

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

AVALIAÇÃO DA COLONIZAÇÃO NATURAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM COMBINAÇÕES COPA/PORTA-ENXERTO DE  
TANGERINEIRAS

Priscila de Sousa Rollo Pereira  
Engenheira Agrônoma/IFPA *Campus Castanhal*

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Sistemas de produção vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Agosto de 2017

CIP - Catalogação na Publicação

ROLLO PEREIRA, PRISCILA DE SOUSA  
AVALIAÇÃO DA COLONIZAÇÃO NATURAL DE FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM COMBINAÇÕES  
COPA/PORTA-ENXERTO DE TANGERINEIRAS / PRISCILA DE  
SOUSA ROLLO PEREIRA. -- 2017.  
118 f.  
Orientador: Sergio Francisco Schwarz.

Coorientador: Paulo Vitor Dutra de Souza.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2017.

1. Citrus deliciosa. 2. Citrus reticulata. 3.  
Estações do ano. 4. Endomicorrizas. 5. Nutrição  
mineral. I. Schwarz, Sergio Francisco, orient. II.  
Souza, Paulo Vitor Dutra de, coorient. III. Título.

PRISCILA DE SOUSA ROLLO PEREIRA  
Engenheira Agrônoma - IFPA

## **DISSERTAÇÃO**

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 25.08.2017  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 10.07.2020  
Por

SERGIO FRANCISCO SCHWARZ  
Orientador - PPG Fitotecnia  
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em fitotecnia

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA  
Coorientador - PPG Fitotecnia  
UFRGS

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN  
PPG Fitotecnia/UFRGS

MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA SILVA  
PPG Fitotecnia/UFRGS

JOSÉ LUIS DA SILVA NUNES  
BADESUL Desenvolvimento  
Agência de Fomentos/RS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

Dedico à pequena da minha

vida:

*Ana Luisa*

Pelo tempo roubado.

Pelo silêncio pedido.

Pela paciência colorida.

E pela compreensão dita em

versos e prosas.

Dedico àquela que mesmo

pequena que é, foi grande

demais para tudo isso e deu-me

um apoio sem tamanho.

Amo muito você filha

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo desta caminhada, a conclusão deste trabalho representa mais que uma etapa vencida em minha formação acadêmica, mas uma vitória de vida, e para consegui-la pude contar com o apoio, dedicação e compreensão de muitas pessoas que direta ou indiretamente estiveram em alguma ou em todas as etapas comigo e sem as quais este trabalho não teria tanto valor e nem o mesmo significado. Poderia simplesmente dizer-lhes um obrigado (a), mas precisava que soubessem que junto delas foi mais fácil não desistir no inverno e, assim, assegurar a promessa da primavera, se alegrar com a beleza do verão e sonhar com as expectativas do outono. Foram palavras, conselhos, gestos e mesmo o silêncio dessas pessoas queridas que contribuíram para que hoje um sonho se materializasse nesta dissertação. A vocês que passaram por essa história ficam registrados aqui meus sinceros agradecimentos:

A minha pequena Ana Luisa que soube entender o momento de sua chegada e a estrada que sua mãe escolheu seguir.

Ao meu amigo e companheiro Cleoson Reis, pelo silêncio e pela calma, por me fazer acreditar cada vez mais, por todas as inquietações que me fez crescer muito nos últimos anos, e por toda confiança que tem em mim. Obrigada por seu amor e carinho e por você ter trilhado e remado comigo nessa caminhada. Eu e sua filha agradecemos por todo o seu enorme apoio, nunca esqueceremos o que representas em nossas vidas.

Ao meu pai Washington Rolo que me fez ler a primeira árvore da vida. Obrigada pelo carinho, participação e ânimo em momentos difíceis e por sempre acreditar em mim e seguir ao meu lado.

A minha mãe Francisca de Sousa, mulher de força e coragem que assumiu de modo responsável e dedicado à missão de ser mãe. Além de acreditar nos meus sonhos a sua presença em muitos momentos foi motivo e inspiração para que fosse possível essa conquista. Seus exemplos e ensinamentos formaram parte do que sou. Mais que um obrigado, o “eu te amo” reflete mais o meu respeito, veneração e orgulho por ser sua filha.

A minha tia Maria de Nazaré Rolo, minha incentivadora permanente aos estudos ao logo dos anos. Obrigada por todo carinho e amor.

Ao meu orientador, professor Sérgio Schwarz, que cumpriu fielmente a promessa de estar em todas as etapas ao meu lado. Agradeço por ter confiado em mim, encorajando-me a seguir quando o caminho parecia uma “trilha de tatu”. Sem dúvida, você cumpriu com a vocação de orientador nato, além, é claro, de tornar-se meu amigo, oferecendo sempre o sorriso para alegrar minha alma quando as lágrimas chegavam. Obrigada pela dedicação, paciência e exigências. Muito obrigada mesmo.

Ao meu coorientador, professor Paulo Vitor, pelas trocas de ideias, embasamento teórico, por suas sugestões e contribuições que foi decisiva para execução deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Horticultura e Silvicultura, pessoas com quem consegui discutir as mais diversas teorias. Os momentos que passamos juntos foram enriquecedores. Em especial às professoras Magnólia Silva e Tatiana Duarte, pela amizade e conhecimentos transmitidos.

Aos meus colegas de pós-graduação, em especial ao pessoal da ‘Salinha’, pelos bons momentos compartilhados.

Ao colega Mateus Gonzatto, pelo auxílio no delineamento e na análise estatística. E a todos os demais colegas do ‘GOPS’, que me auxiliaram na coleta a campo e no desenrolar das análises de dados no laboratório do DHS.

A Manuela Sulzbach, pela amizade sincera e verdadeira e por estar ao meu lado compartilhando os momentos difíceis, como também os de alegria e descontração. Ao carinho e amizade que foram sendo construídos ao longo do processo.

Ao professor Sidney Stürmer e a Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota, da Fundação Universidade Regional de Blumenau, pela colaboração, auxílio e disponibilidade em responder minhas dúvidas, os meus mais sinceros agradecimentos.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que ofereceu suportes necessários para minha formação.

Ao CNPQ, pela oportunidade de aprender a fazer pesquisa e proporcionar uma bolsa de estudo que foi de grande valor.

A todos que não foram mencionados, mas, que participaram de forma direta e indireta na minha formação profissional e pessoal e na realização desta conquista.

Agradeço principalmente a DEUS que me deu força e coragem segundo o vosso desejo e sustentou-me em todos os momentos. Obrigada Senhor por todas as pedras do caminho: Eis aqui o meu castelo. “ *O senhor é meu pastor e nada me faltará*”.

Muito obrigada!!!

# AValiação da Colonização Natural de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Combinações Copa/Porta-Enxerto de Tangerineiras<sup>1</sup>

Autora: Priscila de Sousa Rollo Pereira  
Orientador: Sergio Francisco Schwarz  
Coorientador: Paulo Vitor Dutra de Souza

## RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), ocorrem de maneira genérica nos ecossistemas, e quando associadas às raízes da planta favorecem a absorção de nutrientes poucos móveis no solo, conferem maior tolerância às plantas a doenças radiculares, melhoram a estrutura do solo e aumentam a diversidade e a produtividade vegetal. Nas plantas cítricas, a simbiose, além de melhorar o estado nutricional das plantas, acelera o crescimento e melhora o vigor das mesmas na fase de formação, favorece sua adaptação a diferentes ecossistemas e aumenta a tolerância a fatores estressantes bióticos e abióticos. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a campo, a influência da sazonalidade na colonização micorrízica em diferentes combinações copa/porta-enxerto, em um pomar de tangerineiras, de 18 anos, no município de Butiá, RS. As copas avaliadas foram: tangerineiras 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Ten.) e 'Oneco' (*C. reticulata* Blanco), e tangoreiro 'URSBRS Hada' [*C. unshiu* Marc × *C. sinensis* (L.) Osb.], enxertadas sobre os porta-enxertos: trifoliato 'Flying Dragon' [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.]; citrangeiro 'Troyer' [*C. sinensis* × *P. trifoliata* (L.) Raf.]; citrumeleiro 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. × *P. trifoliata*]; limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.); limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); laranja 'Caipira' (*C. sinensis*). Adicionalmente, para o tangoreiro 'URSBRS' Hada' também foi utilizado o porta-enxerto tangerineira 'Sunki' (*C. sunki* Hortex Tan.). Foi realizada a coleta de radicelas em quatro épocas do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão (21/03/2016) e outono (30/05/2016). Cada amostra foi composta por quatro subamostras coletadas de 0-20 cm do solo, na projeção das copas, de cada porta-enxerto (duas subamostras por planta), com três repetições. Foi determinada a densidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbuscúlos), colonização radicular através da relação: número de segmentos infectados/total analisado e densidade de esporos. A colonização micorrízica ocorre naturalmente nos porta-enxertos de citros em campo, variando entre os porta-enxertos e as épocas do ano, sendo elevada mesmo sob influência de altas dosagens de fósforo no solo.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (118f.) Agosto, 2017.



# ARBUSCULAR MYCORRHIZAL IN COMBINATIONS CROWN/ROOTSTOCKS OF TANGERINE<sup>2</sup>

Author: Priscila de Sousa Rollo Pereira  
Adviser: Sergio Francisco Schwarz  
Co-Adviser: Paulo Vitor Dutra de Souza

## ABSTRACT

The arbuscular mycorrhizal fungi (FMAs), occur in a general way in ecosystems, and when associated with plant roots favor the absorption of few soil nutrients, confer greater plant tolerance to root diseases, improve soil structure and increase diversity and plant productivity. In citrus plants, symbiosis, in addition to improving the nutritional status of plants, accelerates growth and improves their vigor in the formation phase, favors their adaptation to different ecosystems and increases tolerance to biotic and abiotic stress factors. In this context, the aim of this study was to evaluate, in the field, the seasonality influence on the mycorrhizal colonization in different crown/rootstock combinations of tangerines, 18 years old, in Butiá city, RS, Brasil. The evaluated crowns were: 'Montenegrina' mandarin (*Citrus deliciosa* Tenore), 'Oneco' mandarin (*C. reticulata* Blanco) e 'URSBRS Hada' tangor [*C. unshiu* Marc × *C. sinensis* (L.) Osb.], grafted onto rootstocks 'Flying Dragon' trifoliolate [*Poncirus trifoliata* var. *Monstrosa* (T. Ito) Swing.]; 'Troyer' citrange [*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.], 'Swingle' citrumelo [*C. paradise* Macf. × *P. trifoliata*]; 'Rangpur' lime (*C. limonia* Osb.); 'Volkamer' lemon (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); 'Caipira' orange (*C. sinensis*). In addition, for the tangor 'URSBRS Hada' the rootstock was also used 'Sunki' mandarin (*C. sunki* Hort. ex Tan.). The roots were collected in four seasons of the year: winter (08/24/2015), spring (12/01/2015), summer (03/21/2016) and autumn (05/30/2016). Each sample was made of four sub-samples collected at a 0-20 depth in the soil, under the projection of the treetop of each rootstock (two sub-samples per tree), with three repetitions. Were determined the intensity of colonization structures (hyphae, vesicle and arbuscle), root colonization through the relation: number of infected segments/total analysed and spore density. The data were submitted to repeated measurement analysis of variance (ANOVA), by mixed models. In addition, when necessary, the Tukey test ( $p < 0,05$ ) was used to compare the means. Mycorrhizal colonization occurs naturally in the citrus rootstocks in the field. In addition, the elevated colonization varied between the rootstocks and the seasons, being high even under fertilization influence with high phosphorus dosages.

---

<sup>2</sup> Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (118p.) August, 2017.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Importância econômica-social da citricultura .....	4
2.2 Características das copas estudadas.....	5
2.3 Características dos porta-enxertos estudados .....	7
2.4 Os fungos e a importância econômica na agricultura.....	10
2.5 Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em agroecossistemas .....	11
2.6 FMAs e o estabelecimento da simbiose .....	14
2.7 A importância dos FMAs para as plantas cítricas .....	16
2.8 Referências .....	19
3 ARTIGO 1- Colonização natural de micorrizas arbusculares em pomar de tangerineiras ‘montenegrina’ enxertadas sobre seis porta-enxertos .....	28
4 ARTIGO 2- Colonização natural de micorrizas arbusculares em pomar de tangerineiras ‘Oneco’ enxertadas sobre seis porta-enxertos.....	57
5 ARTIGO 3 - Colonização natural de micorrizas arbusculares em pomar de tangoreiro ‘URSBRS Hada’ sobre sete porta-enxertos .....	78
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	102
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	105

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Classificação dos FMAs.	12
2. Principais fatores que influenciam na formação e ocorrência de FMAs.	14

### ARTIGO 1

1. Porcentagem de colonização natural de micorrizas arbusculares, densidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos) e densidade de esporos (número/grama) viáveis em pomar de tangerineiras 'Montenegrina' em quatro estações do ano enxertadas sobre seis porta-enxertos. Porto Alegre, 2017.	53
2. Atributos químicos dos solos coletados no verão na área da cultivar 'Montenegrina' em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.	54
3. Análise do tecido foliar coletados no verão na área da cultivar 'Montenegrina' em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.	54
4. Correlação entre parâmetros nutricionais da parte aérea, estruturas (hifas e arbúsculos), percentual de colonização radicular por FMA e densidade de esporos no verão na área da cultivar 'Montenegrina' em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017. ( $p>0,05$ )	55

### ARTIGO 2

1. Porcentagem de colonização natural de micorrizas arbusculares, densidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos) e densidade de esporos (número/grama) viáveis em pomar de tangerineiras 'Oneco' em quatro épocas do ano enxertadas sobre seis porta-enxertos. Porto Alegre, 2017.	76
--	----

	Página
2. Atributos químicos dos solos coletados na época do verão na área da cultivar 'Oneco' em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.	77
3. Análise dos tecidos foliares coletados na época do verão na área da cultivar 'Oneco' em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.	77

4. Correlação entre parâmetros nutricionais, estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos), percentual de colonização radicular por FMA e densidade de esporos na época do verão na área da cultivar ‘Oneco’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017. 78

### ARTIGO 3

1. Porcentagem decolonização natural de micorrizas arbusculares, densidade de estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos) e de esporos (número/grama) viáveis em pomar de tangoreiro ‘URSBRS Hada’ sobre sete porta-enxertos, em quatro épocas do ano. Porto Alegre, 2017. 100
2. Atributos químicos dos solos coletados na época do verão na área da cultivar ‘URSBRS Hada’ em diferentes porta-enxertos. Porto Alegre, 2017. 101
3. Análise do tecido foliar coletados na época do verão na área da cultivar ‘URSBRS Hada’ em diferentes porta-enxertos. Porto Alegre, 2017. 101
4. Correlação entre parâmetros nutricionais da parte aérea, estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos), percentual de colonização radicular por FMA e densidade de esporos na época do verão na área da cultivar ‘URSBRS Hada’ em diferentes porta-enxertos. Porto Alegre, 2017. (p>0,05) 102

## RELAÇÃO DE FIGURAS

ARTIGO 1		Página
1.	A. Precipitação pluviométrica (mm), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).	49
2.	A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).	50
3.	A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).	51
4.	A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).	52
ARTIGO 2		
1.	A. Precipitação pluviométrica (mm), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).	72
2.	A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).	73
3.	A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e	74

mínima do ar (°C), no período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

4. A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de março a maio de 2016. 75  
Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

### ARTIGO 3

1. A. Precipitação pluviométrica (mm), no período de maio a agosto de 2015. 96  
Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).
2. A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de setembro a dezembro de 97  
2015. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).
3. A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de dezembro de 2015 a 98  
março de 2016. Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).
4. A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de março a maio de 2016. 99  
Porto Alegre, RS.B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

## 1 INTRODUÇÃO

As plantas cítricas, compreendidas principalmente por laranjeiras, tangerineiras, limoeiros, limeiras, pomeleiros e toranjeiras, desempenham um papel de acentuada importância socioeconômica mundial (Almeida *et al.*, 2012). No Brasil as tangerinas representam o segundo grupo de frutas cítricas mais produzidas, sendo o Estado do Rio Grande do Sul o quarto maior produtor desta fruta (IBGE, 2017).

O uso de porta-enxerto é essencial na citricultura, pois seus efeitos sobre as variedades copas possibilitam resistência a pragas e doenças, uniformidade no stand de plantas, influencia no tamanho, na produção e na qualidade dos frutos, adaptação a condições edafoclimáticas diversas, assim como outras características de importância hortícola (Pompeu Junior, 2001).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), ocorrem de maneira genérica nos ecossistemas, e quando associadas às raízes da planta favorecem a absorção de nutrientes poucos móveis no solo, conferem maior tolerância às plantas a doenças radiculares, melhoram a estrutura do solo e aumentam a diversidade e a produtividade vegetal (Van Der Heijden *et al.*, 1998; Schüßler *et al.*, 2001). Estas integram naturalmente os sistemas de produção, principalmente de culturas como citros, mandioca, café e algodão, que são altamente ou obrigatoriamente dependentes das MAs (Siqueira, 1994).

Nas plantas cítricas, a simbiose, além de melhorar o estado nutricional das plantas, acelera o crescimento e melhora o vigor das mesmas na fase de formação

(Colozzi-Filho & Bolota, 1994), favorece sua adaptação a diferentes ecossistemas e aumenta a tolerância a fatores estressantes bióticos e abióticos (Siqueira & Sagguin Júnior, 1995; Stürmer & Siqueira, 2013). Na falta de associação micorrízica, pode ocorrer a paralisação do crescimento das plantas, quando cultivadas em solo estéril, e com baixa fertilidade (Ortas *et al.*, 2002; Ortas, 2012). Além dos efeitos benéficos às plantas e ao meio ambiente, o uso dessa associação pode reduzir custos de produção e a dependência de insumos externos à propriedade.

Este trabalho insere-se em uma sequência de estudos com FMAs do Departamento de Horticultura e Silvicultura da UFRGS, onde se pretende viabilizar e otimizar o uso destes microrganismos na fruticultura. Existem muitos trabalhos (Souza *et al.*, 1993; Souza *et al.*, 1995a; Souza *et al.*, 1995b; Souza *et al.*, 1996a; Souza *et al.*, 1996b; Souza *et al.*, 1996c; Souza *et al.*, 1997; Schmitz, 1998; Panzenhagen *et al.*, 1998; Souza *et al.*, 2000; Schmitz *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2005; Rieth, 2012; Backet *et al.*, 2016), com resultados significativos obtidos que comprovam a eficiência da ação das MAs em citros na produção de mudas (casa de vegetação), onde se observa que a associação planta & fungo, promove maior crescimento e desenvolvimento da planta cítrica, tanto da parte aérea como radicular, proporcionando maior absorção de nutrientes. Porém pouco se sabe da influência dessa associação a campo. Existem alguns trabalhos de identificação de espécies nativas de FMAs ocorrendo em cultivos de citros já realizados que trouxeram resultados satisfatórios (Schmitz *et al.*, 1998; Schmitz *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2002; Focchi, 2003).

Nesse sentido, o estudo das comunidades e populações dos FMAs é uma etapa fundamental para diferentes abordagens de pesquisa sobre estes microorganismos (Magurran, 1988), além de fator determinante da produtividade e diversidade de plantas num dado ecossistema.



Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência da sazonalidade na colonização natural de espécies nativas de FMAs, em raízes de diferentes combinações copa/porta-enxerto, em um pomar comercial de tangerineiras, no município de Butiá, RS.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância econômica-social da citricultura

O setor citrícola brasileiro é um dos mais representativos do mundo, seguido pelos Estados Unidos cujo setor se ocupa, majoritariamente, em produzir laranjas para o fornecimento de matérias-primas para as indústrias de sucos, e a Europa que se destaca na produção de frutos de alta qualidade para o mercado de frutas *in natura* (FAO, 2017).

Em 2014, a produção mundial de frutas cítricas foi de aproximadamente 117 milhões de toneladas, sendo 70,9 milhões de toneladas de laranjas e 29,9 milhões de toneladas de tangerinas. O Brasil foi responsável por 16,2% da produção mundial de frutas cítricas, com aproximadamente 19 milhões de toneladas (FAO, 2017). Contudo, a citricultura brasileira é voltada majoritariamente a produção de suco de laranja respondendo por mais da metade do suco produzido mundialmente (CITRUSBR, 2017).

Na produção de frutas de cítricas para consumo *in natura*, o Brasil, em 2015, alcançou a marca de 999,7 mil toneladas de tangerinas em uma área de 48.975 hectares. Sendo os principais estados produtores: São Paulo com 356 mil toneladas (35,6% da produção nacional), Paraná com 198 mil toneladas (19,8%), Minas Gerais com 173 mil toneladas (17,3%) e Rio Grande do Sul com 131 mil toneladas (13,1%), que juntos responderam por 85,9% da produção nacional (IBGE, 2017).

O Estado do Rio Grande do Sul responde por 2,7% da produção nacional de citros. No entanto, em tangerinas (nos dados estatísticos são também incluídos tangelos e

tangores) responde por 14,1% da produção nacional (IBGE, 2017). As frutas cítricas produzidas no RS são destinadas tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria, com predomínio das frutas destinadas ao consumo *in natura*, sendo esta atividade desenvolvida predominantemente em pequenas propriedades com mão de obra familiar (Sulzbach *et al.*, 2016).

## 2.2 Características das copas estudadas

A copa é a principal responsável pelas características dos frutos e busca atender às exigências, tanto do mercado consumidor de fruta de mesa ou *in natura*, quanto da indústria de suco (Bastos *et al.*, 2014). No caso do presente estudo foram utilizadas as seguintes cultivares:

- Montenegrina (*Citrus deliciosa* Tenore): A tangerineira ‘Montenegrina’ surgiu entre os anos de 1928 e 1930 no município de Montenegro, Rio Grande do Sul (RS), possivelmente a partir de sementes da tangerineira ‘Caí’ (Rodrigues & Dornelles, 1999; Frizzo *et al.*, 2004). É a variedade mais cultivada dentre as tangerineiras, além de apresentar maior importância no Estado do Rio Grande do Sul (Schwarz, 2009). Segundo João & Conte (2007), é a variedade de maior aceitação no mercado local e equivale a mais de 30% da área plantada com tangerineiras no RS. A planta possui porte médio, copa com formato esférico, frutos com um pequeno colarinho na região peduncular (relacionado ao maior crescimento da casca nessa região), polpa firme e moderada aderência entre o endocarpo e o mesocarpo (Brugnara *et al.*, 2012). A maturação dos frutos desta cultivar ocorre entre a metade do mês de julho e a metade do mês de outubro (Sartori *et al.*, 1998).

Apresenta acentuada tendência à alternância de produção, precisando de práticas anuais de raleio de frutos (Schwarz *et al.*, 1992) e poda (Sartori *et al.*, 2007). Em

condições de manejo adequado, apresenta grandes colheitas, produzindo frutos até 7 cm com 6 a 8 sementes (Schwarz, 2009). A cultivar possui óleo essencial da casca, peculiar ao grupo das mexericas (Frizzo *et al.*, 2004). É suscetível à pinta preta (*Guignardia citricarpa*) e à rubelose (*Erythricium salmonicolor*), tolerante à clorose variegada dos citros (*Xylella fastidiosa*) e com elevado grau de resistência ao cancro cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) (Schwarz, 2009; Gonzato, 2015).

- Oneco (*C. reticulata* Blanco): A tangerineira ‘Oneco’ é uma variedade oriunda da Flórida, a partir de sementes trazidas da Índia (Hodgson, 1967). A planta apresenta frutos bem rugosos e com grande número de sementes (Koehler-Santos *et al.*, 2003), com ampla capacidade produtiva, porém sua época de maturação é mais tardia (Sartoriet *al.*, 1998). De acordo com Sartoriet *al.* (1998), o período de maturação da ‘Oneco’ ocorre a partir da metade de maio até a metade de agosto nas condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Seus frutos possuem tamanho médio entre 7 a 8 cm de diâmetro, com 8 a 10 sementes por fruto (Schwarz, 2009). É uma variedade suscetível à mancha marrom de alternária (*Alternaria alternata*) (Reiset *al.*, 2007) e resistente ao cancro cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) (Leite Junior, 1990).

- ‘URSBRS Hada’ [*C. unshiu* Marc × *C. sinensis* (L.) Osb.]: O tangoreiro ‘URSBRS Hada’ é uma cultivar tardia de duplo propósito registrada pela UFRGS e Embrapa, junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Segundo Gonzatto *et al.* (2015), as árvores apresentam copa medianamente vigorosa, de porte médio, os frutos são grandes com formato achatado ou oblado, cor amarela a amarelo-alaranjada, casca lisa, e relativa facilidade de descasque. O endocarpo é de coloração laranja intenso, bem atrativo e com bom conteúdo de suco (50%). O sabor é agradável, com alto teor de sólidos solúveis (> 12,0 %), e elevada acidez.

A sua maturação ocorre entre início de outubro e fim de dezembro, nas condições da Depressão Central do RS. Parece não ser suscetível ao cancro cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) em folhas e frutos, à pinta preta (*Guignardia citricarpa*) e à mancha marrom de alternária (*Alternaria alternata*) (Gonzatto *et al.*, 2015).

### 2.3 Características dos porta-enxertos estudados

O uso de porta-enxertos é essencial para a produção eficiente em citricultura, pois seus efeitos sobre as variedades copas possibilitam, alterações no crescimento e desenvolvimento do dossel, na produção e qualidade dos frutos, bem como a tolerância a vários estresses bióticos e abióticos (Castle, 1987). No Brasil, a produção de tangerinas encontra-se concentrada sobre um pequeno número de variedades. Da mesma forma, há pouca diversidade no uso de porta-enxertos em pomares de citros, (Gonzatto, 2015).

No presente estudo foram utilizados os seguintes porta-enxertos:

- Trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.): É considerado uma mutação do *P. trifoliata* originada no Japão. Sua inserção no Brasil, ocorreu na cidade de São Paulo em 1982, a partir de sementes obtidas no Citrus Research and Education Center, Flórida. Este porta-enxerto possui como característica principal ramos tortuosos e espinhos curvos. Apresenta maturação tardia; tolerância à xiloporose e à morte súbita; resistência ao nematoide *Tylenchulus semipenetrans*, à tristeza dos citros e à gomose de *Phytophthora spp.*; suscetibilidade ao declínio e ao exocorte; alta tolerância ao frio e ao encharcamento; baixa tolerância a seca, entre outras (Carloset *et al.*, 1997; Oliveira *et al.*, 2008).

- Citrangeiro ‘Troyer’ [*C. sinensis* (L.) Osb. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]: É um híbrido intergenérico entre *P. trifoliata* e a laranja-de-umbigo ‘Washington Navel’, realizada em 1909 em Riverside, na Califórnia. As copas sobre ‘Troyer’ possuem porte

alto, entrada em produção normal, resultando em pomares com longevidade moderada. A produção de frutos é de excelente qualidade, tendendo a ser uma maturação tardia. É um porta-enxerto tolerante à tristeza dos citros e à xiloporose, sendo suscetível ao exocorte, e ao declínio. É resistente ao nematoide *Tylenchulus semipenetrans* e moderadamente tolerante à gomose de *Phytophthora spp.* (Castle, 1987; Carlos *et al.*, 1997; Castle & Stover, 2001; Oliveira *et al.*, 2008).

- Citrumeleiro ‘Swingle’ [*C. paradisi* Macf. × *P. trifoliata* (L.) Raf.]: É um híbrido intergenérico entre *P. trifoliata* e o pomeleiro ‘Duncan’, realizado em 1907 em Eustis, na Flórida. (Castle & Stover, 2001). As copas sobre ‘Swingle’ possuem porte alto, entrada em produção precoce, resultando em pomares longevos. A produção de frutos é de boa qualidade, tendendo a ser de maturação tardia. É um porta-enxerto tolerante à tristeza dos citros, ao exocorte, à xiloporose, ao declínio e à morte súbita, e induz a copa resistência ao frio quando adulta (Castle, 1987). É resistente ao nematoide *Tylenchulus semipenetrans* e altamente resistente à gomose de *Phytophthora spp.* (Carlos *et al.*, 1997; Oliveira *et al.*, 2008).

- Limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck): é de origem indiana, sendo provavelmente um lemandrim, híbrido de limoeiro (*C. limon*) com tangerinas (*C. reticulata*). É o principal porta-enxerto utilizado no Brasil, com exceção do Estado do Rio Grande do Sul, onde predomina o *P. trifoliata* (Schäfer *et al.*, 2001; Pompeu Júnior, 2005).

As árvores possuem porte médio, sendo muito produtivas, tendendo a ser de maturação precoce, com tendência a alternância de produção (Figueredo, 1991). É tolerante à tristeza, mas suscetível a algumas doenças importantes, tais como, à xiloporose, exocorte, e declínio, além de não suportar solos encharcados (Pompeu Júnior, 1991).

- Laranjeira ‘Caipira’ (*C. sinensis* (L.) Osb.): É uma seleção regional de laranjeira doce. Estas são consideradas os primeiros porta-enxertos utilizados na citricultura (Carloset *et al.*, 1997). A laranjeira ‘Caipira’ é suscetível à seca e à gomose de *Phytophthora*, tendo sido considerada tolerante aos viróides da exocorte e da xiloporse, por não manifestar seus sintomas (Pompeu Junior, 2005). As plantas enxertadas sobre laranjeira ‘Caipira’ são de grande porte, com boa produção e boa qualidade de frutos (Oliveira *et al.*, 2008).

- Limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.): É natural da Itália, sendo provavelmente um híbrido de limoeiro (*C. limon*) com laranjeira azeda (*C. aurantium*) (Castle, 1987). Este porta-enxerto possui mediana resistência à gomose, e uma maior suscetibilidade ao declínio dos citros. De acordo com Carvalho (1997), o limoeiro ‘Volkameriano’ é indicado para copas de laranjeiras doces, com exceção de certos clones de laranjeira ‘Pêra’.

- Tangerineira ‘Sunki’ (*C. sunki* Hort. ex Tan.): A tangerineira ‘Sunki’ produz frutos ácidos e é considerada nativa da China. É comumente utilizada como porta-enxerto na Ásia, possuindo características similares à tangerineira ‘Cleópatra’ (*C. reshni*. Hortex Tan.) (Hodgson, 1967). As copas sobre ‘Sunki’ possuem porte alto, entrada em produção normal a tardia, resultando em pomares com longevidade moderada. A produção de frutos é de boa qualidade, tendendo a ser de maturação tardia. É tolerante à tristeza, ao declínio, à morte súbita dos citros e à salinidade. Como principais restrições, apresenta alta suscetibilidade à gomose de *Phytophthora* e um reduzido número de sementes por fruto em torno de quatro a cinco (Castle *et al.*, 1993; Carlos *et al.*, 1997). O seu melhor desempenho ocorre em solos argilosos, sendo moderadamente resistente ao frio e à seca e pouco tolerante ao encharcamento. Não há registros de incompatibilidade com nenhuma copa de citros (Oliveira *et al.*, 2008).

## 2.4 Os fungos e a importância econômica na agricultura

As doenças causadas por fungos representam prejuízos anuais às lavouras, porém, eles são imprescindíveis para a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. A relação com as plantas e os limites entre fungos patógenos, tróficos e simbiontes vai depender das interações entre o hospedeiro e as condições ambientais (Primavesi, 2002), apresentando inúmeros benefícios, como a ciclagem e disponibilização de nutrientes.

Algumas espécies de fungos desempenham papel importante no biocontrole de doenças e pragas, atuando sobre alvos de grande importância econômica. Atualmente no mercado global, existem mais de 130 produtos comerciais para o controle biológico e os fungos constituem a base de 65% desses produtos (Bettiol *et al.*, 2012).

Para o controle das doenças, cita-se o fungo leveduriforme *Saccharomyces cerevisiae* no controle da queda prematura de frutos cítricos (Lopes *et al.*, 2015) e o filamentosos *Trichoderma* utilizado para controlar doenças causadas por patógenos de solo e de parte aérea (Cavero *et al.*, 2015; Morandi & Bettiol, 2009; Pomella & Ribeiro, 2009).

No Brasil, ocorrem mais de 20 gêneros de fungos entomopatogênicos que podem ser usados para o manejo de pragas, que foram observados parasitando insetos de várias ordens (Alves, 1998), como a cochonilha ortézia (*Orthezia praelonga*), broca do citros (*Diploschema rotundicolle*), ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae*). Pode-se utilizar produtos alternativos à base de fungos como *Beauveria bassiana*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Metharhizium anisopliae* e *Hirsutella thompsonii* (Michereff Filho *et al.*, 2007).

Outro exemplo de controle biológico é o caso dos fungos filamentosos que controlam nematoides de solo, conhecidos como fungos nematófagos e desenvolveram diversos mecanismos para impedir o crescimento desses vermes, agindo por predação direta, ou como parasitas endógenos, em ovos e cistos (Webster & Weber, 2007).



Neste contexto, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) apresentam grande importância agrícola, pois formam associações simbióticas com a maioria das espécies vegetais superiores. Dentre estas as plantas cítricas se apresentam como altamente dependentes desta simbiose, que pode proporcionar proteção da planta contra patógenos e metais pesados, maior tolerância a estresses hídricos, aumento da estabilidade dos agregados do solo (Cardoso *et al.*, 2010; Carrenho *et al.*, 2010), fixação de altas taxas de carbono no solo (Clemmensen *et al.*, 2013), bem como melhoria dos aspectos nutricionais, podendo ocorrer a paralisação do crescimento das plantas, quando cultivadas em solo esterilizado e com baixa fertilidade (Meng *et al.*, 1978).

### **2.5 Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em agroecossistemas**

Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios. Há indícios que surgiram há cerca de 400 milhões de anos (Berbara *et al.*, 2006), período que coincide com o aparecimento das plantas terrestres, compreendido entre 462 e 353 milhões de anos atrás (Redecker *et al.*, 2000; Moreira & Siqueira, 2006; Redecker *et al.*, 2013). Inicialmente os FMAs foram classificados no Filo Zygomycota e ordem Glomerales. No entanto, devido à dificuldade em classificar certos FMAs, foi necessário reclassificar este grupo de fungos, por meios de ferramentas moleculares (Schüßler *et al.*, 2001). O novo filo ficou caracterizado como Glomeromycota, classe Glomeromycetes, quatro ordens, nove famílias e dezoito gêneros (Redecker *et al.*, 2013), apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Classificação dos FMAs.

<b>Ordem</b>	<b>Família</b>	<b>Gêneros</b>
<b>Glomerales</b>	Glomeraceae	<i>Funneliformis</i> <i>Septoglomerus</i> <i>Glomus</i> <i>Rhizophagus</i>
<b>Diversisporales</b>	Claroideoglomeraceae	<i>Claroideoglomerus</i>
	Pasisporaceae	<i>Pacispora</i>
	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
	Diversisporaceae	<i>Diversispora</i> <i>Redeckera</i>
	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> <i>Dentiscutata</i> <i>Cetraspora</i> <i>Racocetra</i> <i>Scutellospora</i>
<b>Archaeosporales</b>	Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i>
	Ambisporaceae	<i>Ambispora</i> <i>Geosiphon</i>
<b>Paraglomerales</b>	Paraglomaceae	<i>Paraglomerus</i>

Fonte: Adaptado de INVAM (2017).

Embora algumas classes estejam bem caracterizadas, sendo apoiadas por dados morfológicos e moleculares, continuam a existir classes que geram controvérsia, levando a que a classificação seja continuamente revista pelos especialistas (Bills & Morton, 2015).

Conforme Souza *et al.* (2008), existem aproximadamente 217 espécies descritas na literatura; os ecossistemas brasileiros possuem uma ampla gama de diversidade de FMAs, de acordo com Stürmer & Siqueira (2008) já foram identificados um total de 119 espécies de FMAs que corresponde a 55% do total já conhecido, abrangendo os seguintes ecossistemas naturais e agroecossistemas: floresta pluvial, floresta atlântica, floresta estacional, floresta amazônica, floresta de araucária, cerrado, caatinga, campo, restinga, dunas e praias, áreas salinizadas, áreas vegetadas, plantações de eucalipto, mata ciliar, ambiente aquático, pastagem, culturas anuais e perenes.

As espécies identificadas com maior distribuição geográfica são: *Acaulospora foveata*, *A. mellea*, *A. morrowiaae*, *A. scrobiculata*, *A. tuberculata*, *Ambispora*

*appendicula*, *Cetraspora pelucida*, *Kuklospora colombiana*, *Gigaspora margarita*, *Glomusclarum*, *G. diaphanum*, *G. etunicatum*, *G. macroporum*, *G. sinousum*, e *Paraglomus occultum* (Stürmer & Siqueira, 2008).

Em pomares na região citrícola do Rio Grande do Sul já foram identificadas aproximadamente 26 espécies de FMA autóctones. Sendo de maior ocorrência o gênero *Glomus* (*G. constrictum*, *G. claroideum*, *G. etunicatum*, *G. aff. fasciculatum*, *G. geosporum*, *G. glomerulatum*, *G. invermaium*, *G. macrocarpum*, *G. microaggregatum*, *G. aff. mosseae*, *G. occultum*, *G. aff. versiforme*) seguido dos gêneros *Acaulospora* (*A. bireticulata*, *A. aff. capsicula*, *A. foveata*, *A. mellea*, *A. rehmi*, *A. scrobiculata*), *Scutellospora* (*S. cerradensis*, *S. heterogama*, *S. nodosa*, *S. pelucida*, *S. persica*), *Entrophospora* (*E. colombiana*, *E. infrequens*) e *Gigaspora* (*Gigasporasp.*) (Souza *et al.*, 2002; Focchi, 2004).

A diversidade e ocorrência de espécies tanto em ecossistemas naturais como em agroecossistemas pode ser afetada por diversos fatores como os apresentados na Tabela 2.

Diversas práticas agrícolas, como o preparo do solo, aplicação de corretivos (Schneider, 2011), fertilizantes sintéticos de fontes químicas ou orgânicas influenciam diretamente a comunidade de FMAs (Carrenho *et al.*, 2010). De modo geral, as áreas agrícolas e práticas conservacionistas estimulam o aumento da riqueza de espécies, aumenta a densidade de esporos e favorece a colonização radicular (Ferreira *et al.*, 2012; Miranda, 2012). Em áreas com o cultivo intensivo e em sistema de monocultivo a diversidade de espécies é negativamente afetada, já sistemas de rotação de culturas e sistemas integrados de culturas com pastagens e/ou leguminosas, a comunidade micorrízica arbuscular promove o aumento da riqueza de espécies e a multiplicação dos

esporos, geralmente as culturas aumentam a riqueza de espécies e as pastagens e/ou leguminos as promove a produção de esporos (Miranda & Miranda, 2007).

TABELA 2. Principais fatores que influenciam na formação e ocorrência de FMAs.

<b>Componentes</b>	<b>Principais Fatores</b>
Solo	Disponibilidade de nutrientes, pH, elementos tóxicos, textura, estrutura e agregação, densidade, umidade e organismos.
Planta	Espécie, cobertura vegetal, estado nutricional, ciclo e taxa de crescimento, alelopatia, sistema radicular, exsudação e senescência.
Ambiente	Intensidade luminosa, temperatura, sazonalidade precipitação e poluição.
Manejo	Histórico da área, tipo de cultivo, erosão, irrigação, fertilizantes e corretivos, controle de ervas daninhas, pastejo e uso de biocidas e mudança na vegetação

**Fonte:** Adaptado de Moreira e Siqueira (2006).

## 2.6 FMAs e o estabelecimento da simbiose

Os FMAs são importantes componentes do sistema solo-planta, uma vez que sua diversidade está intimamente ligada à diversidade e produtividade das comunidades vegetais (Moreira & Siqueira, 2006; Berbara *et al.*, 2006).

A troca de sinais e o reconhecimento entre plantas hospedeiras e FMA inicia-se antes de estas entrarem em contato físico. As plantas hospedeiras exsudam metabólitos, através das raízes que propiciam a germinação dos esporos e o crescimento fúngico (Gianinazzi-Pearson *et al.*, 1996). O fungo produz inicialmente uma hifa simples e sem ramificações sustentada pelas reservas de triglicerídeos e glicogênio existentes no esporo.

Quando a hifa entra em contato com o hospedeiro, forma-se o apressório e todo o processo de penetração na raiz do hospedeiro é estritamente coordenado pela planta e pelo fungo (Sawers *et al.*, 2008). As células das raízes em contato com as estruturas de colonização não apresentam qualquer alteração citológica ou respostas típicas de defesa, deixando que o fungo invada a raiz inter e intracelularmente, embora sem nunca atravessar a membrana citoplasmática (Gianinazzi-Pearson *et al.*, 1996; Sawers *et al.*, 2008).

Os FMAs possuem hifas asseptadas, pelo menos enquanto novas, que ao penetrarem nas células da raiz formam estruturas ramificadas conhecidas como arbúsculos, através das quais se processam as trocas de elementos e compostos entre o fungo e o hospedeiro. A maioria forma também vesículas que se diferenciam dentro ou fora das células, fato que levou, em tempos, a que se chamasse a esta associação de “micorrizas vesiculares-arbusculares”. Estas estruturas são locais de armazenamento que mais tarde podem servir de estruturas de reprodução (Habte & Osorio, 2001).

No exterior, os FMAs produzem no subsolo redes de hifas e esporos muito extensas, que podem interconectar um grande número de espécies de plantas não relacionadas entre si, provocando impacto na biodiversidade de um todo o ecossistema. Algumas espécies são, também, capazes de formar esporos dentro das raízes do hospedeiro (Corradi & Bonfante, 2012).

A relação entre custos e benefícios, e conseqüentemente a resposta da planta aos FMAs, pode depender das características dos intervenientes e das condições edáficas e ambientais do habitat (Brundrett, 1991; Johnson *et al.*, 1997; Chandrasekaran *et al.*, 2014).

## 2.7 A importância dos FMAs para as plantas cítricas

Os FMAs mobilizam e transportam nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Enxofre (S), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) do solo, para as raízes das plantas, proporcionando um aumento na capacidade de absorção do hospedeiro (Duponnoiset *al.*, 2008). No entanto, sabe-se que seu efeito nutricional mais consistente e importante é o aumento da absorção de nutrientes pouco móveis como P, Cu e Zn (Habte & Osorio, 2001).

O P é considerado um fator limitante do crescimento das plantas, devido à sua baixa biodisponibilidade (solubilidade e mobilidade) nos solos (Bever *et al.*, 2001). Este elemento está envolvido em diversos processos bioquímicos que compreende desde a transferência de energia, fotossíntese, transformação de açúcares e amido, transporte de nutrientes e transferência de características genéticas de geração para geração. O aumento da absorção deste nutriente como consequência da formação de micorrizas arbúsculares traduz-se, deste modo, numa melhoria do desenvolvimento das plantas hospedeiras (Bever *et al.*, 2001).

O grau de dependência micorrízica da planta cítrica varia de acordo com o genótipo, espécies de FMA e em função da fertilidade do solo, principalmente da disponibilidade de fósforo, uma vez que em solos ricos em fósforo a simbiose deixa de ser mutualística e torna-se uma relação de parasitismo (Balzergue *et al.*, 2011). Isso em razão do elevado custo de carbono para a manutenção do fungo na raiz e o baixo benefício, em termos de absorção de nutrientes (Melloni & Cardoso, 1999; Clemmensen *et al.*, 2013).

No aspecto nutricional os FMAs são especialmente importantes em agroecossistemas com baixo uso de insumos, sendo sua ação mais significativa aos nutrientes de baixa mobilidade no solo como P, Zn e Cu. No entanto, vários trabalhos têm

demonstrado o efeito desses simbioses na absorção de N, K, além de alguns micronutrientes (Cardoso *et al.*, 2010).

Em plantas cítricas micorrizadas, os FMA proporcionam maior crescimento, área foliar, taxa fotossintética e teor de P foliar (Smith & Read, 2008; Wang *et al.*, 2015). Dentre estas, o *P. trifoliata* apresenta alta dependência micorrízica, com maior biomassa da parte aérea e radicular em planta micorrizada (Wang *et al.*, 2014). Neste sentido, a aplicação de FMA torna-se um fator importante no estabelecimento das plantas em condições de campo (Ortas & Ustuner, 2014).

Um fator que pode influenciar a sobrevivência dos fungos no solo é a espécie vegetal, embora ainda existam poucos estudos a este respeito, principalmente comparando-se genótipos da mesma espécie vegetal. No entanto, Youpensuk *et al.* (2009) verificaram que a esporulação e a colonização micorrízica são pouco afetadas pelas espécies ou variedades de *Citrus*. Salienta-se ainda, que o monocultivo pode reduzir a abundância de propágulos de FMA e que a introdução de espécies vegetais pode alterar a funcionalidade dos fungos (Kivlin & Hawkes, 2011).

Similar ao P, o N também é um nutriente limitante no crescimento das plantas, pois entra na constituição de elementos essenciais destas, tais como aminoácidos, amidos, proteínas, ácidos nucleicos, nucleótidos e coenzimas. (Taiz & Zeiger, 2013). A deficiência de N origina várias alterações morfológicas e fisiológicas no hospedeiro, resultando numa forte inibição do crescimento da planta. Segundo Guidiet *al.* (1998), essas alterações estariam relacionadas com a diminuição de matéria seca, diminuição da área foliar e alterações na capacidade fotossintética.

O N está disponível no solo sob a forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Conforme Masclaux-Daubresse *et al.*, (2010) e Taiz & Zeiger (2013), as plantas têm um desenvolvimento mais adequado se tiverem acesso a  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , já que a absorção e

assimilação das duas formas de nitrogênio promove um equilíbrio cátion-ânion dentro na planta. No entanto, quando as plantas estão sujeitas a uma deficiência de N ou crescem em locais que apresentam solos ácidos e/ou com excesso de água, estas têm preferência para o íon amônio. Este íon tem mobilidade no solo mais baixa do que o nitrato, o que faz com que se forme uma zona de depleção à volta das raízes das plantas (Sawers *et al.*, 2008; Masclaux-Daubresse *et al.*, 2010). Tal situação poderá ser superada quando a planta está associada a um FMA, em função de que o micélio extra-radicular das micorrizas é capaz de absorver nitratos, amônio e aminoácidos do solo (Sawers *et al.*, 2008), sendo que o  $\text{NH}_4^+$  é considerado a forma que é assimilada preferencialmente ou mais rapidamente (Jin *et al.*, 2012).

A rede de hifas criada pela micorriza pode contribuir para satisfazer cerca de 80% e 25% das necessidades de uma planta em fósforo e nitrogênio, respectivamente (Marschner & Dell, 1994). Por outro lado, apenas entre 5 a 20% de todo o carbono fixado pela fotossíntese da planta é consumido pelo FMA (Jakobsen & Rosendahl, 1990). No entanto, dependendo das condições do solo pode considerar-se que os benefícios para a planta são maiores. Esta economia pode estar na base da evolução desta simbiose (Hodge *et al.*, 2010).



## 2.8. Referências

- ALMEIDA, E. L. *et al.* Elaboração de licor de casca de tangerina (*Citrus reticulata* blanco), variedade ponkan, com diferentes concentrações de casca e tempos de processamento. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 259-265, 2012.
- ALVES, S. B. **Fungos entomopatogênicos**. In: ALVES, S.B. Controle microbiano de insetos. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap.11, p.289-381.
- BACK, M. M.; ALTMANN, T.; SOUZA, P. V. D. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative development of citrus rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 4, p. 407-412, 2016.
- BALZERGUE, C. *et al.* The regulation of arbuscular mycorrhizal symbiosis by phosphate in pea involves early and systemic signalling events. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, ed. 3, p.1049–1060, 2011.
- BASTOS, D. C. *et al.* Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n.281, p.36-45, 2014.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53 – 88.
- BETTIOL, W. *et al.* **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155 p. (Documentos/Embrapa Meio Ambiente, 88). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66628/1/Doc-88-1.pdf>>. Acesso em: 24 dez. 2015.
- BEVER, J.D. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why: the high diversity of ecologically distinct species of arbuscular mycorrhizal fungi within a single community has broad implications for plant ecology. **BioScience**, Uberlândia, v. 51, 11. ed., p.923-931, 2001.
- BILLS, R.; MORTON, J. A combination of morphology and 28S rRNA gene sequences provide grouping and ranking criteria to merge eight into three *Ambispora* species (*Ambisporaceae*, *Glomeromycota*). **Mycorrhiza**, Diepenbeek, v. 25, p. 485–498, 2015.
- BRUGNARA, E. C. *et al.* Avaliação morfológica e agronômica de híbridos de tangerinas Montenegrina e King. **Citrus Research & Technology**, São Paulo, v.33, n.1, p.11-18, 2012.
- BRUNDRETT, M. C. Mycorrhizas in natural ecosystems. In: MACFAYDEN, A. BEGON, M.; FITTER, A.H. (ed.). **Advances in Ecological Research**. London: Academic Press, 1991. v. 21, p. 171-313.

- CARDOSO, E. J. B. N. *et al.* Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J.O. *et al.* (ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p.153-214.
- CARLOS, E. F.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Porta-enxertos para a citricultura paulista**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. 47 p. (Boletim Citrícola, 1).
- CARRENHO, R. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J.O. *et al.* (ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p.215-250.
- CARVALHO, S. L. C. **A citricultura no Paraná**. Londrina, PR: IAPAR,1997. 288p. (Circular, 72).
- CASTLE, W.S. Citrus rootstocks. In:ROM, R.C.; CARLSON, R. F. (ed.). **Rootstocks for fruit crops**. New York, NY: John Wiley and Sons., 1987. p. 361–399.
- CASTLE, W.S. *et al.* **Rootstocks for Florida citrus: rootstock selection: the first step to success**. 2.ed. Gainesville: University of Florida, 1993. 92p.
- CASTLE, W.S.; STOVER, E. **Update on use of swingle citrumelo rootstock**. Gainesville: IFAS, University of Florida, 2001.4 p.
- CAVERO, P.A.S. *et al.* Biological control of banana black Sigatoka disease with Trichoderma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.6, p.951-957, 2015.
- CHANDRASEKARAN, M. *et al.* A meta-analysis of arbuscular mycorrhizal effects on plants grown under salt stress. **Mycorrhiza**, Diepenbeek, v.24, p.611-625, 2014.
- CLEMMENSEN, K.E. *et al.* Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest. **Science**, New York, N.Y., v.339, p.1615-1618, 2013.
- COLOZZI-FILHO A.; BALOTA G. L. **Micorrizas**. In:HUNGARIA, M.; ARAUJO, R.S. (ed.).**Manual de methodes empregados no estudo da microbiologia agrícola**.Brasilia: Embrapa-SPI/CNPAF/CNPSO, 1994. p. 383-418.
- CORRADI, N.; BONFANTE, P. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: origin and evolution of a beneficial plant infection. **Plos Pathogens**, Califórnia, v. 8, n. 4, 3p.,2012.
- DUPONNOIS, R.; GALIANA, A.; PRIN, Y. The mycorrhizal sphere effect: a multitrophic interaction complex improves mycorrhizal symbiosis and plant growth. In:SIDDIQUI, Z.A.*et al.* (ed.). **Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry**. Berlin: Springer, 2008. p. 227–240.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistic Division**. Rome, 2017. Disponível em: <faostat.fao.org>. Acesso em: 03 jan. 2017.

- FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p.51–61, 2012.
- FIGUEIREDO, J.O. Variedades copa de valor comercial. *In*: RODRIGUEZ, O.*et al.* (ed.). **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.228-264.
- FOCCHI, S. S. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.5, p.469-476, 2004.
- FOCCHI, S. S. **Ocorrência de fungos micorrízicosarbusculares e colonização radicular em pomares e viveiros de citros sob manejo orgânico e convencional**. 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FRIZZO, C. D. *et al.* Composition and Seasonal Variation of the Essential Oils from Two Mandarin cultivars of Southern Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52,n. 10, p.3036-3041, 2004.
- GIANINAZZI-PEARSON V. *et al.* Cellular and molecular defence related root responses to invasion by arbuscular mycorrhizal fungi. **Jornal new phytologist trust**, Oxford, v. 133, p.45–57, 1996.
- GUIDI, L.*et al.* Growth and photosynthesis of *Lycopersicum esculentum* (L.) plants as affected by nitrogen deficiency. **Biologia Plantarum**, Prague, v.40, p.235-244, 1998.
- GONZATTO, M. P. *et al.* ‘URSBRS Hada’: tangoreiro de maturação tardia e duplo propósito. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 37, n. 2, p. 524- 527, 2015.
- HABTE, M.; OSORIO, N. W. **Arbuscular mycorrhizas**: producing and applying arbuscular mycorrhizal inoculum. Honolulu: University of Hawaii at Manoa, Manoa, Hawaii, 2001. 47 p.Disponível em:  
[https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/25589/1/amf\\_manual.pdf](https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/25589/1/amf_manual.pdf)  
Acesso em: 20 fev. 2017.
- HODGE, A.; HELGASON, T.; FITTER, A. H. Nutritional ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. **Fungal Ecology**, Cardiff,v. 3, ed. 4, p.267–273. 2010.
- HODGSON, R.W. Horticultural varieties of citrus. *In*: REUTHER, W. *et al.* **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1967. v.1, p.431-591.
- IBGE, 2017. Disponível em:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl2.asp?c=106&n=0&u=0&z=t&o=11&i=P>  
P. Acesso em: 20 fev. 2017.

INVAM. **International culture collection of arbuscular and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**. Morgantown, BEG Committee, 25th May, 1993. Disponível em: <http://www.i-beg.eu/Acessoem>: 1 jan. 2017.

JAKOBSEN, I.; ROSENDAHL, L. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. **Jornal new Phytologist trust**, Oxford, v. 115, p.77-83, 1990.

JIN, H. *et al.* Forms of nitrogen uptake, translocation, and transfer via arbuscular mycorrhizal fungi. **Science China Life Sciences**, Beijing, v. 55, n.6, p.474-482, 2012.

JOÃO, P.L.; CONTE, A. **Levantamento da fruticultura comercial do Rio Grande do Sul**: 2006. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2007. 83p.

JOHNSON, N. C.; GRAHAM, J. H.; SMITH, F. A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism–parasitism continuum. **Jornal new Phytologist trust**, Oxford, v. 135, p.575-585, 1997.

KIVLIN, S.N.; HAWKES, C.V. Differentiating between effects of invasion and diversity: impacts of aboveground plant communities on belowground fungal communities. **Jornal new Phytologist trust**, Oxford, v. 189, ed. 2, p.526-535, 2011.

KOEHLER-SANTOS, P.; DORNELLES, A.L.C.; FREITAS, L. B. Characterization of mandarin citrus germplasm from Southern Brazil by morphological and molecular analyses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 797-806, jul. 2003.

LEITE JÚNIOR, R.P. **Cancro cítrico**: prevenção e controle no Paraná. Londrina: IAPAR, 1990, 51p. (Boletim, n. 61).

LOPES, M.R. *et al.* *Saccharomyces cerevisiae*: a novel and efficient biological control agent for *Colletotrichum acutatum* during pre-harvest. **Microbiological Research**, Jena, v. 175, p.93–99, 2015.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Cambridge, UK: Chapman & Hall, 1988. 179 p.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant Soil**, The Hague, v.159, p.89- 102, 1994.

MASCLAUX-DAUBRESSE, C. *et al.* Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. **Annals of Botany**, Oxford, v. 105, n. 7, p.1141-1157, 2010.

MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares de plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.59-67, 1999.

MENGE, J. A. *et al.* Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. **California Agriculture**, Berkeley, v. 2, n. 4, p. 6-7, 1978.

MICHEREFF FILHO, M.; FARIA, M. R.; WRAIGHT, S. P. **Micoisetidas e micoacaridas no Brasil: como estamos?** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2007. 28 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 240).

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado micorríza arbuscular: ocorrência e manejo.** 2. ed. Planaltina, DF:Embrapa, 2012. 174 p.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção com plantio direto no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 134).

MORANDI, M.A.B; BETIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. *In:* BETIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (org.). **Biocontrole de doenças em plantas: uso e perspectivas.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente,2009. p.7-14.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2.ed. Lavras:Ed. UFLA, 2006. 729 p.

OLIVEIRA, R. P. *et al.* **Porta-enxertos para citros.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 45 p.

ORTAS I.; USTUNER, O. The effects of single species, dual species and indigenous mycorrhiza inoculation on citrus growth and nutrient uptake. **European Journal of Soil Biology**, Oxford, v. 63, p.64-69, 2014.

ORTAS, I. *et al.* Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, Athens,v.25, n. 6, p.1263-1279, 2002.

ORTAS, I. Mycorrhiza in citrus: growth and nutrition. *In:* SRIVASTAVA, A. K.(ed.). **Advances in Citrus Nutrition.** Netherlands: Springer, 2012. p. 333-351.

PANZENHAGEN, N. V.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C.Presença de micorrizas em tangerineiras Montenegrina/Poncirus trifoliata em função dos níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n.2, p. 139-143, 1998.

POMELLA, A.W.V.; RIBEIRO, R.T.S. Controle biológico com Trichoderma em grandes culturas: uma visão empresarial. *In:* BETIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (org.). **Biocontrole de doenças em plantas: uso e perspectivas.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.39-244.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos para citros potencialmente ananizantes. **Laranja**, Cordeirópolis, v.22, n.1, p.147-155, 2001.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. *In:* MATTOS JÚNIOR, D. *et al.* (ed.). **Citros.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2005.

- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. *In*: RODRIGUEZ, O. et al. (ed.). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.265-280.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002.
- REDECKER, D. *et al.* An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, Diepenbeek, v. 23, p.515-31, 2013.
- REDECKER, D.; MORTON, J. B.; BRUNS, T. D. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales). **Journal Molecular Phylogenetics and Evolution**, Washington, Distrito de Columbia, v. 14, p.276-84, 2000.
- REIS, R.F. *et al.* Susceptibility of citrus species to *Alternaria alternata*, the causal agent of the *Alternaria* brown spot. **Scientia Horticulturae**, Wageningen, v.113, p.336-342, 2007.
- RIETH, S. **Desinfestação de substratos e fungos micorrízicos na produção de porta-enxertos de citros**. 2012. 115f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- RODRIGUES, L. R.; DORNELLES, A. L. C. Origem e caracterização horticultural da tangerineira ‘Montenegrina’. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, n.1, p.167-185, 1999.
- SARTORI, I. A. *et al.* Efeito da poda, raleio de frutos e uso de fitorreguladores na produção de tangerineiras (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina. **Revista Brasileira de Fruticultura, local**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.5-10, 2007.
- SARTORI, I. A. *et al.* Épocas de maturação de tangerinas na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 3, p.313-322, 1998.
- SAVANACHI, E. *et al.* Consumo de suco na Alemanha: passado, presente, futuro. **Revista CitrusBR**, São Paulo, Ano 1, n. 4, p. 69-134, fev. 2015. Disponível em: <[http://www.citrusbr.com/revista/fevereiro2015/revista\\_citrus\\_0215.pdf](http://www.citrusbr.com/revista/fevereiro2015/revista_citrus_0215.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- SAWERS, R. J. H. *et al.* The molecular components of nutriente xchange in arbuscular mycorrhiza linteractions. *In*: SIDDIQUI, Z.A.*et al.* (ed.). **Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry**. Berlin: Springer Science + Business Media B.V., 2008. p. 37–59.
- SCHÄFER, G. *et al.* Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n. 4, p.723-733, 2001.
- SCHMITZ, J. A. K. Cultivo de *Poncirus trifoliata* L. Raf. Em recipientes: influência de substratos e de fungos micorrízicos arbusculares. 1998. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C. Vegetative growth of *Poncirus trifoliata* Raf. inoculated with mycorrhizal fungi in three growing media.

**Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n.19-20, p. 3031-3043, 2001.

SCHNEIDER, T. **Crescimento e teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn em Pinus taeda L., como resultado da adubação e calagem sob a técnica da omissão de nutrientes.**

2011. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SCHÜßLER A.; SCHWARZOTT D.; WALKER C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Oxford, v. 105, ed. 12, p. 1413-1421, 2001.

SCHWARZ, S. F. Melhoramento genético e variedades. *In*: KOLLER, O. C. (org.). **Citricultura, cultura de tangerineiras: Tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização.** Porto Alegre: Rígel, 2009. p. 35 - 48.

SCHWARZ, S. F.; KOLLER, O. C.; NIENOW, A. A. Intensidades e épocas de raleio manual em tangerineiras 'Montenegrina'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 8, p. 41-48, 1992.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. *In*: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (ed.). **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília: Embrapa, 1994. 327 p.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural low-fertility soils. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL STRESS, 1. 1992, Belo Horizonte. **Proceedings** [...]. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS/México: CIMMYT/UNDP, 1995. p.239-280. Tema: Maize in perspective.

SMITH S. E; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis.** 3. ed. New York: Academic Press., 2008.

SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. *In*: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros.** Lavras: Ed. Lavras; Universidade Federal de Lavras, 2008. p.483-536.

SOUZA, P. V. D. *et al.* Desenvolvimento Vegetativo e morfologia radicular de citrange carrizo afetado por ácido indolbutírico e micorrizas arbusculares. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 249-255, 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**, Brasília, v.37, n.4, p.553-558, 2002.

SOUZA, P. V. D. *et al.* Desenvolvimento vegetativo do citrange troyer infectado com fungo micorrízico, em dois substratos de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.10, p. 1039-1045, 1997.

- SOUZA, P. V. D. *et al.* Efecto del AIB y hongos endomicorrízicos sobre el desarrollo vegetativo de plantas de citrange carrizo: influencia del sustrato de cultivo. **Levante Agrícola**, Valencia, p. 312-319, 1996b.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Interação entre auxinas de síntese e micorrizas vesículo-arbusculares: influência sobre o desenvolvimento vegetativo de plântulas de laranjeira azeda. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n.2, p. 167-172, 1996a.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Inoculación de patrones de cítricos con micorrizas vesiculares-arbusculares y su comportamiento en los suelos de vivero. **Phytoma Espanha**, Valencia, n.65, p. 17-22, 1995b.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento vegetativo do porta-enxerto flyingdragon. (*Poncirus trifoliata*, var. montruosa Swing.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n.2, p. 285-287, 2005.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Interação entre micorrizas arbusculares e ácido giberélico no desenvolvimento vegetativo de plantas de citrange carrizo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.1, p. 783-787, 2000.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Influência da concentração de etefon e pressões de pulverização foliar sobre a produção de frutos e o teor de substâncias de reserva em tangerineiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.5, p. 613-619, 1993.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Influência de substratos e fungos micorrízicos no enraizamento de estacas de laranjeira (*C. sinensis* Osb. cv Valencia). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n.1, p. 37-40, 1995a.
- SOUZA, P. V. D. *et al.* Auxin interaction with vesicular-arbuscular mycorrhizae (*Glomus intraradices* & Smith) improves vegetative growth of two citrus rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 66, p. 77-83, 1996c.
- STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em ecossistemas brasileiros. *In*: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. (ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p.537-584
- STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. *In*: MOREIRA, F. M. S. (ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. p. 291-310.
- SULZBACH, M. *et al.* Characterization of citrus farms production systems used in Rio Grande do Sul, Brazil. **Citrus Research & Technology**, São Paulo, v. 37, n. 1,9p., 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Revisão técnica Paulo Luis de Oliveira. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.



VAN DER HEIJDEN, M. G. A. *et al.* Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v. 396, p. 72–75, 1998.

WANG, P. *et al.* Relationships between arbuscular mycorrhizal symbiosis and soil fertility factors in Citrus orchards along an altitudinal gradient. **Pedosphere**, Beijing, v.25,n.1, p. 160-168, 2015.

WANG, S. *et al.* The effect of mycorrhizal inoculation on the rhizosphere properties of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 170,p. 137-142, 2014.

WEBSTER, J.; WEBER, R.W.S. **Introduction to Fungi**. 3.ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 841 p.

YOUPENSUK, S.; LORDKAEW, S.; RERKASEM, B. Genotypic variation in responses of Citrus spp. to arbuscular mycorrhizal fungi. **Journal of Agricultural Science**, London,v.1, n.1,p. 59-65, 2009.

### **3 ARTIGO 1**

## **COLONIZAÇÃO NATURAL DE MICORRÍZAS ARBUSCULARES EM POMAR DE TANGERINEIRAS ‘MONTENEGRINA’ ENXERTADAS SOBRE SEIS PORTA-ENXERTOS \***

\* Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Fruticultura.

**Colonização natural de micorrizas arbusculares em pomar de tangerineiras  
'Montenegrina' enxertadas sobre seis porta-enxertos**

**RESUMO**

A maior parte das espécies de plantas cítricas são altamente dependentes dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) por possuírem o sistema radicular carente de pelos absorventes e com o auxílio dos FMAs sua capacidade de absorção de água e nutrientes pode ser ampliada. Porém, a eficiência da simbiose é afetada pelo genótipo vegetal ou do FMA; como também pelos fatores edafoclimáticos do local. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar, a campo, a influência da sazonalidade na colonização micorrízica de seis porta-enxertos em um pomar de tangerineiras 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore), de 18 anos, no município de Butiá, RS. Os porta-enxertos avaliados foram: trifoliato 'Flying Dragon' [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.]; citrangeiro 'Troyer' [*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.]; citrumeleiro 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. × *P. trifoliata*]; limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.); limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); laranjeira 'Caipira' (*C. sinensis*). Foi realizada a coleta de radicelas em quatro épocas do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão (21/03/2016) e outono (30/05/2016). Cada amostra foi composta por quatro subamostras coletadas de 0-20 cm do solo, na projeção das copas, em cada porta-enxerto (duas subamostras por planta), com três repetições. Foi determinada a densidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos), colonização radicular através da relação: número de segmentos infectados/total analisado e densidade de esporos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por medidas repetidas, via modelos mistos. Em complementação, quando necessário, empregou-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para

comparação das médias. Todos os porta-enxertos apresentaram porcentagens elevadas de colonização micorrízica na primavera (96,6 a 100 %). No inverno apenas os porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Cravo’ apresentaram altas taxas de colonização por FMAs (96,60 e 95,00%, respectivamente). Já, os porta-enxertos ‘Flying Dragon’, ‘Troyer’ e ‘Volkameriano’ apresentaram baixa colonização micorrízica nessa estação (11,6 a 33,3 %). O porta-enxerto ‘Flying Dragon’ apresentou uma redução gradativa de colonização micorrízica com o decorrer da época estudada, na primavera (100,00%), verão (95,00%), outono (63,30%) e inverno (33,30%). A colonização micorrízica ocorre naturalmente nos porta-enxertos de citros em campo, sendo elevada; variando entre os porta-enxertos e as épocas do ano, sendo alta mesmo sob influência da adubação com dosagens altas de fósforo.

**Termos para indexação:** *Citrus deliciosa*, estações do ano, endomicorrizas.

**Natural colonization of arbuscular mycorrhizal in mandarin 'Montenegrina'  
on six rootstocks**

**ABSTRACT**

Most citrus species are highly dependent on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) because they have the root system lacking absorbent hair. And, with the aid of AMF their water and nutrient absorption capacity can be increased. However, symbiosis efficiency is affected by plant or AFM genotype and by the edaphoclimatic factors of the place. In this context, the aim of this study was to evaluate, in the field, the seasonality influence on the mycorrhizal colonization of six rootstocks 'Montenegrina' mandarin (*Citrus deliciosa* Tenore), 18 years old, in Butiá city, RS, Brasil. The evaluated rootstocks were 'Flying Dragon' trifoliolate [*Poncirus trifoliata* var. *Monstrosa* (T. Ito) Swing.]; ‘Troyer’ citrange

[*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.], 'Swingle' citrumelo [*C. paradise* Macf. × *P. trifoliata*]; 'Rangpur' lime (*C. limonia* Osb.); 'Volkamer' lemon (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); 'Caipira' orange (*C. sinensis*). Root hair was collected in four seasons of the year: winter (08/24/2015), spring (01/12/2015), summer (03/21/2016) and autumn (05/30/2016). Each sample was composed of four subsamples collected from 0-20 cm of the soil, in crown projections, in each rootstock (two subsamples per plant), with three replications. Colonization structures density (hyphae, vesicles and arbuscules) and root colonization were determined through the ratio: number of infected segments/total analyzed and spore density. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by repeated measurements, using mixed models. In addition, Tukey's test ( $p < 0.05$ ) was used when necessary to compare the means. All rootstocks had high percentages of mycorrhizal colonization in the spring (96.6 to 100%). In winter, only 'Swingle' and 'Cravo' rootstocks showed high AMF colonization rates (96.60 and 95.00%, respectively). Yet, 'Flying Dragon', 'Troyer' and 'Volkameriano' rootstocks presented low mycorrhizal colonization at this season (11.6 to 33.3%). 'Flying Dragon' rootstock presented a gradual reduction of mycorrhizal colonization during the studied period, in the spring (100.00%), summer (95.00%), autumn (63.30%) and winter (33.30%). Mycorrhizal colonization occurs naturally in the citrus rootstocks in the field. In addition, the elevated colonization varied between the rootstocks and the seasons, being high even under fertilization influence with high phosphorus dosages.

**Index terms:** *Citrus deliciosa*, seasons, arbuscular mycorrhizal fungi

## INTRODUÇÃO

A associação simbiótica entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) com a cultura dos citros, tem sido amplamente estudada na fase de produção de mudas, porém, ainda muito pouco em relação às condições de campo, em pomares estabelecidos (MENGE et al., 1978; GRAHAM et al. 1997; MELLONI; CARDOSO, 1999).

A cultura dos citros é altamente dependente da associação micorrízica, podendo ocorrer a paralisação do crescimento das plantas, quando cultivadas em solo estéril, ou com baixa fertilidade (MENGE et al., 1978; ORTAS et al., 2012). Essa dependência micorrízica pode variar entre os genótipos de citros, a espécie fúngica e em função da fertilidade do solo, principalmente em relação aos níveis de fósforo (PENG et al., 1993; GRAHAM; EISSENSTAT, 1998; MELLONI; CARDOSO, 1999; JAYME; QUIGLEY, 2014).

A associação dos FMAs em condições de baixo teor de fósforo no solo, favorece o crescimento e a nutrição das plantas (BERBARA et al., 2006; NUNES et al., 2008; ORTAS, 2012; JAYME; QUIGLEY, 2014). Segundo Berbara et al. (2006), em solos ricos em fósforo a simbiose deixa de ser mutualística e passa a ser parasítica, em função do elevado custo de carbono para a manutenção do fungo na raiz e o baixo benefício em termos de absorção de nutrientes.

Porém, a resposta da planta à micorrização depende de diversos fatores; um deles é referente à espécie de FMA inoculado em fase de formação, antes de chegar ao pomar, e principalmente por questão de especificidade com o hospedeiro e/ou adaptação ao ambiente (SMITH; SMITH, 2011). Segundo Cabello (1999) e Vivas et al. (2003), a resposta da planta à micorrização pode variar nas diferentes estações do ano, devido às condições edafoclimáticas influenciarem no desenvolvimento das espécies nativas do meio onde se encontram.

Nesse sentido, a preocupação deste trabalho residiu em avaliar a influência da sazonalidade sobre a flutuação populacional e colonização natural de FMAs em radículas de seis porta-enxertos enxertados sob copa de tangerineiras ‘Montenegrina’.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Panoramas Citrus (latitude 30° 07' 12 S, longitude 51° 57' 45" W, altitude de 35 m), localizada na BR 290, Km 164, no município de Butiá, Estado do Rio Grande do Sul - RS. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao subgrupo cfa, subtropical úmido com temperaturas superiores a 22°C no verão e mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (WREGE et al., 2012). O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico, com 19% de argila na camada superficial (0-20 cm de profundidade) (EMBRAPA, 2006).

O pomar tinha como cultivar copa a tangerineira ‘Montenegrina’ (*Citrus deliciosa* Ten.), enxertada sobre seis porta-enxertos: citrumeleiro ‘Swingle’ [*C. paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], laranjeira ‘Caipira’ (*C. sinensis* Osb.), citrangeiro ‘Troyer’ (*C. sinensis* × *P. trifoliata*), limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osb.), limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.) e trifoliateiro ‘Flying Dragon’ [*P. trifoliata* var. *Monstrosa* (T. Ito) Swing.].

O plantio do pomar foi realizado em agosto de 1997, no espaçamento de 6,0 x 2,5 m, com 667 árvores por hectare. O manejo fitossanitário e de fertilização do pomar foi conduzido segundo práticas usuais de manejo dos pomares comerciais da propriedade, seguindo recomendações regionais (KOLLER, 2009) e o manejo das plantas espontâneas na entrelinha foi realizado por meio de roçada tratorizada.

As amostras de solo e radículas (500 a 1000 g) foram coletadas no final de cada uma das quatro estações do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão

(21/03/2016) e outono (30/05/2016). As amostras (solo rizosférico e radículas) foram compostas de quatro subamostras coletadas de 0-20 cm superficiais do solo, coletadas das duas plantas centrais de cada unidade experimental, na projeção de cada porta-enxerto com três repetições.

As radículas foram separadas das amostras de solo com auxílio de peneiras de malha 53  $\mu\text{m}$  (0,053 mm). Após, as amostras de solo foram secas à sombra, ao ar livre e à temperatura ambiente. Parte destas amostras (aproximadamente 50g de solo) foi separada e utilizada para coleta de esporos, visando verificar a flutuação populacional ao longo do ano e a outra parte do solo (no verão) foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, para análises químicas, segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995) e Embrapa (1997).

Foi realizada a coleta de folhas para análise foliar em 21/03/2016 (verão). Cada amostra foi composta de 80-200 folhas por unidade experimental (mesmas plantas de onde foram coletadas as amostras de solo) a uma altura de aproximadamente 1,5 m do solo, nos quatro quadrantes de cada copa, seguindo as recomendações para a cultura (TEDESCO et al., 2004).

Após a coleta, as amostras de folhas foram encaminhadas para o Laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura (DHS), onde procedeu-se à secagem das amostras em estufa à 60°C até peso constante (15 dias). Posteriormente foi realizada a moagem desses tecidos vegetais em moinho, e, em seguida foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia – UFRGS, para avaliação do teor dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn e B).

Para determinação da densidade de colonização por FMAs nas radículas, as mesmas foram lavadas com água destilada e conservadas em F.A.A. (Formaldeído a 5%,



Ácido Acético a 5% e Álcool Etílico a 90%), conforme método adotado por Honrubia et al. (1993). Após, as mesmas foram cortadas em segmentos de aproximadamente um centímetro de comprimento e, em seguida, clarificadas e tingidas de acordo com Phyllips; Hayman (1970). Posteriormente, 60 segmentos de radículas por tratamento (20 segmentos por repetição) foram dispostos em lâminas (um total de 360 lâminas), que, em seguida, foram analisadas em microscópio, para avaliação da presença e densidade de hifas, vesículas e arbúsculos (NEMEC, 1992).

A porcentagem de radículas colonizadas foi obtida do número de segmentos infectados em relação ao total analisado. Para determinar a densidade de hifas, atribuiu-se o valor 0, para ausência de estruturas; 1, para baixa presença; 2, para média presença; e 3, para alta presença. A densidade de vesículas e arbúsculos também foi relacionada com uma escala de 0 a 3, onde se considerou como 0 a ausência de estruturas; 1, de 1 a 50 estruturas; 2, de 51 a 100; e 3, mais de 100 (NEMEC, 1992).

Para quantificação dos esporos dos FMAs, foi realizada a retirada de uma alíquota de 50 g de solo de cada amostra coletada de solo. O isolamento dos esporos foi feito pela técnica da lavagem, decantação, e peneiramento via úmida (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), utilizando peneiras de malha 106  $\mu\text{m}$  e 53  $\mu\text{m}$  de diâmetro, seguida por centrifugação a 2000 rpm por 3 minutos com água destilada esterilizada e com sacarose (50%), de acordo com Jenkins (1964). Posteriormente, os esporos foram observados em placa de Petri, onde foram contados os esporos viáveis, usando um microscópio estereoscópico para a visualização.

O delineamento experimental utilizado foi um bi-fatorial em blocos ao acaso, sendo 24 tratamentos (seis porta-enxertos e quatro estações do ano) e três repetições (blocos), onde duas plantas constituíram a unidade experimental. Os dados coletados na mesma unidade experimental ao longo das diferentes estações do ano (colonização das

raízes por FMA; presença de hifas; presença de vesículas; presença de arbúsculos; e densidade de esporos de FMA no solo) foram analisados como medidas repetidas, utilizando-se o procedimento ProcMixed no programa SAS, versão 9.4 (SAS INSTITUTE INC., CARY, NC, EUA). A estrutura de covariância que apresentou o melhor ajuste para os dados foi selecionada de acordo com o critério de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) (SILVA et al., 2015). As interações entre fatores foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,25$  (PERECIN; CARGNELUTTI FILHO, 2008). Para as outras variáveis, uma análise de variância foi empregada, com blocos como efeito aleatório, também usando o procedimento ProcMixed. Quando necessário, o teste de Tukey foi realizado, com uma probabilidade de 5%, com o intuito de comparar médias. Além disso, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os resíduos dos dados de composição química do tecido foliar das plantas e as características da associação micorrízica (colonização das raízes por FMA; presença de hifas; presença de vesículas; presença de arbúsculos; e densidade de esporos de FMA no solo) para os dados coletados no verão.

Os dados de temperatura mínima e média do ar, e precipitação pluviométrica dos meses de maio de 2015 a maio 2016, foram obtidos por meio de dados do 8º Distrito Meteorológico de Porto Alegre, RS (Figuras 1 a 4).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No inverno, os porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Cravo’ apresentaram altas taxas de colonização (96,60 e 95,00%, respectivamente). Já os porta-enxertos ‘Flying Dragon’, ‘Troyer’ e ‘Volkameriano’ apresentaram baixa colonização micorrízica (11,6 a 33,30%) (Tabela 1). A menor presença de FMA encontrada no sistema radicular das plantas no inverno é explicada pelas temperaturas mais amenas que provocaram redução da

atividade metabólica das mesmas, prejudicando a simbiose (BERBARA et al, 2006; SMITH; SMITH 2011).

Todos os porta-enxertos estudados apresentaram porcentagens elevadas de colonização micorrízica na primavera (Tabela 1), variando de 96,60 a 100,00%. Período este em que a temperatura se manteve elevada no estado do Rio Grande do Sul, coincidindo com a faixa ideal de temperatura (20a 25°C) para o desenvolvimento da colonização dos FMAs (NUNES, 2006). Essa faixa de temperatura é variável com a adaptação da espécie fúngica. De um modo geral, em torno dos 25°C há um aumento da porcentagem de colonização e esporulação por fungos micorrízicos (SILVEIRA, 1999).

No verão, a colonização manteve-se alta, mas com uma leve redução em relação à primavera, provavelmente pela elevação da temperatura. No outono os porta-enxertos ‘Volkameriano’ e ‘Troyer’ apresentaram elevada colonização (100%), diferindo estatisticamente apenas do porta-enxerto ‘Swingle’ (Tabela 1). Essa dependência micorrízica, de acordo com Nunes (2006), pode variar com a espécie de planta e particularmente, com a morfologia da raiz e com as condições de solo e clima. De acordo com Zambrosi et al. (2011), diferenças na morfologia e fisiologia radicular alteram as características de absorção de nutrientes e são determinadas pelos porta-enxertos.

O porta-enxerto ‘Flying Dragon’ apresentou um crescimento da colonização micorrízica entre as épocas de coletado inverno (33,30%) para a primavera (100%) e um posterior decréscimo do verão (95,00%) para o outono (63,30%) (Tabela 1). Isso pode ser explicado em função deste porta-enxerto apresentar dormência bem marcada no inverno, período de inibição temporária do crescimento e desenvolvimento vegetal, sendo caracterizada, basicamente, pela redução da atividade metabólica, regulada por fitormônios e influenciada por fatores externos (condições ambientais) (PES;

ARENHARDT, 2015), o que segundo Rieth (2012), pode afetar o potencial de emergência e desenvolvimento de raízes.

Na Tabela 1 observa-se que, para a presença de hifas, houve interação significativa entre porta-enxerto e estação do ano. No porta-enxerto ‘Caipira’ a presença de hifas foi maior na primavera e no verão, enquanto que em ‘Flying Dragon’ foi maior na primavera. Em ‘Swingle’ e ‘Cravo’ a colonização não variou significativamente ao longo das estações avaliadas. Já, ‘Troyer’ e ‘Volkameriano’ mostraram uma tendência de maior presença de hifas na primavera e no outono.

A presença de vesículas também sofreu interação significativa dos fatores avaliados (Tabela 1). De uma maneira geral, a presença dessas estruturas foi baixa em todos os porta-enxertos e épocas avaliadas, nunca atingindo o índice 1 (até 50 estruturas por centímetro). Em alguns porta-enxertos, como ‘Caipira’, ‘Flying Dragon’ e ‘Troyer’ a presença de vesículas foi insignificante em algumas épocas, com ausência em outras. Em ‘Troyer’ inexistiu em todas as estações avaliadas. Houve diferença estatística na presença de vesículas entre porta-enxertos no inverno e no outono, no inverno se destacaram os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Swingle’ e ‘Flying Dragon’, no outono os porta-enxertos ‘Volkameriano’, ‘Caipira’ e ‘Flying Dragon’. Somente houve diferença estatística na presença de vesículas entre estações para os porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’; em ‘Cravo’ encontrou-se presença significativa de vesículas no inverno e na primavera e, em ‘Volkameriano’ encontrou-se presença significativa de vesículas no outono. Não foram encontradas vesículas em nenhum porta-enxerto no verão.

Estes resultados podem ser explicados pelos elevados teores de fósforo encontrados nas amostras de solo do verão (Tabela 2), que não impediram a colonização das raízes, que teve intensa colonização em ambos os porta-enxertos estudados, porém,

conforme Graham et al. (1981); Miller; Jackson (1998), podem ter inibido o desenvolvimento de estruturas de FMAs no interior das raízes.

No período avaliado não ocorreram temperaturas extremas, nem período longo de estiagem. Por isso, supõe-se que os FMAs não necessitaram formar grande número de vesículas, visando passar períodos adversos. Normalmente, nas condições do sul do Brasil essas estruturas são formadas a partir de abril/maio (meses de outono, com redução da temperatura e fotoperíodo) para fornecer reservas para os FMAs durante o período do inverno (BACK et al., 2016).

Apresença de arbúsculos foi semelhante nas radículas de todos os porta-enxertos (Tabela 1). A presença de arbúsculos nos porta-enxertos foi estatisticamente superior na primavera, intermediário no outono e inferior no inverno e verão.

Os arbúsculos são estruturas de intercâmbio entre a planta e o FMA, onde ocorrem as trocas de nutrientes e fotoassimilados com as plantas normalmente aparecendo em maiores quantidades nos períodos favoráveis aos simbioses, o que explica a maior presença na primavera, quando as plantas retomam seu desenvolvimento e incrementam seu metabolismo (BERBARA et al., 2006; SMITH; SMITH 2011).

A densidade de esporos foi elevada para a maioria dos porta-enxertos e épocas avaliadas, com variação de 2,4 a 21,8 esporos.g<sup>-1</sup> de solo (Tabela 1). O manejo do solo pode ter favorecido a esporulação das micorrizas. No manejo do pomar empregava-se cobertura na entrelinha, uso controlado de insumos agrícolas, como adubos e agrotóxicos, e uso de roçadeira como método para controle do crescimento da cobertura natural na entrelinha. Segundo Oliveira; Sanders (1999), os índices de colonização radicular e densidades de esporos dos FMAs são menores em solos submetidos a distúrbios mecânicos ou que são mantidos sem cobertura.

O porta-enxerto 'Flying Dragon', apresentou maior densidade de esporos no outono e no inverno, 21,80 e 21,30 esporos $g^{-1}$  de solo, respectivamente, porém não diferiu estatisticamente dos porta-enxertos 'Troyer', 'Volkameriano' e 'Caipira'. Isso pode ser explicado, provavelmente por serem os esporos estruturas de resistência no período de inverno, em que o porta-enxerto 'Flying Dragon' está em dormência. Mesmo período em que este apresentou menor colonização micorrízica. O mesmo comportamento foi observado na cultura da videira (ÁVILA, 2004).

Na primavera e verão, não houve diferença estatística entre os porta-enxertos estudados, quanto à densidade de esporos.

Ainda, na primavera, todos os porta-enxertos apresentaram baixa densidade de esporos, época do ano que foi marcada por chuvas intensas no estado do Rio Grande do Sul (INMET,2017). Isto porque o potencial hídrico do solo influi na germinação das FMAs (DANIELS; TRAPPE, 1980; KOSKE, 1981),. A umidade ótima para a germinação varia com as espécies, mas em geral os esporos melhoram sua germinação quando a umidade é igual ou superior à capacidade de campo, e reduzem, quando os níveis de umidade são mais baixos. Todavia, a germinação de algumas espécies é prejudicada em solos com umidades superiores à capacidade de campo (SYLVIA; SCHENCK, 1983).

Os porta-enxertos 'Swingle' e 'Cravo' apresentaram menor densidade de esporos no outono e inverno, quando comparado aos demais porta-enxertos, somente mostrando um incremento no período de verão para ambos os porta-enxertos. Esse comportamento é errático, visto que normalmente, os esporos tendem a se formar em maior quantidade nos períodos adversos de temperatura e fotoperíodo, coincidindo com outono e inverno (Tabela 1).

Na Tabela 2 observa-se que não há variações importantes nos níveis nutricionais nas amostras de solo entre os diferentes porta-enxertos analisados neste estudo. Essa homogeneidade provavelmente está relacionada com as correções de fertilidade que os produtores efetuam normalmente para obter melhores produtividades.

Os níveis de matéria orgânica (MO), a qual é fonte de nitrogênio para as plantas, segundo a CQFSRS/SC (2004), foram baixos para os porta-enxertos ‘Cravo’ ‘Troyer’ e ‘Volkameriano’, e médio para os porta-enxertos ‘Flying Dragon’, ‘Swingle’, e ‘Caipira’.

Os níveis de potencial hidrogeniônico (pH) em água segundo a CQFSRS/SC (2004), foram considerados médios para os porta-enxertos ‘Flying Dragon’, ‘Troyer’ e ‘Swingle’, e baixos para os porta-enxertos ‘Caipira’, ‘Volkameriano’ e ‘Cravo’. Porém, são níveis considerados ideais para o desenvolvimento da simbiose, visto que muitas espécies de FMA preferem solos ácidos (NUNES et al, 2008).

Observou-se níveis elevados de fósforo (P) no solo, sendo que as parcelas com os porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Caipira’ se destacaram com os teores mais elevados. Contudo, mesmo os porta-enxertos que ficaram na faixa intermediária, ‘Cravo’, ‘Flying Dragon’ e ‘Troyer’, segundo a CQFSRS/SC (2004), se encontram na faixa muito alta de disponibilidade deste nutriente. Somente as parcelas com o porta-enxerto ‘Volkameriano’ que apresentaram menor quantidade de P no solo, ficaram na faixa considerada como alta. Mesmo com os valores elevados, estes não impediram a intensa colonização das raízes observada neste trabalho. Resultado semelhante ao de NUNES et al. (2006), que observou elevada colonização natural de micorrizas a campo em porta-enxertos de citros em áreas sob influência da adubação com dosagens altas de fósforo. Fato também observado por NUNES et al. (2008), com pessegueiros em mesmo tipo de solo do presente experimento e com níveis de fósforo elevado.

Também o K apresentou grande variação entre os dados segundo a análise estatística, onde as parcelas dos porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Volkameriano’ apresentaram os maiores valores estatisticamente semelhantes às parcelas dos porta-enxertos ‘Caipira’ e ‘Cravo’, distinguindo-se estatisticamente das parcelas do porta-enxerto ‘Troyer’ e ‘Flying Dragon’. Mas conforme a CQFSRS/SC (2004), exceto as parcelas do ‘Flying Dragon’ todas as demais encontravam-se na faixa de muito alto deste nutriente, restando apenas as parcelas do ‘Flying Dragon’ que ficou na faixa considerada como alta. Segundo Abbott; Robson (1991), nível elevado de K favorece a colonização radicular por FMAs, o que foi confirmado neste trabalho.

Em todas as amostras de solo, independente do porta-enxerto estudado, e conforme a CQFSRS/SC (2004), verificou-se alta disponibilidade dos nutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn) e cobre (Cu).

Na análise do tecido foliar (Tabela 3), observa-se que não houve diferença estatística para o N, Zn e Boro (B) independente do porta-enxerto estudado. De acordo com a CQFSRS/SC (2004) os níveis de N e B são normais em todos os porta-enxertos e os níveis de Zn são considerados insuficientes.

Os níveis foliares de P foram estatisticamente iguais nas plantas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’ e ‘Caipira’, que foram semelhantes as plantas enxertadas sobre ‘Volkameriano’ e ‘Troyer’ e superiores aos demais porta-enxertos (CQFSRS/SC,2004). Segundo a CQFSRS/SC (2004) esse nível na composição química das folhas é considerado excessivo ( $>0,20\%$ ), sendo que o porta-enxerto ‘Flying Dragon’ foi o que apresentou maior colonização radicular (95%) no verão (Tabela 1).

Os níveis foliares de K foram superiores nas plantas enxertadas sobre ‘Caipira’ e ‘Volkameriano’, mas considerados normais para a cultura dos citros, e os menores teores foram encontrados nas plantas sobre ‘Troyer’, considerado insuficiente ( $<1,00\%$ ).



Esse porta-enxerto foi o que apresentou menor colonização micorrízica 38,30% quando comparado com os demais porta-enxertos (Tabela 1).

Os níveis foliares de Ca apresentaram variação entre as combinações copa/porta-enxerto, contudo todos os valores foram insuficientes conforme a CQFSRS/SC (2004) (<3,5%). Para os níveis foliares de Mg, as plantas enxertadas sobre ‘Cravo’, ‘Flying Dragon’ e ‘Troyer’ se destacaram das demais, apresentando excesso desse nutriente (>0,40%).

Os níveis foliares de Manganês (Mn) apresentaram-se insuficientes nas plantas enxertadas sobre ‘Troyer’ e ‘Flying Dragon’, normais para as plantas sobre ‘Swingle’ e elevados para as plantas sobre ‘Caipira’, ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’.

Todas as plantas apresentaram teores normais de Enxofre (S) e Ferro (Fe), e excessivo de Cu no tecido foliar. O valor excessivo de Cu é esperado devido os tratamentos fitossanitários usados.

Observa-se na tabela 4 que a correlação entre as estruturas (hifas e arbúsculos) dos FMAs e os parâmetros nutricionais na parte aérea não foram estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ). Porém, observou-se correlações significativas, negativas, ente os macronutrientes Ca e Mg e o micronutriente Fe com a colonização micorrízica. Isto indica que, quanto maior a colonização radicular, menor a absorção destes elementos.

Os nutrientes Ca e Mg são essenciais em processos fisiológicos, como a regulação da hidratação, ativação de enzimas e, na fotossíntese (SILVEIRA, 1999). Souza (1995) relatou que os FMAs têm o poder de reduzir a absorção do Ca e do Mg em plantas frutíferas. Isso pode ser benéfico em solos alcalinos, com excesso desses elementos minerais, mas pode ser limitante em solos carentes dos mesmos.

Os macronutrientes P, Ca, Mg e S e o micronutriente Fe apresentaram correlação significativa negativa com a densidade de esporos (Tabela 4). Isso explica, que quanto maior a absorção destes nutrientes, menor a densidade de esporos.

Diversos estudos sobre colonização radicular por FMA, tem apresentado grandes variações quanto a influência das características químicas (FOCCHI, 2004). A complexidade das relações e interações são grandes envolvendo a simbiose FMA/hospedeiros, não dependendo de um único fator. Desse modo, análises mais holísticas envolvendo estas relações devem ser pensadas e implementadas. Nos sistemas de produção as práticas agrícolas podem alterar a ocorrência de FMAs e as taxas de colonização radicular, podendo a associação torna-se benéfica ou prejudicial aos vegetais (DOUDS; MILLNER, 1999).

Segundo Fernandes (2009), a população de FMAs está relacionada a fatores edáficos, climáticos e de plantas por promover influência em sua distribuição e ocorrência. Ainda, segundo o mesmo autor as práticas de manejo e uso do solo também podem alterar a composição quantitativa e qualitativa dos fungos no solo. Gomide (2013) relatou que os aspectos ecológicos de vegetação podem explicar melhor a diversidade de FMAs do que os atributos químicos, pois é uma tentativa de demonstrar os efeitos de processos locais atuando sobre a diversidade destes fungos no solo.

## CONCLUSÃO

O estudo revela que o período de maior colonização radicular ocorre na primavera, não havendo diferença entre os porta-enxertos nessa estação do ano.

A colonização micorrízica ocorre naturalmente nos porta-enxertos de citros em campo, sendo elevada; variando, porém entre os porta-enxertos e as estações do ano, sendo alta mesmo sob influência da adubação com dosagens altas de fósforo.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 35, p. 121-150, 1991.
- ÁVILA, A. L. **Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de videira (*Vitis sp.*) sob manejo orgânico e convencional**. 2004. 59f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BACK, M. M.; ALTMANN, T.; SOUZA, P. V. D. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative development of citrus rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 4, p. 407-412, 2016.
- BERBARA, R. L. L.; DE SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicosarbusculares: Muito além da nutrição. In M. S. Fernandes [ed.], **Nutrição Mineral de Plantas**, pp. 53-88. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, Brasil. 2006.
- CABELLO, M. N. Effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) isolated from hydrocarbonpollutedsoils. **Journal of Basic Microbiology**, Berlin, v.39, n.2, p.89-95, 1999.
- CQFSRS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina** / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004. 400 p.
- DANIELS, B. A.; TRAPPE, J. M. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. **Mycologia**, 72:457-471, 1980.
- DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 77-93, 1999.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p, 2006.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 2. ed. rev. Atual. EMBRAPA, p.212. 1997.
- FERNANDES, R. A. **Impacto de usos de um Latossolo Vermelho de cerrado sobre a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares**. 2009. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí. 2009.
- FOCCHI, S. S. DAL SOGLIO, F. K.; CARRENHO, R.; SOUZA, P. V. D.; LOVATO, P. E. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.5, p.469-476, 2004.

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

GOMIDE, O. H. O. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GRAHAM, J. H.; DUNCAN, L. W.; EISSENSTAT, D. M. Carbohydrate allocation patterns in citrus genotypes as affected by phosphorus nutrition, mycorrhizal colonization and mycorrhizal dependency. *New Phytologist*, v. 135, p. 335-343, 1997.

GRAHAM, J.H.; EISSENSTAT, D.M. Field evidence for carbon cost of citrus mycorrhizas. *New Phytologist*, v.140, n. 1, p.103-110, 1998.

GRAHAM, J. H.; LEONARD, R. T.; MENGE, J. A. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiology*, Rockville, v. 68, p. 548 – 552, 1981.

HONRUBIA, M.; TORRES, P.; DIAZ, G.; MORTE, A. **Biotecnología forestal: micorrización y micropropagación**. Murcia: Universidad de Murcia, 1993. 92 p.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas> Acesso em 10 jan. 2017.

JAYME, B.; QUIGLEY, M. Influence of arbuscular mycorrhiza on growth and reproductive response of plants under water deficit: a meta-analysis. *Mycorrhiza*, v. 24, n. 2, p. 109-119, 2014.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, Washington, v.48, n.9, p.692, Sept. 1964.

KOLLER, O. C. **Instalação de Pomares**. In: KOLLER, O. C. (Org.). Citricultura. Cultura de tangerineiras. Tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização. Porto Alegre: Rígel, p. 353-385. 2009.

KOSKE, R. E. *Gigaspora gigantea*: observations on spore germination of a VA-mycorrhizal fungus. *Mycologia*, v. 73, n.2, p.288- 300, 1981.

MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 23:59-67, 1999.

MENGE, J. A.; DAVIS, R. M.; JOHNSON, E. L. V.; ZENTMYER, G. A. Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. *California Agriculture*, Berkeley, v. 32, n. 4, p. 6-7, Apr. 1978.

MILLER, R.L.; JACKSON, L.E. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 130, n. 2, p. 173-182, 1998.

NEMEC, S. Glomus intraradix effects on citrus rootstock seedling growth in various potting media. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Inglaterra, v. 118, p. 315-323, 1992.

NUNES, J.L.S.; SOUZA, P.V.D.; MARODIN, G.A.D.; FACHINELLO, J.C. Incremento no desenvolvimento do porta-enxerto de pessegueiro 'Aldrighi' por fungos micorrízicos arbusculares autóctones. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1787-1793, 2008.

NUNES, M. S. SOARES, A. C. F.; FILHO, W. S. S.; LÊDO, C. A. S. Colonização micorrízica natural de porta-enxertos de citros em campo. **Pesquisa agropecuária brasiliense**, Brasília, v.41, n.3, p.525-528, 2006.

ORTAS, I. Mycorrhiza in Citrus: Growth and Nutrition. *Advances in Citrus Nutrition*. **Springer Netherlands**, 2012. p. 333-351.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANDERS, F. E. E. Effect of management practices on mycorrhizal infection. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1247-1254, 1999.

PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N.C. Growth depression in citrus at high-phosphorus supply: analysis of carbon costs. **Plant Physiology**, v.101, p.1063- 1071, 1993.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciências Agrotécnicas**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. 81 p.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, p.158-161, 1970.

RIETH, S. **Desinfestação de substratos e fungos micorrízicos na produção de porta-enxertos de citros**. 2012. 115f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2012.

SILVA, E. N.; DUARTE, J. B.; REIS, A. J. S. Seleção da matriz de variância-covariância residual na análise de ensaios varietais com medidas repetidas em cana-de- açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n. 6, p. 993-999. 2015.

SILVEIRA, S. V. Influência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Mudanças de Abacateiro (*Persea* sp.). 1999. 95 f. **Dissertação (Mestrado)** - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. **Rev. Plant Biol.** v.62, p.227–50, 2011.

SYLVIA, D. M.; SCHENCK, N. C. Application of super phosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist.** 95: 655-661. 1983.

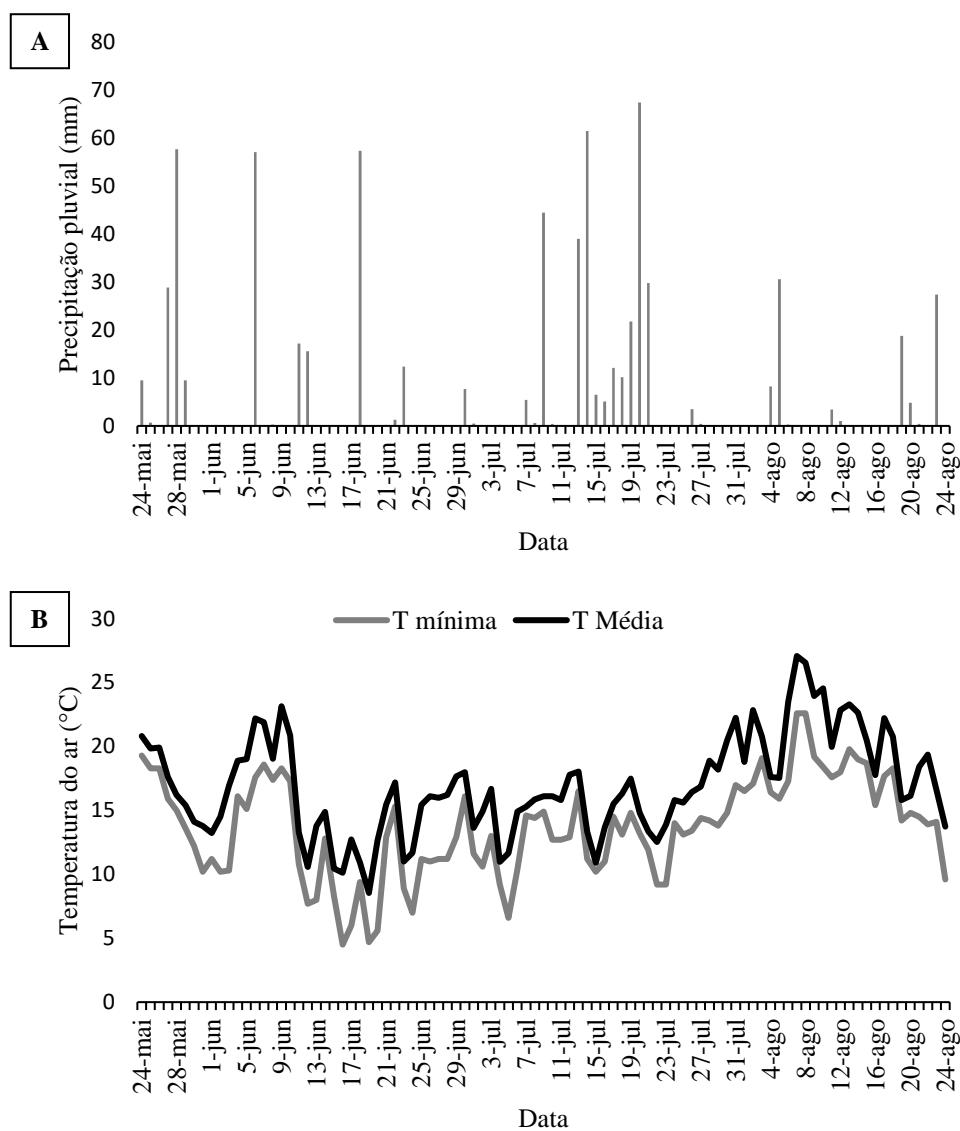
SOUZA, P. V. D. **Optimización de la producción de plantones de cítricos em vivero. Inoculación con micorrizas vesiculares-arbusculares.** 1995. 201 f. Tesis (Doctoral) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1995.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A., CAMARGO, F. A. O.; WIETHÖLTER, S. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** 10. ed. Porto Alegre. p.239-245. 2004.

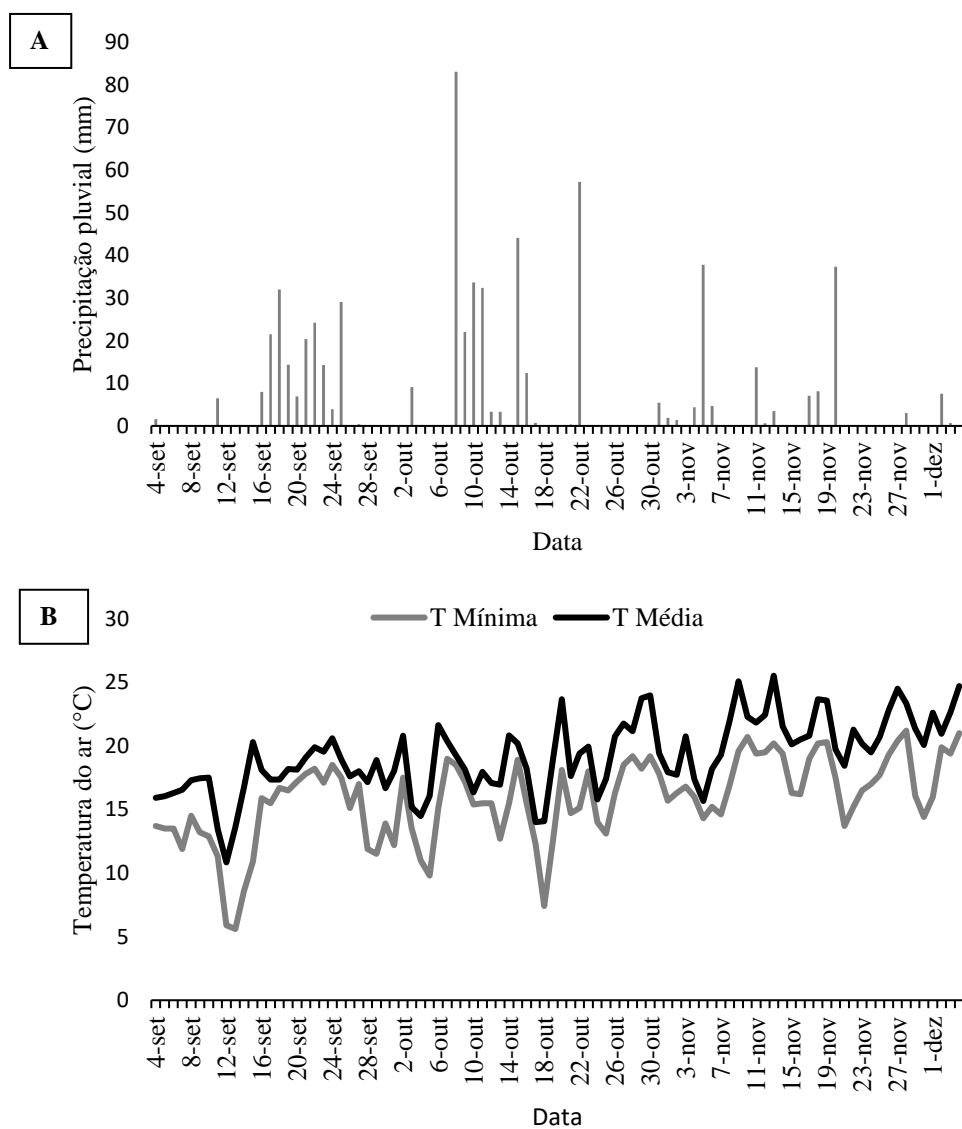
TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

VIVAS, A.; VOROS, B.; BIRÓ, T.; CAMPOS, E.; BAREA, J.M.; AZCÓN, R. Symbiotic efficiency of autochthonous arbuscular mycorrhizal fungos (*Glomus mosseae*) and *Brevibacillus sp.* Isolated from cadmium polluted soil under increasing cadmium levels. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 126, p. 179-189, 2003.

WREGE, M. S.; STEINMETZ S.; JÚNIOR, C. R.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático Da Região Sul do Brasil:** Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2 edição. Embrapa Clima Temperado. Brasília, DF. 2012. 334p.

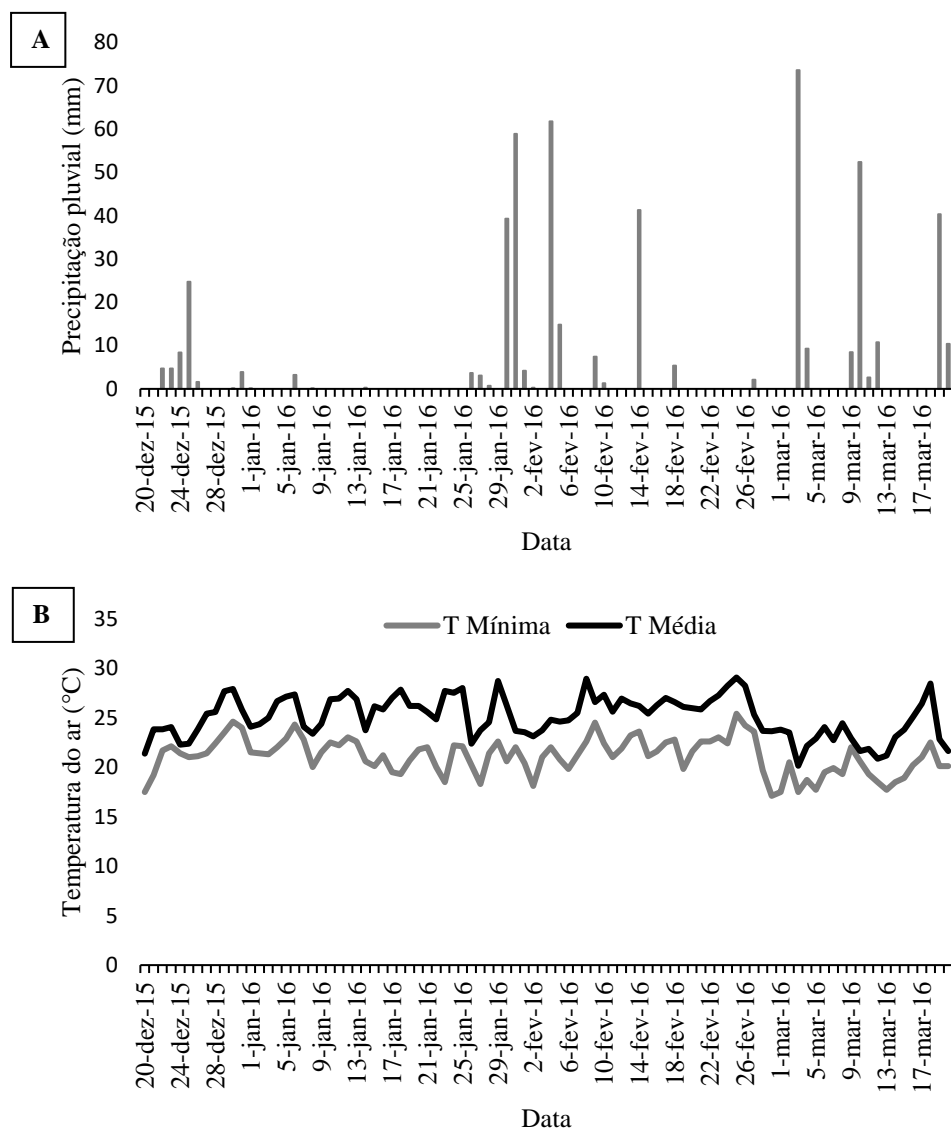


**FIGURA 1:** A. Precipitação pluviométrica (mm), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

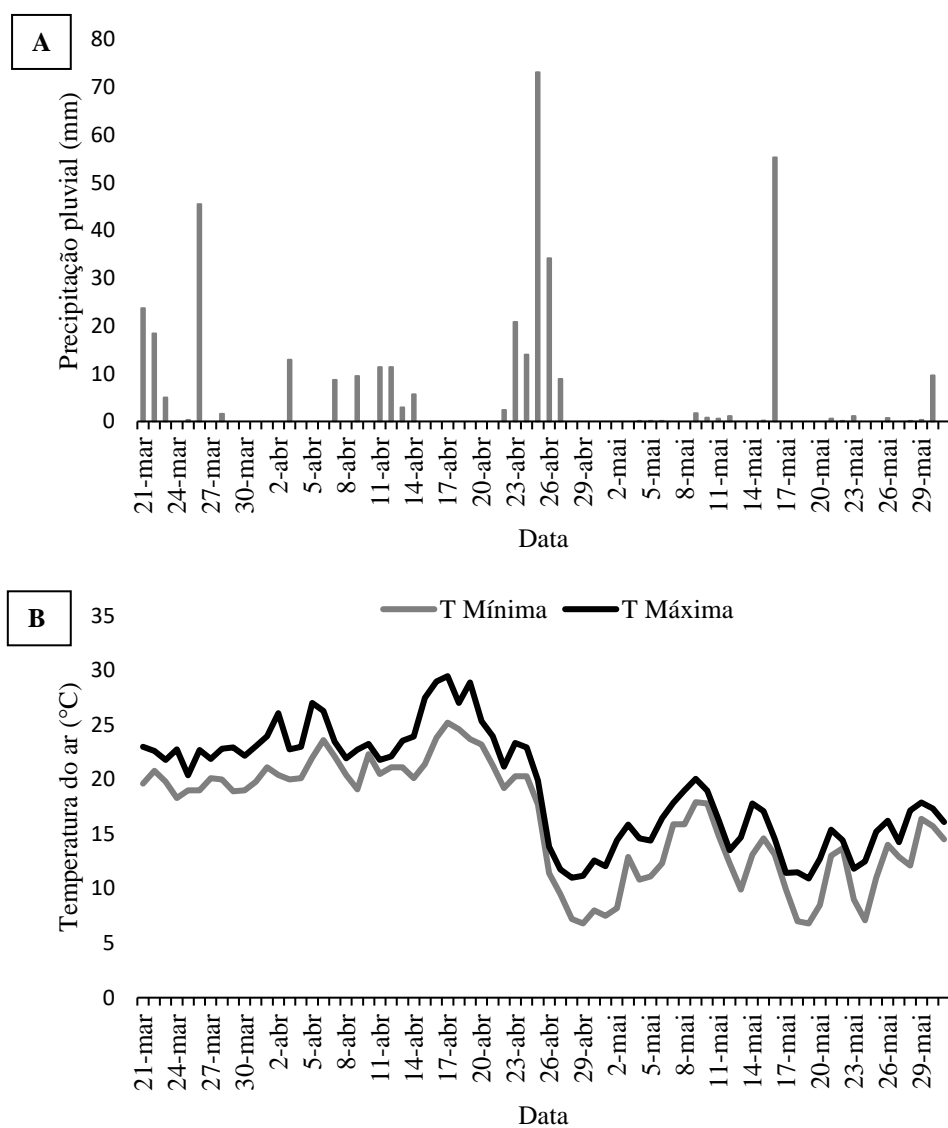


**FIGURA 2:** A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).





**FIGURA 3:** **A.** Precipitação pluviométrica (mm), do período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. **B.** Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).



**FIGURA 4:** A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

**TABELA 1.** Porcentagem de colonização natural de micorrizas arbusculares, densidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos) e densidade de esporos (número/grama) viáveis em pomar de tangerineiras ‘Montenegrina’ em quatro épocas do ano enxertadas sobre seis porta-enxertos. Porto Alegre, 2017.

<b>Colonização</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,0246</i> <i>P t &lt;0,0001</i> <i>P pe*t &lt;0,0001</i>	‘Caipira’	51,70 ABb	100,00 a	85,00ABab	80,00 ABab	79,20
	‘Swingle’	96,70 Aa	96,70 a	83,30 ABab	51,70 Bb	82,10
	‘Cravo’	95,00 A	96,70	88,30 A	83,30 AB	90,80
	‘Flying Dragon’	33,30 Bb	100,00 a	95,00 Aa	63,30 ABab	72,90
	‘Troyer’	11,70 Bb	100,00 a	38,30 Bb	100,00 Aa	62,50
	‘Volkameriano’	28,30 Bb	93,30 a	85,00 Aa	100,00 Aa	76,70
	<i>Média</i>	<i>52,80</i>	<i>97,80</i>	<i>79,20</i>	<i>79,70</i>	<i>77,40</i>
<b>Hifas</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,0518</i> <i>P t 0,0002</i> <i>P pe*t 0,0089</i>	‘Caipira’	0,65 ABb	2,13 a	1,60 ab	0,87 Bab	1,31
	‘Swingle’	1,82 A	1,80	0,97	0,85 B	1,36
	‘Cravo’	1,88 A	2,20	1,75	1,37 AB	1,8
	‘Flying Dragon’	0,85 ABb	2,55 a	1,03 b	1,03 ABb	1,37
	‘Troyer’	0,13 Bb	1,91 a	0,43 b	1,30 ABab	0,95
	‘Volkameriano’	0,28 Bb	1,90 a	1,27 ab	2,42 Aa	1,47
	<i>Média</i>	<i>0,94</i>	<i>2,08</i>	<i>1,18</i>	<i>1,31</i>	
<b>Vesículas</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,3908</i> <i>P t 0,0007</i> <i>P pe*t 0,0052</i>	‘Caipira’	0,00 B	0,17	0,00	0,35 AB	0,13
	‘Swingle’	0,52 AB	0,47	0,00	0,00 B	0,25
	‘Cravo’	0,65 Aa	0,40 ab	0,00 b	0,07 Bb	0,28
	‘Flying Dragon’	0,22 AB	0,00	0,00	0,28 AB	0,13
	‘Troyer’	0,00 B	0,00	0,00	0,00 B	0,00
	‘Volkameriano’	0,05 Bb	0,07 b	0,00 b	0,73 Aa	0,21
	<i>Média</i>	<i>0,24</i>	<i>0,18</i>	<i>0,00</i>	<i>0,24</i>	
<b>Arbúsculos</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,5915</i> <i>P t 0,0121</i> <i>P pe*t 0,2899</i>	‘Caipira’	0,48	1,35	0,43	0,95	0,80
	‘Swingle’	1,07	0,98	0,77	0,40	0,80
	‘Cravo’	1,18	1,45	1,12	0,98	1,18
	‘Flying Dragon’	0,57	1,00	0,95	0,80	0,83
	‘Troyer’	0,05	1,29	0,12	1,40	0,71
	‘Volkameriano’	0,12	0,87	0,52	1,23	0,68
	<i>Média</i>	<i>0,58 b</i>	<i>1,16 a</i>	<i>0,65 b</i>	<i>0,96 ab</i>	
<b>Esporos</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,0252</i> <i>P t &lt;0,0001</i> <i>P pe*t 0,0625</i>	‘Caipira’	14,50 AB	3,50	16,20	15,00 AB	12,30
	‘Swingle’	3,30 B	6,20	15,00	3,50 B	7,00
	‘Cravo’	3,70 Bb	2,40 b	18,30 a	2,90 Bb	6,80
	‘Flying Dragon’	21,30 Aa	6,40 b	19,10 ab	21,80 Aa	17,20
	‘Troyer’	18,10 Aba	2,70 b	7,50 ab	14,50 ABab	10,70
	‘Volkameriano’	18,70 ABa	3,50 b	16,00 ab	14,70 ABab	13,20
	<i>Média</i>	<i>13,30</i>	<i>4,10</i>	<i>15,30</i>	<i>13,30</i>	

Letras maiúsculas diferentes dentro da coluna (porta-enxerto em cada época) e minúsculas diferentes dentro das linhas (época em cada porta-enxerto) indicam diferenças significativas à 5% de probabilidade. P=probabilidade; t= tempo (época de coleta); pe=porta-enxerto.

**TABELA 2.** Atributos químicos dos solos coletados na época do verão na área da cultivar ‘Montenegrina’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.

Porta-enxerto	pH (H <sub>2</sub> O)	Índice SMP	MO %	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	Cu (mg/dm <sup>3</sup> )
‘Caipira’	5,24 b	5,98 bc	2,90 a	52,94 a	137,38 ab	5,45 abc	1,91 bc	6,16 ab	14,35 a
‘Swingle’	5,51 a	6,10 b	2,81 a	51,37 a	155,47 a	6,047 a	2,60 a	3,84 cd	10,02 ab
‘Cravo’	5,23 b	5,89 c	2,47 ab	39,98 b	136,97 ab	4,51 c	1,79 c	5,30 b	10,58 ab
‘Flying Dragon’	5,63 a	6,30 a	2,78 a	34,97 b	93,60 c	5,88 ab	1,29 d	4,31 c	10,47 ab
‘Troyer’	5,63 a	6,25 a	2,43 ab	31,91 b	125,51 b	4,90 bc	1,86 c	5,71 ab	13,74 a
‘Volkameriano’	5,24 b	6,01 bc	2,22 b	16,85 c	152,93 a	4,49 c	2,203 bc	3,42 d	6,62 b
<b>P</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0154</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0017</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0103</b>

Minúsculas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

**TABELA 3.** Análise do tecido foliar coletados na época do verão na área da cultivar ‘Montenegrina’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.

Porta-enxerto	N %	P %	K %	Ca %	M g%	S %	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)
‘Caipira’	2,53	0,21 ab	1,83 a	2,50 bc	0,38 b	0,44 a	41,30 a	34,00	149,0 a	52,6 ab	87,50
‘Swingle’	2,50	0,17 c	0,95 bc	3,16 a	0,40 b	0,31 b	29,6 b	30,67	121,3 ab	35,0 ab	80,67
‘Cravo’	Nd	0,17 c	1,26 b	2,93 ab	0,53 a	0,36 ab	18,30 cd	20,00	107,3 b	60,3 ab	Nd
‘Flying Dragon’	2,53	0,22 a	1,13 bc	3,26 a	0,49 a	0,30 b	14,3 d	25,67	147,0 a	28,3 ab	104,00
‘Volkameriano’	2,63	0,18 bc	1,66 a	2,30 c	0,40 b	0,41 a	19,00 c	22,33	133,3 ab	53,3 ab	85,67
‘Troyer’	2,70	0,18 bc	0,87 c	2,66 abc	0,49 a	0,38 ab	21,30 c	17,67	118,3 ab	19,6 b	72,33
<b>P</b>	<b>0,0742</b>	<b>0,0028</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0035</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0654</b>	<b>0,0104</b>	<b>0,0198</b>	<b>0,1139</b>

Minúsculas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

nd – não houve material vegetal suficiente.

**TABELA 4.** Correlação entre parâmetros nutricionais da parte aérea, estruturas (hifas e arbúsculos), percentual de colonização radicular por FMA e densidade de esporos na época do verão na área da cultivar ‘Montenegrina’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017. ( $p > 0,05$ )

<b>DF = 7</b>	<b>Hifas</b>	<b>Arbúsculos</b>	<b>Colonização</b>	<b>Esporos</b>
<b>N</b>	0.058891	0.284088	0.558898	0.636791
	0.8898	0.4953	0.1498	0.0895
<b>P</b>	-0.342688	0.073589	-0.680354	<b>-0.862668</b>
	0.4060	0.8625	0.0633	<b>0.0058</b>
<b>K</b>	-0.524359	-0.226120	-0.547009	-0.352030
	0.1822	0.5903	0.1606	0.3924
<b>Ca</b>	-0.528186	0.050058	<b>-0.764142</b>	<b>-0.759194</b>
	0.1784	0.9063	<b>0.0273</b>	<b>0.0289</b>
<b>Mg</b>	-0.402391	0.062753	<b>-0.742968</b>	<b>-0.733274</b>
	0.3230	0.8826	<b>0.0347</b>	<b>0.0385</b>
<b>S</b>	-0.520631	0.007797	-0.704793	<b>-0.768183</b>
	0.1859	0.9854	0.0509	<b>0.0260</b>
<b>Cu</b>	0.027121	0.031540	-0.638555	-0.614997
	0.9492	0.9409	0.0884	0.1046
<b>Zn</b>	0.322373	0.596836	0.109498	-0.389193
	0.4361	0.1183	0.7963	0.3406
<b>Fe</b>	-0.188745	-0.109651	<b>-0.724113</b>	<b>-0.810676</b>
	0.6544	0.7960	<b>0.0422</b>	<b>0.0146</b>
<b>Mn</b>	0.378906	0.279502	-0.105881	-0.160154
	0.3546	0.5026	0.8030	0.7048
<b>B</b>	-0.265908	-0.632434	-0.620861	-0.677117
	0.5244	0.0924	0.1004	0.0651
<b>H</b>	1.000.000	0.494189	0.605460	0.405946
		0.2132	0.1117	0.3183

## **4 ARTIGO 2**

# **COLONIZAÇÃO NATURAL DE MICORRÍZAS ARBUSCULARES EM POMAR DE TANGERINEIRAS 'ONECO' ENXERTADAS SOBRE SEIS PORTA-ENXERTOS\***

\* Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Fruticultura.

**Colonização natural de micorrizas arbusculares em pomar de tangerineiras  
'Oneco' enxertadas sobre seis porta-enxertos**

**RESUMO**

A maior parte das espécies de plantas cítricas são altamente dependentes dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) por possuírem o sistema radicular carente de pelos absorventes e com o auxílio dos FMAs sua capacidade de absorção de água e nutrientes pode ser ampliada. Porém, a eficiência da simbiose é afetada pelo genótipo vegetal ou do FMA; como também pelos fatores edafoclimáticos do local. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar, a campo, a influência da sazonalidade na colonização micorrízica de seis porta-enxertos em um pomar de tangerineiras 'Oneco' (*Citrus reticulata* Blanco) de 18 anos, no município de Butiá, RS. Os porta-enxertos avaliados foram: trifoliateiro 'Flying Dragon' [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.]; citrangeiro 'Troyer' [*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.]; citrumeleiro 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. × *P. trifoliata*]; limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.); limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); laranjeira 'Caipira' (*C. sinensis*). Foi realizada a coleta de radicelas em quatro épocas do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão (21/03/2016) e outono (30/05/2016). Cada amostra foi composta por quatro subamostras coletadas de 0-20 cm do solo, na projeção das copas, em cada porta-enxerto (duas subamostras por planta), com três repetições. Foi determinada a intensidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos), colonização radicular através da relação: número de segmentos infectados/total analisado e densidade de esporos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por medidas repetidas, via modelos mistos. Em complementação, quando necessário, empregou-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação das médias. A colonização micorrízica foi considerada elevada

para todos os porta-enxertos estudados na primavera, verão e outono, superando os 76%. No inverno, os porta-enxertos 'Caipira', 'Swingle', 'Cravo' e 'Troyer' seguiram com ótima colonização, enquanto que ocorreu uma significativa redução na colonização radicular nos porta-enxertos 'Flying Dragon' e 'Volkameriano' (ambos 40 %). A colonização micorrízica ocorre naturalmente nos porta-enxertos de citros em campo, variando entre os porta-enxertos e as épocas do ano, sendo alta mesmo em solos com altas dosagens de fósforo.

**Termos para indexação:** *Citrus reticulata*, estações do ano, endomicorrizas.

### **Natural colonization of arbuscular mycorrhizal in mandarin 'Oneco' on six rootstocks**

#### **ABSTRACT**

Most citrus species are highly dependent on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) because they have the root system lacking absorbent hairs. And, with the aid of AMF their water and nutrient absorption capacity can be increased. However, symbiosis efficiency is affected by plant or AFM genotype and by the edaphoclimatic factors of the place. In this context, the aim of this study was to evaluate, in the field, the seasonality influence on the mycorrhizal colonization of six rootstocks 'Oneco' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco), 18 years old, in Butiá city, RS, Brasil. The evaluated rootstocks were 'Flying Dragon' trifoliolate [*Poncirus trifoliata* var. *Monstrosa* (T. Ito) Swing.]; 'Troyer' citrange [*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.], 'Swingle' citrumelo [*C. paradise* Macf. × *P. trifoliata*]; 'Rangpur' lime (*C. limonia* Osb.); 'Volkamer' lemon (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); 'Caipira' orange (*C. sinensis*). Root hair was collected in four seasons of the year: winter (08/24/2015), spring (01/12/2015), summer (03/21/2016) and autumn



(05/30/2016). Each sample was composed of four subsamples collected from 0-20 cm of the soil, in crown projections, in each rootstock (two subsamples per plant), with three replications. Colonization structures density (hyphae, vesicles and arbuscules) and root colonization were determined through the ratio: number of infected segments/total analyzed and spore density. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by repeated measurements, using mixed models. In addition, Tukey's test ( $p < 0.05$ ) was used when necessary to compare the means. All rootstocks had high percentages of mycorrhizal colonization in the spring overcoming 76%. In winter, 'Caipira', 'Swingle', 'Cravo' and 'Troyer' rootstocks maintained a good colonization, while a significant reduction in root colonization occurred in 'Flying Dragon' and 'Volkameriano' rootstocks (both 40%). Mycorrhizal colonization occurs naturally in the citrus rootstocks in the field. In addition, the elevated colonization varied between the rootstocks and the seasons, being high even in soils with high phosphorus dosages.

**Index terms:** *Citrus reticulata*, seasons, arbuscular mycorrhizal fungi

## INTRODUÇÃO

Os efeitos benéficos dos FMAs no crescimento das plantas são amplamente relatados, havendo espécies vegetais que nem mesmo crescem quando não são micorrizadas (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). As plantas cítricas possuem um sistema radicular com pêlos absorventes pouco desenvolvidos, o que dificulta a absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo, como o fósforo, sendo consideradas altamente dependentes das micorrizas, para seu equilíbrio nutricional e melhor desenvolvimento (OLIVEIRA; SANDERS, 1999; MUCHOVEJ, 2001).

A maior parte dos estudos realizados com inoculação de FMAs em plantas cítricas foi realizado na fase de mudas em viveiros, onde normalmente verifica-se uma redução na velocidade do crescimento de mudas cítricas, devido a eliminação de fungos micorrízicos nos substratos utilizados demonstrando a elevada dependência micorrízica desta cultura (MENGE et al., 1978; MELLONI; CARDOSO, 1999; ORTAS, 2012 BACK et al., 2016; BACK et al., 2018). No entanto, há carência de estudos avaliando a ocorrência natural de FMAs nos pomares de citros e seu efeito em diferentes combinações com porta-enxertos.

Os organismos são afetados por alterações edafoclimáticas, que pode interferir na simbiose plantas x FMAs. Diante dos benefícios promovidos pelos FMAs e da dependência da cultura dos citros a essa simbiose, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da sazonalidade sobre a flutuação populacional e colonização natural de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em radículas de seis porta-enxertos enxertados sob copa de tangerineira ‘Oneco’ (*Citrus reticulata* Blanco).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Panoramas Citros (latitude 30° 07' 12 S, longitude 51° 57' 45" W, altitude de 35 m), localizada na BR 290, km 164, no município de Butiá, Estado do Rio Grande do Sul - RS. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao subgrupo cfa, subtropical úmido com temperaturas superiores a 22°C no verão e mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (WREGGE et al., 2012). O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico, com 19% de argila na camada superficial (0-20 cm de profundidade) (EMBRAPA, 2006).

O pomar tinha como cultivar copa: tangerineira ‘Oneco’, enxertada sobre seis porta-enxertos: citrumeleiro ‘Swingle’ [*C. paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.],

laranjeira ‘Caipira’ (*C. sinensis* Osb.), citrangeiro ‘Troyer’ (*C. sinensis* × *P. trifoliata*), limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osb.), limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.) e trifoliateiro ‘Flying Dragon’ [*P. trifoliata* var. *Monstrosa* (T. Ito) Swing.].

O plantio do pomar foi realizado em agosto de 1997, no espaçamento de 6,0 x 2,5 m, com 667 árvores por hectare. O manejo fitossanitário e de fertilização do pomar foi conduzido segundo práticas usuais de manejo dos pomares comerciais da propriedade, seguindo recomendações regionais (KOLLER, 2009) e o manejo das plantas espontâneas na entrelinha foi realizado por meio de roçada tratorizada.

As amostras de solo e radicelas (500 a 1000 g) foram coletadas no final de cada uma das quatro estações do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão (21/03/2016) e outono (30/05/2016). As amostras (solo rizosférico e radicelas) foram compostas de quatro subamostras coletadas de 0-20 cm superficiais do solo, coletadas das duas plantas centrais de cada unidade experimental, na projeção de cada porta-enxerto com três repetições.

As radicelas foram separadas das amostras de solo com auxílio de peneiras de malha 53 µm (0,053 mm). Após as amostras de solo foram secas à sombra, ao ar livre e à temperatura ambiente. Parte destas amostras (aproximadamente 50g de solo) foi separada e utilizada para coleta de esporos, visando verificar a flutuação populacional ao longo do ano e a outra parte do solo foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, para análises químicas, segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995); Embrapa (1997).

Foi realizada a coleta de folhas para análise foliar em 21/03/2016 (verão). Cada amostra foi composta de 80-200 folhas por unidade experimental (mesmas plantas de onde foram coletadas as amostras de solo) a uma altura de aproximadamente 1,5 m do

solo, nos quatro quadrantes de cada copa, seguindo as recomendações para a cultura (TEDESCO et al., 2004).

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura (DHS), onde procedeu-se à secagem das amostras em estufa à 60°C até peso constante (15 dias), posteriormente foi realizada a moagem desses tecidos vegetais em moinho, e, em seguida foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia – UFRGS, para avaliação do teor dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn e B).

Para determinação da intensidade de colonização por FMAs nas radículas, as mesmas foram lavadas com água destilada e conservadas em F.A.A. (Formaldeído a 5%, Ácido Acético a 5% e Álcool Etilico a 90%), conforme método adotado por Honrubia et al. (1993). Após, as mesmas foram cortadas em segmentos de aproximadamente um centímetro de comprimento e, em seguida, clarificadas e tingidas de acordo com Phyllips; Hayman (1970). Posteriormente, 60 segmentos de radículas por tratamento (20 segmentos por repetição) foram dispostos em lâminas (um total de 360 lâminas), que, em seguida, foram analisadas em microscópio, para avaliação da presença e densidade de hifas, vesículas e arbúsculos (NEMEC, 1992).

A porcentagem de raízes colonizadas foi obtida do número de segmentos infectados em relação ao total analisado. Para determinar a densidade de hifas, atribuiu-se o valor 0, para ausência de estruturas; 1, para baixa presença; 2, para média presença; e 3, para alta presença. A densidade de vesículas e arbúsculos também foi relacionada com uma escala de 0 a 3, onde se considerou como 0 a ausência de estruturas; 1, de 1 a 50 estruturas; 2, de 51 a 100; e 3, mais de 100 (NEMEC, 1992)

Para quantificação dos esporos dos FMAs, foi realizada a retirada de uma alíquota de 50 g de solo de cada amostra coletada de solo. O isolamento dos esporos foi feito pela técnica da lavagem, decantação, e peneiramento via úmida (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), utilizando peneiras de malha 106  $\mu\text{m}$  e 53 $\mu\text{m}$  de diâmetro, seguida por centrifugação a 2000 rpm por 3 minutos com água destilada esterilizada e com sacarose (50%), de acordo com Jenkins (1964). Posteriormente, os esporos foram observados em placa de Petri, onde foram contados os esporos viáveis, usando um microscópio estereoscópico para a visualização.

O delineamento experimental utilizado foi bi-fatorial em blocos ao acaso, sendo 24 tratamentos (seis porta-enxertos e quatro estações do ano) e três repetições (blocos), onde duas plantas constituíram a unidade experimental. Os dados coletados na mesma unidade experimental ao longo das diferentes estações do ano (colonização das raízes por FMA; presença de hifas; presença de vesículas; presença de arbúsculos; e densidade de esporos de FMA no solo) foram analisados como medidas repetidas, utilizando-se o procedimento ProcMixed no programa SAS, versão 9.4 (SAS INSTITUTE INC., CARY, NC, EUA). A estrutura de covariância que apresentou o melhor ajuste para os dados foi selecionada de acordo com o critério de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) (SILVA et al., 2015). As interações entre fatores foram considerados significativos quando  $p \leq 0,25$  (Perecin e Cargnelutti Filho, 2008). Para as outras variáveis, uma análise de variância foi empregada, com blocos como efeito aleatório, também usando o procedimento ProcMixed. Quando necessário, o teste de Tukey foi realizado, com uma probabilidade de 5%, com o intuito de comparar médias. Além disso, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os resíduos dos dados de composição química do tecido foliar das árvores e as características da associação micorrízica (colonização das raízes por FMA; presença de

hifas; presença de vesículas; presença de arbúsculos; e densidade de esporos de FMA no solo), apenas para os dados coletado no verão.

Os dados de temperatura mínima e média do ar, e precipitação pluviométrica dos meses de maio de 2015 a maio 2016, foram obtidos por meio de dados do 8° Distrito Meteorológico de Porto Alegre, RS (Figuras 1 a 4).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A colonização micorrízica foi considerada elevada para todos os porta-enxertos estudados na primavera, verão e outono, superando os 76% (Tabela 1). No inverno, os porta-enxertos ‘Flying Dragon’ e ‘Volkameriano’ apresentaram baixa colonização, enquanto os demais porta-enxertos mantiveram taxas elevadas de colonização radicular, semelhante às outras estações avaliadas.

A menor presença de FMA encontrada no sistema radicular das plantas no inverno é explicada pelas temperaturas mais amenas que provocaram redução da atividade metabólica das mesmas, prejudicando a simbiose (BERBARA et al, 2006; SMITH; SMITH 2011).

De maneira geral, a densidade de colonização quantificada pela presença de estruturas de colonização do fungo (hifas, vesículas e arbúsculos) nas radículas, foi considerada de fraca a moderada, atingindo o índice 2 (de 50 a 100 estruturas por centímetro) para a presença de hifas e arbúsculos, e fraca para vesículas, nunca atingindo o índice 1 (até 50 estruturas por centímetro), em todos os porta-enxertos (Tabela 1).

O porta-enxerto ‘Troyer’ apresentou maior densidade de hifas no outono, porém estatisticamente igual ao inverno e superior as demais estações. O porta-enxerto ‘Caipira’ apresentou densidade de hifas superior no outono em comparação ao verão,

enquanto no inverno e primavera a densidade de hifas foi intermediária. A presença de hifas nas raízes de ‘Flying Dragon’ foi superior no outono, inferior no inverno e intermediária na primavera e verão. Os porta-enxertos ‘Swingle’, ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ não apresentaram diferença estatísticas entre as épocas avaliadas (Tabela 1).

A presença de vesículas também sofreu interação significativa dos fatores avaliados (Tabela 1). Os porta-enxertos ‘Swingle’, ‘Cravo’, ‘Flying Dragon’, ‘Troyer’ e ‘Volkameriano’ não apresentaram diferenças estatísticas entre as estações. Já ‘Caipira’, apresentou maior presença de vesículas no outono, sem diferir estatisticamente do inverno e primavera, não apresentando vesículas no verão.

No período avaliado não ocorreram temperaturas extremas, nem período longo de estiagem. Por isso, supõe-se que os FMAs não necessitaram formar grande número de vesículas, que são estruturas de reserva, visando passar períodos adversos. Normalmente, nas condições do sul do Brasil essas estruturas são formadas a partir de abril/maio (meses de outono, com redução da temperatura e fotoperíodo) para fornecer reservas para os FMAs durante o período do inverno (BACK et al., 2016).

Os arbúsculos são as estruturas dos FMAs onde ocorrem as trocas de nutrientes e fotoassimilados com as plantas (SMITH; SMITH 2011). Na Tabela 1, nota-se a presença de arbúsculos em todas as radículas dos porta-enxertos independente da época, caracterizando uma maior atividade simbiótica entre o fungo e a planta. O porta-enxerto ‘Volkameriano’ apresentou maior densidade dessas estruturas no verão, não diferindo estatisticamente do porta-enxerto ‘Flying Dragon’. O porta-enxerto ‘Troyer’ apresentou maior densidade de arbúsculos no outono. Os porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Cravo’ não apresentaram diferença estatística independente da época estudada (Tabela 1).

A densidade de esporos foi elevada, variou de 4,8 a 23,9 esporos.g<sup>-1</sup> de solo (Tabela 1). O manejo do solo pode ter favorecido a esporulação das endomicorrizas. No manejo do pomar empregava-se cobertura na entrelinha, uso controlado de insumos agrícolas, como adubos e agrotóxicos, e uso de roçadeira como método para controle do crescimento da cobertura natural na entrelinha. Segundo Oliveira; Sanders (1999), os índices de colonização radicular e densidades de esporos dos FMAs são menores em solos submetidos a distúrbios mecânicos ou que são mantidos nus.

Os porta-enxertos ‘Swingle’, ‘Cravo’ e ‘Troyer’ não apresentaram diferença estatística entre as épocas (Tabela 1). O porta-enxerto ‘Caipira’ apresentou maior densidade de esporos no verão, não diferindo estatisticamente da primavera. Os porta-enxertos ‘Flying Dragon’ e ‘Volkameriano’ apresentaram comportamento semelhante, com elevada densidade de esporos nas épocas do verão, outono e inverno, diferindo estatisticamente apenas da primavera. Dentro das épocas outono e inverno, os porta-enxertos ‘Flying Dragon’ e ‘Volkameriano’ apresentam maior densidade de esporos, diferindo dos demais porta-enxertos.

Na Tabela 2 observa-se que o solo onde era cultivado o porta-enxerto ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ apresentou potencial hidrogeniônico (pH) considerado alto segundo a CQFSRS/SC (2004), e naqueles em que estavam os porta-enxertos ‘Troyer’, ‘Caipira’ e ‘Swingle’ apresentaram pH baixo e não diferiram estatisticamente entre si. Com baixo pH, a colonização seria garantida pelo comportamento diferenciado das diversas espécies de micorrizas presentes no pomar, visto que muitas espécies de FMA preferem solos ácidos ou são indiferentes à acidez.

Os níveis de matéria orgânica (MO), a qual é fonte de nitrogênio para as plantas, segundo a CQFSRS/SC (2004), foram baixos para o porta-enxerto ‘Troyer’ e médio para os demais porta-enxertos.



Em todas as amostras de solo e conforme as recomendações da CQFSRS/SC (2004), independente do porta-enxerto estudado, verificou-se elevado nível de K, Ca, Mg, Zn e Cu. Segundo Abbott e Robson (1991), nível elevado de K tem favorecido a colonização radicular por FMAs, o que foi confirmado neste trabalho.

Observou-se níveis altos de P no solo nas parcelas com os porta-enxertos 'Swingle', 'Flying Dragon' y 'Troyer' se destacaram com os teores mais elevados. Nas parcelas dos porta-enxertos 'Caipira', 'Cravo' e 'Volkameriano', segundo a CQFSRS/SC (2004), se encontravam na faixa muito alta de disponibilidade deste nutriente. Segundo Jifon et al. (2002) as plantas cítricas são altamente dependentes dos fungos micorrízicos arbusculares, e dessa forma, mesmo em altas concentrações de fósforo no solo, são beneficiadas. Resultado semelhante ao de Nunes et al. (2006), que observou elevada colonização micorrízica natural de porta-enxertos de citros, no campo, mesmo em áreas sob influência da adubação com dosagens altas de fósforo. O mesmo foi observado no trabalho de Nunes et al. (2008), com pessegueiros, onde o percentual de colonização micorrízica e de densidade de esporos foi elevado mesmo com níveis de fósforo elevados.

Na análise do tecido foliar (Tabela 3), observa-se que não houve diferença estatísticas para os teores de N, P, K, Ca, Cu, Z, S, Fe, Mn e B independente do porta-enxerto estudado. De acordo com a CQFRS/SC (2004), todas as plantas apresentaram níveis de N, Ca, Zn e Mn insuficiente; normal de S, Fe e B; excessivo de Cu. O nível de P ficou na faixa normal para as plantas sobre 'Cravo', 'Troyer' e 'Volkameriano' e excessivo para as plantas sobre 'Caipira', 'Swingle' e 'Flying Dragon'. O K foi considerado insuficiente para as plantas sobre 'Troyer' e normal sobre os demais porta-enxertos. O valor excessivo de Cu é esperado devido os tratamentos fitossanitários usados

Para os níveis foliares de Mg as plantas enxertadas sobre ‘Troyer’ se destacaram das demais apresentando excesso desse nutriente ( $> 0,40\%$ ), diferindo estatisticamente dos demais porta-enxertos, que estavam na faixa normal ( $0,25 - 0,40\%$ ). As plantas enxertadas sobre ‘Cravo’, ‘Flying Dragon’ e ‘Troyer’ se destacaram das demais.

Observa-se na tabela 4 que a correlação entre a colonização micorrízica e a densidade de esporos não foram estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ), quando relacionadas com os parâmetros nutricionais presentes nas folhas. Muitas das espécies de FMA podem apresentar as menores respostas de colonização com a cultura plantada, o que, em última instância, levaria a diminuição da atuação dos FMA junto às plantas cultivadas. Isto porque, segundo Focchi et al. (2004), as espécies podem estar presentes nos ambientes, mas não responder à presença de raízes de determinadas plantas.

Porém, observaram-se correlações (Tabela 4) positivas entre o nutriente B e a presença de hifas; Cu com estruturas de vesículas; e Cu, Zn e Mn com os arbúsculos. Isto indica que quanto maior a densidade das estruturas de colonização micorrízica (hifas, vesículas e arbúsculos) maior a absorção destes nutrientes.

## CONCLUSÃO

A colonização micorrízica ocorre naturalmente nos porta-enxertos de citros em campo, sendo elevada; variando entre os porta-enxertos e as estações do ano, sendo alta mesmo sob influência de altos níveis de fósforo no solo.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 35, p. 121-150, 1991.

BACK, M. M. ALTMANN, T. SOUZA, P. V. D. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative development of citrus rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 46, n. 4, p. 407-412, 2016.

BACK, M. M. FEDRIZZI, G. SOUZA, P. V. D. Growth and physiology of the citrange 'Fepagro C37 Reck' rootstock inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 65, n.4, p. 356-363, jul/ago, 2018.

BERBARA, R. L. L.; DE SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In M. S. Fernandes [ed.], **Nutrição Mineral de Plantas**, pp. 53-88. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, Brasil. 2006.

CQFSRS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina** / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004. 400 p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 2. ed. rev. Atual. EMBRAPA, p.212. 1997.

FOCCHI, S. S. DAL SOGLIO, F. K.; CARRENHO, R.; SOUZA, P. V. D.; LOVATO, P. E. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.5, p.469-476, 2004.

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

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas> Acesso em 10 jan. 2017.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.48, n.9, p.692, Sept. 1964.

JIFON, J. L.; GRAHAM, J. H.; DROUILLARD, D. L.; SYVERSTEN, J. P. Growth depression of mycorrhizal Citrus seedlings grown at high phosphorus supply is mitigated by elevated CO<sub>2</sub>. **New Phytologist**, v. 153, n. 1, p. 133-142, 2002.

HONRUBIA, M.; TORRES, P.; DIAZ, G.; MORTE, A. **Biotecnología forestal: micorrización y micropropagación**. Murcia: Universidad de Murcia, 1993. 92 p.

KOLLER, O. C. **Instalação de Pomares**. In: KOLLER, O. C. (Org.). Citricultura. Cultura de tangerineiras. Tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização. Porto Alegre: Rígel, p. 353-385. 2009.

MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extrarradicar de fungos micorrízicosarbusculares em plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23:59-67, 1999.

MENGE J.A, JOHNSON E.L.V, PLATT R.G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. **New Phytologist**, Oxford, v.81, n.3, p.553–559,1978.

MUCHOVEJ, R. M. Importance of mycorrhizae for agriculture. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, Flórida, 2001.

NEMEC, S. Glomus intraradix effects on citrus rootstock seedling growth in various potting media. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Inglaterra, v. 118, p. 315-323, 1992.

NUNES, J.L.S.; SOUZA, P.V.D.; MARODIN, G.A.D.; FACHINELLO, J.C. Incremento no desenvolvimento do portaenxerto de pessegueiro ‘Aldrighi’ por fungos micorrízicos arbusculares autóctones. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1787–1793, 2008.

NUNES, M. S. SOARES, A. C. F.; FILHO, W. S. S.; LÊDO, C. A. S. Colonização micorrízica natural de porta-enxertos de citros em campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.525-528, 2006.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANDERS, F. E. E. Effect of management practices on mycorrhizal infection. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1247-1254, 1999.

ORTAS, I. Mycorrhiza in Citrus: Growth and Nutrition. *Advances in Citrus Nutrition*. **Springer Netherlands**, 2012. p. 333-351.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciências Agrotécnicas**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, p.158-161, 1970.

SILVA, E. N.; DUARTE, J. B.; REIS, A. J. S. Seleção da matriz de variância-covariância residual na análise de ensaios varietais com medidas repetidas em cana-de- açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n. 6, p. 993-999. 2015.

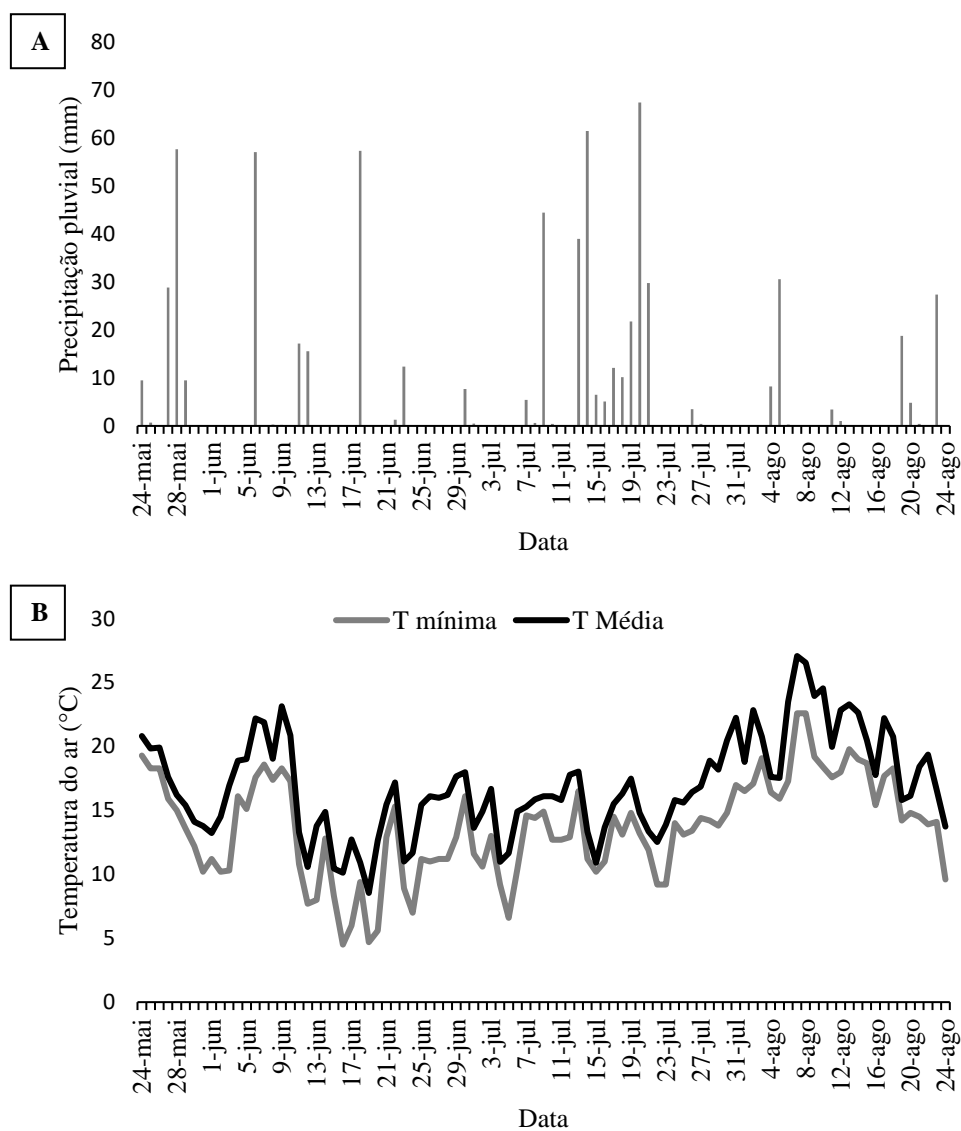
SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/Faepe, 1988. p. 125-178.

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Rev. Plant Biol.* v.62, p.227–50, 2011.

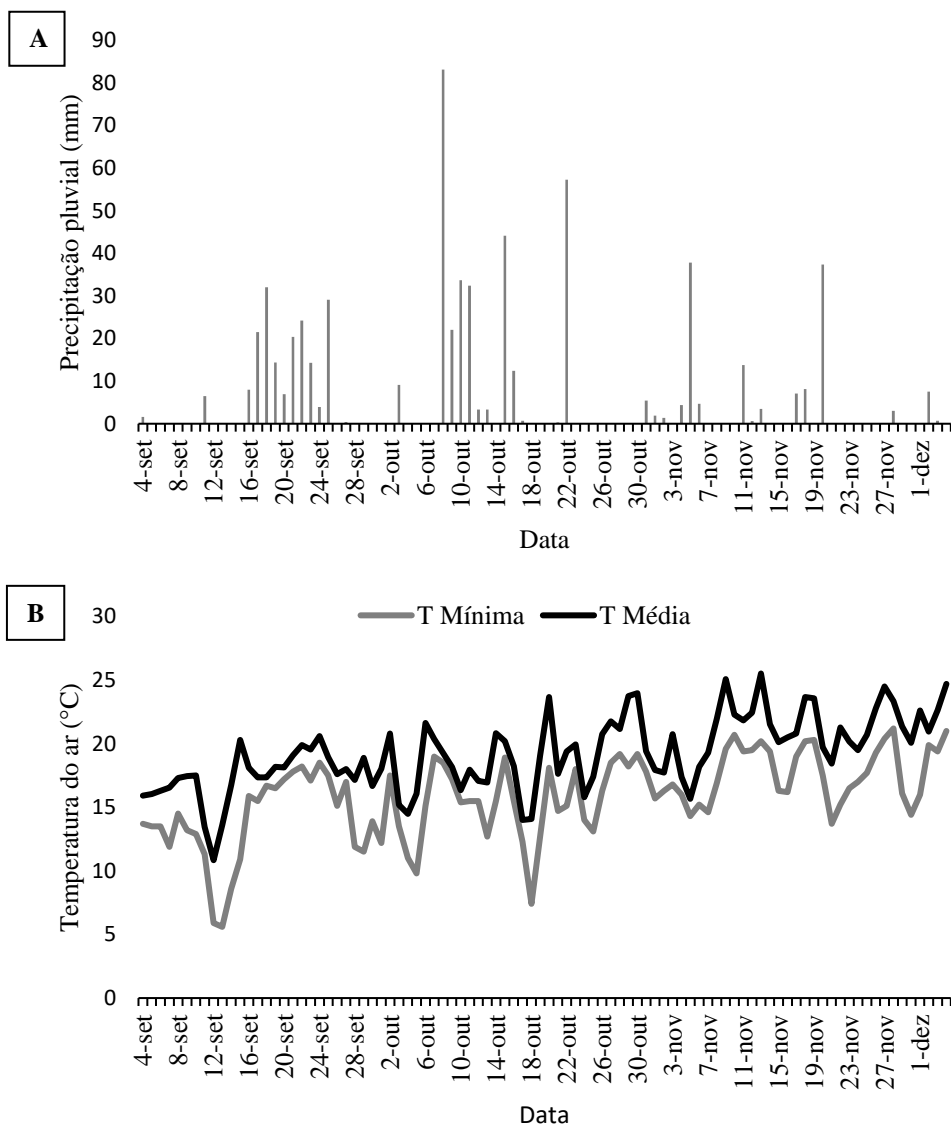
TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A., CAMARGO, F. A. O.; WIETHÖLTER, S. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 10. ed. Porto Alegre. p.239-245. 2004.

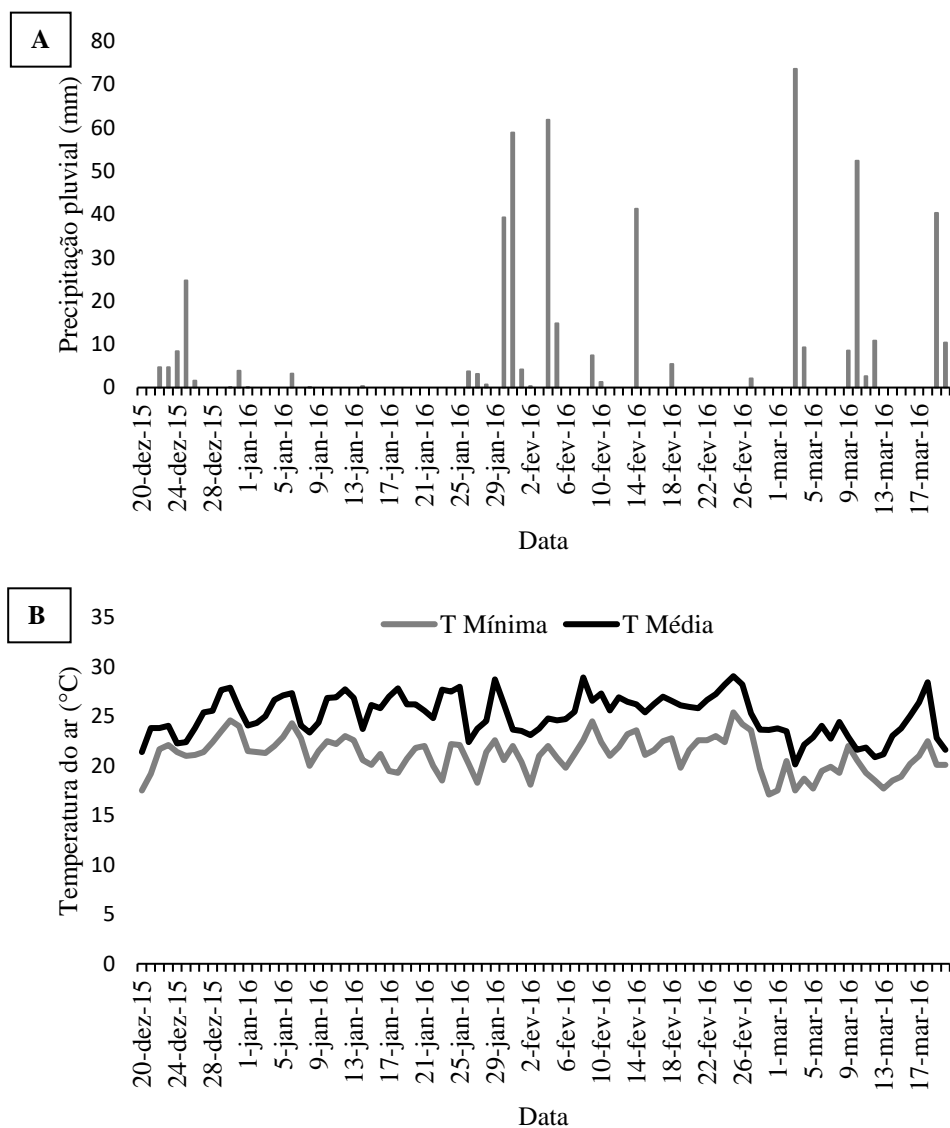
WREGGE, M. S.; STEINMETZ S.; JÚNIOR, C. R.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático Da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2 edição. Embrapa Clima Temperado. Brasília, DF. 2012. 334p.



**FIGURA 1:** A. Precipitação pluviométrica (mm), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. B. Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

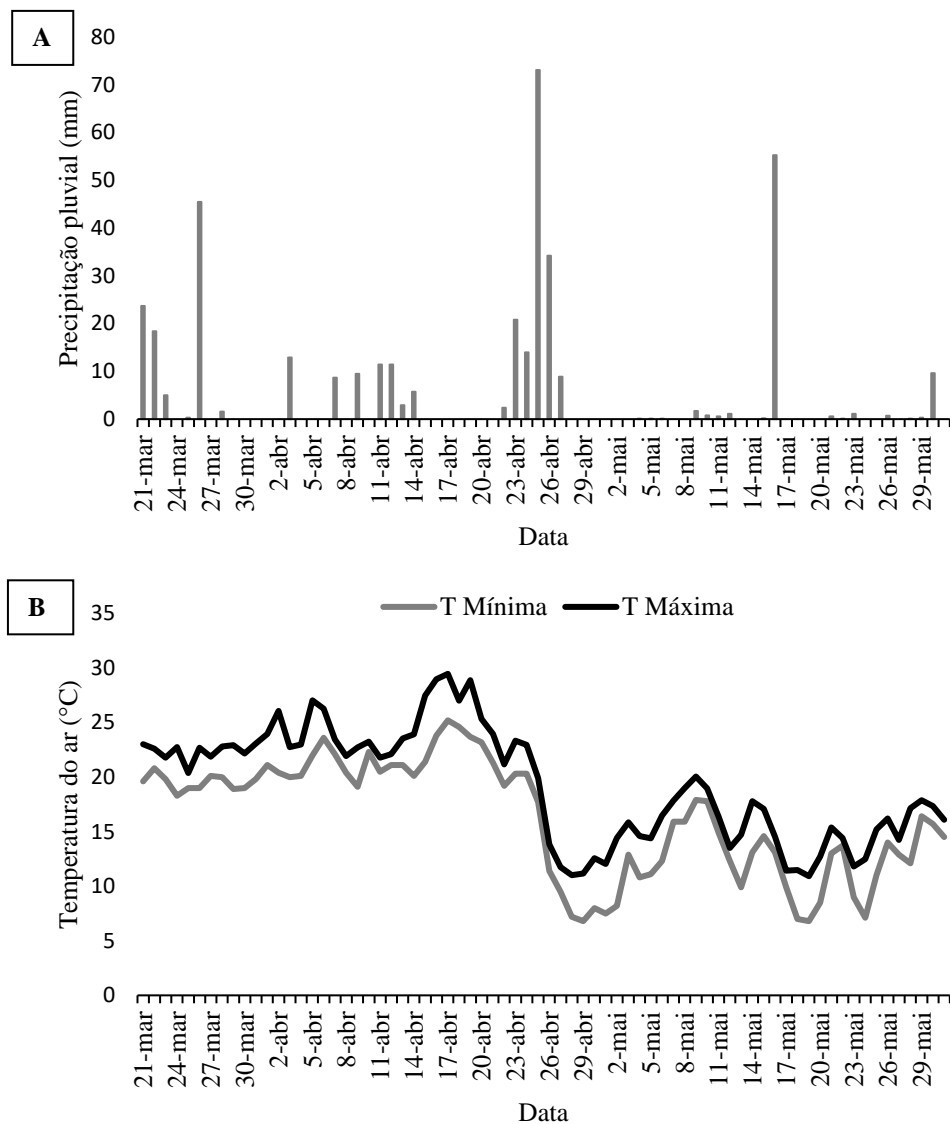


**FIGURA 2:** A. Precipitação pluviométrica (mm) no período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. **B.** Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET(2017).



**FIGURA 3:** **A.** Precipitação pluviométrica (mm), do período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. **B.** Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).





**FIGURA 4:** A. Precipitação pluviométrica (mm), no período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. **B.** Dados mensais de Temperatura média e mínima do ar (°C), no período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

**TABELA 1.** Porcentagem de colonização natural de micorrizas arbusculares, densidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos) e densidade de esporos (número/grama) viáveis em pomar de tangerineiras ‘Oneco’ em quatro épocas do ano enxertadas sobre seis porta-enxertos. Porto Alegre, 2017.

<b>Colonização</b>	Porta-enxerto	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
	‘Caipira’	95,00 A	100,0	91,70	98,30	96,30
<i>P pe 0,0938</i>	‘Swingle’	88,33 A	96,70	95,00	96,70	94,20
<i>P t &lt;0,0001</i>	‘Cravo’	78,33 AB	76,70	91,70	88,30	83,80
<i>P pe*t 0,0459</i>	‘Flying Dragon’	40,00 Bb	100,00 a	100,00 a	100,00 a	85,00
	‘Troyer’	80,00 AB	98,30	95,00	100,00	93,30
	‘Volkameriano’	40,00 Bb	86,66 a	91,66 a	100,00 a	79,60
	<i>Média</i>	<i>70,27</i>	<i>93,10</i>	<i>94,20</i>	<i>97,20</i>	
<b>Hifas</b>	Porta-enxerto	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
	‘Caipira’	1,91 ab	2,31 ab	1,08 b	2,40 a	1,92
<i>P pe 0,2719</i>	‘Swingle’	1,60	1,48	1,93	1,75	1,69
<i>P t &lt;0,0001</i>	‘Cravo’	1,26	1,20	1,13	1,80	1,35
<i>P pe*t 0,0459</i>	‘Flying Dragon’	0,56 b	1,55 ab	1,20 ab	2,36 a	1,42
	‘Troyer’	1,46 ab	1,35 b	1,00 b	2,66 a	1,62
	‘Volkameriano’	0,86	1,68	1,33	2,05	1,48
	<i>Média</i>	<i>1,28</i>	<i>1,59</i>	<i>1,28</i>	<i>2,17</i>	
<b>Vesículas</b>	Porta-enxerto	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
	‘Caipira’	0,13ab	0,46 ab	0,00 b	0,63 Aa	0,30
<i>P pe 0,0839</i>	‘Swingle’	0,40	0,03	0,00	0,43 AB	0,21
<i>P t 0,043</i>	‘Cravo’	0,28	0,00	0,08	0,00 B	0,09
<i>P pe*t 0,113</i>	‘Flying Dragon’	0,00	0,11	0,00	0,00 B	0,02
	‘Troyer’	0,00	0,00	0,00	0,00 B	0,00
	‘Volkameriano’	0,33	0,033	0,00	0,00 B	0,09
	<i>Média</i>	<i>0,19</i>	<i>0,10</i>	<i>0,01</i>	<i>0,17</i>	
<b>Arbúsculos</b>	Porta-enxerto	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
	‘Caipira’	1,30 ab	1,46 ab	0,33 Bb	2,16 a	1,31
<i>P pe 0,2488</i>	‘Swingle’	1,28	0,68	0,53 B	1,58	1,02
<i>P t &lt;0,0001</i>	‘Cravo’	0,88	0,28	0,55 B	1,26	0,74
<i>P pe*t 0,0028</i>	‘Flying Dragon’	0,08 b	0,58 ab	0,71 ABab	1,50 a	0,72
	‘Troyer’	0,93 b	0,21 b	0,08 Bb	2,4 a	0,90
	‘Volkameriano’	0,50 b	0,73 b	2,01 Aa	1,65 ab	1,22
	<i>Média</i>	<i>0,83</i>	<i>0,66</i>	<i>0,70</i>	<i>1,76</i>	
<b>Esporos</b>	Porta-enxerto	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
	‘Caipira’	5,40 Bb	9,92 ab	16,86 a	5,27 Bb	9,36
<i>P pe &lt;0,0001</i>	‘Swingle’	4,73 B	8,47	14,36	4,82 B	8,09
<i>P t &lt;0,0001</i>	‘Cravo’	8,73 B	4,84	15,08	8,52 B	9,29
<i>P pe*t 0,0553</i>	‘Flying Dragon’	21,58 Aa	10,35 b	20,93 ab	21,68 Aa	18,63
	‘Troyer’	8,19 B	8,75	15,62	8,18 B	10,19
	‘Volkameriano’	23,86 Aa	8,67 b	15,18 ab	22,85 Aa	17,64
	<i>Média</i>	<i>12,08</i>	<i>8,50</i>	<i>16,34</i>	<i>12,08</i>	

Letras maiúsculas diferenças dentro da coluna (porta-enxerto em cada época) e minúsculas diferenças dentro das linhas (época em cada porta-enxerto). P=probabilidade; t=tempo; pe=porta-enxerto.

**TABELA 2.** Atributos químicos dos solos coletados na época do verão na área da cultivar ‘Oneco’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.

Porta-enxerto	pH (H <sub>2</sub> O)	ÍndiceSMP	MO %	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	Cu (mg/dm <sup>3</sup> )
‘Caipira’	5,48 d	6,18 de	2,37 d	44,84 c	151,27 d	5,60 de	2,10 b	5,10 cd	13,73 bc
‘Swingle’	5,47 d	6,10 e	2,21 d	20,14 d	155,02 d	4,54 e	2,18 b	2,23 e	9,20 d
‘Cravo’	6,59 a	6,85 a	2,91 b	63,42 b	199,00 c	9,01 a	3,44 a	8,27 b	15,62 b
‘Flying Dragon’	5,97 c	6,40 c	2,70 bc	29,08 d	249,11 b	7,00 c	2,34 b	5,78 c	11,30 cd
‘Troyer’	5,50 d	6,24 d	2,61 c	26,86 d	150,62 d	4,89 de	2,20 b	4,76 d	11,45 cd
‘Volkameriano’	6,35 b	6,59 b	3,26 a	104,00 a	286,00 a	7,85 b	2,19 b	9,27 b	23,13 a
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Minúsculas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

**TABELA 3.** Análise dos tecidos foliares coletados na época do verão na área da cultivar ‘Oneco’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.

Porta-enxertos	N %	P%	K %	Ca%	Mg %	S%	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Boro (mg/kg)
‘Caipira’	2,27	0,20	1,67	2,40	0,243 b	0,41	57,67	16,00	107,00	29,33	93,33
‘Swingle’	2,17	0,20	1,50	2,43	0,243 b	0,36	50,67	16,33	143,67	26,67	99,33
‘Cravo’	2,27	0,18	1,65	2,20	0,323 b	0,39	44,33	17,00	158,00	23,00	79,67
‘Flying Dragon’	2,27	0,28	1,23	2,73	0,334 b	0,27	50,33	15,00	123,00	25,67	78,33
‘Troyer’	2,07	0,18	0,82	3,23	0,466 a	0,36	39,00	18,00	126,33	19,00	87,00
‘Volkameriano’	2,23	0,15	1,63	2,57	0,283 b	0,39	49,33	21,67	140,33	28,67	110,00
P	0,3929	0,3096	0,2753	0,2085	0,0004	0,1080	0,8564	0,5206	0,2135	0,4156	0,2581

Minúsculas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

**TABELA 4.**Correlação entre parâmetros nutricionais, estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos), percentual de colonização radicular por FMA e densidade de esporos na época do verão na área da cultivar ‘Oneco’ em diferentes porta-enxertos de tangerineiras. Porto Alegre, 2017.

<b>DF = 10</b>	<b>Hifas</b>	<b>Vesículas</b>	<b>Arbúsculos</b>	<b>Colonização</b>	<b>Esporos</b>
<b>N</b>	0.219489 0.5167	0.253917 0.4512	0.268386 0.4249	0.046262 0.8926	0.108911 0.7499
<b>P</b>	0.380384 0.2485	0.103209 0.7627	0.560971 0.0726	0.018804 0.9562	-0.106000 0.7564
<b>K</b>	-0.062656 0.8548	0.227133 0.5018	0.443941 0.1714	0.164803 0.6282	0.041985 0.9025
<b>Ca</b>	0.210300 0.5348	-0.050189 0.8835	-0.292910 0.3820	-0.023470 0.9454	-0.046285 0.8925
<b>Mg</b>	-0.119715 0.7259	-0.507230 0.1113	-0.190465 0.5748	0.344314 0.2998	0.225572 0.5048
<b>S</b>	0.288180 0.3901	0.556447 0.0754	0.299186 0.3714	-0.007009 0.9837	-0.170213 0.6168
<b>Cu</b>	0.295340 0.3779	<b>0.682194</b> <b>0.0207</b>	<b>0.627337</b> <b>0.0388</b>	-0.186834 0.5823	-0.258756 0.4423
<b>Zn</b>	0.349524 0.2921	0.115079 0.7362	<b>0.602244</b> <b>0.0499</b>	-0.361091 0.2753	-0.399527 0.2235
<b>Fe</b>	0.097396 0.7757	-0.043955 0.8979	0.037976 0.9117	0.310867 0.3521	0.276858 0.4098
<b>Mn</b>	0.144908 0.6708	0.537332 0.0883	<b>0.692550</b> <b>0.0182</b>	-0.337128 0.3107	-0.421512 0.1966
<b>B</b>	<b>0.619749</b> <b>0.0420</b>	-0.001394 0.9968	0.106996 0.7542	-0.068170 0.8421	-0.158898 0.6407

### **5ARTIGO 3**

## **COLONIZAÇÃO NATURAL DE MICORRÍZAS ARBUSCULARES EM POMAR DE TANGOREIRO 'URSBRS HADA' SOBRE SETE PORTA- ENXERTOS \***

\* Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Fruticultura.

**Colonização natural de micorrizas arbusculares em pomar de tangoreiro  
'URSBRS Hada' sobre sete porta-enxertos**

**RESUMO**

A maior parte das espécies de plantas cítricas são altamente dependentes dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) por possuírem o sistema radicular carente em pelos absorventes e com o auxílio dos FMAs sua capacidade de absorção de água e nutrientes, principalmente de fósforo, pode ser ampliada. O objetivo deste trabalho foi avaliar, a campo, a influência da sazonalidade na colonização micorrízica de sete porta-enxertos em um pomar de tangoreiro 'URSBRS Hada' [*Citrus unshiu* Marc × *C. sinensis* (L.) Osb.] de 18 anos, no município de Butiá, RS. Os porta-enxertos avaliados foram: trifoliateiro 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.); citrangeiro 'Troyer' [*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.]; citrumeleiro 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. × *P. trifoliata*]; limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.); limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); laranjeira 'Caipira' (*C. sinensis*) e tangerineira 'Sunki' (*C. sunki* Hort. ex Tan.). Foi realizada a coleta de radículas em quatro épocas do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão (21/03/2016) e outono (30/05/2016). Cada amostra foi composta por quatro subamostras coletadas de 0-20 cm do solo, na projeção das copas de cada porta-enxerto (duas subamostras por planta), com três repetições. Foi determinada a intensidade de estruturas de colonização (hifas, vesículas e arbúsculos), colonização radicular através da relação: número de segmentos infectados/total analisado e densidade de esporos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por medidas repetidas, via modelos mistos. Em complementação, quando necessário, empregou-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação das médias. Todos os porta-enxertos apresentaram alta taxa de colonização micorrízica independente da época

avaliada. A colonização micorrízica ocorre naturalmente nos porta-enxertos de citros em campo, sendo alta mesmo em solos com altas dosagens de fósforo.

**Termos para indexação:** *Citrus*, estações do ano, endomicorrizas

## **Natural colonization of arbuscular mycorrhizal in tangor orchard ‘URSBRS**

### **Hada’ on seven rootstocks**

#### **ABSTRACT**

The majority of the citric plant species is highly dependent on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) since it has very few and short root hair and with FMAs' help its absorption capacity of water and nutrients, especially phosphorus, can be increased. This study aimed to evaluate, in the field, the seasonal influence on the mycorrhizal colonization of seven rootstocks in a tangor orchard, cultivar ‘URSBRS Hada’ [*Citrus unshiu* Marc × *C. sinensis* (L.) Osb.] with eighteen years old, located in Butiá, RS, Brasil. The evaluated rootstocks were: ‘Flying Dragon’ trifoliolate [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.]; ‘Troyer’ citrange [*C. sinensis* (L.) Osb. × *P. trifoliata* (L.) Raf.]; ‘Swingle’ citrumelo [*C. paradise* Macf. × *P. trifoliata*]; ‘Rangpur’ lime (*C. limonia* Osb.); ‘Volkamer’ lemon (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.); ‘Caipira’ orange (*C. sinensis*) and ‘Sunki’ mandarin (*C. sunki* Hort. ex Tan.). The roots were collected in four seasons of the year: winter (08/24/2015), spring (12/01/2015), summer (03/21/2016) and autumn (05/30/2016). Each sample was made of four sub-samples collected at a 0-20 depth in the soil, under the projection of the treetop of each rootstock (two sub-samples per tree), with three repetitions. Were determined the intensity of colonization structures (hyphae, vesicle and arbuscle), root colonization through the relation: number of infected

segments/total analysed and spore density. The data were submitted to repeated measurement analysis of variance (ANOVA), by mixed models. In addition, when necessary, the Tukey test ( $p < 0,05$ ) was used to compare the means. All the rootstocks showed high rates of mycorrhizal colonization independent of the evaluated season. The mycorrhizal colonization happens naturally in the citric rootstocks in the field, reaching elevated rates even in soils with high doses of phosphorus.

**Key word:** *Citrus*, seasons, arbuscular mycorrhizal fungi

## INTRODUÇÃO

O tangoreiro ‘URSBRS Hada’ [*Citrus unshiu* Marc  $\times$  *C. sinensis* (L.) Osb.] é mais uma alternativa de diversificação à produção citrícola (GONZATTO et al., 2015). É um híbrido entre uma tangerineira do grupo das satsumas e uma laranjeira doce, tendo como principais características de interesse econômico: maturação tardia, entre os meses de outubro e dezembro, período de entressafra da produção de tangerineiras no Brasil; resistência às principais doenças que afetam os frutos cítricos, como cancro cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*), pinta-preta (*Guignardia citricarpa*) e mancha marrom de alternária (*Alternaria alternata*); e grande tamanho de frutos (GONZATTO et al., 2015).

Além dos benefícios que os porta-enxertos proporcionam às cultivares copas como resistência a pragas e doenças, uniformidade no stand de plantas, influencia no tamanho, na produção e na qualidade dos frutos, adaptação a condições edafoclimáticas diversas, assim como outras características de importância hortícola, tem-se os microrganismos benéficos do solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que quando associados as raízes das plantas cítricas favorecem a absorção de nutrientes, e adaptação a condições adversas bióticas e abióticas (STÜRMER; SIQUEIRA, 2013), bem



como a antecipação da enxertia. A importância dessa simbiose mutualística para a cultura deve-se ao tipo de morfologia e distribuição do sistema radicular dos citros, que geralmente apresenta raízes grossas, com poucos pelos radiculares, sendo muito beneficiados pelas hifas fúngicas para maior exploração do solo (MUCHOVEJ, 2001).

Diante da diversidade genética presente na cultura dos citros, existem diferenças entre os genótipos, quanto às exigências nutricionais, a capacidade em adquirir os nutrientes pelo sistema radicular e taxa de crescimento (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). As características intrínsecas à planta, assim como as condições de crescimento e as espécies de FMAs, determinam o grau de dependência micorrízica de cada espécie, dentro do gênero *Citrus*.

Desse modo, em função dos benefícios promovidos pelos FMAs e da dependência da cultura dos citros a essa simbiose, o presente trabalho teve o objetivo de estudar a influência da sazonalidade sobre a flutuação populacional e colonização natural de FMAs em radículas de sete porta-enxertos enxertados sob copa de tangoreiro 'URSBRS Hada'.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Panoramas Citrus (latitude 30° 07' 12 S, longitude 51° 57' 45" W, altitude de 35 m), localizada na BR 290, km 164, no município de Butiá, Estado do Rio Grande do Sul - RS. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao subgrupo cfa, subtropical úmido com temperaturas superiores a 22°C no verão e mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (WREGE et al., 2012). O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico, com 19% de argila na camada superficial (0-20 cm de profundidade) (EMBRAPA, 2006).

O pomar tinha como cultivar copa o tangoreiro ‘URSBRS Hada’, enxertado sobre sete porta-enxertos: citrumeleiro ‘Swingle’ [*Citrus paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], laranjeira ‘Caipira’ (*C. sinensis* Osb.), citrangeiro ‘Troyer’ (*C. sinensis* × *P. trifoliata*), limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osb.), limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.), trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ [*P. trifoliata* var. *Monstrosa* (T. Ito) Swing.] e ‘Sunki’ (*C. sunki* Hort. ex Tan.).

O plantio do pomar foi realizado em agosto de 1997, no espaçamento de 6,0 x 2,5 m, com 667 árvores por hectare. O manejo fitossanitário e de fertilização do pomar foi conduzido segundo práticas usuais de manejo dos pomares comerciais da propriedade, seguindo recomendações regionais (KOLLER, 2009) e o manejo das plantas espontâneas na entrelinha foi realizado por meio de roçada tratorizada.

As amostras de solo e radículas (500 a 1000 g) foram coletadas no final de cada uma das quatro estações do ano: inverno (24/08/2015), primavera (01/12/2015), verão (21/03/2016) e outono (30/05/2016). As amostras (solo rizosférico e radículas) foram compostas de quatro subamostras coletadas de 0-20 cm superficiais do solo, coletadas das duas plantas centrais de cada unidade experimental, na projeção de cada porta-enxerto com três repetições.

As radículas foram separadas das amostras de solo com auxílio de peneiras de malha 53 µm (0,053 mm). Após as amostras de solo foram secas à sombra, ao ar livre e à temperatura ambiente. Parte destas amostras (aproximadamente 50g de solo) foi separada e utilizada para coleta de esporos, visando verificar a flutuação populacional ao longo do ano e a outra parte do solo foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, para análises químicas, segundo a metodologia de TEDESCO et al. (1995); EMBRAPA (1997).

Foi realizada a coleta de folhas para análise foliar em 21/03/2016 (verão). Cada amostra foi composta de 80-200 folhas por unidade experimental (mesmas plantas de onde foram coletadas as amostras de solo) a uma altura de aproximadamente 1,5 m do solo, nos quatro quadrantes de cada copa, seguindo as recomendações para a cultura (TEDESCO et al., 2004).

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura (DHS), onde procedeu-se à secagem das amostras em estufa à 60°C até peso constante (15 dias), posteriormente foi realizada a moagem desses tecidos vegetais em moinho, e, em seguida foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia – UFRGS, para avaliação do teor dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn e B).

Para determinação da densidade de colonização por FMAs nas radículas, as mesmas foram lavadas com água destilada e conservadas em F.A.A. (Formaldeído a 5%, Ácido Acético a 5% e Álcool Etílico a 90%), conforme método adotado por Honrubia et al. (1993). Após, as mesmas foram cortadas em segmentos de aproximadamente um centímetro de comprimento, e em seguida clarificadas e tingidas de acordo com Phyllips; Hayman (1970). Posteriormente, 60 segmentos de radículas por tratamento (20 segmentos de raízes por repetição), foram dispostas em lâminas (um total de 360 lâminas), que, em seguida, foram analisadas em microscópio, para avaliação da presença e densidade de hifas, vesículas e arbúsculos (NEMEC, 1992).

A porcentagem de radículas colonizadas foi obtida do número de segmentos infectados em relação ao total analisado. Para determinar a densidade de hifas, atribuiu-se o valor 0, para ausência de estruturas; 1, para baixa presença; 2, para média presença; e 3, para alta presença. A densidade de vesículas e arbúsculos também foi relacionada

com uma escala de 0 a 3, onde se considerou como 0 a ausência de estruturas; 1, de 1 a 50 estruturas; 2, de 51 a 100; e 3, mais de 100 (NEMEC, 1992).

Para quantificação dos esporos dos FMAs, foi realizada a retirada de uma alíquota de 50 g de solo de cada amostra coletada de solo. O isolamento dos esporos foi feito pela técnica da lavagem, decantação, e peneiramento via úmida (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), utilizando peneiras de malha 106  $\mu\text{m}$  e 53  $\mu\text{m}$  de diâmetro, seguida por centrifugação a 2000 rpm por 3 minutos com água destilada esterilizada e com sacarose (50%), de acordo com Jenkins (1964). Posteriormente, os esporos foram observados em placa de Petri, onde foram contados os esporos viáveis, usando um microscópio estereoscópico para a visualização.

O delineamento experimental utilizado foi um bi-fatorial em blocos ao acaso, sendo 28 tratamentos (sete porta-enxertos e quatro estações do ano) e três repetições (blocos), onde duas plantas constituíram a unidade experimental. Os dados coletados na mesma unidade experimental ao longo das diferentes estações do ano (colonização das raízes por FMA; presença de hifas; presença de vesículas; presença de arbúsculos; e densidade de esporos de FMA no solo) foram analisados como medidas repetidas, utilizando-se o procedimento ProcMixed no programa SAS, versão 9.4 (SAS INSTITUTE INC., CARY, NC, EUA). A estrutura de covariância que apresentou o melhor ajuste para os dados foi selecionada de acordo com o critério de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) (SILVA et al., 2015). As interações entre fatores foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,25$  (PERECIN; CARGNELUTTI FILHO, 2008). Para as outras variáveis, uma análise de variância foi empregada, com blocos como efeito aleatório, também usando o procedimento ProcMixed. Quando necessário, o teste de Tukey foi realizado, com uma probabilidade de 5%, com o intuito de comparar médias. Além disso, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os resíduos dos

dados de composição química do tecido foliar das plantas e as características da associação micorrízica (colonização das raízes por FMA; presença de hifas; presença de vesículas; presença de arbúsculos; e densidade de esporos de FMA no solo) para os dados coletados no verão.

Os dados de temperatura mínima e média do ar, e precipitação pluviométrica dos meses de maio de 2015 a maio 2016, foram obtidos por meio de dados do 8º Distrito Meteorológico de Porto Alegre, RS (Figuras 1 a 4).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Todos os porta-enxertos apresentaram alta taxa de colonização (Tabela 1) micorrízica independente da época avaliada (55,00 a 100%). Isto pode ser consequência do manejo do pomar, onde se empregava cobertura natural na entrelinha e uso de roçadeira como método para controle do crescimento desta cobertura. Segundo Oliveira e Sanders (1999), a taxa de colonização é maior em solos que não são submetidos a distúrbios mecânicos. Além disso, em agroecossistemas com baixo nível de interferência por práticas agrícolas, os índices de colonização micorrízica são elevados (BODDINGTON; DODD, 2000).

No inverno, primavera e verão os porta-enxertos não apresentaram diferença estatística em termos de colonização (Tabela 1). No outono, os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Troyer’, ‘Flying Dragon’ e ‘Volkameriano’ apresentaram 100% de colonização, estatisticamente semelhantes aos porta-enxertos ‘Sunki’ (70,08 %) e ‘Swingle’ (86,66 %) e superiores ao porta-enxerto ‘Caipira’ (58,33 %). Muitas espécies de FMAs podem apresentar respostas menores de colonização com a cultura plantada, o que levaria a diminuição da atuação dos fungos junto às plantas (NUNES, 2006). Isso porque, as espécies podem estar presentes nos ambientes, mas não responder à presença de raízes de

determinadas plantas, o que explica essa diferença de colonização micorrízica entre os porta-enxertos estudados.

Somente o porta-enxerto ‘Flying Dragon’ apresentou diferença estatística para as épocas, apresentando maior taxa de colonização no outono (100%) e primavera (95,00%), estatisticamente superiores ao verão (55,00%) e inverno (78,33%) (Tabela 1).

De maneira geral, a densidade de colonização quantificada pela presença de estruturas de colonização do fungo (hifas, vesículas e arbúsculos) nas radículas, foi considerada moderada, atingindo o índice 2 (de 50 a 100 estruturas por centímetro) para a presença de hifas e arbúsculos, e fraca para vesículas, atingindo no máximo o índice 1 (até 50 estruturas por centímetro), em todos os porta-enxertos (Tabela 1).

Na tabela 1 observa-se que não houve interação entre porta-enxerto e estações do ano para densidade de hifas. Em média, o porta-enxerto que apresentou maior densidade de hifas foi o ‘Volkameriano’ (2,07) distinguindo-se estatisticamente do ‘Flying Dragon’ (1,30), os demais porta-enxertos apresentaram índices intermediários. Quanto ao efeito de estações do ano, a maior densidade de hifas foi observada na primavera, seguida pelo outono, que não diferiu estatisticamente da primavera e do inverno, no verão observaram-se as menores densidades de hifas não diferindo estatisticamente do inverno.

A presença de vesículas foi baixa em todos os porta-enxertos e estações do ano. O porta-enxerto ‘Cravo’ apresentou maior densidade dessa estrutura de colonização no verão quando comparado com os demais porta-enxertos, e ausência dessa estrutura na primavera. Estes resultados podem ser explicados pelos elevados teores de fósforo encontrados nas amostras de solo do verão (Tabela 2), que não impediram a colonização das raízes, que teve intensa colonização nos porta-enxertos estudados, porém, conforme

Graham et al. (1981) e Miller; Jackson (1998), podem ter inibido o desenvolvimento de estruturas de FMAs no interior das raízes.

No período avaliado não ocorreram temperaturas extremas, nem período longo de estiagem. Por isso, supõe-se que os FMAs não necessitaram formar grande número de vesículas, visando passar períodos adversos. Normalmente, nas condições do sul do Brasil essas estruturas são formadas a partir de abril/maio (meses de outono, com redução da temperatura e fotoperíodo) para fornecer reservas para os FMAs durante o período do inverno (BACK et al., 2016).

A presença de arbúsculos foi baixa para todos os porta-enxertos independente da estação do ano avaliada (Tabela 1).

A densidade de esporos variou de 1,4 a 19,0 esporos.g<sup>-1</sup> de solo (Tabela 1). A presença de esporos micorrízicos é bastante heterogênea, e pode ser afetada por diversos fatores como idade, espécie vegetal, quantidade de raízes, fatores do solo e sazonalidade (AFEK et al. 1990; CARDOSO et al., 2003). A maior densidade de esporos ocorreu no verão, porém não houve diferença significativa para os porta-enxertos estudados. Esse comportamento não é esperado, visto que normalmente, os esporos tendem a se formar em maior quantidade nos períodos adversos de temperatura e fotoperíodo, coincidindo com outono e inverno. Schultz et al. (1999) encontraram evidências que a densidade de esporos de FMA difere de acordo com a estação do ano, com alguns fungos esporulando no fim da primavera e outros ao término do verão.

No outono os porta-enxertos 'Flying Dragon', 'Sunki' e 'Swingle' apresentaram maior densidade de esporos em relação aos demais porta-enxertos. Na primavera, todos os porta-enxertos apresentaram baixa densidade de esporos, estação do ano que foi marcada por chuvas intensas no estado do Rio Grande do Sul, segundo dado do INMET (2017). De acordo com Daniels; Trappe (1980) e Koske (1981), o potencial hídrico do

solo influi na germinação dos esporos das FMAs. A umidade ótima para a germinação varia com as espécies, mas em geral os esporos melhoram sua germinação quando a umidade é igual ou superior à capacidade de campo, e reduzem, quando os níveis de umidade são mais baixos. Todavia, a germinação de algumas espécies é prejudicada em solos com umidades superiores à capacidade de campo (SYLVIA; SCHENCK, 1983).

No verão os níveis de potencial hidrogeniônico (pH) e matéria orgânica (MO) no solo foi considerado baixo para todos os porta-enxertos, segundo a CQFSRS/SC (2004) (Tabela 2). Porém, são níveis considerados ideais para o desenvolvimento da simbiose, visto que muitas espécies de FMA preferem solos ácidos, ou são indiferentes à acidez (NUNES et al, 2008).

Conforme a CQFSRS/SC (2004), os solos onde estavam os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ ‘Swingle’ e ‘Caipira’, apresentaram níveis muito alto de fósforo (P), enquanto que os solos onde se encontravam os porta-enxertos ‘Flying Dragon’ ‘Troyer’ e ‘Sunki’, os níveis de P foram considerados altos. A colonização micorrízica é favorecida por condições de baixa fertilidade do solo, principalmente em baixas condições de fósforo na solução do solo, porém isso não é regra (SILVEIRA, 1998). Na cultura dos citros, dosagens elevadas de P reduzem a colonização micorrízica, porém se observam taxas elevadas de colonização nessas condições de fertilidade fosfatada (MELLONI; CARDOSO, 1999), o que foi confirmado neste trabalho. O comportamento diferenciado dos FMAs, ajudou a garantir a colonização das raízes, independente do nível de fósforo presente no solo (Tabela 1).

Para os níveis de potássio (K) no solo (Tabela 2), as parcelas do porta-enxerto ‘Flying Dragon’ foram significativamente superiores à dos demais porta-enxertos. Contudo, segundo a CQFSRS/SC (2004), os níveis de K no solo das parcelas dos porta-enxertos ‘Troyer’, ‘Caipira’ e ‘Swingle’ juntamente com o ‘Flying Dragon’ são



considerados muito altos e para os demais porta-enxertos são considerados altos. Segundo Abbott; Robson (1991), nível elevado de K tem favorecido a colonização radicular por FMAs, o que foi confirmado neste trabalho.

Em todas as amostras de solo e conforme as recomendações da CQFSRS/SC (2004), independente do porta-enxerto estudado, verificou-se alto nível de Mg, Zn e Cu. Para o Ca observou-se alto nível deste na parcela do porta-enxerto ‘Cravo’ que foi estatisticamente superior às demais parcelas, as quais ficaram na faixa média da disponibilidade desse nutriente.

Na análise do tecido foliar (Tabela 3), observa-se que não houve diferença estatística para os teores de N, P, Cu, Fe e B, independente do porta-enxerto utilizado. De acordo com a CQFSRS/SC (2004), todas as plantas apresentaram níveis de P, S, Fe e B normal.

O K foi considerado insuficiente (<1,00%), para as plantas sobre ‘Flying Dragon’ (mesmo o solo apresentando níveis elevados de K no solo) e normal para os demais porta-enxertos. Neste porta-enxerto, na mesma época da avaliação foliar, coincidiu com o período de menor colonização micorrízica (55,00%). O comportamento verificado para este nutriente pode ser consequência de algum nível de incompatibilidade no ponto de enxertia, que promova uma seletividade nutricional ou uma relação com a menor colonização que dificulte o transporte micelial desde o solo para o interior das raízes.

O N foi considerado insuficiente para as plantas sobre ‘Swingle’ e normal sobre os demais porta-enxertos. Os níveis foliares de Ca e Zn foram considerados insuficientes para todas as plantas. O valor excessivo de Cu observado em todas as plantas é esperado devido os tratamentos fitossanitários usados. O nível de Mg ficou na faixa normal para as plantas sobre ‘Swingle’, ‘Cravo’ e ‘Sunki’, e excessivo para as plantas sobre ‘Caipira’,

'Flying Dragon', 'Troyer' e 'Volkameriano'. O Mn foi considerado insuficiente para as plantas enxertadas sobre 'Swingle', 'Flying Dragon', 'Sunki', e 'Troyer', e os demais porta-enxertos estavam na faixa normal. Essas diferentes respostas segundo o porta-enxerto já foram descritas em trabalhos anteriores e se relacionam à maior ou menor compatibilidade copa/porta-enxerto (Nunes et al., 2006; Back et al., 2016).

A correlação entre as estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos) dos FMAs e os parâmetros nutricionais presentes nas folhas não foram estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ). Porém, observou-se correlações negativas significativas entre o B e a colonização micorrízica e a densidade de esporos (Tabela 4). Isso explica, que quanto menor a colonização micorrízica e densidade de esporos, maior a absorção deste nutriente.

## CONCLUSÃO

Todos os porta-enxertos apresentam alta taxa natural de colonização micorrízica independente da estação do ano avaliada, mesmo sob influência da adubação com dosagens altas de fósforo.

A densidade de esporos varia com a sazonalidade, sendo maior no verão, independente do porta-enxerto.

## REFERÊNCIAS

- AFEK, U., E.; RINALDELLI, J. A.; MENGE, E. L. V.; JOHNSON, E.; POND. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 115 (1): 938-942, 1990.
- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 35, p. 121-150, 1991.

BACK, M. M. ALTMANN, T. SOUZA, P. V. D. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative development of citrus rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 46, n. 4, p. 407-412, 2016.

BODDINGTON, C.L.; DODD, J.C. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I. Field studies in Indonésia ultisol. **Plant Soil**, 218:137-144,2000.

CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C.; JANSSEN, B. H.; OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 58, p. 33-43, 2003.

CQFSRS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

DANIELS, B. A.; TRAPPE, J. M. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. **Mycologia**, 72:457-471, 1980.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306 p, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 2. ed. rev. Atual. EMBRAPA, p.212. 1997.

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

GRAHAM, J. H.; LEONARD, R. T.; MENGE, J. A. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. **Plant Physiology**, Rockville, v. 68, p. 548 – 552, 1981.

GONZATTO, M. P.; SCHWARZ, S. F.; OLIVEIRA, R. P.; BENDER, R. J.; SOUZA, P. V. D. ‘URSBRS Hada’: tangoreiro de maturação tardia e duplo propósito. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 37, n. 2, p. 524- 527, 2015.

HONRUBIA, M.; TORRES, P.; DIAZ, G.; MORTE, A. **Biotecnología forestal: micorrización y micropropagación**. Murcia: Universidad de Murcia, 1993. 92 p.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas> Acesso em 10 jan. 2017.

JENKINS, W.R.A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.48, n.9, p.692, Sept. 1964.

KOLLER, O. C. **Instalação de Pomares**. In: KOLLER, O. C. (Org.). Citricultura. Cultura de tangerineiras. Tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização. Porto Alegre: Rígel, p. 353-385. 2009.

KOSKE, R. E. *Gigaspora gigantea*: observations on spore germination of a VA-mycorrhizal fungus. **Mycologia**, v. 73, n.2, p.288- 300, 1981.

MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares de plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 59-67, 1999.

MILLER, R.L.; JACKSON, L.E. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 130, n. 2, p. 173-182, 1998.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ufla, 2002. 625p.

MUCHOVEJ, R.M. Importance of mycorrhizae for agriculture. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, Flórida, 2001.

NEMEC, S. *Glomus intraradix* effects on citrus rootstock seedling growth in various potting media. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Inglaterra, v. 118, p. 315-323, 1992.

NUNES, J.L.S.; SOUZA, P.V.D.; MARODIN, G.A.D.; FACHINELLO, J.C. Incremento no desenvolvimento do porta-enxerto de pessegueiro ‘Aldrighi’ por fungos micorrízicos arbusculares autóctones. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1787–1793, 2008.

NUNES, M. S. SOARES, A. C. F.; FILHO, W. S. S.; LÊDO, C. A. S. Colonização micorrízica natural de porta-enxertos de citros em campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.525-528, 2006.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANDERS, F. E. E. Effect of management practices on mycorrhizal infection. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1247-1254, 1999.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciências Agrotécnicas**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, p.158-161, 1970.

SILVA, E. N.; DUARTE, J. B.; REIS, A. J. S. Seleção da matriz de variância-covariância residual na análise de ensaios varietais com medidas repetidas em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n. 6, p. 993-999. 2015.

SILVEIRA, A. P. D. da. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J.L. de (Eds.). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPACNPMA, p. 61-83, 1998.

SCHULTZ, P.A.; BEVER, J.D.; MORTON, J. *Acaulospora colossica* sp. nov. from an old field in North Carolina and morphological comparisons with similar species, *A. laevis* and *A. koskei*. **Mycology**, v. 91, p. 676-683, 1999.

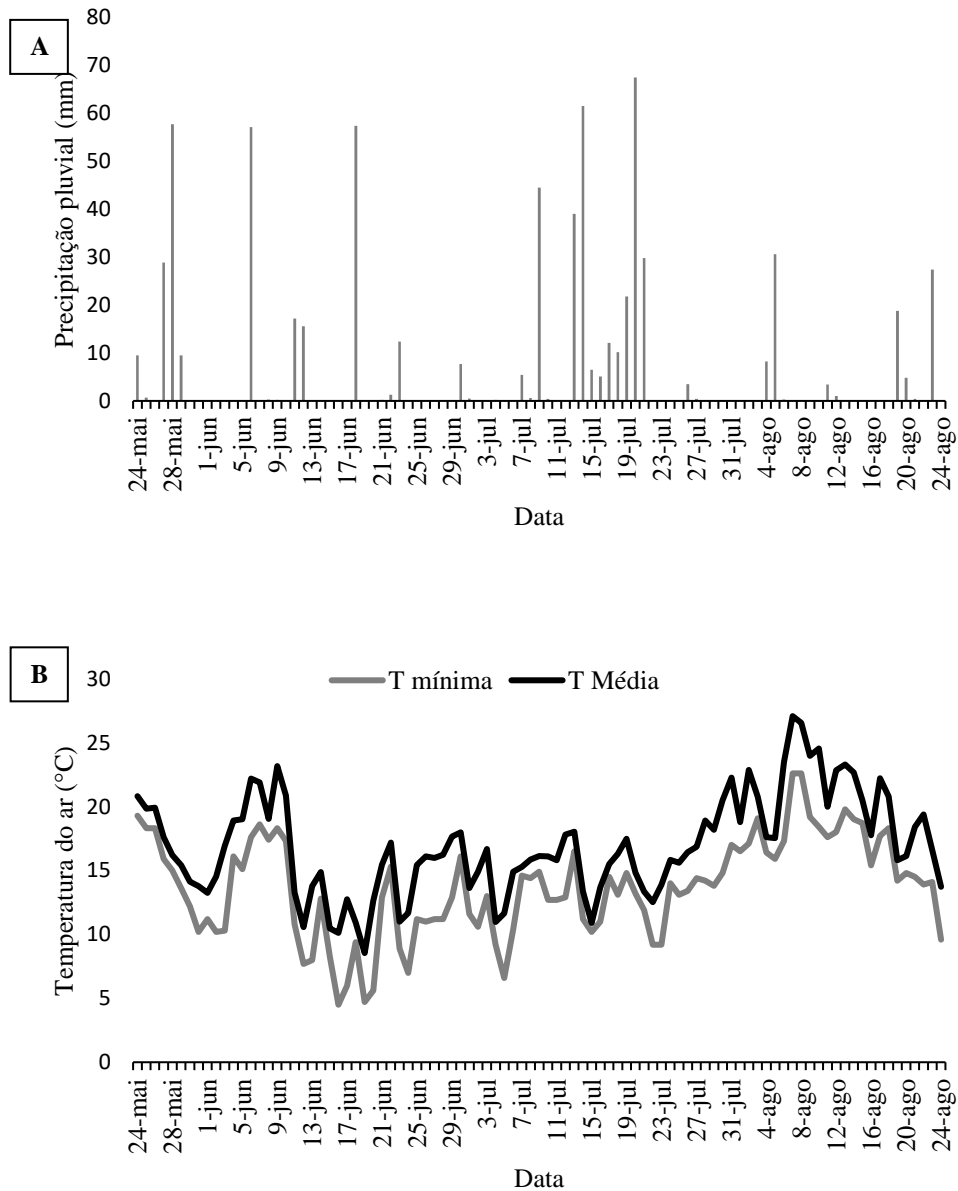
STÜRMER, L.S.; SIQUEIRA, J.O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F.M.S. et al. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA. p. 291-310, 2013.

SYLVIA, D. M.; SCHENCK, N. C. Application of super phosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**. 95: 655-661. 1983.

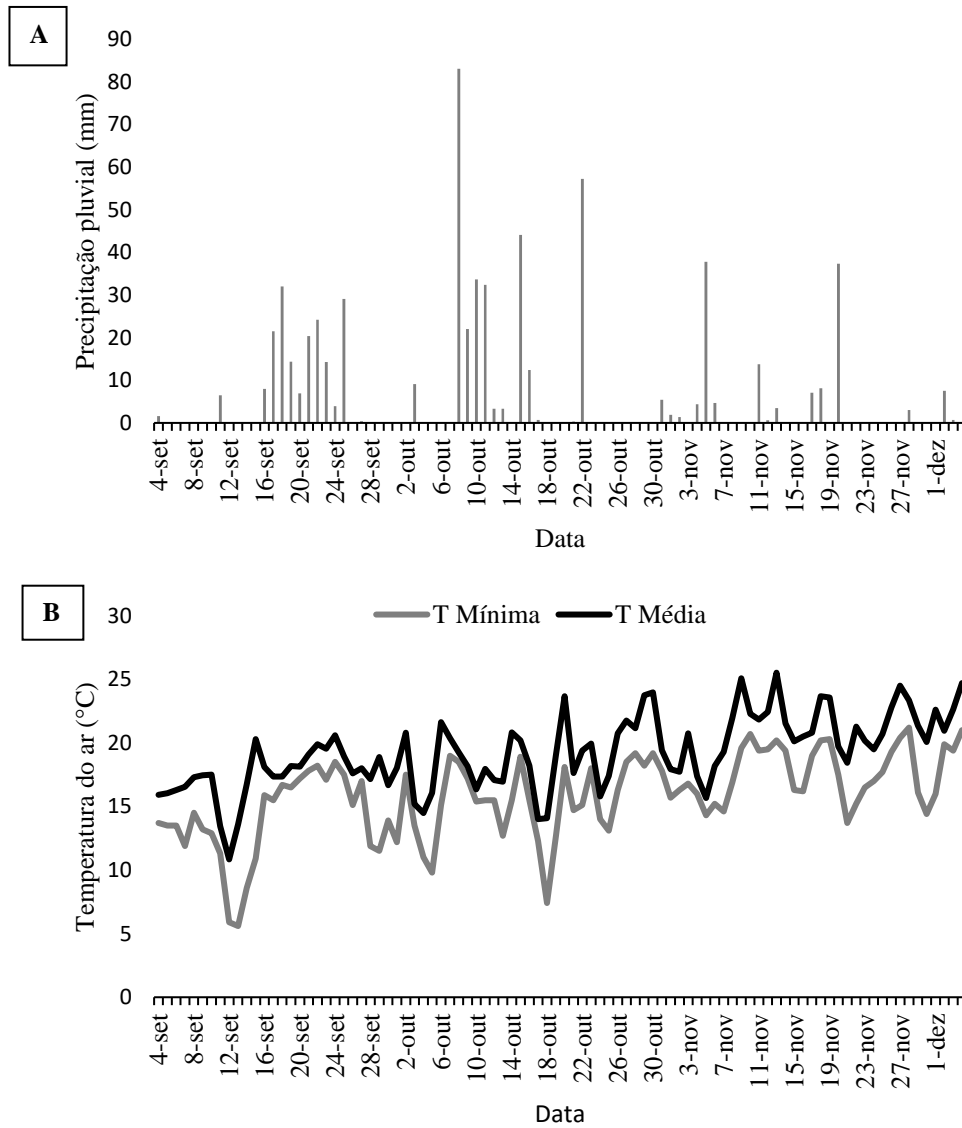
TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A., CAMARGO, F. A. O.; WIETHÖLTER, S. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 10. ed. Porto Alegre. p.239-245. 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

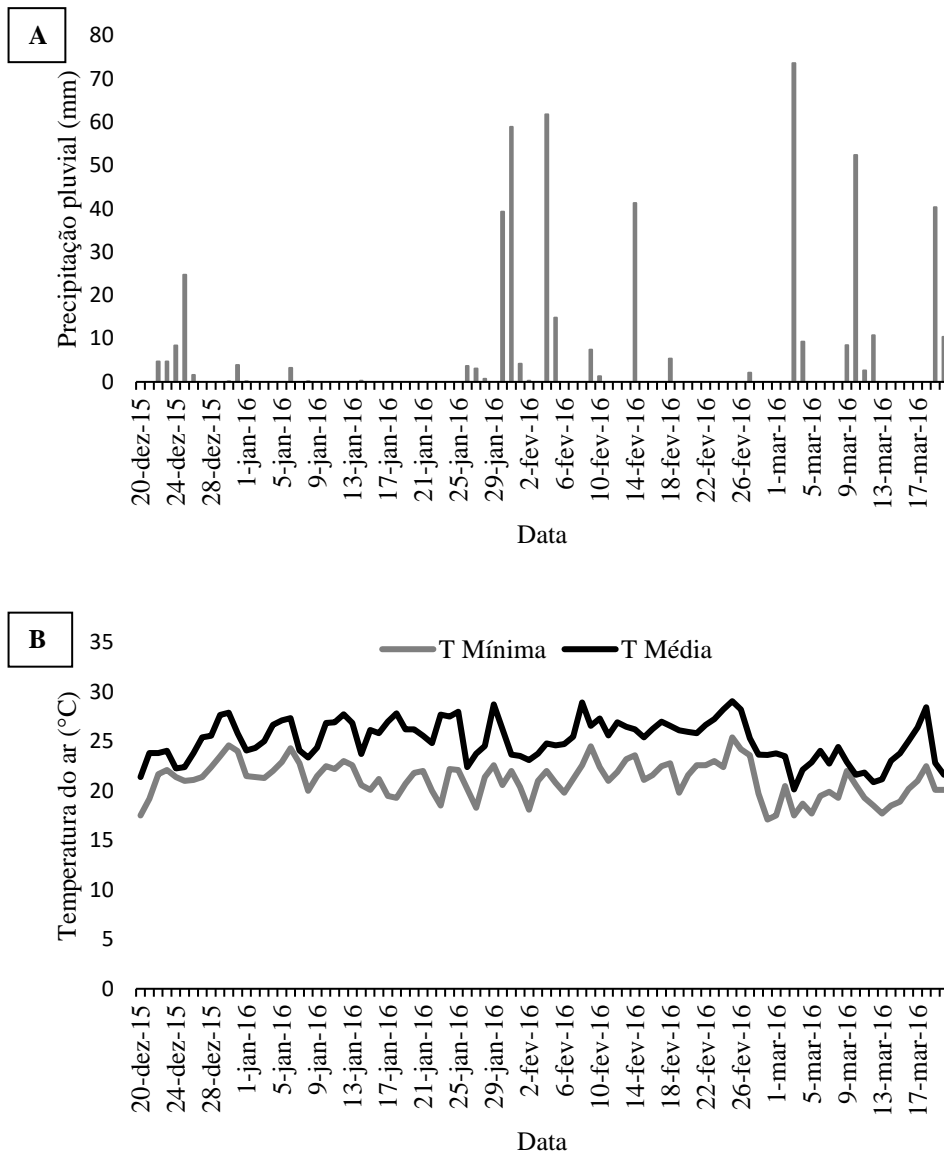
WREGE, M. S.; STEINMETZ S.; JÚNIOR, C. R.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático Da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2 edição. Embrapa Clima Temperado. Brasília, DF. 2012. 334p.



**FIGURA 1:** A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. B. Dados mensais de Temperatura média do ar (°C), do período de maio a agosto de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

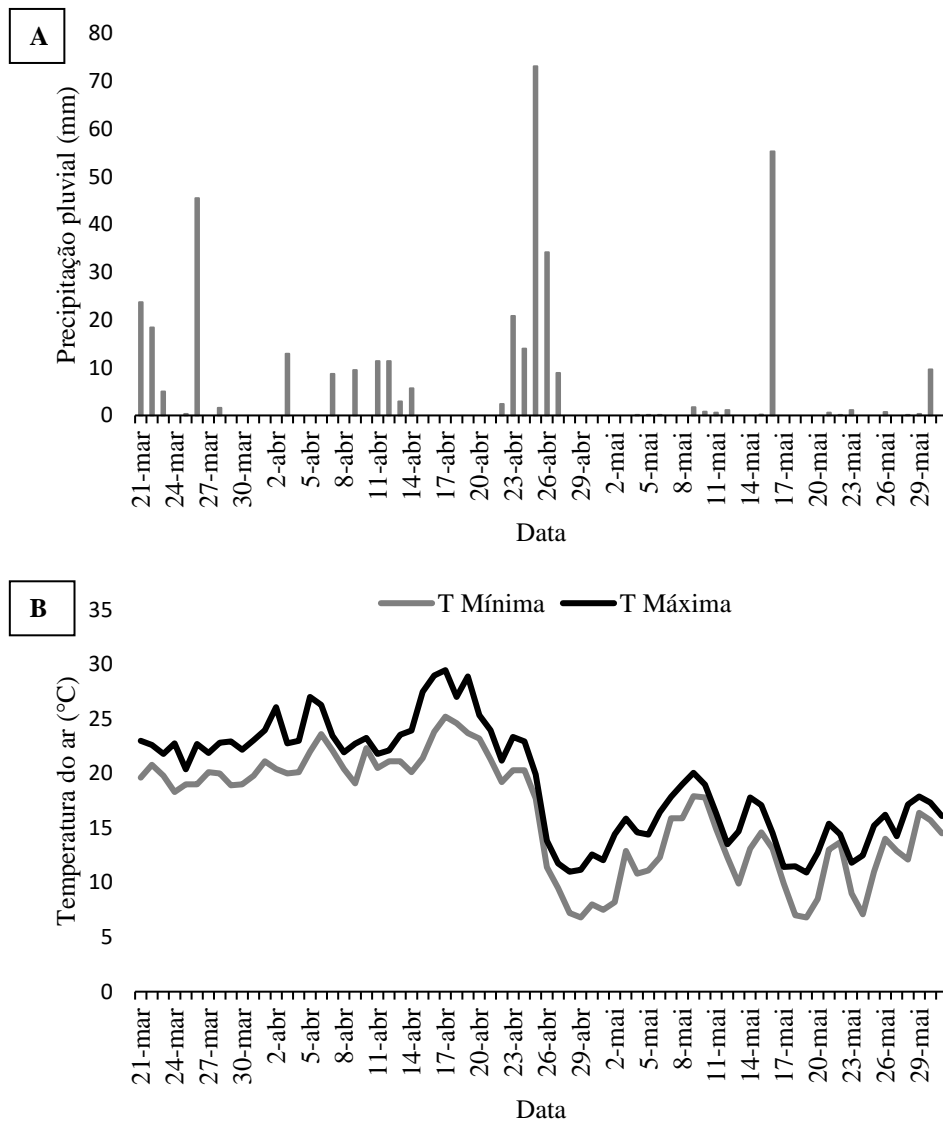


**FIGURA 2:** **A.** Precipitação pluviométrica (mm), do período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. **B.** Dados mensais de Temperatura média do ar (°C), do período de setembro a dezembro de 2015. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).



**FIGURA 3: A.** Precipitação pluviométrica (mm) do período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. **B.** Dados mensais de Temperatura média do ar (°C), do período de dezembro de 2015 a março de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).





**FIGURA 4:** A. Precipitação pluviométrica (mm), do período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. B. Dados mensais de Temperatura média do ar (°C), do período de março a maio de 2016. Porto Alegre, RS. Fonte: INMET (2017).

**TABELA 1.** Porcentagem de colonização natural de micorrizas arbusculares, densidade de estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos) e de esporos (número/grama) viáveis em pomar de tangoreiro ‘URSBRS Hada’ sobre sete porta-enxertos, em quatro épocas do ano. Porto Alegre, 2017.

<b>Colonização</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,0889</i> <i>P t 0,1109</i> <i>P pe*t 0,1294</i>	‘Caipira’	91,66	93,33	73,33	58,33 B	79,16
	‘Swingle’	90,00	100,00	78,33	86,66AB	88,75
	‘Cravo’	91,66	95,00	86,66	100,00 A	93,33
	‘Flying Dragon’	78,33 b	95,00 a	55,00 b	100,00 Aa	82,08
	‘Sunki’	77,58	100,00	95,08	70,08 AB	85,68
	‘Troyer’	78,33	85,00	91,66	100,00 A	88,75
	‘Volkameriano’	78,33	100,00	91,66	100,00 A	92,50
	<i>Média</i>	<i>83,70</i>	<i>95,47</i>	<i>81,67</i>	<i>87,86</i>	<i>87,18</i>
<b>Hifas</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,0327</i> <i>P t &lt;0,0001</i> <i>P pe*t 0,6889</i>	‘Caipira’	1,40	1,60	0,96	1,91	1,47 AB
	‘Swingle’	1,48	2,03	1,00	1,21	1,43 AB
	‘Cravo’	1,73	1,95	1,33	1,95	1,74 AB
	‘Flying Dragon’	0,35	2,10	0,95	1,8	1,30 B
	‘Sunki’	1,23	1,98	1,28	1,43	1,48 AB
	‘Troyer’	1,28	1,65	1,00	2,11	1,51 AB
	‘Volkameriano’	2,03	2,58	1,35	2,31	2,07 A
	<i>Média</i>	<i>1,35 bc</i>	<i>1,98 a</i>	<i>1,12 c</i>	<i>1,82 ab</i>	
<b>Vesículas</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,031</i> <i>P t 0,0227</i> <i>P pe*t 0,2057</i>	‘Caipira’	0,06	0,16	0,06 B	0,00	0,07
	‘Swingle’	0,40	0,10	0,20 B	0,00	0,17
	‘Cravo’	0,35 b	0,00 b	1,00 Aa	0,21 b	0,39
	‘Flying Dragon’	0,00	0,00	0,16 B	0,00	0,04
	‘Sunki’	0,35	0,00	0,00 B	0,00	0,09
	‘Troyer’	0,25	0,08	0,00 B	0,00	0,08
	‘Volkameriano’	0,08	0,08	0,20 B	0,00	0,09
	<i>Média</i>	<i>0,21</i>	<i>0,06</i>	<i>0,23</i>	<i>0,03</i>	
<b>Arbúsculos</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,6035</i> <i>P t 0,4035</i> <i>P pe*t 0,0601</i>	‘Caipira’	0,86	0,40	0,65	0,36	0,57
	‘Swingle’	0,81	1,08	0,65	0,73	0,82
	‘Cravo’	1,08	0,70	0,66	1,38	0,95
	‘Flying Dragon’	0,10	1,10	0,40	0,98	0,64
	‘Sunki’	0,75	1,10	1,12	0,00	0,74
	‘Troyer’	0,61	1,03	0,66	1,05	0,84
	‘Volkameriano’	0,71	1,05	0,50	1,55	0,95
	<i>Média</i>	<i>0,70</i>	<i>0,92</i>	<i>0,66</i>	<i>0,86</i>	
<b>Esporos</b>	<i>Porta-enxerto</i>	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
<i>P pe 0,1014</i> <i>P t &lt;0,0001</i> <i>P pe*t 0,0096</i>	‘Caipira’	4,13 b	2,86 b	13,30 a	2,78 Bb	5,77
	‘Swingle’	5,06 b	1,67 b	16,64 a	9,29 Aab	8,16
	‘Cravo’	3,13 b	1,74 b	16,68 a	3,18 Bb	6,18
	‘Flying Dragon’	9,65 ab	2,76 b	11,03 a	14,80 Aa	9,56
	‘Sunki’	12,32 a	2,49 b	19,00 a	12,47 Aa	11,57
	‘Troyer’	7,25 b	1,39 b	18,51 a	5,20 Bb	8,09
	‘Volkameriano’	5,20 b	1,98 b	18,506 a	2,49 Bb	7,04
	<i>Média</i>	<i>6,68</i>	<i>2,13</i>	<i>16,24</i>	<i>7,17</i>	

Letras maiúsculas ≠ dentro da coluna (porta-enxerto em cada época) e minúsculas diferenças dentro das linhas (época em cada porta-enxerto) indicam ≠ significativas à 5% de probabilidade. P=probabilidade; t= tempo (época de coleta); pe=porta-enxerto.

**TABELA 2.** Atributos químicos dos solos coletados na época do verão na área da cultivar ‘URSBRS Hada’ em diferentes porta-enxertos. Porto Alegre, 2017.

Porta-enxerto	pH (H <sub>2</sub> O)	Índice SMP	MO %	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	Cu (mg/dm <sup>3</sup> )
‘Caipira’	5,42 a	6,31 a	2,24 ab	29,58 bcd	135,25 b	3,82 b	1,45 abc	6,63 a	13 ab
‘Swingle’	5,16 a	6,06 b	1,91 bc	29,70 bc	127,87 bc	3,57 b	1,57 ab	2,83 c	14,89 a
‘Cravo’	5,39 a	6,27 a	2,3 ab	57,001 a	114,07 cd	5,23 a	1,61 abc	7,69 a	14,07 a
‘Flying Dragon’	5,04 c	5,95 b	2,29 ab	23,50 cde	151,52 a	3,49 b	1,61 a	4,48 b	9,09 c
‘Sunki’	5,08 bc	6,01 b	2,24 ab	17,63 e	115,88 cd	3,47 bc	1,355 c	4,83 b	10,42 c
‘Troyer’	5,18 a	6,04 b	2,09 abc	22,04 de	137,36 ab	3,91 b	1,43 bc	5,02 b	11,5 bc
‘Volkameriano’	4,99 c	5,97 b	1,84 c	33,74 b	113,63 d	3,00 c	1,29 c	5,23 b	10,54 bc
<b>p</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0071</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>

Minúsculas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

**TABELA 3.** Análise do tecido foliar coletados na época do verão na área da cultivar ‘URSBRS Hada’ em diferentes porta-enxertos. Porto Alegre, 2017.

Porta-enxertos	N %	P%	K%	Ca%	Mg%	S%	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)
‘Caipira’	2,57	0,17	1,23 ab	2,53 ab	0,49 abc	0,32 a	30,00	19,30 a	137,33	35,66 bc	95,67
‘Swingle’	2,10	0,17	1,46 a	2,36 ab	0,37 bc	0,24 c	33,67	14,66 ab	122,67	29,33 bc	68,50
‘Cravo’	nd	0,16	1,46 a	2,16 ab	0,35 c	0,36 ab	30,67	14,3 ab	104,67	44,00 ab	Nd
‘Flying Dragon’	2,40	0,15	0,58 b	2,96 ab	0,56 ab	0,21 c	21,33	13,33 b	122,33	34,66 bc	117,67
‘Sunki’	2,45	0,14	1,30 a	1,80 b	0,25 c	0,23 c	34,50	11,00 b	88,50	26,00 bc	80,00
‘Troyer’	2,37	0,16	1,30 a	2,23 ab	0,61 a	0,28 bc	27,67	11,30 b	111,67	21,00 c	76,33
‘Volkameriano’	2,43	0,18	1,10 ab	3,10 a	0,63 a	0,38 a	33,33	19,00a	136,33	59,33 a	101,67
<b>p</b>	<b>0,0854</b>	<b>0,1284</b>	<b>0,0127</b>	<b>0,0370</b>	<b>0,0006</b>	<b>0,0004</b>	<b>0,7262</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,0636</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0759</b>

Minúsculas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

nd – não houve material vegetal suficiente.

**TABELA 4.** Correlação entre parâmetros nutricionais da parte aérea, estruturas (hifas, vesículas e arbúsculos), percentual de colonização radicular por FMA e densidade de esporos na época do verão na área da cultivar ‘URSBRS Hada’ em diferentes porta-enxertos. Porto Alegre, 2017. ( $p > 0,05$ )

<b>DF = 10</b>	<b>Hifas</b>	<b>Vesículas</b>	<b>Arbúsculos</b>	<b>Colonização</b>	<b>Esporos</b>
<b>N</b>	-0.101376 0.7668	0.027241 0.9366	0.051382 0.8807	-0.256594 0.4463	-0.284429 0.3966
<b>P</b>	-0.118302 0.7290	0.118960 0.7276	-0.037476 0.9129	-0.107199 0.7537	-0.129628 0.7040
<b>K</b>	-0.188551 0.5787	-0.090153 0.7921	-0.247350 0.4634	-0.313801 0.3474	-0.363149 0.2723
<b>Ca</b>	0.088227 0.7964	0.468066 0.1465	0.425226 0.1923	0.138248 0.6852	0.157398 0.6439
<b>Mg</b>	0.211365 0.5327	0.312549 0.3494	0.464137 0.1504	0.345517 0.2980	0.334981 0.3139
<b>S</b>	-0.022120 0.9485	0.017475 0.9593	0.293597 0.3809	-0.137178 0.6875	-0.112771 0.7413
<b>Cu</b>	0.023704 0.9448	-0.018317 0.9574	-0.076159 0.8239	-0.157125 0.6445	-0.163367 0.6313
<b>Zn</b>	0.275054 0.4130	0.164545 0.6288	0.124215 0.7159	0.144176 0.6723	0.134412 0.6936
<b>Fe</b>	-0.022398 0.9479	-0.142410 0.6762	-0.045955 0.8933	-0.253250 0.4524	-0.260515 0.4391
<b>Mn</b>	0.068262 0.8419	0.231089 0.4942	0.229180 0.4979	0.111102 0.7450	0.142204 0.6766
<b>B</b>	-0.519823 0.1012	-0.169025 0.6193	-0.374960 0.2559	<b>-0.729512</b> <b>0.0108</b>	<b>-0.741146</b> <b>0.0091</b>

## **6 CONCLUSÕES GERAIS**

1) Existe variação na flutuação populacional dos Fungos Micorrízicos Arbusculares, em função da estação do ano, da cultivar e do porta-enxerto.

2) O manejo do agroecossistema, onde se emprega cobertura natural na entrelinha e uso de roçadeira como método para controle do crescimento desta cobertura, influencia positivamente na formação de estruturas de colonização micorrízica e no percentual de colonização.

3) A colonização micorrízica no campo é elevada mesmo em solo com elevados níveis de fósforo.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo, relatam-se, pela primeira vez, a ocorrência da simbiose micorrízica em diferentes combinações de copas e porta-enxertos de tangerineiras nas condições do estado do Rio Grande do Sul.

A amostragem de solo não foi realizada por repetição e em todas as estações do ano. E a coleta de tecido foliar foi realizada apenas em uma estação do ano, o que dificultou a correlação da análise foliar e solo com as variáveis de colonização radicular. Dessa forma, indicaria a realização de pesquisas com coletas nas demais estações do ano, por repetição e não de forma conjunta.

É de extrema importância avaliar a colonização micorrízica, à campo, no crescimento dos porta-enxertos estudados e analisar a adubação fosfatada, pois quantidades menores de adubos, podem ser suficientes para promover o crescimento da planta. O estudo realizado indicou alto grau de colonização micorrízica, sendo elevada para todos os porta-enxertos, porém, variou conforme a copa e a sazonalidade. As correlações significativas entre os fungos micorrízicos arbusculares e os teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares foram baixas, o que é esperado, visto que são muitos os fatores que influenciam os nutrientes do solo e sua absorção, principalmente, em um estudo à campo com diferentes copas e porta-enxertos.

A densidade de esporos micorrízicos foi elevada para as combinações copas/portas-enxertos, independente da estação do ano. O que indica elevada diversidade

e potencial para a descoberta de novos registros e de novas espécies de FMAs. Assim, são necessários estudos que propiciem mais conhecimentos sobre a diversidade e melhor entendimento das relações entre os FMAs e as plantas cítricas.

Os baixos valores de  $r$  (correlação) indicam que outros fatores não relacionados com a colonização dos fungos micorrízicos nas raízes estão atuando na eficiência da absorção dos nutrientes. As correlações significativas indicam que as micorrizas contribuíram, pelo menos em parte, para maior absorção de nutrientes pelas plantas.

Considerando que o período de realização do estudo foi marcado pela influência do fenômeno El Niño, que na região Sul do país ocasionou chuvas excessivas, tempestades e temperaturas acima das Normais Climatológicas, faz-se necessário desenvolver novos estudos, por maior período de tempo, com intuito de confirmar os resultados aqui obtidos.

A realização de estudos com FMAs e plantas cítricas, em âmbito geral, é fundamental. Assim, salienta-se a importância de se estudar as interações simbióticas entre os fungos e as condições de desenvolvimento das plantas, a campo, de forma criteriosa, contemplando o conhecimento da contribuição e dos benefícios que os fungos podem proporcionar as plantas, de modo que a relação seja mutualística e beneficie o desenvolvimento das plantas.