrido já no tratamento sem adição de fósforo ao substrato, aumentou com o aumento do fósforo adicionado ao substrato até as doses de 15-60 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, após o que, doses maiores de fósforo diminuiram os efeitos benéficos da inoculação. Esta redução nos efeitos da inoculação em doses maiores de fósforo é comum na literatura e tem sido explicada através de três hipóteses, segundo Moreira e Siqueira (2002): **a.** em condições de suprimento elevado de fósforo, a atividade de fosfatases nas raízes é baixa e, como consequência, lectinas presentes nas raízes ficam

livres e agora, ligam-se a carboidratos do fungo, inibindo o crescimento deste; **b.** em condições de suprimento elevado de fósforo, a biossíntese de fosfolipídeos é aumentada e, como consequência, a permeabilidade celular, a exsudação radicular (açúcares e aminoácidos), a infecção e a colonização radicular são diminuídas; **c.** em condições de suprimento elevado de fósforo, a fotossíntese e o dreno de sacarose e/ou seus derivados para o sistema radicular é maior. Esta concentração elevada de sacarose e/ou seus derivados no sistema radicular inibiria propágulos do fungo micorrízico, tal como já verificado “*in vitro*”.

Para o presente trabalho e de acordo com as equações obtidas, estima-se que os picos do efeito da inoculação estariam nas doses de 50, 45 e 50 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo para o diâmetro de caule, 50, 58 e 35 mg de P kg<sup>-1</sup> de terra para a altura, 77, 71 e 58 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo para o número de folhas, 22, 23 e 15 mg de P kg<sup>-1</sup> de terra para a MSPA e 39, 37 e 26 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo para a MFPR, respectivamente em função da inoculação dos FMAs *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Scutelospora heterogama*.

Quanto ao grau dos efeitos da inoculação sobre as variáveis do crescimento das plantas, este seguiu a ordem: MSPA > MFPR > altura > diâmetro > número de folhas. Os efeitos variaram de 1050 a 6447 % para a MSPA, de 370 a 3840 % para a MFPR, de 212 a 1152 % para a altura, de 139 a 642 % para o diâmetro do caule e de 50 a 301 % para o número de folhas.

Os efeitos da inoculação sobre as variáveis do crescimento das plantas variaram também em função do FMA inoculado e, de modo geral, segundo a ordem: (*Glomus etunicatum* = *Glomus clarum*) > *Scutelospora heterogama* (Figuras 6 e 7).

De acordo com os dados apresentados nestas figuras e ignorando-se o fator fósforo adicionado ao substrato, os efeitos positivos médios devidos à inoculação com os FMAs

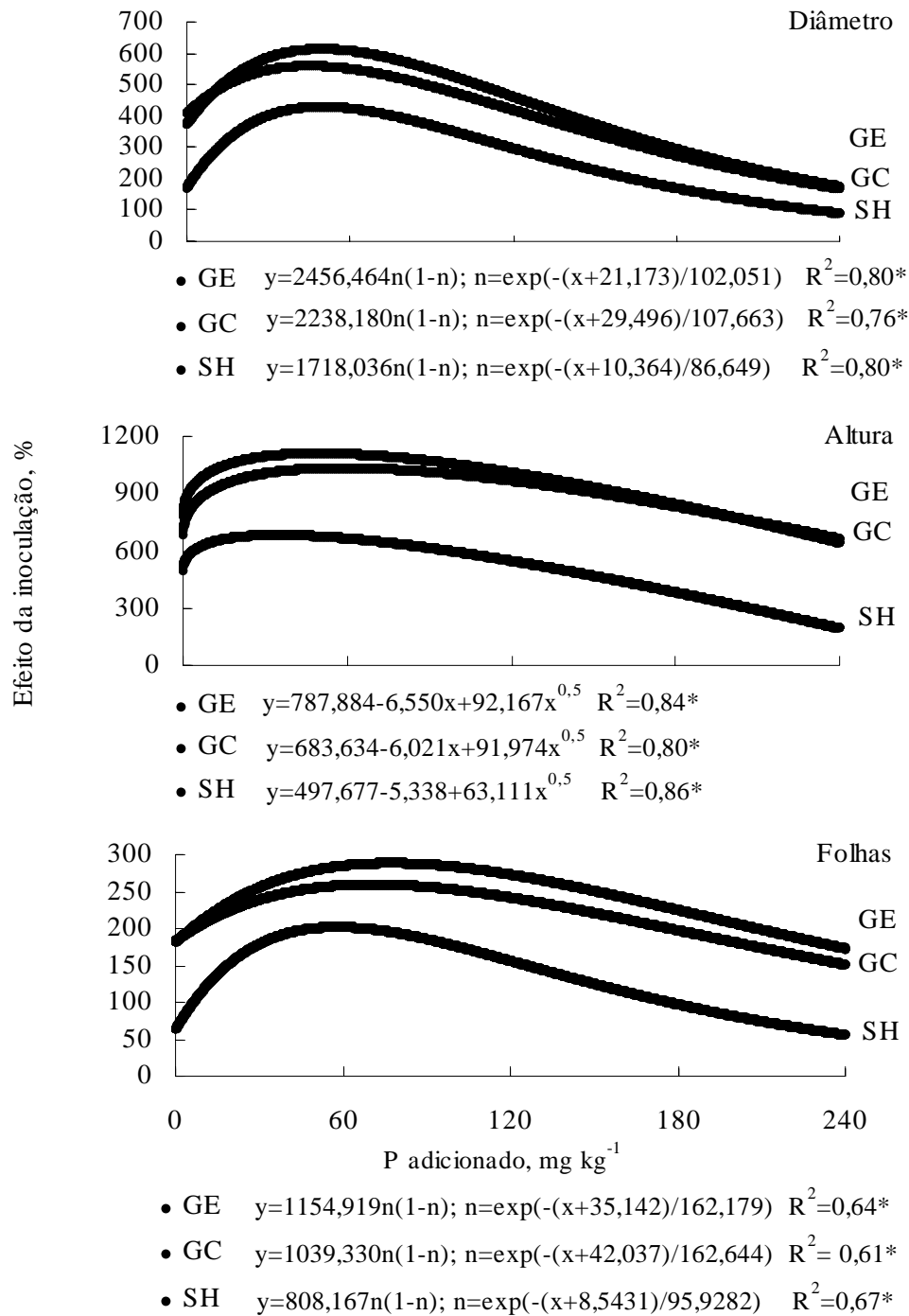


Figura 6. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o efeito da inoculação com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre o diâmetro do caule, altura e número de folhas do porta-enxerto limoeiro “Cravo” (Média de seis repetições).



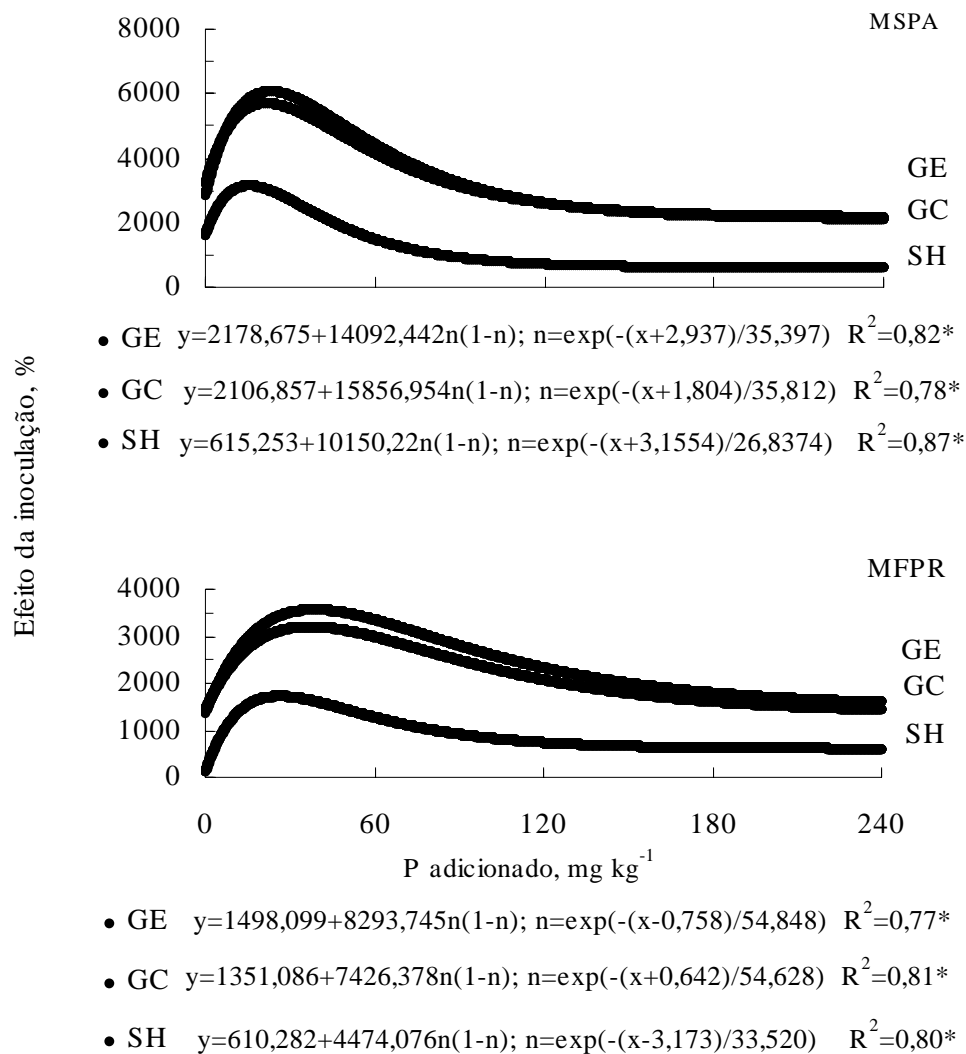


Figura 7. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o efeito da inoculação com os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria fresca da parte radicular (MFPR) do porta-enxerto limoeiro “Cravo” (Média de seis repetições).

*Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama*, respectivamente, foram de 480, 454 e 309 % para o diâmetro do caule, 972, 905 e 561 % para a altura, 238, 221 e 143 % para o número de folhas, 4020, 4128 e 1811 % para a MSPA, 2687, 2442 e 1148 % para a MFPR.

Fonseca et al. (1994), na associação limoeiro “Cravo” - *Glomus clarum* sob vários níveis de fósforo (0, 141, 282 e 563 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo), verificaram que o efeito maior da micorrização sobre as matérias secas da parte aérea e radicular foram de apenas 185 e 113%, respectivamente, e ocorreram no tratamento sem adição de fósforo. Em doses maiores de P adicionado houve inversão nos efeitos micorrízicos. Para Melloni et al. (2000), por sua vez, o efeito maior da inoculação com *Glomus intraradices* ou *Glomus etunicatum* sobre a MSPA de limoeiro “Cravo” foi de 506 e 129 %, respectivamente, e ocorreram nos tratamentos adicionados de 50 e 200 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo, respectivamente.

Esta diversidade de efeitos da micorrização sobre variáveis do crescimento de plantas tem fundamento nos fatores que regulam as associações micorrízicas. Embora não haja especificidade entre macro e microssimbionte, o comportamento das associações micorrízicas bem como os efeitos e a intensidade destes variam com a combinação FMA x planta e com os fatores bióticos e abióticos do sistema (BAGYARAJ, 1994). A época da inoculação também é um fator que pode interferir na intensidade do efeito micorrízico, de modo que, quanto mais precoce for a infecção, maiores poderão ser os efeitos da inoculação (SAFIR, 1994). Este fato pode explicar os efeitos micorrízicos maiores no presente experimento em relação aos dados obtidos por Fonseca et al. (1994), Melloni e Cardoso (1999) e Melloni et al. (2000). No presente experimento a inoculação foi feita no momento do transplante de plântulas com 30 dias de idade para bandejas, onde permaneceram por mais 30 dias e com adição periódica de solução nutritiva completa

diluída, previamente ao transplante definitivo para os vasos de cultivo. Os demais autores, por sua vez, introduziram os fungos diretamente nos vasos de cultivo, seja no momento da semeadura ou do transplante de mudas com 90 dias de idade. Como consequência, há variações nos efeitos sobre o crescimento das plantas micorrizadas. No presente experimento, a MSPA de plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama* variou de 2,4 a 13g, em função do fósforo adicionado ao substrato, enquanto que para Melloni e Cardoso (1999) os dados de MSPA de plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* ou *Glomus intraradices* ou *Glomus clarum* foram menores, situando-se entre 0,2 a 5,3g. Para Melloni et al. (2000), os dados de MSPA de plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* ou *Glomus intraradices* também foram menores, situando-se entre 0,2 a 7,0 g aproximadamente. Os efeitos da inoculação com *Glomus clarum* sobre a MSPA, diâmetro de caule e altura das plantas de limoeiro “Cravo” também foram menores no experimento de Gomes (1997) em relação aos dados do presente experimento, considerando-se condições de adubação fosfática semelhantes; infere-se que tais diferenças também sejam devidas à época de inoculação do FMA.

#### 4. 2. Teor de nutrientes na matéria seca foliar

Os valores de “P” (nível de significância) para os teores acumulados de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas do porta-enxerto limoeiro “Cravo” são apresentados na tabela 13.

A dose de fósforo no substrato afetou o teor de nutrientes acumulados nas folhas, exceto para o zinco. A presença de FMA, por sua vez, afetou o teor de todos os nutrientes nas folhas do porta-enxerto. Ademais, houve interação entre estes dois fatores (nível de fósforo x FMA) sobre o acúmulo de todos os nutrientes analisados.

Cardoso et al. (1986) também observaram efeitos isolados do nível de P no substrato (0, 30 e 100 mg kg<sup>-1</sup>) e da micorrização (*Glomus macrocarpum*, *Gigaspora gilmorei*, *Glomus fasciculatum* ou *Gigaspora heterogama*) sobre a absorção de P e K nos porta-enxertos laranjeira “Caipira” e limoeiro “Cravo”.

Tabela 13. Valores de “P” (nível de significância) obtidos na análise de variância de nutrientes absorvidos pelo porta-enxerto limoeiro “Cravo”.

Causas de variação	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
P	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	ns
FMA	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
P x FMA	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0024*
CV %	4,01	13,95	8,09	6,36	5,67	4,95	12,27	19,39	8,98	8,73	18,98

\*: significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste “F”; ns: não significativo; P: doses de fósforo; FMA: fungo micorrízico arbuscular.

Gomes (1997), trabalhando com FMAs (*Glomus intraradices* ou *Glomus clarum*) e níveis de P adicionado ao substrato (0, 200, 400, 600 e 800 mg kg<sup>-1</sup>) no cultivo dos porta-enxertos tangerina “Cleópatra”, laranjeira “Caipira” e limoeiro “Cravo”, também observou efeito isolado do nível de fósforo sobre a absorção de N, P, K, Ca, Mg e S. Contudo, não verificou efeito isolado de FMA na absorção destes nutrientes e também, efeito da interação do nível de P no substrato x FMA ocorreu somente para o fósforo e para o enxofre.

Melloni et al. (2000) também verificaram interação significativa de FMAs (*Glomus intraradices* ou *Glomus etunicatum*) e doses de P no substrato (0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg kg<sup>-1</sup>) sobre o acúmulo de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn na parte aérea de limoeiro “Cravo”.

#### 4. 2. 1. Nitrogênio

Os teores foliares de N obedeceram à ordem decrescente: sem FMA > *Scutelospora heterogama* > *Glomus clarum* > *Glomus etunicatum* (Tabela 14), um reflexo da provável diluição deste nutriente na massa vegetal, cuja MSPA apresentou a seguinte ordem decrescente: (*Glomus etunicatum* = *Glomus clarum*) > *Scutelospora heterogama* > sem FMA.

A interação entre o teor de N nas folhas e o fósforo adicionado ao substrato, nutriente limitante no experimento, obedeceu à uma função polinomial quadrática (Figura 8).

Para as plantas não inoculadas houve tendência de aumento gradativo no teor de N foliar em função do aumento de dose de P no substrato (Figura 8). Ademais, estas plantas apresentaram teores de N foliar maiores em relação às inoculadas. Este fato evidencia uma diluição do nutriente nestas últimas, em função de sua biomassa maior (Tabela 6).

Para as plantas inoculadas, a interação entre o teor de N nas folhas e o fósforo adicionado ao substrato pode ser dividida em duas fases. A primeira fase, de tendência de decréscimo no teor de N foliar em função do aumento da dose de P adicionada ao substrato até 120 mg kg<sup>-1</sup>, e a segunda fase, de tendência de aumento gradativo subsequente à esta dose de fósforo no substrato. A primeira fase coincide tendência de maiores valores de MSPA, enquanto que a segunda fase coincide com tendência de queda nos valores de MSPA (Figura 4).

Tabela 14. Dados médios originais do teor de N acumulado,  $\text{g kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	-----FMA-----			
	sem	GE	GC	SH
	N, $\text{g kg}^{-1}$			
0	39,33	38,67	42,00	39,00
15	38,67	31,83	33,83	36,67
30	39,67	30,00	32,83	35,83
45	38,67	29,50	31,83	36,17
60	39,67	28,33	31,00	34,33
120	40,33	29,50	29,83	34,33
240	42,00	30,00	28,33	31,67
Média <sup>(1)</sup>	39,76 A	31,12 D	32,81 C	35,43 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 1,20, CV%= 4,01.

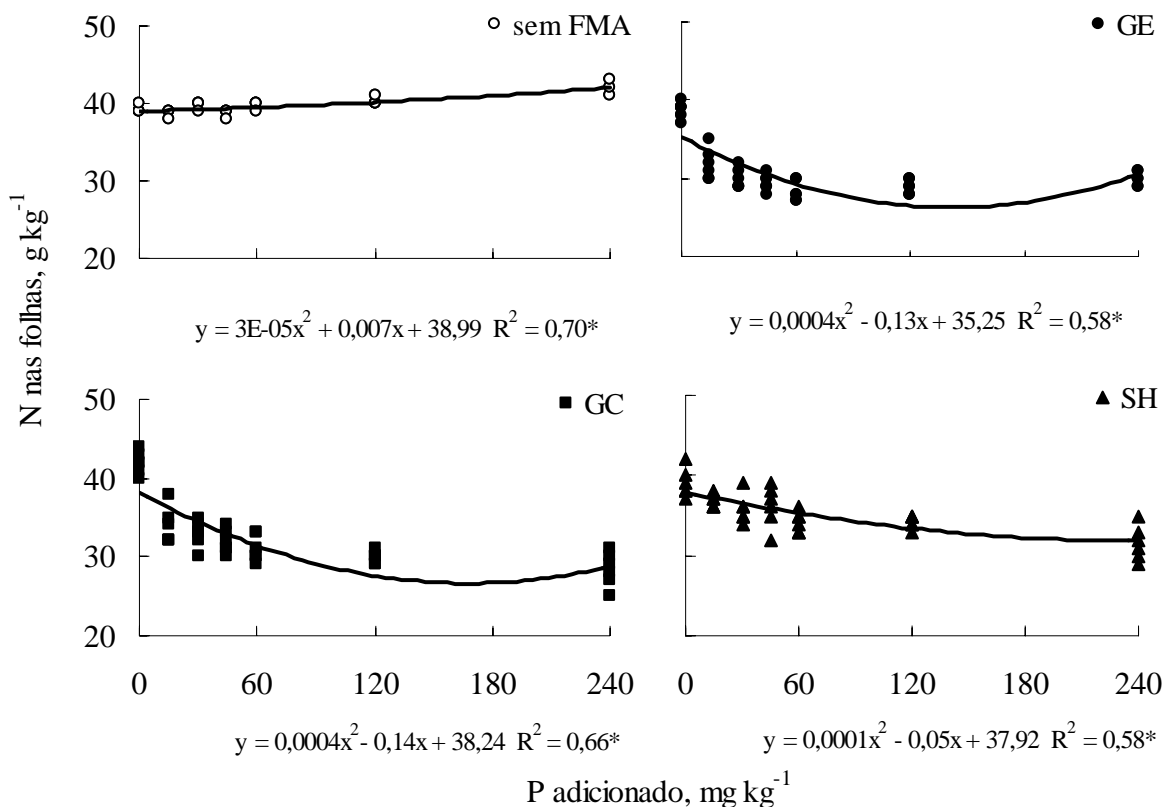


Figura 8. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de N foliar,  $\text{g kg}^{-1}$ , do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMA *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Fonseca et al. (1994) também verificaram decréscimo no teor de N na MSPA de plantas de limoeiro “Cravo” micorrizadas por *Glomus clarum* e atribuíram o efeito à diluição do nutriente na MSPA aumentada.

Os resultados de teores de nutrientes nas plantas variam com o manejo adotado, com o tipo de massa vegetal analisada, com a idade da planta e outros fatores. Neste sentido, enquanto que no presente experimento as médias gerais observadas para o teor de N foliar nos tratamentos sem FMA ou com *Scutelospora heterogama*, *Glomus clarum* ou *Glomus etunicatum* foram de 39,76, 35,43, 32,81 e 31,12g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, Fonseca et al. (1994) observaram uma média geral de 21,65g N kg<sup>-1</sup> de MSPA de limoeiro “Cravo”, inoculado ou não *Glomus clarum*, cultivado em substrato fumigado (mistura de Latossolo Vermelho Amarelo, bagaço de cana-de-açúcar compostado, areia grossa lavada e vermiculita), adicionado ou não de 320g m<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Super Simples).

#### 4. 2. 2. Fósforo

O teor de P foliar foi maior nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*, exceto nos tratamentos sem ou com adição de 240 mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato (Tabela 15).

Para as plantas inoculadas com *Scutelospora heterogama*, por sua vez, o teor de P foliar foi maior em relação às plantas inoculadas com *Glomus clarum*, nos tratamentos sem adição e com adição de 15 e 30 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo no substrato. Mas, em doses maiores de P, houve uma inversão, ou seja, o teor foliar de P foi maior nas plantas inoculadas com *Glomus clarum*.

A interação entre o teor de P nas folhas e o fósforo adicionado ao substrato também obedeceu à uma função polinomial quadrática (Figura 9). Nas plantas inoculadas o teor

de P foliar tendeu a aumentar até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato após o que, tendeu à queda.

Tabela 15. Dados médios originais do teor de P acumulado, g kg<sup>-1</sup>, na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	P, g kg <sup>-1</sup>			
0	0,60	0,85	0,70	0,98
15	0,50	1,25	0,90	1,08
30	0,50	1,52	1,08	1,33
45	0,50	1,58	1,67	1,35
60	0,50	1,88	1,48	1,23
120	0,50	2,02	1,68	1,65
240	0,60	1,88	2,03	1,60
Média <sup>(1)</sup>	0,53 C	1,57 A	1,29 B	1,32 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,09, CV%= 13,95.

Cardoso et al. (1986), na interação limoeiro “Cravo” e FMAs, também observaram tendência de aumentos no teor de P na MSPA das plantas em doses de P semelhantes às do presente experimento, ou seja, 0, 30 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de P aplicado ao substrato (fosfato bicálcico). Nos tratamentos com *Glomus macrocarpum* ou com *Gigaspora margarita*, o teor de P no MSPA das plantas de tendeu a aumentar em função do aumento do P adicionado ao substrato. Contudo, para o tratamento com *Gigaspora gilmorei* não houve diferenças no teor de P no tecido vegetal em função das doses de P adicionado ao substrato e, no tratamento com *Glomus leptotichum*, o maior efeito sobre o teor de P na MSPA ocorreu no tratamento sem adição de P ao substrato.



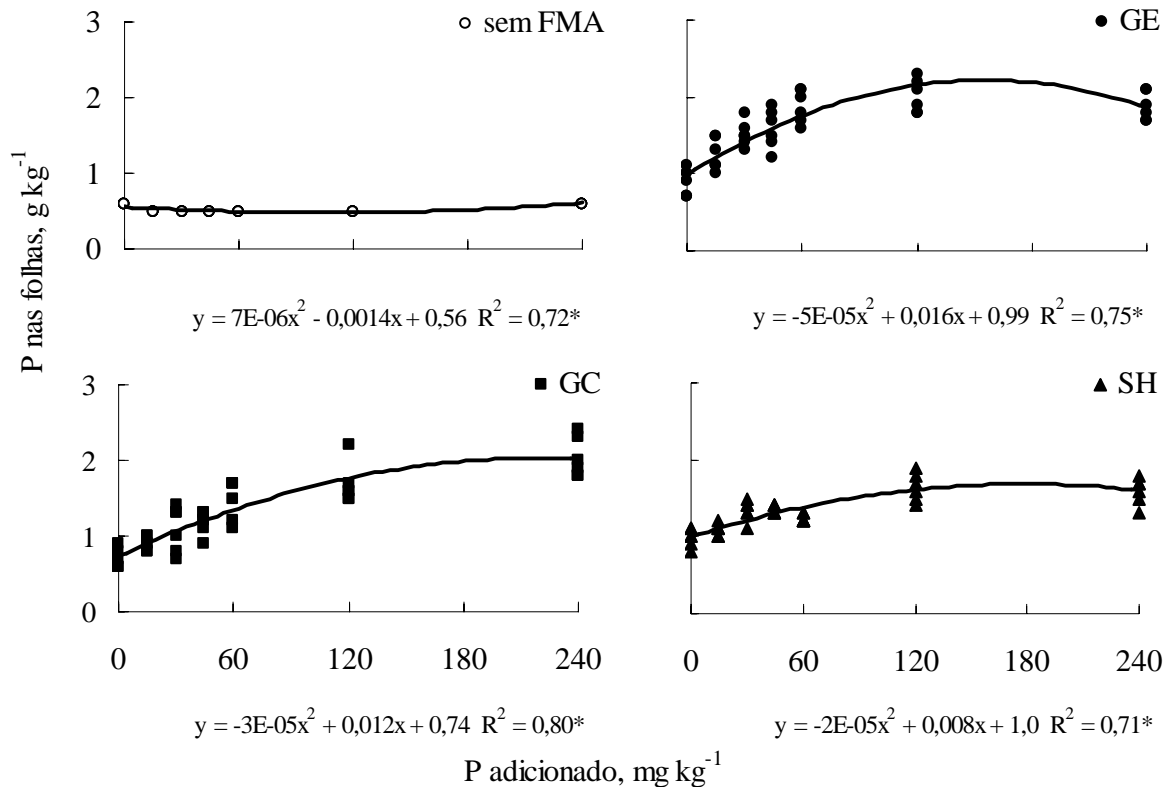


Figura 9. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de P foliar, g kg<sup>-1</sup>, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Melloni et al. (2000), para plantas de limoeiro “Cravo” inoculadas com *Glomus etunicatum* ou *Glomus intraradices*, verificaram que a interação entre o P adicionado ao substrato (0, 50, 100, 150 e 200 e 250 mg kg<sup>-1</sup>) e o teor de P acumulado na parte aérea foi representada por uma equação linear e quadrática, respectivamente. Verificaram também que, na presença de *Glomus intraradices* as plantas apresentaram maior acúmulo de P na parte aérea até a dose de 150mg kg<sup>-1</sup> de P e, acima desta dose, os valores igualaram-se ou foram inferiores aos das plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*.

No presente trabalho, os teores foliares de P obedeceram à ordem decrescente: *Glomus etunicatum* > (*Scutelospora heterogama* = *Glomus clarum*) > sem FMA, com os dados médios de 1,57, 1,32, 1,29 e 0,53 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 15).

Fatores bióticos e abióticos, bem como a combinação macro x microssimbionte, interferem no processo micorrízico e eficiência deste sobre o crescimento das plantas, o que justifica os resultados diversos encontrados na literatura. Neste sentido, Cardoso et al (1986), na associação limoeiro “Cravo” e FMA, também observaram diferenças na eficiência do processo em função da combinação macro x microssimbionte. Para estes autores, os dados médios de teor de P na MSPA foram de 0,45, 0,44, 0,50, 0,58 e 0,65 g kg<sup>-1</sup> nos tratamentos sem ou com inoculação dos FMA *Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora margarita* ou *Gigaspora gilmorei*, respectivamente. De modo geral, os tratamentos com *Glomus leptotichum* e *Gigaspora gilmorei* foram os que mais se sobressaíram nos efeitos positivos sobre o crescimento e absorção de P pelas plantas.

Fonseca et al. (1994) encontraram valor médio de 0,65 g kg<sup>-1</sup> de P na MSPA de plantas de limoeiro “Cravo”, inoculado ou não com *Glomus clarum*.

Gomes (1997), por sua vez, não verificou efeitos positivos da inoculação com os FMA *Glomus intraradices* ou *Glomus clarum* sobre a absorção de P por plantas de limoeiro “Cravo”, em cada dose de P adicionado ao substrato (0, 200, 400, 600 e 800 mg kg<sup>-1</sup>, como superfosfato triplo), em comparação às plantas não inoculadas. Contudo, observou efeito significativo da interação FMA x doses de P sobre a absorção de fósforo pelas plantas. Na interação com *Glomus clarum*, o teor de P na MSPA tendeu a aumentar gradativamente com o aumento da dose de P adicionado ao substrato. Por outro lado, na interação com *Glomus intraradices*, o teor de P na MSPA tendeu a aumentar somente até a dose de 400 mg kg<sup>-1</sup> e após, tendeu à queda.

A figura 10 apresenta as interações entre o efeito da inoculação com os FMAs *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* ou *Scutelospora heterogama* e o fósforo adicionado ao substrato sobre o teor de P foliar. De acordo com as equações polinomiais

apresentadas, os teores máximos para o P foliar ocorreram entre as doses de 120 a 240 mg kg<sup>-1</sup> de P adicionado ao substrato.

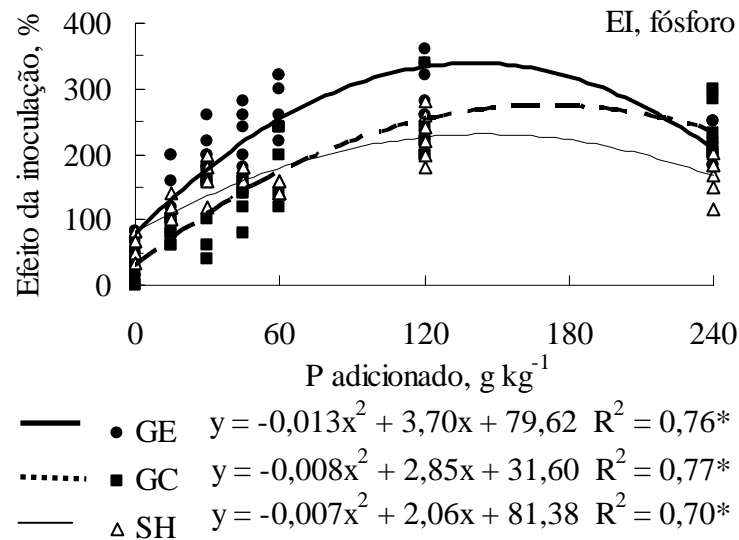


Figura 10. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o efeito da inoculação com os FMA *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH) sobre o teor foliar de P, no porta-enxerto limoeiro “Cravo” (seis repetições).

#### 4. 2. 3. Potássio

Os teores foliares de K obedeceram à ordem decrescente: sem FMA > *Scutelospora heterogama* > *Glomus etunicatum* > *Glomus clarum*, com dados médios de 30,43, 18,48, 13,52 e 11,62 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 16). Este comportamento é semelhante ao observado para o teor foliar de N. Desta forma, é provável que tenha havido diluição também deste nutriente nas plantas micorrizadas, devido à sua massa vegetal aumentada.

Por outro lado, é bem conhecido o papel de íons Ca<sup>+2</sup> sobre a absorção de K pelas plantas. Em concentrações baixas de Ca<sup>+2</sup> na solução do solo, há estímulo na absorção de K; aumentando-se a concentração de Ca<sup>+2</sup>, este estímulo diminui; em concentração

elevadas de  $\text{Ca}^{+2}$ , este passa a exercer antagonismo sobre o K, o qual tem a sua absorção diminuída (Malavolta, 1976; Raij, 1982).

Desta forma, no presente experimento, a redução no teor foliar de K pode também ser devida à inibição competitiva que íons  $\text{Ca}^{+2}$  exercem sobre a absorção de K (Fonseca et al., 1994) em associações limoeiro “Cravo” e FMA. Adubação fosfática em doses crescentes é fonte de íons  $\text{Ca}^{+2}$  e, estes últimos, em concentrações elevadas, inibem a absorção de  $\text{K}^+$  através da competição pelos sítios de absorção (Malavolta, 1976, 1980).

Tabela 16. Dados médios originais do teor de K acumulado,  $\text{g kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	$\text{K, g kg}^{-1}$			
0	30,00	27,67	21,50	22,50
15	30,00	15,00	13,50	20,17
30	30,00	11,17	10,83	20,00
45	30,00	11,00	9,83	18,33
60	31,00	11,83	8,67	16,17
120	31,00	8,50	8,33	16,17
240	31,00	9,50	8,67	16,00
Média <sup>(1)</sup>	30,43 A	13,52 C	11,62 D	18,48 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,85, CV%= 8,09.

Fonseca et al. (1994) encontraram valor médio de  $12,75 \text{ g kg}^{-1}$  de K na MSPA de limoeiro “Cravo” inoculado ou não com *Glomus clarum*, bem como uma queda no seu teor em função do aumento da dose de P adicionado ao substrato, reflexo da diluição do nutriente na massa vegetal aumentada.

No presente trabalho, assim como observado por Fonseca et al. (1994), a interação entre o teor de K absorvido e o P adicionado ao substrato foi representada por um função polinomial quadrática (Figura 11), a qual também pode ser interpretada em duas fases

como o acontecido para o N (Figura 8), ou seja, houve uma fase de tendência de decréscimo até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P adicionado, após o quê, seguiu-se uma fase de tendência de aumento gradativo.

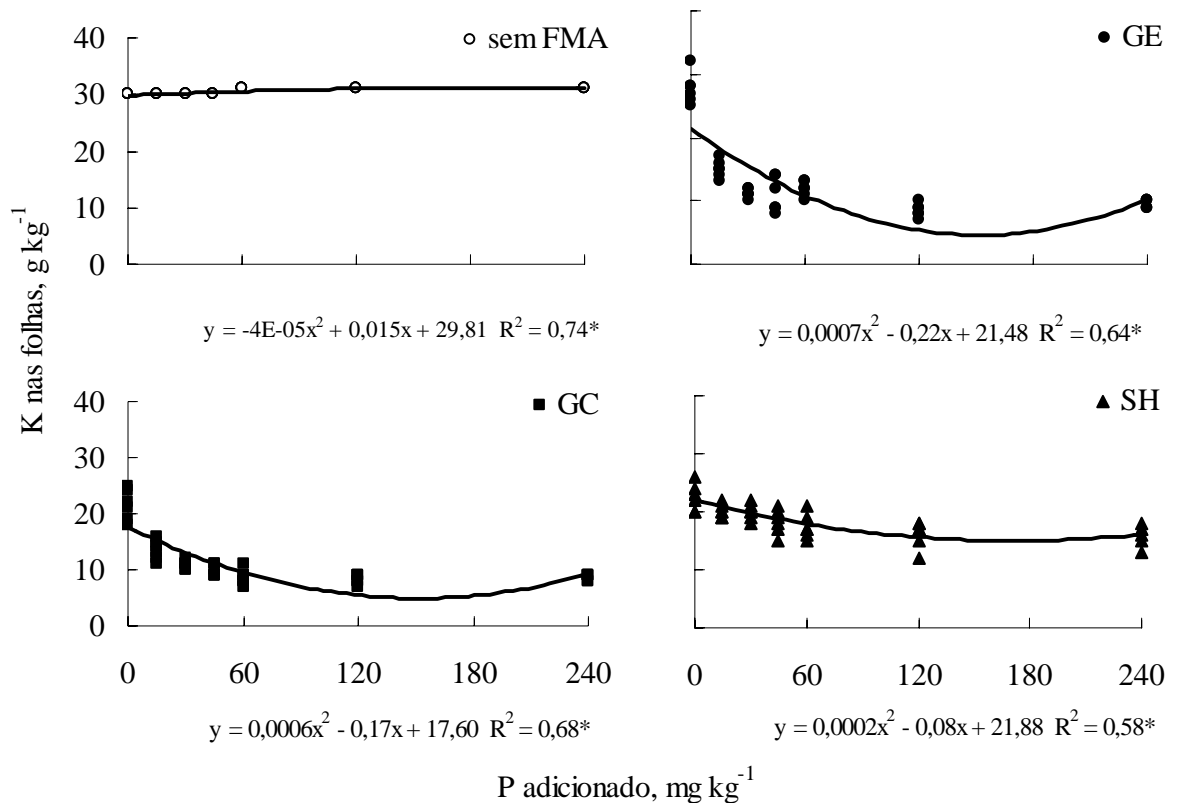


Figura 11. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de K foliar, g kg<sup>-1</sup>, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Gomes (1997) também verificou tendência de redução na absorção de K por porta-enxertos cítricos, inoculados ou não com FMA, em função do aumento das doses de P adicionado ao substrato. O efeito foi mais intenso para o porta-enxerto tangerina “Cleópatra” em relação ao limoeiro “Cravo” e à laranjeira “Caipira”.

## 4. 2. 4. Cálcio

Os teores foliares de Ca seguiram a ordem decrescente: *Glomus etunicatum* > *Glomus clarum* > (sem FMA = *Scutelospora heterogama*), com dados médios de 31,19, 29,93, 27,78 e 27,07g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17. Dados médios originais do teor de Ca acumulado, g kg<sup>-1</sup>, na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Ca, g kg <sup>-1</sup>			
0	26,67	25,17	24,50	23,50
15	27,00	27,67	26,83	26,50
30	27,00	30,50	28,00	27,83
45	29,00	32,67	30,17	28,00
60	29,17	32,17	32,00	29,00
120	29,17	35,50	33,50	29,67
240	26,50	34,67	34,50	25,00
Média <sup>(1)</sup>	27,07 C	31,19 A	29,93 B	27,79 C

<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras iguais cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 1,05, CV%= 6,36.

Para plantas sem ou com inoculação de FMA, a interações entre o teor foliar de Ca e o fósforo adicionado ao substrato obedeceram à funções polinomiais quadráticas caracterizadas por tendência de aumentos no teor de Ca foliar até a dose de 120mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato, seguida de tendência de decréscimo após esta dose (Figura 12).

Aumentos na absorção de Ca por planta de limoeiro “Cravo” em função do fósforo adicionado ao substrato também foram verificados por Gomes (1997), Fonseca et al. (1994), Melloni et al. (2000), dentre outros.

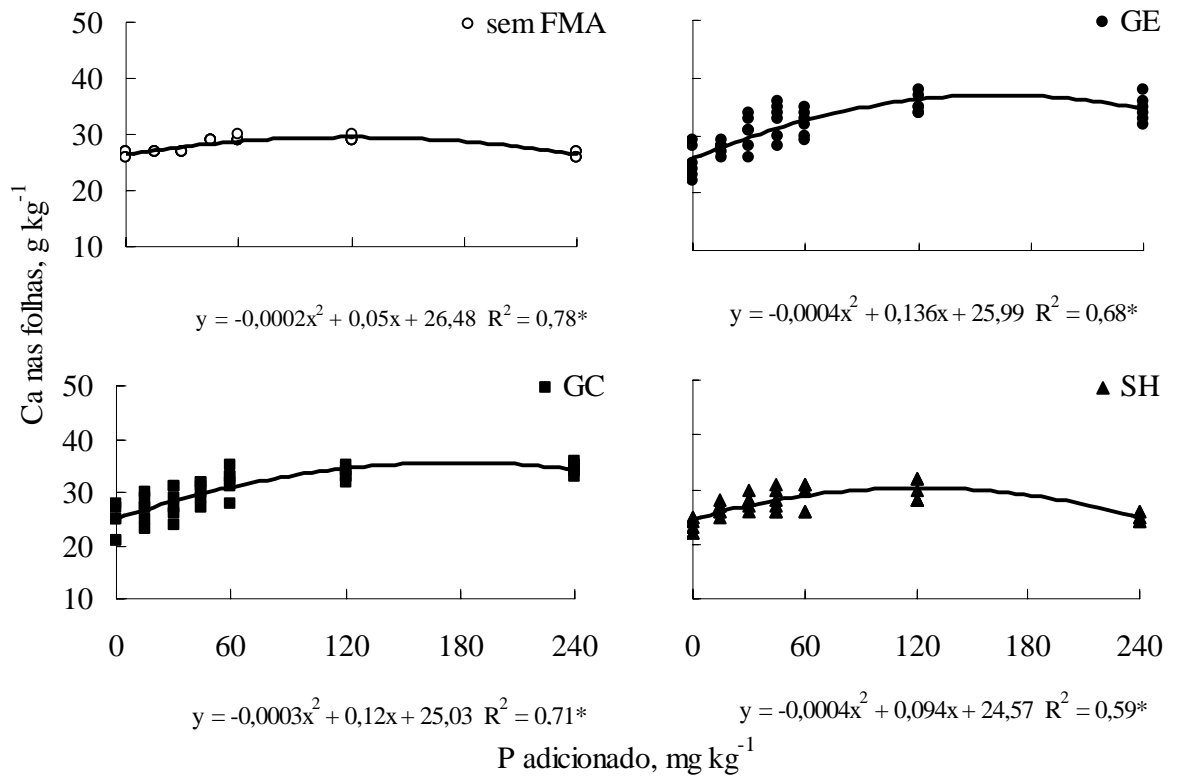


Figura 12. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de Ca foliar, g kg<sup>-1</sup>, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMA *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (Média de seis repetições).

Além do efeito positivo da micorrização sobre o teor de Ca na massa vegetal, os acréscimos observados para este nutriente, em função do aumento da adubação fosfática, podem ser atribuídos também à concentração e solubilidade do cálcio presente neste material, conforme inferido por Fonseca et al. (1994) e outros autores.

Concentrações elevadas de cálcio exercem inibição competitiva com o absorção de K. No presente trabalho, é provável que também tenha havido tal inibição, considerando-se que o teor foliar de K decresceu com o aumento da adubação fosfática no substrato.

## 4. 2. 5. Magnésio

Os teores foliares de Mg seguiram a ordem decrescente: sem FMA > (*Glomus etunicatum* = *Glomus clarum*) > *Scutelospora heterogama*, com dados médios de 4,74, 4,11, 4,05 e 3,63 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 18).

Tabela 18. Dados médios originais do teor de Mg acumulado, g kg<sup>-1</sup>, na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Mg, g kg <sup>-1</sup>			
0	4,60	3,07	3,08	3,10
15	4,60	3,78	3,62	3,50
30	4,90	4,10	3,93	3,73
45	4,82	4,33	4,22	3,63
60	5,00	4,47	4,53	3,97
120	5,00	4,75	4,47	4,00
240	4,30	4,25	4,50	3,48
Média <sup>(1)</sup>	4,74 A	4,11 B	4,05 B	3,63 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,13, CV%= 5,67.

As interações desta variável com o fósforo adicionado ao substrato obedeceram à funções polinomiais quadráticas caracterizadas por tendência de aumentos no teor foliar de Ca até as doses de 60 e 120 mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato, nos tratamentos sem e com FMA, respectivamente. Após, seguiram-se tendências de decréscimos (Figura 13).

No presente experimento, infere-se que os maiores valores para o teor de Mg foliar, observados nas plantas sem inoculação com FMA, possam ser devidos à concentração deste nutriente, face à massa vegetal menor nestas plantas.



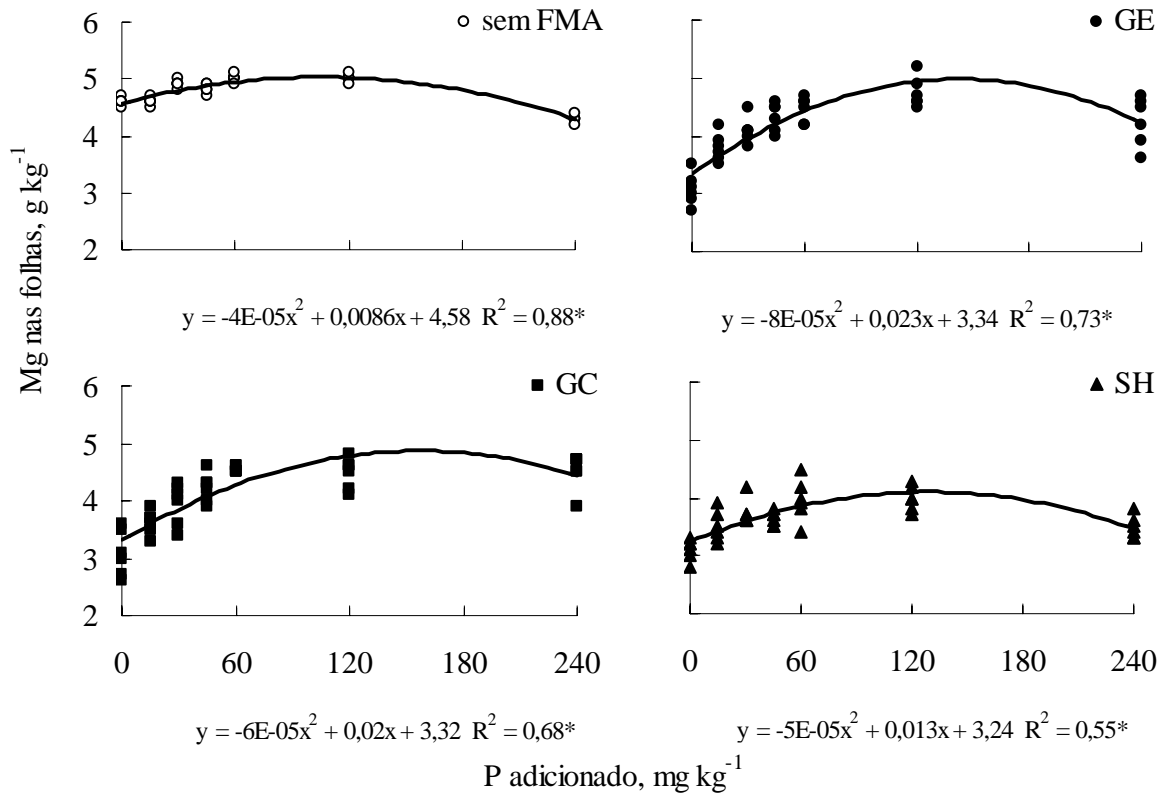


Figura 13. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de Mg foliar, g kg<sup>-1</sup>, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Observe-se também que as curvas obtidas para o K e o Mg foliares são divergentes na fase compreendida entre 0 a 120 mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato e convergentes na fase compreendida entre 120 a 240 mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato. Este fato pode também indicar a inibição competitiva do potássio sobre o magnésio, conforme observado por Bernardi et al. (2000), em experimentos de adubação de porta-enxertos cítricos. Segundo Malavolta (1976), a absorção de Mg depende, entre outros fatores, do nível de K no substrato. Se a relação  $K^+ / Mg^{+2}$  no meio for elevada, ocorre diminuição na absorção de Mg, podendo haver deficiência na planta.

## 4. 2. 6. Enxôfre

Os teores foliares de S seguiram à ordem decrescente: *Glomus clarum* > (*Glomus etunicatum* = *Scutelospora heterogama*) > sem FMA, com dados médios de 2,68, 2,61, 2,54 e 2,23 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 19).

As interações entre esta variável e o fósforo adicionado ao substrato obedeceram à função polinomial quadrática crescente para o tratamento sem FMA e decrescente nos tratamentos com FMA. Nestes últimos, o teor foliar de S tendeu a aumentar até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P no substrato e após, tendeu à decrescer (Figura 14). Assim como para os teores de Ca e de P foliar, essa tendência de aumento nos teores foliares de S pode ser devida à maior disponibilidade deste nutriente no substrato.

Tabela 19. Dados médios originais do teor de S acumulado, g kg<sup>-1</sup>, na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	S, g kg <sup>-1</sup>			
0	30,00	27,67	2,42	2,38
15	30,00	15,00	2,47	2,45
30	30,00	11,17	2,62	2,63
45	30,00	11,00	2,85	2,60
60	31,00	11,83	2,97	2,65
120	31,00	8,50	2,98	2,77
240	31,00	9,50	2,48	2,33
Média <sup>(1)</sup>	2,23 C	2,61 B	2,68 A	2,54 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,07, CV%= 4,95.

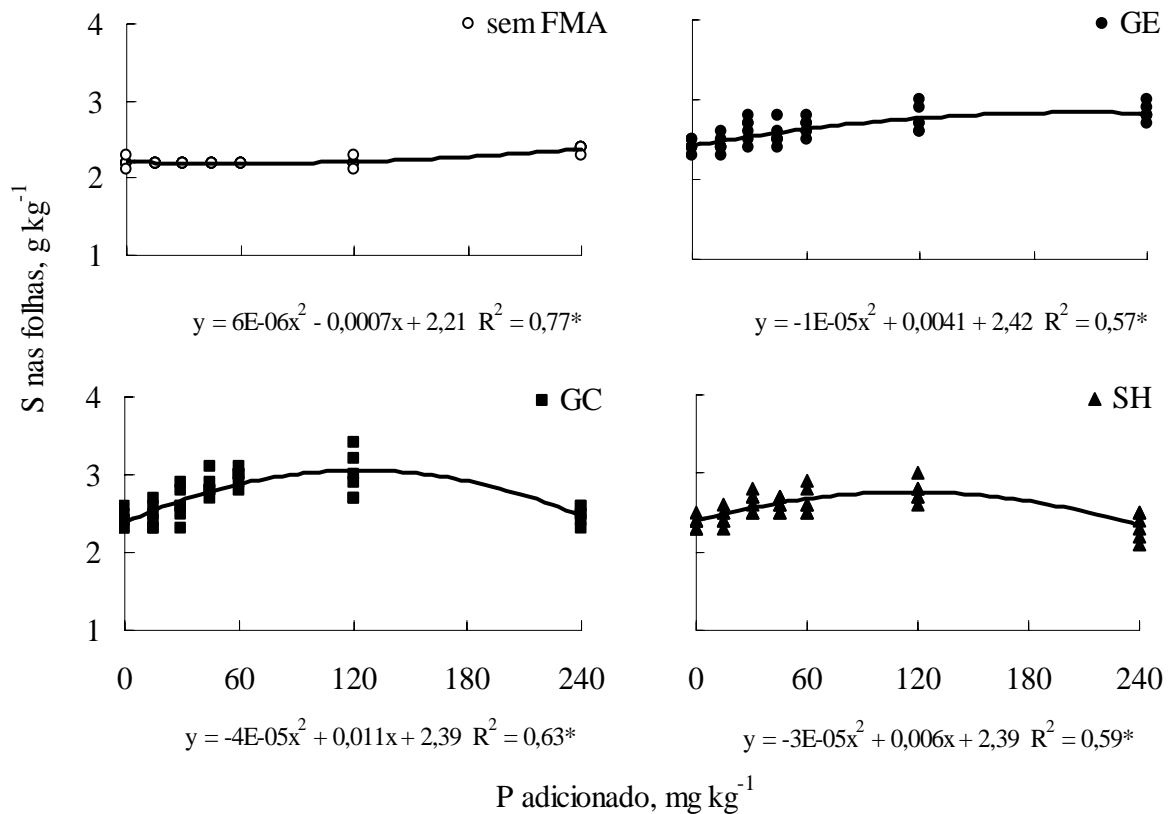


Figura 14. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de S foliar, g kg<sup>-1</sup>, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

#### 4. 2. 7. Boro

Os dados médios originais do teor foliar de B, mg kg<sup>-1</sup>, são apresentados na tabela 20. Na presença de quaisquer um dos FMAs utilizados no experimento, houve redução no teor foliar de B, o qual obedeceu à ordem decrescente sem FMA > (*Scutelospora heterogama* = *Glomus etunicatum* = *Glomus clarum*), com dados médios de 113,24, 48,45, 46,05 e 45,50 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Infere-se uma diluição deste nutriente nas plantas micorrizadas, devido à massa vegetal aumentada, e/ou concentração deste nas plantas não micorrizadas, devido à massa vegetal diminuta, e/ou contaminação das folhas quando das adições periódicas de solução de micronutrientes durante o cultivo.

Tabela 20. Dados médios originais do teor de B acumulado,  $\text{mg kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	B, $\text{mg kg}^{-1}$			
0	87,00	51,50	45,83	55,83
15	97,00	40,83	47,00	50,33
30	97,00	43,83	43,67	49,83
45	135,67	44,17	44,50	50,67
60	135,00	43,83	45,50	45,50
120	135,00	53,50	45,67	42,00
240	106,00	44,67	46,33	45,00
Média <sup>(1)</sup>	113,24 A	46,05 B	45,50 B	48,45 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 4,41, CV%= 12,27.

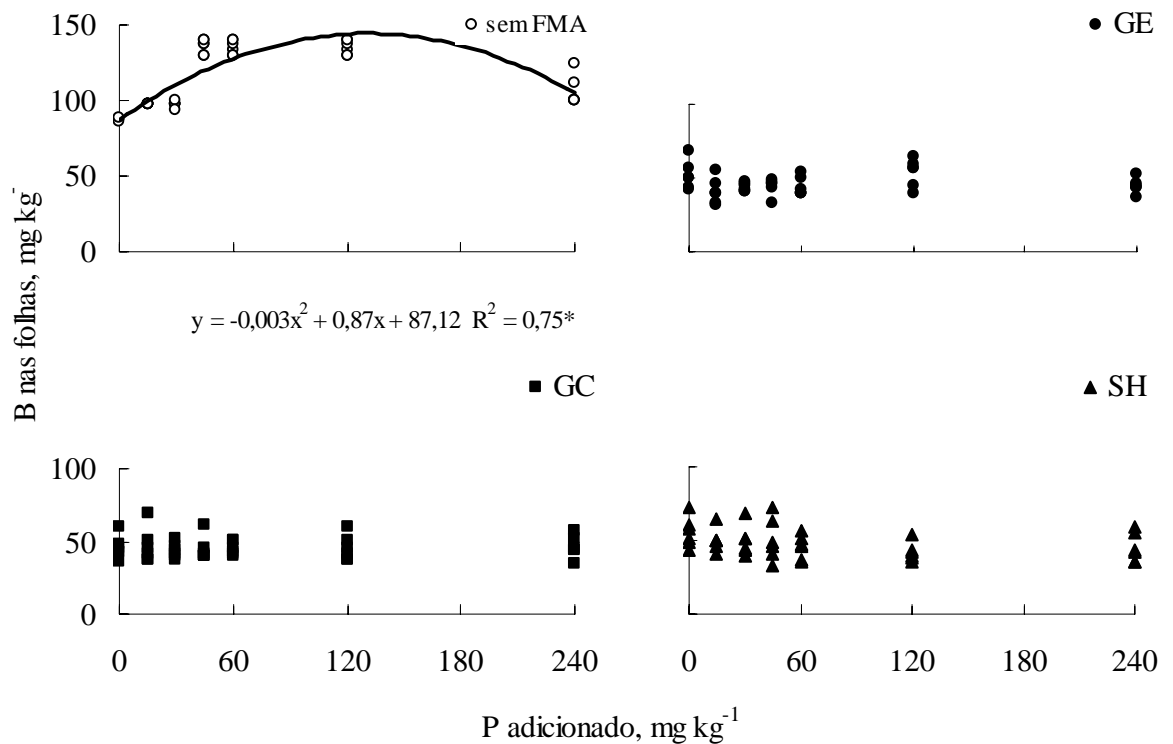


Figura 15. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de B foliar,  $\text{mg kg}^{-1}$ , do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

## 4. 2. 8. Cobre

Os dados médios originais de teor foliar de Cu,  $\text{mg kg}^{-1}$ , são apresentados na tabela 21. Plantas inoculadas com FMA apresentaram maior teor foliar de Cu, equivalentes à duas vezes o valor observado para as plantas não inoculadas. Os dados médios obedeceram à ordem decrescente (*Scutelospora heterogama* = *Glomus etunicatum*) > *Glomus clarum* > sem FMA, com as médias de 9,36, 8,86, 8,00 e 4,19  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente.

Houve interação entre o P adicionado ao substrato e o fator FMA sobre o teor foliar de Cu, a qual foi expressa por uma equação polinomial quadrática (Figura 16). No tratamento sem FMA, o teor foliar de Cu foi de 4  $\text{mg kg}^{-1}$  até a dose de 120  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no substrato, após o quê, tendeu a aumentar para 5,17  $\text{mg kg}^{-1}$  com a adição de 240  $\text{mg kg}^{-1}$  de P no substrato. Nos tratamentos com FMA, por sua vez, o teor foliar médio de Cu, máximo na ausência de adubação fosfática, ou seja, 14,39  $\text{mg kg}^{-1}$ , tendeu a decrescer para 5,89  $\text{mg kg}^{-1}$ , com a adição de P ao substrato.

Tabela 21. Dados médios originais do teor de Cu acumulado,  $\text{mg kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	FMA <sup>(1)</sup>			
	sem	GE	GC	SH
	Cu, $\text{mg kg}^{-1}$			
0	4,00	14,67	15,67	12,83
15	4,00	10,00	10,00	12,17
30	4,00	8,67	7,33	12,83
45	4,00	7,67	5,83	8,50
60	4,00	7,83	6,83	6,83
120	4,00	7,33	5,17	5,67
240	5,17	5,83	5,17	6,67
Média <sup>(1)</sup>	4,19 C	8,86 A	8,00 B	9,36 A

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais em cada linha não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 0,84, CV%= 19,39.

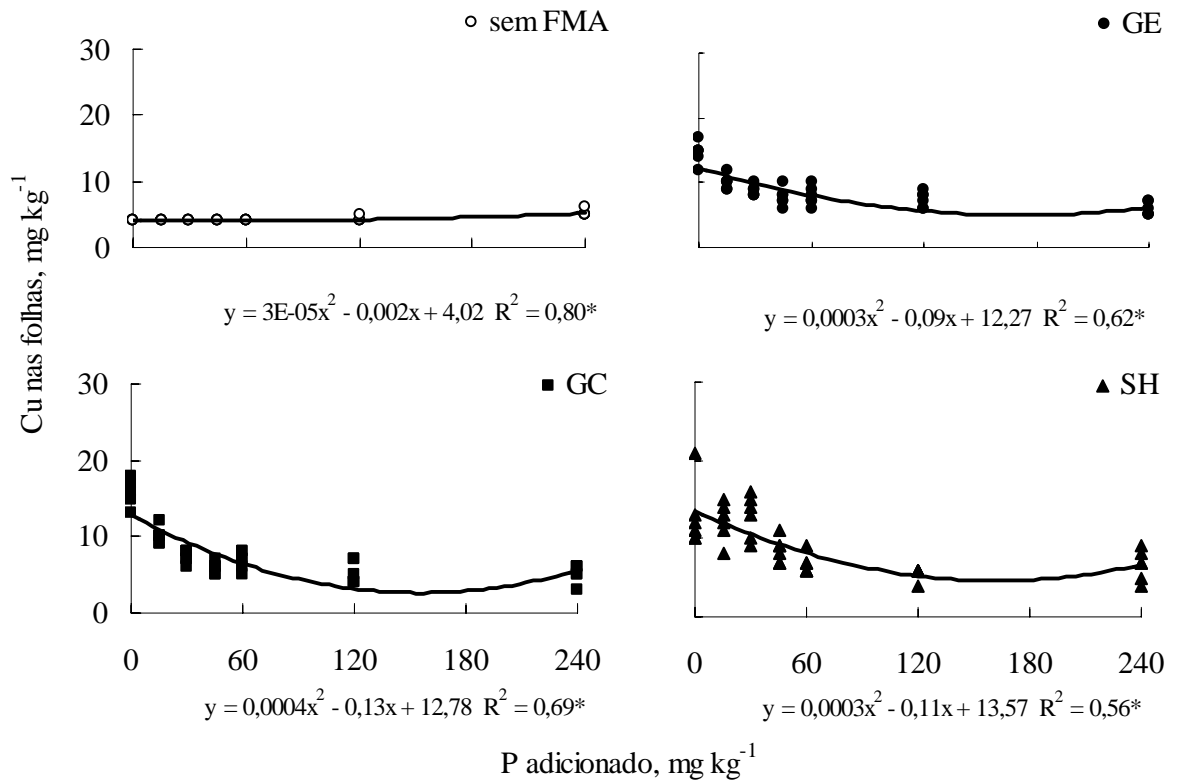


Figura 16. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de Cu foliar, mg kg<sup>-1</sup>, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (Média de seis repetições).

#### 4. 2. 9. Ferro

Os dados médios originais do teor foliar de Fe, mg kg<sup>-1</sup>, são apresentados na tabela 22. Os dados obedeceram à ordem decrescente *Glomus clarum* > *Glomus etunicatum* > (sem FMA = *Scutelospora heterogama*), com as médias de 224,00, 196,88, 185,86 e 176,86 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Houve interação entre o P adicionado ao substrato e o fator FMA sobre o teor foliar de Fe, a qual foi expressa por equações polinomiais quadráticas (Figura 17). Nos tratamentos sem FMA ou com *Glomus clarum*, houve uma tendência de aumentos nos teores foliares de Fe até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P adicionado ao substrato. Após esta

Tabela 22. Dados médios originais do teor de Fe acumulado,  $\text{mg kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	-----FMA-----			
	sem	GE	GC	SH
	Fe, $\text{mg kg}^{-1}$			
0	161,67	256,67	194,17	230,00
15	166,67	217,67	219,67	196,17
30	206,33	189,67	227,50	174,00
45	212,00	178,33	238,50	166,17
60	200,00	184,33	239,67	162,83
120	201,00	167,33	257,50	155,33
240	153,33	184,17	191,00	153,50
Média <sup>(1)</sup>	185,86 C	196,88 B	224,00 A	176,86 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 9,99, CV%= 8,98.

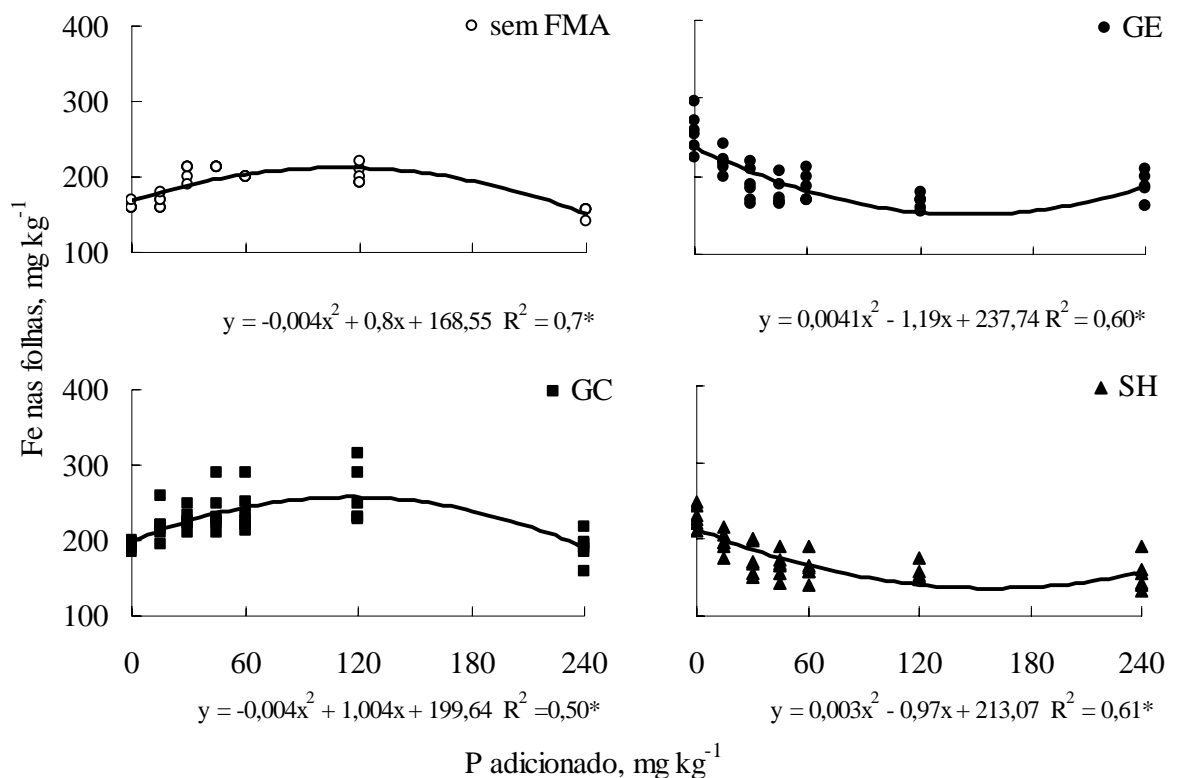


Figura 17. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de Fe foliar,  $\text{mg kg}^{-1}$ , do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

dose, seguiu-se uma tendência de queda. Já nos tratamentos com *Glomus etunicatum* e com *Scutelospora heterogama*, o comportamento foi oposto ao observado acima. Ou seja, o teor foliar de Fe, máximo na ausência de P adicionado ao substrato, tendeu a decrescer até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P adicionado ao substrato e após, tendeu a aumentar.

#### 4. 2. 10. Manganês

Os dados médios originais de Mn foliar são apresentados na tabela 23. Plantas não inoculadas apresentaram teor foliar médio de Mn maior em relação às inoculadas. Os dados obedeceram à ordem decrescente sem FMA > *Glomus etunicatum* > (*Scutelospora heterogama* = *Glomus clarum*), com as médias de 39,52, 36,05, 34,24 e 33,07 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Houve interação entre o P adicionado ao substrato e o fator FMA sobre o teor foliar de Mn. Nos tratamentos sem FMA, com *Glomus etunicatum* e com *Glomus clarum*, a interação foi expressa por equações polinomiais quadráticas (Figura 18). Houve uma tendência de aumentos nos teores foliares de Mn até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P adicionado ao substrato e após, seguiu-se uma tendência de queda.

#### 4. 2. 11. Zinco

Os dados médios originais do teor foliar de Zn, mg kg<sup>-1</sup>, são apresentados na tabela 24 e estes obedeceram à ordem decrescente *Glomus etunicatum* > *Glomus clarum* > *Scutelospora heterogama* > sem FMA, com as médias de 18,93, 15,17, 12,26 e 9,93 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.



Tabela 23. Dados médios originais do teor de Mn acumulado,  $\text{mg kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Mn, $\text{mg kg}^{-1}$			
0	37,67	26,17	28,17	32,33
15	38,17	32,17	28,00	39,50
30	39,33	36,50	28,17	43,50
45	41,83	34,00	30,50	33,17
60	42,00	43,67	36,50	29,33
120	42,00	45,67	40,00	29,83
240	35,67	34,17	40,17	32,00
Média <sup>(1)</sup>	39,52 A	36,05 B	33,07 C	34,24 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 1,77, CV%= 8,73.

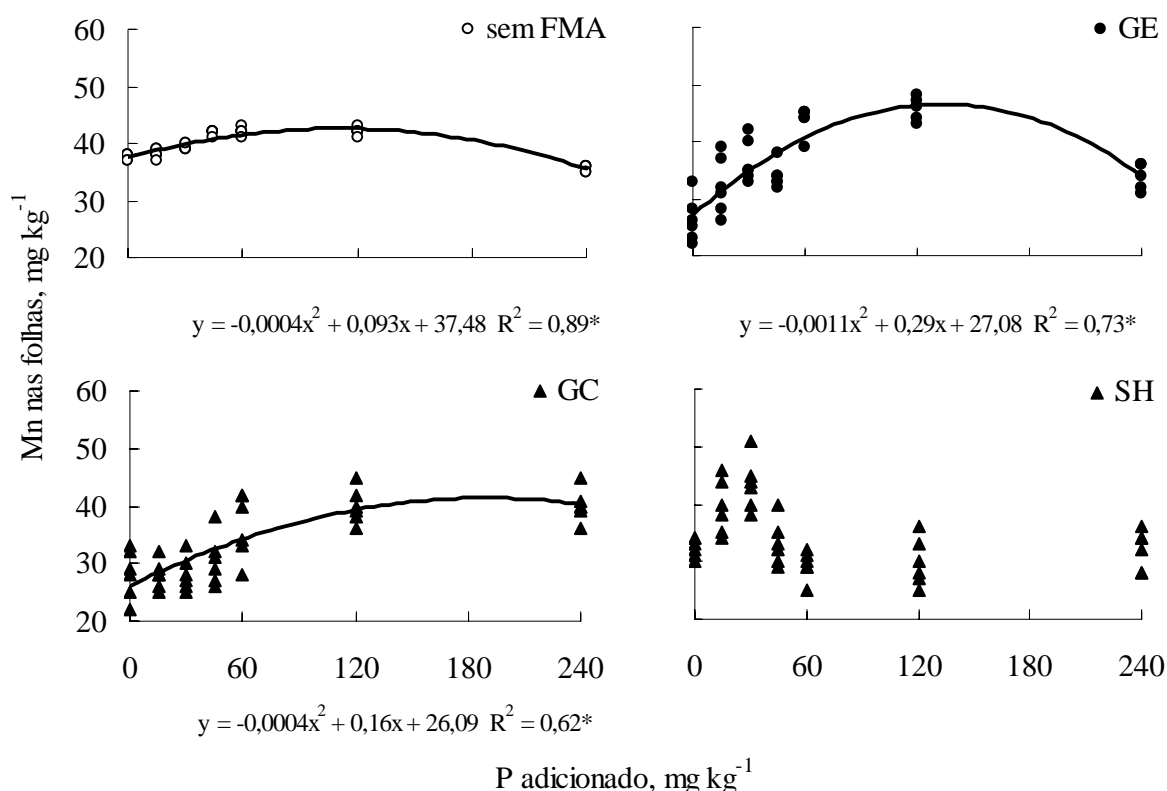


Figura 18. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de Mn foliar,  $\text{mg kg}^{-1}$  do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Tabela 24. Dados médios originais do teor de Zn acumulado,  $\text{mg kg}^{-1}$ , na massa seca foliar do porta-enxerto limoeiro “Cravo”, sem e com inoculação de FMA, *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado $\text{mg kg}^{-1}$	-----FMAs-----			
	sem	GE	GC	SH
	Zn, $\text{mg kg}^{-1}$			
0	8,50	17,67	19,33	13,33
15	9,00	18,67	16,33	12,33
30	9,33	22,33	14,83	12,17
45	10,33	20,00	13,33	12,83
60	10,50	17,50	13,50	11,17
120	11,33	18,50	12,83	12,17
240	10,50	17,83	16,00	11,83
Média <sup>(1)</sup>	9,93 D	18,93 A	15,17 B	12,26 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%), DMS= 1,52, CV%= 18,98.

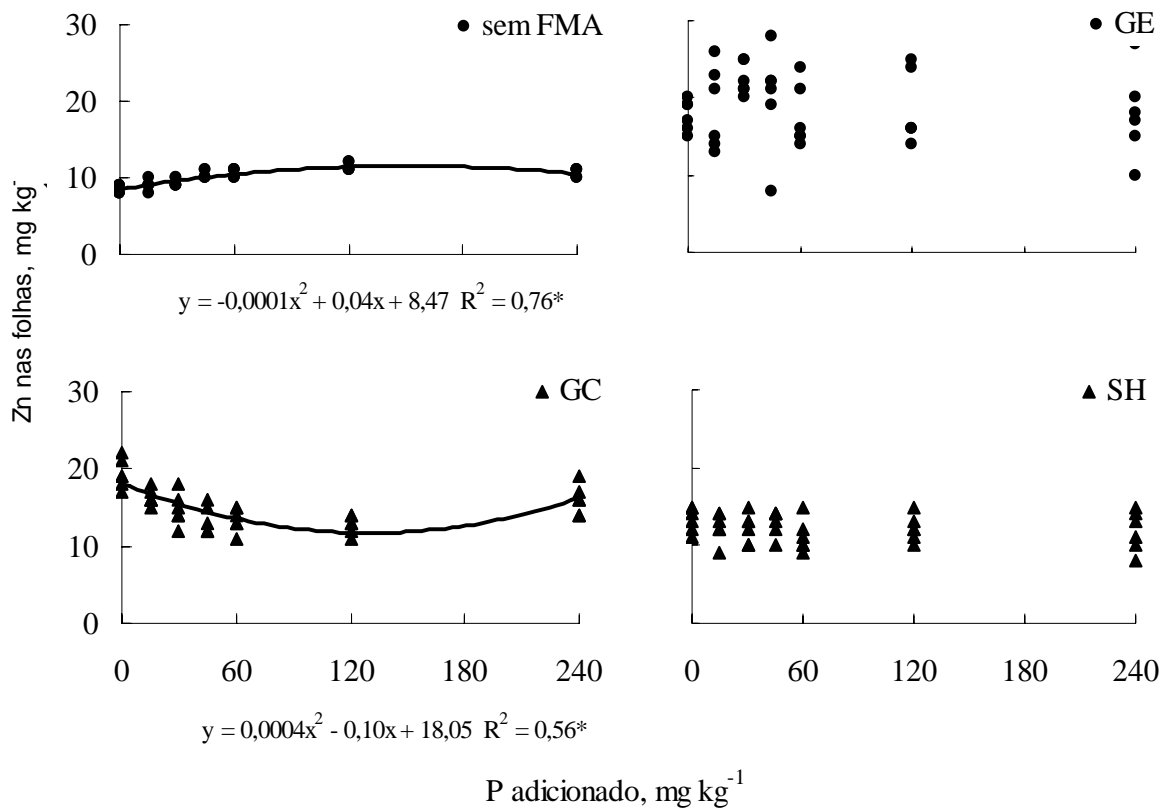


Figura 19. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e o teor de Zn foliar,  $\text{mg kg}^{-1}$ , do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado ou não com os FMAs *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Do mesmo modo que o observado para o boro (Figura 15), a interação entre o teor de Zn foliar e o fósforo adicionado ao substrato foi expressa por uma equação polinomial quadrática,  $y=a+bx+cx^2$ , para as plantas sem inoculação micorrízica. Para as plantas inoculadas, por sua vez, não se obteve uma equação que expressasse os dados obtidos.

#### 4. 3. Colonização micorrízica

Os dados médios originais da colonização micorrízica, %, são apresentados na tabela 25. A colonização foi elevada para quaisquer um dos FMA utilizados e obedeceu à ordem decrescente (*Glomus etunicatum* = *Glomus clarum*) > *Scutelospora heterogama*, com os dados médios de 79,41, 78,60 e 73,63%, respectivamente.

Tabela 25. Dados médios originais da colonização micorrízica, %, na associação entre o porta-enxerto limoeiro “Cravo” e os FMAs *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus clarum* (GC) ou *Scutelospora heterogama* (SH), em função do fósforo adicionado ao substrato (Média de seis repetições).

Fósforo adicionado mg kg <sup>-1</sup>	-----FMAs-----		
	GE	GC	SH
	colonização micorrízica, %		
0	95,02	97,44	87,34
15	87,68	91,94	79,72
30	79,80	81,17	74,66
45	78,26	78,28	72,42
60	77,66	75,11	71,50
120	70,49	65,00	64,77
240	66,93	61,27	65,00
Média <sup>(1)</sup>	79,41 A	78,60 A	73,63 B

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si (Tukey a 5%). DMS= 1,52 e CV%= 18,98, para os dados transformados para  $\arcseno(x/100)^{1/2}$ .

O efeito do P adicionado sobre a colonização micorrízica foi expresso por uma função polinomial quadrática para os três fungos micorrízicos utilizados (Figura 20). A colonização, com média de 93% nos tratamentos sem adição de P ao substrato, tendeu a

decrecer para uma média de 64% com o aumento da adição de P ao substrato para 240 mg kg<sup>-1</sup>. Este decréscimo é reflexo do efeito inverso do fósforo disponível sobre a colonização micorrízica.

Embora as plantas inoculadas com o FMA *Scutelospora heterogama* tenham tido uma colonização radicular média de 73,63%, esta não foi tão eficiente quanto às colonizações devidas aos FMA *Glomus etunicatum* ou *Glomus clarum* em promover efeitos benéficos no crescimento e absorção de nutrientes pelo porta-enxerto limoeiro “Cravo”. O uso de potenciais de inóculo com densidades semelhantes não foi garantia de igualdade nas respostas.

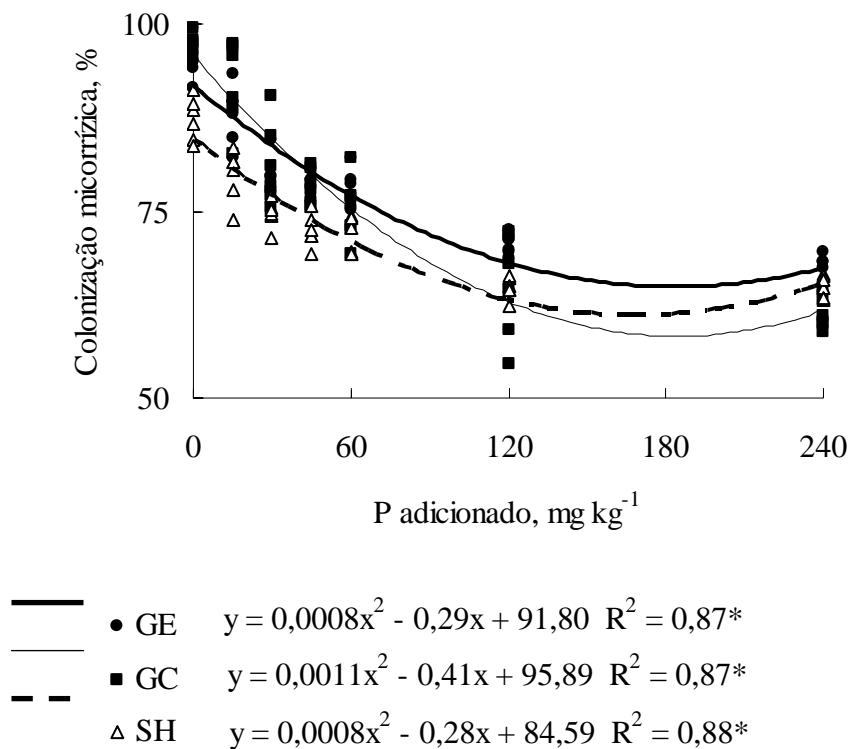


Figura 20. Relação entre o fósforo adicionado ao substrato e a colonização micorrízica, %, do porta-enxerto limoeiro “Cravo” inoculado com os FMA *Glomus clarum* (GC), *Glomus etunicatum* (GE) ou *Scutelospora heterogama* (SH) (seis repetições).

Na avaliação da colonização radicular devida ao FMA *Scutelospora heterogama* em questão, observaram-se hifas em abundância mas, ausência de arbúsculos, estruturas indispensáveis à eficiência da associação e intensidade de seus efeitos sobre o crescimento das plantas. No presente trabalho, os dados de diâmetro de caule (Tabela 3), altura (Tabela 4), número de folhas (Tabela 5), MSPA (Tabela 6) e MFPR (Tabela 7) para estas plantas foram 27, 38, 26, 58 e 56% menores em relação às médias obtidas para as plantas inoculadas com os demais FMA, respectivamente.

No presente experimento, a eficiência dos FMAs utilizados sobre o crescimento e absorção de nutrientes pelo limoeiro “Cravo” geralmente obedeceu à seguinte ordem decrescente: (*Glomus clarum* = *Glomus etunicatum*) > *Scutelospora heterogama*. Este fato pode ser uma consequência do estabelecimento mais rápido dos dois primeiros fungos no sistema radicular das plantas, dentre outros fatores. Neste sentido, ressalte-se que a colonização micorrízica das mudas, no momento do transplante para os vasos de cultivo, foi de 77,3, 64,6 e 36,5 % com os FMAs acima mencionados, respectivamente. Ainda neste momento, a MSPA das mudas foi de 0,17, 0,17 e 0,11g e a MFR foi de 0,64, 0,50 e 0,35g, também em função dos FMAs acima mencionados, respectivamente.

Os resultados deste trabalho confirmam o efeito positivo e de intensidade variável de fungos micorrízicos arbusculares sobre o porta-enxerto limoeiro “Cravo”, cuja produção é, geralmente, feita em substratos submetidos a tratamentos fitossanitários. Possibilitou também, verificar que o porta-enxerto limoeiro “Cravo” necessita de teores elevados de fósforo disponível para o seu desenvolvimento inicial e que a inoculação com FMA aumenta a eficiência da planta na absorção de fósforo e de outros nutrientes.

## 5. CONCLUSÕES

1. A intensidade do efeito da inoculação micorrízica sobre o crescimento vegetal e absorção de nutrientes varia com o fungo inoculado, dose de fósforo adicionada e com a própria variável de crescimento analisada.
2. Os fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum* apresentaram comportamentos semelhantes entre si e superiores aos obtidos com *Scutelospora heterogama*, quanto aos efeitos sobre o diâmetro do caule, altura, número de folhas, MSPA e MFPR de plantas de limoeiro “Cravo”.
3. A inoculação micorrízica aumentou a eficiência do porta-enxerto limoeiro “Cravo” na absorção de fósforo e de outros nutrientes.
4. O fungo *Scutelospora heterogama*, embora tenha estabelecido uma colonização radicular elevada, os seus efeitos foram menores provavelmente devido à uma infecção tardia em relação aos outros FMAs.
5. Ainda que a micorrização bem como os efeitos desta sobre o crescimento e absorção de nutrientes tenham diminuído com a adição de  $240 \text{ mg kg}^{-1}$  de P no substrato, plantas não micorrizadas apresentaram crescimento e absorção de nutrientes reduzidos nestas condições.
6. O efeito da micorrização sobre a absorção de alguns nutrientes, tais como o nitrogênio, o potássio e o boro, é mascarado pelo efeito de diluição destes na massa vegetal aumentada.
7. O uso da associação micorrízica na formação de porta-enxertos cítricos pode reduzir significativamente os custos do processo, face à otimização da absorção de fósforo e de outros nutrientes pela planta micorrizada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNANI, D. R. G. Interação de fungos micorrízicos arbusculares, agentes de controle biológico e *Phytophthora parasitica* em limoeiro Cravo (*Citrus limonia*). 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)-Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2002.
- 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. v. 2, p. 565-568, 2002.
- ANTUNES, V. Crescimento do limoeiro “Cravo” (*Citrus limonia* Osbeck) sob influência da inoculação com o fungo micorrízico vesículo-arbuscular e da aplicação de fósforo. 1987. 99 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 1987.
- ANTUNES, V.; CARDOSO, E. J. B. N. O fósforo e a micorriza vesículoarbuscular no crescimento de porta-enxertos de citros cultivados em solo natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 14, p. 277-282, 1990.
- ARAÚJO, W. L. et al. Diversity of endophytic bacterial populations and their interaction with *Xylella fastidiosa* in citrus plants. Applied and Environmental Microbiology. v. 10, p. 4906-4914, 2002.

- AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. In: Allen, M. F. (ed). Mycorrhizal functioning - An integrative plant-fungal process. London: Chapman & Hall, Inc., 1992. p. 163-198.
- BAGYARAJ, D. J. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: application in agriculture. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J. & VARMA, A. K. (eds.). Techniques for mycorrhizal research: Methods in microbiology. San Diego: Academic Press Inc., 1994. p. 819-833.
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Macronutrientes em mudas cultivadas em vasos e resposta à adubação NPK. Scientia Agrícola. v. 57, n. 4, p. 761-767, 2000.
- BURKE, D. J.; HAMERLYNCK, E. P.; HAHN, D. Interactions between the salt marsh grass *Spartina patens*, arbuscular mycorrhizal fungi and sediment bacteria during the growing season. Soil Biology and Biochemistry. v. 35, p. 501-511, 2003.
- CALDEIRA, S. F.; CHAVES, G. M.; ZAMBOLIM, L. Observações de micorriza vesículo-arbuscular em diferentes espécies de plantas. Revista Ceres. v. 30, p. 19-24, 1983.
- CAMPRUBÍ, A.; CALVET, C.; ESTAÚN, V. Growth enhancement of *Citrus reshni* after inoculation with *Glomus intraradices* and *Trichoderma aureoviride* and



associated effects on microbial populations and enzyme activity in potting mixes. *Plant and Soil*. v. 173, p. 233-238, 1995.

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 10, p. 25-30, 1986.

CARDOSO, E. J. B. N.; LAMBAIS, M. R. Efeito da Aldicarb e Fosetil-Al no desenvolvimento e na colonização micorrízica de tangerina Cleópatra. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 17, p. 179-184, 1993.

CARDOSO FILHO, J. A.; PACOVSKY, R. S.; CARDOSO, E. J. B. N. Growth and metabolic activity of the extramatricial mycelium of endomycorrhizal maize plants. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 23, p. 807-814, 1999.

CARLOS, E. F.; LEMOS, E. G. M.; DONADIO, L. C. O declínio dos citros. *Laranja*. v. 21, n. 1, p. 175-203, 2000.

CARVALHO, S. A. Produção de porta-enxertos cítricos sob doses crescentes de nitrato de potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 29, n. 1, p. 87-90, 1994.

CARVALHO, J. E. B. et al. Efeito de práticas culturais sobre o estabelecimento e permanência de fungos micorrízicos arbusculares (MAS) na laranja "Pêra". *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 17, n. 3, p. 33-46, 1995.

CENTRO DE DEFESA SANITÁRIA VEGETAL. Normas para produção de mudas fiscalizadas de citros no Estado de São Paulo. Laranja. v. 20, p. 505-520, 1999.

CRISTOFANI, M.; MACHADO, M. A. Uso de técnicas moleculares na taxonomia, na genética e no melhoramento dos citros. Laranja. v. 20, p. 205-232, 1999.

CUBERO, J.; GRAHAM, J. H.; GOTTWALD, T. R. Quantitative PCR method for diagnosis of citrus bacterial canker. Applied and Environmental Microbiology. v. 67, p. 2849-2853, 2001.

DUTRA, P. V. et al. Auxin interaction with the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* Schenck & Smith improves vegetative growth of two citrus rootstocks. Scientia Horticulturae. v. 66, p. 77-83, 1996.

EISSENSTAT, D. M. et al. Carbon economy of Sour Orange in relation to mycorrhizal colonization and phosphorus status. Annals of Botany. v. 71, p. 1-10, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999. 412p.

FERNANDES, A. B. et al. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 11, p. 101-108, 1987.

FIDELIBUS, M. W. et al. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal communities on growth of “Volkamer” lemon in continually moist or periodically dry soil. *Scientia Horticulturae*. v. 84, p. 127-140, 1999.

FIGUEIREDO, J. O. et al. Porta-enxertos para a lima ácida “Tahiti”na região de Bebedouro, SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.

FONSECA, E., B., A. et al. Efeitos do fósforo e fungo MVA na nutrição de dois porta-enxertos de citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 12, p. 1889-1896, 1994.

FRACCHIA, S. et al. Interaction between the soil yeast *Rhodotorula mucilaginosa* and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Gigaspora rosea*. *Soil Biology and Biochemistry*. v. 35, p. 701-707, 2003.

GAMA, G. B. M. N.; MEDEIROS, J. X.; PINHEIRO, L. E. L. O cenário da cooperação como fator de desenvolvimento para o sistema agroindustrial citros. *Laranja*. v. 21, p. 225-238, 2000.

GEORGIU, A. Evaluation of rootstocks for “Clementine” mandarin in Cyprus. *Scientia Horticulturae*. v. 93, p. 29-38, 2002.

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

GOMES, V. F. F. Desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares em três espécies de porta-enxertos cítricos sob níveis de fósforo. 1997. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 março 2003.

Informativo Centro de Citricultura. Nova doença já causa prejuízos a pomares de SP e MG. Cordeirópolis. n. 76, p. 4, setembro de 2001.

Informativo Centro de Citricultura. Pesquisa estuda porta-enxertos para o controle da morte súbita em citros. Cordeirópolis. n. 89, p. 4, outubro de 2002.

KLEINSCHMIDT, G. D.; GERDEMANN, J. W. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. *Phytopathology*. v. 62, p. 1447-1453, 1972.

KONNO, R. H.; FRANCO, C. R.; OMOTO, C. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. *Sciencia Agricola*. v. 4, p. 703-709, 2001.

KURLE, J. E.; PFLEGER, F. L. The effects of cultural practices and pesticides on VAM fungi. In: Pfleger, F. L. & Linderman, R. G. (ed.). *Mycorrhizae and plant health*. St.

Paul, Minnesota: APS Press, The American Phytopathological Society, 1994. p. 101-131.

LANTERI, A. A.; GUEDES, J. C.; PARRA, J. R.P. Weevils Injurious for Roots of Citrus in São Paulo State, Brazil. *Neotrop. Entomol.* v. 4, p. 561-569, 2002.

LARANJEIRA, F. F. Infestação de cochonilha pardinha em sansão-do-campo usado como cerca viva em pomares de laranja. *Bragantia*. v. 2, p. 289-290, 1997.

LATADO, R. R. et al. Obtenção de híbridos somáticos de limoeiro “Cravo” e tangerina “Cleópatra”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 12, p.1735-1741, 2002.

LINDERMAN, R. G. Role of VAM fungi in biocontrol. In: Pflieger, F. L. & Linderman, R. G. (ed.). *Mycorrhizae and plant health*. St. Paul, Minnesota: APS Press, The American Phytopathological Society, 1994. p. 1-25.

LIN, M. T. Uso de micorrizas em fruticultura. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 8, p. 47-55, 1986.

LOPES, E. S.; SIQUEIRA, J. O.; ZAMBOLIN, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 7, p.1-19, 1983.

- MALAFAIA, M. I. F. R. et al. Consumo de nutrientes, digestibilidade *in vivo* e *in vitro* de dietas para cães contendo polpa de citrus e folha de alfafa. *Ciência Rural*. v. 1, p. 121-126, 2002.
- MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola Piracicaba - Nutrição de plantas e fertilidade do solo. Ceres, 1976. 528 p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1989, 201 p.
- MARONEK, D. M. ; HENDRIX, J. W.; KIERMAN, J. Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crop production. *Hortic. Rev.* v. 3, p. 172-213, 1981.
- MARUYAMA, W. I. et al. Distribuição espacial de *Dilobopterus costalimai* young (Hemiptera: Cicadellidae) em citros na região de Taquaritinga, SP. *Neotrop. Entomol.* v. 1, p. 35-40, 2002.
- MAY-DE MIO, L. L.; GHINI, R.; KIMATI, H. Solarização para controle de *Phytophthora parasitica* em mudas de citros. *Fitopatologia Brasileira*. v. 3, p. 254-258, 2002.

- MEISSNER FILHO, P. E. et al. Reação de porta-enxertos híbridos ao *Citrus tristeza virus*. Fitopatologia Brasileira. v. 3, p. 312-315, 2002.
- MELLONI, R. et al. Fósforo adicionado e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição mineral de limoeiro-cravo [*Citrus limonia* (L.) OSBECK]. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 24, p. 767-775, 2000.
- MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extracelular de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 23, p. 59-67, 1999.
- MENDES, M.; OLIVEIRA, J. V.; ULLER, A. Fracionamento de óleos de citros utilizando fluidos supercríticos. Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 4, p. 441-445, 1997.
- MENGE, J. A. et al. The effect of two mycorrhizal fungi upon growth and nutrition of avocado seedlings grown with six fertilizer treatments. J. Am. Soc. Hortic. Sci.. v. 105, p. 400-404, 1980.
- MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P.; MAGRI, D. C. Alternation of host plants as a survival mechanism of leafhoppers *Dilobopterus costalimai* and *Oncometopia facialis* (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of the Citrus Variegated Chlorosis (CVC). Scientia Agricola. v. 4, p. 699-702, 2001.

MINHONI, M. T. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; EIRA, A. F. Efeitos da interação de fosfato de rocha, matéria orgânica e fungo micorrízico no crescimento e na absorção de nutrientes pela soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 17, p. 165-171, 1993a.

MINHONI, M. T. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; EIRA, A. F. Efeitos da interação de fosfato de rocha, bagaço de cana-de-açúcar, fosfato solúvel e fungo micorrízico no crescimento e na absorção de nutrientes por plantas de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 17, p. 173-178, 1993b.

MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 27, n. 5, p. 841-847, 2003.

MOHANDAS, S. Effect of VAM inoculation on plant growth, nutrient level and root phosphatase activity in papaya (*Carica papaya*) cv. Coorg. Honey Dew. *Fertil. Res.*. v. 31, p. 263-267, 1992.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras, Editora UFLA, 2002. 625p.

MOREIRA, A. et al. Avaliação de diferentes porta-enxertos de citrus cultivados em citropotes. *Ciência e Agrotecnologia*. v. 24, n. 2, p. 504-508, 2000.



- MOURÃO FILHO, F. A. A.; MENDES, B. M. J. Hibridação somática: uma ferramenta biotecnológica no melhoramento de citros. *Laranja*. v. 21, p. 391-400, 2000.
- NEMEC, S.; DATNOFF, L. E.; STRANDBERG, J. Efficacy of biocontrol agents in planting mixes to colonize plant roots and control root diseases of vegetables and citrus. *Crop Protection*. v. 15, p. 735-742, 1996.
- 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*. v. 24, p. 329-338, 2000.
- NEVES, E. M. et al. Citricultura brasileira: efeitos econômicos-financeiros, 1996-2000, *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 2, p. 432-436, 2001.
- OLIVEIRA, A. A. R.; COELHO, Y. S. Infecção micorrízica em pomares de citros no Estado de Sergipe. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 3:, p. 77-84, 1995.
- OLIVEIRA, A. A. R.; WEBER, O. B.; SILVA, A. C. G. M. Micorrização e crescimento de porta-enxertos de citros em função de inóculos micorrízicos vesículo-arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 7, p. 1049-1056, 1992.
- PARON, M. E.; SIQUIERA, J. O.; CURI, N. Fungo micorrízico, fósforo e nitrogênio no crescimento inicial da trema e do fedegoso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 21, n. 4, p. 567-574, 1997.

- PELISSARI, A. Efeitos do uso contínuo de herbicidas sobre fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros, e na atividade microbiana do solo. 1992. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, 1992.
- POMPEU JÚNIOR, J. Rootstocks and scions in the citriculture of the São Paulo State. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF CITRUS NURSERYMEN, 6, 2001, Ribeirão Preto. Proceedings...Bebedouro: Estação Experimental de Citricultura, 2001. p. 75-82.
- POMPEU JÚNIOR, J.; LARANJEIRA, F., F.; BLUMER, S. Laranjeiras “Valência” enxertadas em híbridos de trifoliata. *Sciencia Agrícola*. v. 1, p. 93-97, 2002.
- RAHAL, S. C. et al. Pomada orgânica natural ou solução salina isotônica no tratamento de feridas limpas induzidas em ratos. *Ciência Rural*. v. 6, p. 1007-1011, 2001.
- RAIJ, B. van. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: Yamada, T. et al. (eds.). Potássio na Agricultura Brasileira. Instituto da Potassa & Fosfato (USA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1982. p. 67-76.
- RAIJ, B. Van, QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo*. v. 81, p. 1-31, 1983.

- RAMIREZ, B. N.; MITCHEL, D. J.; SCHENCK, N. C. Establishment and growth effects of three vesicular mycorrhizal fungi on papaya. *Mycologia*. v. 67, p. 1039-1041, 1975.
- SÁ, L. A. N. et al. Parasitoids of *Phyllocnistis citrella* in Jaguariúna, state of São Paulo, Brazil, before and after the introduction of *Ageniaspis citricola*. *Sciencia Agricola*. v. 4, p. 799-801, 2000.
- SAFIR, G. R. Involvement of cropping systems, plant produced compounds and inoculum production in the functioning of VAM fungi. In: Pflieger, F. L.; Linderman, R. G. (ed.). *Mycorrhizae and plant health*. St. Paul, Minnesota: APS Press, The American Phytopathological Society, 1994. p. 239-259.
- SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 2, p. 519-523, 2002.
- SILVA, F. T.; JARDINE, J. G.; MATTA, V. M. Concentração de suco de laranja (*Citrus sinensis*) por osmose inversa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 1, p. 99-104, 1998.
- SILVA, L. F. C.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 15, p. 283-288, 1991.

SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Kinetics of phosphorus uptake, growth and mineral nutrition of mycorrhizal and non-mycorrhizal bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 8. Wyoming: Abstracts, 1990. p.269.

SIQUEIRA, J. O.; COLLOZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agroecossistemas do Estado de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 12, p. 1499-1506, 1989.

SILVEIRA, S. V.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C.. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do abacateiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 11, p. 1597-1604, 2002.

SIVIERO, A. et al. Avaliação de métodos de inoculação de *Phytophthora parasitica* em plântulas e plantas jovens de citros. Fitopatologia Brasileira. v. 6, p. 574-580, 2002.

SOARES, A. C. F.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo ( *Passiflora edulis f. flavicarpus*). Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 24, p. 731-740, 2000.

SORBARA, J. O. B. et al. Avaliação da polpa de citros peletizada como material para cama de frangos de corte. Revista Brasileira de Ciência Avícola. v. 3, p. 273-280, 2000.

- SOUZA, P. V. D. et al. Identificação e quantificação de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em municípios produtores de citros no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 4, p. 553-558, 2002.
- TERSI, F. E. A.; RIGOLIN, A. T. Impacto da clorose variegada dos citros no custo de produção de cinco propriedades do centro e do norte paulistas. *Laranja*. v. 21, n. 1, p. 29-38, 2000.
- TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; CUNHA, B. R. M. Experimentos com a polpa cítrica em ovinos e coelhos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. v. 4, p. 172-176, 2001.
- TREEBY, M. T. The role of mycorrhizal fungi and non-mycorrhizal micro-organisms in iron nutrition of citrus. *Soil Biology and Biochemistry*. v. 24, p. 857-864, 1992.
- TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado para mamoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 24, p. 505-513, 2000.
- TRINDADE, A. V. et al. Estimativa do coeficiente de determinação genotípica em mamoeiros (*Carica papaya* L.) inoculados com fungo micorrízico arbuscular. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 3, p. 607-612, 2001.

- TUNG, S., Y.; KUO, T., T. Requirement for phosphoglucose isomerase of *Xanthomonas campestris* in pathogenesis of citrus canker. *Applied and Environmental Microbiology*. v. 65, p. 5564-5573, 1999.
- VENANCIO, W. S. Efeito da solarização e do tratamento com brometo de metila sobre a população de fungos do solo. 1993. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Area de Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, 1993.
- VIERHEILIG, H. et al. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*. v. 64, n. 12, p. 5004-5007, 1998.
- XAVIER, L. J. C.; GERMIDA, J. J. Bacteria associated with *Glomus clarum* spores influence mycorrhizal activity. *Soil Biology and Biochemistry*. v. 35, p. 471-478, 2003.
- YAMAMOTO, P. T.; ROBERTO, S. R.; PRIA JUNIOR., W. D. Inseticidas sistêmicos aplicados via tronco para controle de *Oncometopia facialis*, *Phyllocnistis citrella* e *Toxoptera citricida* em citros. *Sciencia Agrícola*. v. 3, p. 415-420, 2000.
- YAMAMOTO, P. T. et al. Espécies e flutuação populacional de cigarrinhas em viveiro de citros, no município de Mogi-Guaçu-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 2, p. 389-394, 2002.

WEBER, O. B.; AMORIM, S. M. C. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro “solo”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 18, p. 187-191, 1994.

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

WEBER, O. B.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros nos Estados da Bahia e Sergipe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 12, p. 1905-1914, 1994.

WILSON, J.; TOMMERUP, I. C. Interactions between fungal symbionts: VA mycorrhizae. In: Allen. M. F. (ed.). *Mycorrhizal functioning – An integrative plant – fungal process*. Chapman & Hall, Inc., 1992. p. 199-248.