

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Área de Concentração: Fruticultura de Clima Temperado



Dissertação

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EM POMARES E CRESCIMENTO DE
MUDAS MICROPROPAGADAS DE MIRTILEIRO**

Daniela da Hora Farias

Pelotas, 2012

DANIELA DA HORA FARIAS

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EM POMARES E CRESCIMENTO DE
MUDAS MICROPROPAGADAS DE MIRTILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Prof^a Dr^a. Márcia Wulff Schuch

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Vítor Dutra de Souza

Pelotas, 2012

Banca examinadora:

Dr ^a . Márcia Wulff Schuch - (Presidente)	Professora Universidade Federal de Pelotas FAEM/UFPel, Pelotas - RS
Dr. Quelmo Silva de Novaes (Titular)	Professor Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Vitória da Conquista - BA
Dr. Flávio Gilberto Herter (Titular)	Professor Universidade Federal de Pelotas FAEM/UFPel, Pelotas – RS.
Dr. Luis Eduardo Corrêa Antunes (Titular)	Pesquisador Embrapa Clima Temperado
Dr. Paulo Celso de Mello Farias (Suplente)	Professor Universidade Federal de Pelotas FAEM/UFPel, Pelotas - RS

"Todo o futuro da nossa espécie, todo o governo das sociedades, toda a prosperidade moral e material das nações dependem da ciência, como a vida do homem depende do ar."

Rui Barbosa

Aos meus pais, João e Célia,

A meu irmão, Danilo,

DEDICO.

Agradecimentos

A DEUS pelas oportunidades, força e coragem para enfrentar tantos obstáculos e vencer.

A Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, pela acolhida.

A Capes pela concessão da bolsa

A Prof^a Dr^a. Márcia Schuch pela orientação e confiança.

Ao Prof. PhD. Sidney Luiz Sturmer pelas sugestões e por sua grande contribuição na realização desse trabalho.

Ao Departamento de Solos da FAEM pelo apoio à realização dos trabalhos desenvolvidos nesta pesquisa, em especial o Prof^o Danilo Dufech Castilhos e o Prof^o Dr^o. Ledemar Carlos Vahl.

Ao Co-orientador Prof^o Dr^o Paulo Vitor Dutra de Souza pela contribuição e atenção.

Aos professores e pesquisadores, pelos ensinamentos transmitidos, indispensáveis à realização do mestrado.

Aos colegas do mestrado e doutorado em Agronomia, pelo convívio e troca de experiências.

Aos estagiários do Laboratório de Micropropagação de Plantas Frutíferas pela colaboração.

A Marília Alves pela amizade, apoio e ajuda fundamental a realização deste trabalho.

A Ivana Paula, amiga de todas as horas e para essa não tenho como expressar minha gratidão.

A tia Cecília e Pedro pela confiança e acolhida.

Aos meus amigos, pela compreensão, companheirismo, ajuda, incentivo e amizade, sem os quais a vida não teria sentido.

A minha família, por todo apoio, carinho e por serem responsáveis por tudo que sou, amo vocês.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA POR TUDO!!

Resumo

FARIAS, Daniela da Hora. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomares e crescimento de mudas micropropagadas de mirtilheiro**. 2012. 74f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

O mirtilo é uma espécie frutífera de clima temperado de grande importância econômica que vem se destacando na região Sul do Brasil. Os objetivos desse trabalho foram avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na produção de mudas micropropagadas de mirtilo, assim como isolar e identificar esses fungos oriundos dos pomares da região Sul - RS. Foram coletadas amostras de solo e raízes em pomares comerciais e experimentais de mirtilo dos municípios de Pelotas, Morro Redondo e Jaguarão e utilizados índices ecológicos como forma de avaliar as populações nos pomares em estudo e a análise de componentes principais para avaliar os atributos físicos e químicos do solo em relação aos FMAs. Foram identificadas 18 diferentes morfotipos de esporos de FMA. As porcentagens de colonização radicular com FMA foram elevadas, variando de 40 a 80%. Sendo que as variedades localizadas no pomar comercial do município do Morro Redondo foram as mais colonizadas em relação às demais. O maior número de esporos foi encontrado na variedade O'Neal no pomar comercial da Micaela. A abundância relativa e os maiores índices de diversidade Shannon (H') e riqueza (R) foram encontrados nas áreas mais velhas de cultivo, pomar velho experimental da Embrapa (EPV) e do pomar comercial do município Morro Redondo (MR). A frequência relativa demonstra a prevalência de espécies do gênero *Glomus* e *Acaulospora* em todos os pomares. A dominância avaliada pelo índice de Simpson (Is) apresentou a mesma tendência da diversidade de Shannon e da riqueza. Entre os parâmetros químicos do solo, houve uma alta correlação das espécies de FMA com as variáveis pH, V(%), P e areia. Os isolados de FMAs para a produção de mudas foram cedidos pelo banco de espécies do Departamento de Horticultura e Silvicultura da UFRGS. Testaram-se quatro espécies de FMAs (*Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogama* e *Gigaspora margarita*) sobre a produção de mudas das cultivares Woodard e Bluegem. Os FMAs proporcionaram efeito positivo na produção das mudas, em especial *Gigaspora margarita* que proporcionou melhor nutrição e maior incremento na biomassa nas plantas da cultivar Woodard e o *Glomus etunicatum* para a cultivar Bluegem. A eficiência da simbiose dos FMAs em cultivares de mirtilo, depende da interação específica FMA X hospedeiro.

Palavras – chave: *Vaccinium* sp., endomicorriza, micropropagação, mudas.

Abstract

FARIAS, Daniela da Hora. **Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in orchards and seedling growth of micropropagated blueberry.** 2012. 74f. Dissertation (Master Degree) Post-Graduation Program in Agronomy. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Blueberries are temperate fruit species of great economic importance that has stood out in Southern Brazil. The objectives of this study were to evaluate the influence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the production of plantlets of blueberry, as well as isolate and identify these fungi from the orchards in the South - RS. Samples were collected from soil and roots in experimental and commercial of blueberry orchards in the municipalities Pelotas, Morro Redondo and Jaguarão and ecological indexes used as a measure populations in orchards in the study and principal components analysis to assess the physical and chemical soil in relation to the AMF. We identified 18 different morphotypes of spores. The percentages of root colonization with AMF were high, ranging from 40 to 80%. Since the varieties in commercial orchard located in the city of Morro Redondo city were the most colonized in relation to others. The greatest number of spores found in O'Neal in the orchard from Micaela. The relative abundance and the highest Shannon diversity index (H') and richness (R) were found in the older areas of cultivation, old orchard at Embrapa (EPV) and the commercial orchard in the Morro Redondo city (MR). The relative frequency shows the prevalence of species of the genus *Glomus* and *Acaulospora* in all orchards. The dominance evaluated by the Simpson index (I_s) showed the same trend as the Shannon diversity and richness. Among the chemical parameters of soil, there was a high correlation of AMF species with varying pH, V (%), P and sand. AMF isolates for the production of seedlings were provided by Bank of species of the Department of Horticulture and Forestry at UFRGS. Were tested four species of AMF (*Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* and *Scutellospora heterogama*) on the production of cultivars Woodard and Bluegem. The AMF would have positive effects in the nursery, particularly *Gigaspora margarita* which provided better nutrition, and higher biomass of plants growing Woodard and *Glomus etunicatum* Bluegem for cultivation. The efficiency of the mycorrhizal symbiosis of blueberry cultivars, depends on the interaction specifies AMF X host.

Key-words: *Vaccinium* sp., endomycorrhizal, micropropagation, seedlings.

Lista de Figuras

- Figura 1. Pomares de mirtilo selecionados para estudo: A) Pomar comercial de Pelotas com a variedade Misty (MC); B) Pomar Comercial de Pelotas com a variedade O'Neal (MC); C) Pomar comercial de Morro Redondo (MR); D) Pomar comercial em Jaguarão (JG); E) Pomar velho experimental da Embrapa (EPV); F) Pomar novo experimental da Embrapa (EPN).25
- Figura 2. Espécies de FMAs mais abundantes nas áreas estudadas: A) *Glomus* sp.1; B) *Glomus* sp.2; C) *Glomus* sp.3 e D) *Acaulospora mellea*. 33
- Figura 3. Abundância relativa das espécies de FMAs baseado na ocorrência de esporos nas variedades de mirtilo : O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powederblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Woodard (Wd), Briteblue (Bg), Gerogiagem (Gg), e Bluegem (Bg) e nos pomares: Pomar comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa Clima Temperado (EPV); Pomar novo experimental localizado na Embrapa Clima Temperado (EPN); Pomar comercial localizado no município de Jaguarão (JG), Pomar comercial localizado no município de Morro Redondo (MR). 34
- Figura 4. Índices ecológicos: A) Riqueza de espécies (R), B) diversidade de Shannon (H') e C) dominância de Simpson (Is), nas variedades de mirtilo: O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powederblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Woodard (Wd), Briteblue (Bg), Gerogiagem (Gg), e Bluegem (Bg) e nos pomares: Pomar comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa Clima Temperado (EPV); Pomar novo experimental localizado na Embrapa Clima Temperado (EPN); Pomar comercial localizado no município de Jaguarão (JG), Pomar comercial localizado no município de Morro Redondo (MR). 36
- Figura 5. Número total de esporos de FMA nas áreas: Pomar comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa (EPV); Pomar novo experimental da Embrapa (EPN); Pomar comercial de Jaguarão (JG), Pomar comercial de Morro Redondo (MR) e variedades: O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powederblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Georgiagem (Gg) e Bluegem (Bg). 37
- Figura 6. Representação gráfica da Análise de Componentes Principais entre as espécies de FMA e os principais atributos do solo: pH, V (saturação por base), Ca (cálcio), Mg (magnésio), m (saturação por alumínio), P (fósforo), K (potássio), CTC (capacidade de troca de cátions). As espécies: *Ac. sp1* (*Acaulospora sp1*), *Ac. ca* (*Acaulospora cavernata*), *Ac. ex* (*Acaulospora excavata*), *Ac. La* (*Acaulospora laevis*), *Ac. me* (*Acaulospora mellea*), *Ac. mo* (*Acaulospora morrowiae*), *Ac. sc*

(Acaulospora scrobiculata), Am. sp (Ambispora sp.), Ar. tr (Archaeospora trappei), Gi. sp (Gigaspora sp.), G. cl (Glomus clarum), G. mo (Glomus mosseae), G. sp1 (Glomus sp1), G. sp2 (Glomus sp2), G. sp3 (Glomus sp3), G. sp4 (Glomus sp4), P. oc (Paraglomus occultum) e S. he (Scutellospora heterogama).39

Lista de Tabelas

- Tabela 1. Características físicas e químicas das áreas dos pomares de mirtilo dos municípios de Pelotas, Morro Redondo e Jaguarão, Rio Grande do Sul, Brasil.26
- Tabela 2. Números de esporos, frequência (FR%) e espécies de FMA identificados nos pomares: comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa (EPV); Pomar novo experimental da Embrapa (EPN); Pomar comercial de Jaguarão (JG), Pomar comercial de Morro Redondo (MR) e variedades: O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powederblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Georgiagem (Gg) e Bluegem (Bg).31
- Tabela 3. Colonização radicular com fungos micorrízicos arbusculares a partir de amostras coletadas em pomares da região de Pelotas do Rio Grande do Sul.40
- Tabela 4. Altura, número de brotações, comprimento das brotações e comprimento das raízes de plantas de mirtilo cv. Woodard, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).48
- Tabela 5. Altura, número de brotações, comprimento das brotações e comprimento das raízes de plantas de mirtilo cv. Bluegem, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).49
- Tabela 6. Colonização das raízes, biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea (folhas e hastes) e das raízes de plantas de mirtilo cv. Woodard, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).51
- Tabela 7. Colonização das raízes, biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea (folhas e hastes) e das raízes de plantas de mirtilo cv. Bluegem, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).52
- Tabela 8. Teores nutricionais da parte aérea de plantas de mirtilo cv. Woodard, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).54
- Tabela 9. Teores nutricionais da parte aérea de plantas de mirtilo cv. Bluegem, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*,

Glomus etunicatum, Glomus clarum e Gigaspora margarita) e sem
inoculação (Testemunha).....55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Importância do mirtilo.....	16
2.2 Cultivares.....	17
2.3 Propagação.....	18
2.4 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs).....	19
2.5 FMA x Fruticultura.....	20
2.6 FMA x Mirtilo.....	21
CAPÍTULO I - Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomares de mirtilheiro da região de Pelotas – RS.	23
1 INTRODUÇÃO	23
2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1 Caracterização das áreas estudadas.....	25
2.2 Coletas das amostras de solo e raízes nas áreas de mirtilo.....	26
2.3 Extração, identificação taxonômica de esporos e das espécies de FMA....	27
2.4 Índices ecológicos.....	27
2.5 Determinação da colonização radicular.....	28
2.6 Análises estatísticas dos dados.....	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 Colonização radicular por FMA.....	39
3.2 Número de esporos de FMA.....	37
3.3 Diversidade de FMA.....	30
3.4 Influência dos atributos do solo na ocorrência e diversidade de FMA.....	37
4 CONCLUSÃO	41
CAPÍTULO II - Comportamento das cultivares “Woodard” e “Bluegem” inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA)	42
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1 Local do Experimento.....	44
2.2 Micropropagação das mudas.....	44
2.3 Enraizamento das mudas.....	44
2.4 Aquisição dos inóculos de FMAs.....	44
2.5 Inoculação dos FMAs nas mudas.....	45
2.6 Variáveis analisadas.....	45
2.7 Análises estatísticas dos dados.....	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4 CONCLUSÃO	56
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

O mirtilo (*Vaccinium* spp.) é uma fruta nativa dos Estados Unidos e Canadá, sendo considerada uma cultura recentemente explorada pelo homem, já que até o início do século XX sua exploração era apenas extrativa nestes países (SANTOS, 2009).

A cultura apresenta grande importância comercial, especialmente nos Estados Unidos e Canadá (BRAZELTON; STRIK, 2007) e em alguns países da Europa, como Itália e Alemanha (STRIK, 2005). A área plantada com mirtilo nos Estados Unidos e Canadá teve um incremento de 30% no período de 1992 a 2003 (STRIK; YARBOROUGH, 2005). Na América do Sul, a espécie vem crescendo e tornando-se importante economicamente, destacando-se o Chile, Argentina e Uruguai como os principais países produtores (MONTEIRO, 2004; BAÑADOS, 2006). No Brasil a cultura é recente, mas sua ascensão pode ser facilmente notada, principalmente na região sul do país, tornando-se uma boa alternativa para os produtores, podendo ser utilizada para diversificar a propriedade na busca de novas fontes geradoras de renda para a pequena propriedade rural. O cultivo de pequenos frutos caracteriza-se pela elevada exigência de mão de obra e pela possibilidade de obtenção de alto retorno econômico (FACHINELLO; HOFFMANN, 1994).

Devido à época de colheita coincidir com a entressafra dos países europeus, a perspectiva de cultivo nos países do hemisfério Sul é bastante promissora no que diz respeito à exportação (SANTOS, 2004). Segundo Corrêa et al. (2004) a Região Sul do Brasil apresenta potencial para produção de pequenas frutas, entre eles o mirtilo. Dentre os fatores que limitam a expansão do cultivo no país estão o crescimento lento da planta, qualidade, a dificuldade de propagação em algumas cultivares e, conseqüentemente, o alto custo das mudas (PAGOT; HOFFMANN, 2003; CAMPOS et al., 2005).

A área cultivada no Brasil é superior a 200 hectares, e a destinação à produção vai para exportação, e parte é absorvida no mercado interno. O Rio Grande do Sul é o Estado que mais se destaca na produção de mirtilo, com 45

produtores rurais, ocupando uma área de 65 ha com produção de 150 toneladas (FACHINELLO, 2008).

O surgimento de novas tecnologias de produção de mudas de qualidade, capazes de reduzir o período de produção e obter plantas com parte aérea e sistema radicular vigoroso, minimizaria os problemas de formação da muda, possibilitando uma maior exploração dessa espécie no país.

O modelo atual de produção de plantas frutíferas, se apoia em obter mudas certificadas obtidas através de programas de multiplicação de matrizes (SILVEIRA, 2006). Sendo assim, as plantas produzidas nesse alto grau de qualidade, faz-se necessário que seja realizada em ambientes protegidos para evitar qualquer tipo de contaminação. Entretanto, a desinfecção do substrato para a eliminação de patógenos, elimina também os microrganismos benéficos, dentre eles os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (SOUZA et al., 2002). No caso da produção de mudas micropropagadas, onde são utilizados substratos inertes, é interessante que as mesmas, devido ao estresse sofrido por elas no momento do transplântio, tenham um suporte biológico antes da realização desta etapa (RAI, 2001).

Os FMAs são muito importantes e comuns nos agroecossistemas naturais. Ao colonizar as raízes, estes fungos lançam suas redes de hifas no solo ampliando o volume que seria explorado apenas pelas raízes, contribuindo para uma maior absorção de nutrientes minerais, em especial do fósforo. Em troca de todos esses benefícios as plantas fornecem substrato energético ao fungo, ocorrendo uma perfeita interação. Essa simbiose, além de melhorar o estado nutricional das plantas, acelera o crescimento e melhora o vigor na fase de formação (COLOZZI-FILHO; BALOTA, 1994). Como resultado do melhor status nutricional, a planta hospedeira passa a apresentar maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (RILLIG et al., 2004; BAI et al., 2009).

Segundo Wilcox (1996), os fungos micorrízicos não alteram o aspecto externo da raiz, ocorrendo assim em 83% das plantas dicotiledôneas, em 79% das monocotiledôneas e em todas as Gimnospermas. A ocorrência desta simbiose é praticamente universal devido à associação do grande número de plantas, na maioria dos habitats naturais e naqueles que sofreram ação antrópica (SYLVIA; CHELLEMI, 2002).

Estudos realizados por Azcón-Aguilar e Barea (1997) afirmam que a aplicação de FMAs é viável para as culturas que utilizam um estágio de transplântio.

Estes autores ressaltam ainda que a adaptação de plantas micropropagadas *in vitro* em substratos não estéreis e nas condições de campo podem ser melhoradas pela inoculação dos fungos micorrízicos, e essa inoculação pode ser conduzida quando as plântulas são produzidas em mistura em vasos ou em viveiros de plantas desinfectados, onde propágulos de FMAs estão presentes em baixo número, ou até mesmo ausentes, tais como em material de plantas micropropagadas. Contudo, pode-se afirmar que uma seleção cuidadosa da combinação compatível de hospedeiro, FMA e substrato é um fator chave para melhor desempenho de plantas micropropagadas.

A hipótese a ser testada é que o uso de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas micropropagadas de mirtilo 'Woodard' e 'Bluegem' influencia no desenvolvimento vegetativo inicial dessas mudas.

Dessa forma, foi proposto com este trabalho identificar os fungos micorrízicos arbusculares presentes nos pomares de mirtilheiro da região de Pelotas-RS, bem como avaliar a influência desses fungos no crescimento de mudas micropropagadas das cultivares Woodard e Bluegem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do mirtilo

Membro da família *Ericaceae*, subfamília *Vaccinoideae*, gênero *Vaccinium* e conhecido como 'blueberry' ou 'arándano', o mirtilo é uma fruta explorada comercialmente nos seis continentes e o crescimento das áreas plantadas se deve ao aumento do consumo de produtos saudáveis e com um alto potencial antioxidante (GIONGO; BERGAMINI, 2003). É uma fruta nativa dos Estados Unidos e Canadá e representa grande importância comercial nesses países (SANTOS, 2004). Na América do Sul, a espécie vem crescendo e tornando-se importante economicamente, destacando-se como principais produtores o Chile, a Argentina e o Uruguai (MONTEIRO, 2004; BAÑADOS, 2006).

Atualmente, essa fruta vem se destacando nos Estados Unidos e na Europa, onde há uma tendência crescente dos consumidores incorporarem em sua dieta diária esses frutos, pois estudos mostram a redução de riscos de câncer e problemas cardíacos, colesterol e atenuação dos efeitos do envelhecimento. Só os Estados Unidos consomem 671 mil toneladas por ano (MONTEIRO, 2006).

A cultura do mirtilo, apesar de sua grande importância comercial em outros países, no Brasil, ainda é incipiente, com uma área estimada em 200 ha (Rigon, 2005), concentrando-se no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sul do Paraná e entorno de Curitiba, São Paulo (em regiões de altitude, especialmente Campos do Jordão) e Sul de Minas Gerais (Planalto de Poços de Caldas e Alta Mantiqueira) (ANTUNES, 2005).

O mirtilo é uma fruta muito apreciada devido ao seu sabor exótico, seu valor econômico e seus poderes medicinais, sendo conhecida como a fruta da longevidade, característica conferida devido ao alto conteúdo de antocianidinas contidas nos pigmentos hidrossolúveis de cor azul-púrpura do fruto (VIZZOTTO, 2009). Estes compostos têm a capacidade de atuar nas doenças relacionadas à visão, como catarata e glaucoma, melhorando a capacidade de leitura e o foco da visão. O mirtilo é rico em compostos fenólicos com um grande potencial antioxidante

e anticancerígeno capaz de exercer efeito protetor para o cérebro, contribuindo na melhora da memória (KALT; JOSEPH, 2007). Retarda o envelhecimento e doenças como mal de Alzheimer, é desinfectante, reduz infecções do aparelho auditivo e respiratório (SALGADO, 2003). Oferece enormes benefícios à pele, fortalece as paredes dos vasos capilares (usado nos casos de varizes e hemorróidas), diminuiu problemas circulatórios, transtornos cardíacos, feridas externas e internas, edemas, artrites, artroses e complicações da diabetes (ANTUNES; MADAIL, 2007).

Do grupo das pequenas frutas, que abrange as culturas de morango, framboesa, mirtilo e amora-preta, o mirtilo é classificado como a fruta mais rica em antocianinas, com teores que variam de 93 a 280 mg de cianidina/100 g de fruto fresco conforme a cultivar (CONNOR et al., 2002), seguido pela framboesa-preta (até 197,2 mg/100 g), amora-preta (171,6 mg 100g⁻¹) e morango (40 mg 100g⁻¹) (WANG; LIN, 2000).

2.2 Cultivares

Os mirtilheiros classificam-se em cinco grupos importantes: Northern Highbush, Half high, Southern highbush, Rabbiteye e Lowbush (GALLETA; BALLINGTON, 1996). Os dois grupos com maior potencial de produção no Brasil são o southern highbush e rabbiteye, devido a sua maior necessidade de acúmulo de horas de frio.

As plantas do grupo rabbiteye podem alcançar de dois a quatro metros de altura, apresentando como características um elevado vigor, longevidade, alta produtividade, baixa necessidade em frio, produzindo frutos ácidos, firmes e longa conservação (RASEIRA et al., 2004).

As plantas do grupo southern highbush, originárias do sul dos Estados Unidos, são mais exigentes em água, qualidade de solo, drenagem e quantidade de matéria orgânica quando comparadas as cultivares do tipo rabbiteye (RASEIRA et al., 2004). Este grupo contém as variedades de mirtilo com menor exigência em frio e, conseqüentemente, maior precocidade de produção.

O sistema radicular do mirtilheiro é superficial, de raízes finas, fibrosas, de pouca extensão e desprovidas de pelos radiculares, no entanto, as raízes mais jovens são encarregadas da absorção dos nutrientes. Esta condição gera uma capacidade de absorção muito menor quando comparada a outras espécies (BUZETA, 1997).

De hábito arbustivo, a planta de mirtilo requer para seu bom desenvolvimento solos leves, com alto teor de matéria orgânica (superior a 3%) e não sujeitos a encharcamento prolongado, além de pH entre 4,5 a 5,2 (WILLIAMSON et al., 2006). Da mesma forma, na fase de propagação da planta e crescimento das mudas, há necessidade da utilização de substratos com reação ácida e de textura leve.

2.3 Propagação

De acordo com Antunes et al. (2004) o mirtilheiro pode ser propagado por sementes, enxertia, estaquia lenhosa, semilenhosa e herbácea, ou através de técnicas de propagação *in vitro*. Dos meios disponíveis para se propagar mirtilo, a estaquia é a mais utilizada.

Na Europa, o mirtilo é propagado por estacas lenhosas ou herbáceas, possibilitando obter, dependendo da cultivar, enraizamento em torno de 60% a 80%, enquanto, nos Estados Unidos, prefere-se utilizar estacas lenhosas para o grupo de mirtilos Highbush e herbáceas para o grupo dos Rabbiteye (BOUNOUS, 2003). Na Nova Zelândia, a técnica mais comum é a estaquia herbácea, seguida da semilenhosa e lenhosa, sendo que a micropropagação é a menos utilizada pelos viveiristas daquele país (MILLER et al., 2006).

Para as cultivares do grupo rabbiteye, bons resultados são obtidos com estacas herbáceas (SANTOS; RASEIRA, 2002) em casa de vegetação com sistema de nebulização constante com controle da temperatura e, principalmente, da umidade relativa.

A propagação comercial através de sementes não é utilizada, apesar do grande número de sementes por fruto, devido à ocorrência de segregação genética, que origina descendentes com caracteres distintos aos da planta-mãe (HOFFMANN; FACHINELLO, 1995).

Uma das técnicas utilizadas com eficiência para disponibilizar mudas de mirtilheiro no mercado tem sido a micropropagação (DAMIANI; SCHUCH, 2008). A aplicação desta técnica é importante devido à elevada qualidade fitossanitária e à homogeneidade das mudas produzidas, porém, o custo final desta muda é elevado (SCHUCH; ERIG, 2005).

A micropropagação permite a obtenção de milhares de plantas isentas de vírus, geneticamente uniformes e em curto espaço de tempo (PASQUAL et al., 1991;

BATI et al., 2006) além de permitir propagar variedades de difícil enraizamento, possibilitar exportar o material mais rapidamente já que não é obrigado um longo período de quarentena e possibilitar a programação da produção das mudas conforme a demanda do mercado (BATI et al., 2006).

Albert et al. (2009) citam a micropropagação como uma alternativa quando tem-se um limitado número de plantas matrizes ou quando se necessita de grande número de plantas com uniformidade e qualidade.

Devido ao uso de reguladores de crescimento no meio de cultura *in vitro*, as plantas revertem ao seu estado de juvenilidade, adquirindo melhor capacidade de enraizamento, podendo chegar a 100% de enraizamento (BUZETA, 1997).

Esta técnica elimina microrganismos patogênicos, mas também exclui organismos que podem favorecer o estabelecimento das mudas micropropagadas e seu crescimento após o transplante (GRANGER et al., 1983), como os fungos micorrízicos arbusculares. Por sua vez, em ambiente protegido, recomenda-se o uso de substratos inertes ou desinfestados para evitar a contaminação por patógenos e com isso também são eliminados estes fungos (SOUZA et al., 2005).

2.4 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são os mais antigos, existindo evidências, em plantas fossilizadas, que esta simbiose já ocorria a cerca de 400 milhões de anos (REMY et al., 1994; ALLEN, 1996). Pertencem ao Filo Glomeromycota, composto por quatro ordens, 13 famílias, 19 gêneros e 214 espécies descritas (SCHÜßLER, 2010), e colonizam as raízes de mais de 80% das plantas vasculares terrestres (SMITH; READ, 2008), tanto em ecossistemas naturais como em agroecossistemas cultivados. A função da associação micorrízica mais conhecida e estudada é o aumento da absorção de nutrientes pelas plantas, em especial o fósforo (SILVEIRA, 2000). Entretanto, outras funções são atribuídas aos FMAs como a redução de doenças causadas por patógenos habitantes do solo e a formação de agregados de solo estáveis em água (JEFRIES et al., 2003).

A colonização das raízes pelos FMAs ocorre pelas três possíveis fontes de inóculos: esporos, fragmentos de raízes colonizadas e hifas presentes no solo, sendo difícil distinguir qual a contribuição de cada um na colonização do sistema radicular (SMITH; READ, 2008). As hifas formam estruturas de penetração nas raízes do tipo apressório, onde através de uma degradação parcial da parede celular

das células radiculares, ocorre a penetração das hifas, e posterior colonização das células do córtex, onde são formados os arbúsculos, que são consideradas as estruturas responsáveis por suprir o fungo com o carbono e os fotoassimilados da planta, e onde a planta obtém os nutrientes e a água retirados do solo pelo fungo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As hifas extra-radiculares dos FMA aumentam a área de contato da raiz com o solo, proporcionando maior taxa de absorção de nutrientes além de uma maior absorção de água, propiciando além dos benefícios nutricionais, uma melhora geral no estado da planta hospedeira, reduzindo os efeitos dos estresses causados por fatores ambientais (BUNN et al., 2009; QUEREJETA et al., 2009). Em geral, o seu ciclo de vida começa com a colonização de uma raiz e o desenvolvimento de arbúsculos e hifas ramificadas dentro da raiz (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

2.5 FMA x Fruticultura

Os efeitos das associações micorrízicas nos sistemas agrícolas são potencialmente benéficos, com apenas alguns poucos relatos de ação negativa no crescimento de plantas em campo (DANIELE-SIVA et al., 2009). Porém são crescentes as evidências de que fungos micorrízicos contribuem para a produtividade das culturas e são importantes no modo como estas respondem a aplicação de fertilizantes, sendo possível fazer estimativas sobre o potencial de economia na aplicação de fertilizantes se uma determinada cultura é inoculada com o fungo (SMITH; READ, 2008).

Os efeitos positivos da associação micorrízica com culturas de interesse agrônômico já são bastante conhecidos e difundidos, principalmente nos estágios iniciais de crescimento e estabelecimento de plântulas e mudas. Dentre as fruteiras cultivadas no país, destacam-se estudos entre interações de FMA, com gravioleiras (CHU et al., 2001), cajueiros (WEBER et al., 2004), bananeiras (ELSEN et al., 2008), mamoeiros (VEGA-FRUTIS; GUEVARA, 2009), aceroleiras (SILVA et al., 1998; COSTA et al., 2001), macieira (LOCATELLI et al., 2002), videira (SOUZA et al., 2004), abacateiro (SILVEIRA et al., 2002), citrus (FOCCHI et al., 2004; SOUZA et al., 2005) e pessegueiro (NUNES et al., 2008), em todos com melhora no desenvolvimento das plantas.

2.6 FMA x Mirtilo

As micorrizas desempenham um papel importante na biologia do *Vaccinium* spp. e no desenvolvimento de uma agricultura sustentável, pois podem ser benéficos na redução da utilização de fertilizantes e reguladores de crescimento (STARAST et al., 2006). Em plantas de mirtilo que crescem a campo em regiões de solos nativos para esta espécie, é normal que se encontre simbiose com micorrizas (REICH et al., 1982). As plantas micorrizadas exibem também alterações metabólicas e fisiológicas diversas. Várias auxinas, citocininas, giberelinas, vitaminas e compostos orgânicos bioativos acumulam-se em maior quantidade em plantas micorrizadas. Moreira e Siqueira (2006) consideram que a maioria das alterações fisiológicas resulta dos benefícios nutricionais, mas as alterações nas substâncias reguladoras do crescimento podem ser controladas diretamente pela simbiose, considerando-as necessárias para o funcionamento da associação.

Starast et al. (2006), relatam que a produção de mirtilo highbush na Itália é limitada pela sua baixa capacidade de adaptação às condições de solo, a dificuldade de encontrar plantas mais adaptadas, a baixa capacidade de enraizamento de algumas das principais cultivares e ao crescimento lento e de baixa produtividade das plantas propagadas por estacas. Dessa forma os autores sugerem que, como o sucesso da simbiose entre os fungos e as plantas no campo pode ser influenciado pelas condições ambientais e de solo, são importantes os estudos de adaptabilidade de plantas micorrizadas sob diferentes condições climáticas, partindo do princípio de que a escolha correta da micorriza irá favorecer uma maior adaptabilidade a diferentes regiões. Eccher et al. (2006), ao testar nove cultivares de mirtilo com onze tipos de micorrizas, observaram notável interação entre as espécies do fungo e as cultivares sobre o crescimento, o número e o comprimento de brotações, além de que houve um incremento sobre o número e comprimento de brotações basais. Os mesmos autores concluíram que as plantas micorrizadas com as estirpes mais eficazes podem ser menos influenciadas pela adubação mineral de N e P.

Eccher et al. (2009), avaliando estas mesmas plantas a campo nos primeiros oito anos, constatou que esta interação fungo x cultivar persiste a longo prazo, sendo que a mesma estirpe do fungo é capaz de aumentar o crescimento de uma cultivar e diminuir de uma outra. Além disso, dentro das cultivares, as diferenças no crescimento das plantas mostraram interação entre as estirpes do fungo e as condições edafoclimáticas.

Borkowska e Krzewinska (2009) constataram que a cultivar Bluecrop, oriunda da América do Norte, respondeu ao ataque de fungos micorrízicos arbusculares isolados do ecossistema polonês, resultando em mudanças morfológicas e fisiológicas consideráveis, havendo estímulo da atividade fotoquímica da planta. Segundo Focchi et al. (2004), os fungos micorrízicos arbusculares apresenta diferentes graus de adaptação às características ambientais dos agroecossistemas, determinadas pelo manejo, área de cultivo e idade das plantas, sendo considerado de grande potencial biotecnológico. Com isso, o uso de espécies de fungos micorrízicos nativos de pomares da própria cultura tende a ser uma boa opção a ser utilizada na produção de mudas dessa cultura (NUNES et al., 2008).

CAPÍTULO I - Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomares de mirtilheiro da região de Pelotas – RS.

1 INTRODUÇÃO

Membro da família Ericaceae, subfamília Vaccinoideae e gênero *Vaccinium*, o mirtilo (*Vaccinium* spp.) é uma fruta explorada comercialmente nos seis continentes e o crescimento das áreas plantadas se deve ao aumento do consumo de produtos saudáveis e com um alto potencial antioxidante (GIONGO; BERGAMINI, 2003). A cultura apresenta grande importância comercial, especialmente nos Estados Unidos e Canadá (BRAZELTON; STRIK, 2007), e em alguns países da Europa, como Itália e Alemanha (STRIK, 2005).

Na América do Sul, a espécie vem crescendo e tornando-se importante economicamente, destacando-se o Chile, Argentina e Uruguai como os principais produtores (MONTEIRO, 2004; BAÑADOS, 2006). No Brasil a cultura é recente, mas sua ascensão pode ser facilmente notada, principalmente na região sul do país, tornando-se uma boa alternativa para os produtores, podendo também ser utilizada para diversificar a propriedade na busca de novas fontes geradoras de renda para a pequena propriedade rural. O cultivo de pequenos frutos caracteriza-se pela elevada exigência de mão de obra e pela possibilidade de obtenção de alto retorno econômico (FACHINELLO; HOFFMANN, 1994) mesmo em pequenas áreas.

O mirtilo é uma fruta muito apreciada devido ao seu sabor exótico, seu valor econômico e seus poderes medicinais, sendo conhecida como o fruta da longevidade, característica conferida devido ao alto conteúdo de antocianidinas contidas nos pigmentos hidrossolúveis de cor azul-púrpura do fruto (MADAIL; SANTOS, 2004). Rico em compostos fenólicos, esta fruta possui um grande potencial antioxidante e anticancerígeno capaz de exercer efeito protetor para o cérebro, contribuindo na melhora da memória (KALT; JOSEPH, 2007). Possivelmente retarda o envelhecimento e doenças como mal de Alzheimer, reduz

infecções do aparelho auditivo e respiratório (SALGADO, 2003), oferece enormes benefícios à pele, fortalece as paredes dos vasos capilares, diminui problemas circulatórios, transtornos cardíacos, feridas externas e internas, edemas, artrites, artroses e complicações da diabetes (ANTUNES; MADAIL, 2007).

Segundo Corrêa et al. (2004) a região sul do Brasil apresenta potencial para produção do mirtilo. Entre os fatores que limitam a expansão do cultivo no país estão o crescimento lento da planta, a qualidade e a dificuldade de propagação em algumas cultivares e, conseqüentemente, o alto custo das mudas (PAGOT; HOFFMANN, 2003; CAMPOS, et al., 2005), aliados às exigentes necessidades climáticas.

As plantas do gênero *Vaccinium* se desenvolveram naturalmente em solos ácidos, de baixa a moderada fertilidade, rico em matéria orgânica e água, apresentando especificidade biológica, necessitando uma parceria com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (BORKOWSKA; KRZEWINSKA, 2009). Os FMAs desempenham um papel fundamental, visto que estes fungos formam associação com mais de 80% das plantas vasculares (SMITH; READ, 1997; WANG; QIU, 2006). Ao colonizar as raízes, estes fungos lançam suas redes de hifas no solo ampliando o volume seria explorado apenas pelas raízes, contribuindo para uma maior absorção de nutrientes minerais, em especial, do fósforo. Em troca de todos esses benefícios as plantas fornecem substrato energético ao fungo, ocorrendo uma perfeita interação (COLOZZI-FILHO; BALOTA, 1994). A formação desta simbiose proporciona maior vigor às plantas, maior capacidade de tolerar estresses climáticos, maior competitividade devido ao aumento na taxa de crescimento inicial, resistência às doenças, e sobrevivência em solos pobres (ZANGARO et al., 2002; MOREIRA-SOUZA et al., 2003, MOREIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009).

Segundo Focchi et al. (2004), esse grupo de fungos apresenta diferentes graus de adaptação às características ambientais dos agroecossistemas, determinadas pelo manejo, área de cultivo e idade das plantas, sendo considerados de grande potencial biotecnológico.

Considerando o enorme papel desempenhado pelos FMAs nos ecossistemas naturais e as escassas informações na literatura sobre a presença de FMAs em pomares de mirtilo na região de Pelotas - RS, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ocorrência e diversidade dos FMAs presentes em pomares de mirtilo na região de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas estudadas

Foram escolhidas para estudo seis pomares com diferentes idades (três a vinte e oito anos) de três municípios da região sul do estado do Rio Grande do Sul, sendo: (1) pomar velho experimental localizado na Sede da Embrapa Clima Temperado (EPV), no município de Pelotas-RS, onde estão plantados mirtilheiros do grupo rabbiteye (Powderblue, Briteblue, Delite, Woodard e Climax); (2) pomar novo experimental localizado na Sede da Embrapa Clima Temperado (EPN), no município de Pelotas-RS, onde estão plantados mirtilheiros do grupo rabbiteye (Bluebelle, Giorgiagem, Powderblue e Woodard); (3) pomar comercial (MC) localizado no município de Pelotas-RS com plantio de cultivares do grupo highbush (O'Neal e Misty); (4) pomar comercial localizado no município de Jaguarão (JG) com plantio de cultivares do grupo highbush (O'Neal e Misty) e (5) pomar comercial de cultivares do grupo rabbiteye (Powderblue, Climax e Bluegem) localizado no município de Morro Redondo (PMR). Sendo os mais antigos EPV (29 anos) e MR (8 anos) e os mais novos JG (3 anos), EPN (4 anos) e MC (4,5 anos).

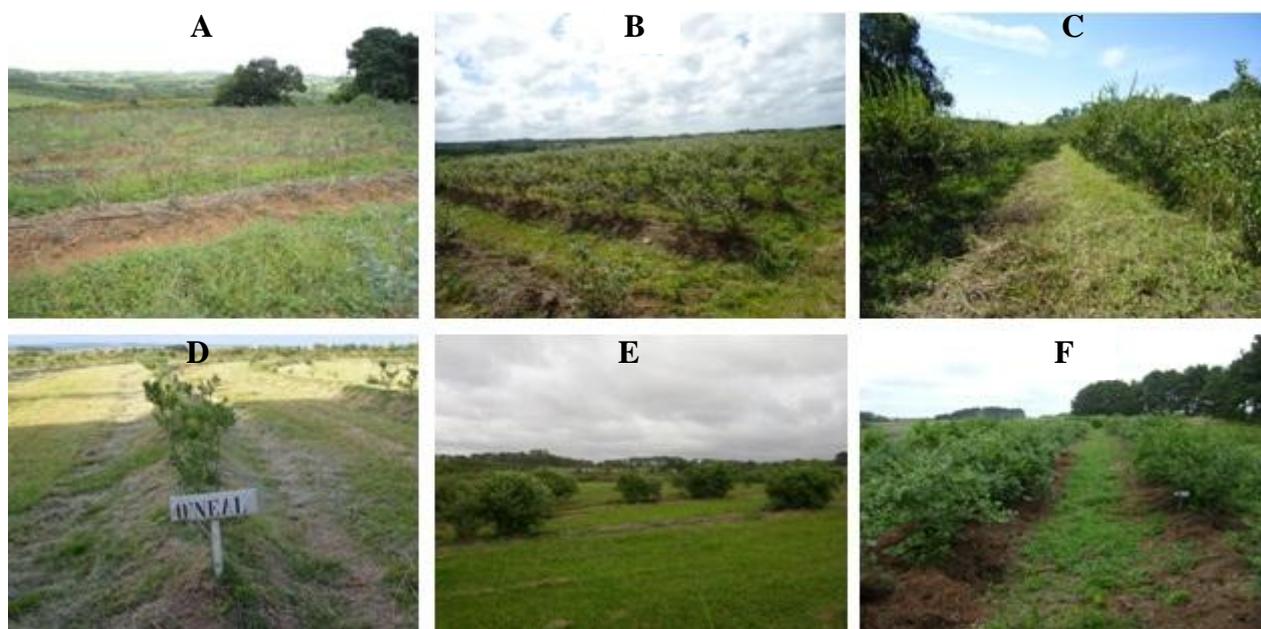


Figura 1. Pomares de mirtilo selecionados para estudo: A) Pomar comercial de Pelotas com a variedade Misty (MC); B) Pomar Comercial de Pelotas com a variedade O'Neal (MC); C) Pomar comercial de Morro Redondo (MR); D) Pomar comercial em Jaguarão (JG); E) Pomar velho experimental da Embrapa (EPV); F) Pomar novo experimental da Embrapa (EPN).

2.2 Coletas das amostras de solo e raízes nas áreas de mirtilo

Nas áreas selecionadas foram escolhidas ao acaso cinco plantas, que tiveram suas áreas divididas em quatro quadrantes. Em cada quadrante foi coletada uma amostra simples de solo rizosférico e radículas, totalizando 20 subamostras por pomar, que posteriormente constituíram uma amostra composta. As coletas das amostras de solo foram realizadas durante o mês de março de 2011 com o auxílio de um trado na camada de 0-20 cm, na projeção das copas. As subamostras de solo e raízes foram colocadas em recipientes separados, e devidamente identificados, lacrados e levados ao Laboratório de Propagação de Plantas Frutíferas da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Das amostras de solo coletadas retirou-se subamostras, que foram encaminhadas para o Laboratório Química do Solo da FAEM/UFPel, para análises físicas e químicas. As análises químicas foram feitas seguindo as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995), e a análise granulométrica seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (1997). Os valores das variáveis químicas e físicas dos solos analisados encontram-se na tabela 1. As amostras de radículas foram lavadas em água destilada, cortadas em segmentos de 0,01m e armazenadas em uma solução de F.A.A (Formaldeído a 5%, Ácido Acético a 5% e Álcool Etilico a 90%) para posterior determinação da colonização dos FMA, conforme método adotado por Honrubia et al., (1993).

Tabela 1. Características físicas e químicas das áreas dos pomares de mirtilo dos municípios de Pelotas, Morro Redondo e Jaguarão, Rio Grande do Sul, Brasil.

Características	EPV	EPN	PMC	PJG	PMR
Areia total (%)	77,1	67,2	52,1	64,7	66,7
Silte (%)	10,3	9,9	8,1	15,0	12,9
Argila (%)	12,6	22,8	39,8	20,3	20,4
pH H ₂ O	4,3	4,3	4,1	4,3	5,7
P disponível (mg/dm ³)	>50,5	30,3	27,3	34,5	5,3
K ⁺ (mg/dm ³)	96	82	173	69	91
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	1	2,1	1,9	1,4	2,4
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,2	0,7	0,6	0,4	0,6
Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	1,6	1,6	2,4	1,6	1
H+Al (cmolc/dm ³)	5,5	6,9	10,9	7,7	3,5
CTC (cmolc/dm ³)	3	4,6	5,3	3,6	4,2
V (%)	21	30	22	20	48
m (%)	53	35	44	44	24

2.3 Extração, identificação taxonômica de esporos e das espécies de FMA

A extração e identificação taxonômica foi realizada com o intuito de recuperar os esporos de FMAs das amostras de solo e separá-los em morfotipos, para a identificação de espécies de FMAs das cultivares de mirtilo em estudo. Para isso, os esporos foram extraídos de uma amostra de 100 g de solo pela técnica da lavagem, decantação e peneiramento por via úmida proposto por Gerdemann e Nicolson (1963). Cada amostra foi misturada em cinco litros de água em um balde e agitada vigorosamente. Após decantação por alguns segundos para sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos, o sobrenadante foi vertido sobre duas peneiras, com aberturas de 425 μm e 38 μm , na sequência da maior para menor abertura da malha, sendo este procedimento repetido cinco vezes. Com o auxílio de uma pisseta com água destilada, o material depositado na menor malha foi transferido para tubos de ensaio e após, centrifugado em água a 3000 rpm por três minutos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi posto novamente em suspensão em sacarose 50% para novamente ser centrifugado a 2000 rpm por dois minutos. Os esporos presentes no sobrenadante foram transferidos para peneira com malha de 38 μm e lavados com água destilada para retirar o excesso de sacarose, e recolhidos em béquer.

Após a extração, os esporos isolados foram separados, com auxílio do microscópio estereoscópio, em grupos de acordo às semelhanças morfológicas (cor, formato, brilho, tamanho), e preparados em lâminas previamente identificadas e lamínulas contendo esporos intactos montados em PVLG (álcool polivinil-lactoglicerol) e esporos rompidos por pressão, montados com PVLG + Melzer 1:1 (v/v) (Morton et al. 1993). Na sequência, as lâminas foram colocadas em estufa, com temperatura próxima a 50°C por 24 horas, para secagem da resina. A identificação foi feita pelo Dr. Sidney Luiz Stürmer da Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC.

2.4 Índices ecológicos

As populações dos FMA foram avaliadas segundo dados de número de esporos, riqueza das espécies, abundância relativa e frequência relativa das espécies onde distinguiram-se as seguintes categorias para a frequência relativa: muito frequente (> 70%); frequente (70-30%); pouco frequente (29-10%); esporádica (<10%). Além disso, foram calculados os índices ecológicos de dominância de

Simpson (Is) e diversidade de Shannon (H') (BROWER et al., 1990). Estes índices foram escolhidos por representarem a diversidade levando em conta o número de espécie e a ocorrência dos indivíduos.

Número de esporos: N^o de esporos em 100g de solo de cada amostra.

Frequência relativa: Indica a frequência de ocorrência de cada espécie. Foi medida pela fórmula: $FR = (P_i / P) \times 100$, onde P_i é o número de amostras em que uma dada espécie ocorre e P é o número total de amostras.

Riqueza das espécies: Foi obtida pelo número de espécies de FMAs morfológicamente distintos presente em 100g de solo.

Abundância relativa de cada gênero: Calculado pela fórmula: $AR = (J_i / K) \times 100$, onde J_i é o número de esporos de cada gênero e K é o número total de esporos na amostra.

Diversidade de Shannon: Calculado pela fórmula: $H' = - \sum (p_i \log p_i)$, onde $p_i = n_i/N$, sendo que n_i é o número de esporo de determinada espécie e N é o número total de esperos (NDAW, 2007)

Índice de diversidade de Simpson: Calculado pela fórmula: $I_s = 1/L$, onde $L = \sum n_i(n_i - 1) / N(N-1)$, sendo n_i o número de esporos de cada espécie de FMA "i" e N é o número total de espécies de fungos micorrízicos (CAPRONI et al., 2003).

2.5 Determinação da colonização radicular

Para avaliar a colonização radicular por FMA, raízes das cultivares de mirtilo foram separadas do solo rizosférico com água corrente e clarificadas segundo a técnica descrita por Phillips e Hayman (1970), modificada por Gianinazzi e Gianinazzi-Pearson (1992). As raízes foram colocadas em becker com solução de hidróxido de potássio (KOH) a 10% durante 30 minutos a 90°C em banho maria. Após a fase do KOH, adicionou-se uma solução de água oxigenada (H₂O₂) a 10%, durante 5 minutos. Em seguida as raízes foram lavadas cinco vezes em água destilada e acidificadas por 5 minutos em solução de ácido acético a 5%. Para o processo de coloração, as raízes foram colocadas no azul de tripano (0,075 g de azul de tripano misturado a 500 mL de glicerol, 450 mL de água, 50 mL de ácido clorídrico a 2%) e aquecidas durante 1 minuto a 90°C. Após o aquecimento, as raízes coradas foram lavadas com água destilada para a retirada do excesso do corante e conservadas em lactoglicerol. A observação da colonização de FMA foi feita em microscópio óptico segundo Giovannetti e Mosse (1980). Foram montadas

cinco lâminas para cada amostra de raiz, contendo dez segmentos de raízes de aproximadamente 1 cm em cada lâmina. A porcentagem de raízes colonizadas foi obtida através da relação: número de segmentos infectados/total analisado.

2.6 Análises estatísticas dos dados

Foram utilizados índices ecológicos como forma de avaliar as populações de micorriza nos pomares em estudo. As variáveis referentes aos atributos físicos e químicos do solo e número de esporos foram avaliadas pela estatística multivariada através da análise de Componentes Principais (ACP). Esta análise tem o objetivo de identificar as variáveis que têm maior contribuição com a variância dos dados, com base na matriz de correlação existente entre as componentes e as variáveis padronizadas.

Todas as análises utilizaram o software estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1985).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diversidade de FMA

Foram extraídos no total 1.377 esporos de FMAs nas 16 amostras de solo coletadas nos seis pomares de mirtilo, e identificados 18 diferentes morfotipos de FMAs, distribuídos em sete gêneros: *Acaulospora* (7), *Glomus* (6), *Ambispora* (1), *Archaeospora* (1), *Gigaspora* (1), *Paraglomus* (1) e *Scutellospora* (1). Dos 18 morfotipos detectados, foi possível identificar 11 em nível de espécie (Tabela 2). Segundo Stürmer e Siqueira (2006), em ecossistemas brasileiros ocorrem muitas espécies de FMAs que são identificadas apenas em nível de gênero, e isto pode ser devido a ocorrência de espécies inéditas. De acordo com Morton (1993), a identificação de esporos de FMAs coletados diretamente no campo, comumente é uma tarefa complexa de ser executada, devido às más condições que os esporos se encontram, muitas vezes com as paredes degradadas ou parasitados, eliminando características necessárias a sua correta identificação.

Em todos os pomares e plantas estudadas observou-se a maior ocorrência dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus*. De acordo com Carrenho (1998), estes gêneros apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a diferentes variações nos teores de matéria orgânica, calagem, textura, e demonstram ter espécies resistentes a perturbações ambientais. A maior ocorrência de *Acaulospora* pode ter sido devido aos baixos valores de pH, já o *Glomus* possivelmente não está relacionada com este fator químico do solo. Muitos estudos mostram que *Acaulospora*, *Scutellospora* e *Gigaspora* adaptam-se melhor em pH entre 4,0 e 6,0, enquanto que a ocorrência de *Glomus* é favorecida em solos com valores de pH entre 6,0 e 8,0 (LAMBAIS; CARDOSO, 1988; STÜRMER et al., 2006; ZANDEVALLI et al., 2004). Apesar do pH dos solos em estudo se encontrarem numa faixa que favoreceria também os gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora*, estes foram menos abundantes em todas as áreas. Entretanto, não se pode descartar a possibilidade desses gêneros estarem presentes no ambiente sob outras formas, sem a produção de esporos.

Tabela 2. Números de esporos, frequência (FR%) e espécies de FMA identificados nos pomares: comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa (EPV); Pomar novo experimental da Embrapa (EPN); Pomar comercial de Jaguarão (JG), Pomar comercial de Morro Redondo (MR) e variedades: O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powederblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Georgiagem (Gg) e Bluegem (Bg).

Espécies de FMA	MC		EPV					EPN				JG		MR			Categoria F (%)	
	O'N	Mt	Pb	Brb	Dt	Wd	Cx	Pb	Wd	Bb	Gg	O'N	Mt	Pb	Cx	Bg		
<i>Acaulospora sp1</i>	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Esporádica
<i>Acaulospora cavernata</i> Blaszkowski	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	5	7	-	Pouco frequente	
<i>Acaulospora excavata</i> Walker & Mason	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Esporádica	
<i>Acaulospora laevis</i> Gerd. & Trappe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	Esporádica	
<i>Acaulospora mellea</i> Sherek	-	-	6	12	-	8	-	17	23	-	-	37	-	3	8	-	Frequente	
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck	-	-	3	-	7	7	6	-	-	-	-	-	-	4	18	-	Frequente	
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	12	1	4	8	Frequente	
<i>Ambispora sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	Esporádica	
<i>Archaeospora trapei</i> Morton & Redecker	-	-	-	-	5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Pouco frequente	
<i>Gigaspora sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	Esporádica	
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	25	8	3	-	-	-	-	-	10	2	16	-	-	-	-	8	Frequente	
<i>Glomus mosseae</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	Esporádica	
<i>Glomus sp1</i>	81	41	6	4	10	5	-	30	27	16	29	42	51	11	10	22	Muito frequente	
<i>Glomus sp2</i>	62	69	25	34	21	10	21	23	-	-	33	47	93	24	7	15	Muito frequente	
<i>Glomus sp3</i>	-	18	16	11	13	18	14	-	-	12	2	-	5	11	15	-	Frequente	
<i>Glomus sp4</i>	-	-	11	14	9	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Pouco frequente	
<i>Paraglomus occultum</i> Morton & Redecker	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Esporádica	
<i>Scutellospora heterogama</i> Nicol. & Schenck	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Esporádica	
Total de esporos	180	140	70	82	65	73	41	70	72	31	81	130	161	59	69	71		

As espécies *Glomus* sp.1 e *Glomus* sp.2 foram consideradas muito frequentes, presentes em 93,8% e 87,5% das amostras de solo analisadas respectivamente. As espécies *Glomus* sp.3 em 68,75%, *Acaulospora mellea* em 50%, *Glomus clarum* em 43,75%, *Acaulospora morrowiae* em 37,5% e *Acaulospora scrobiculata* em 31,25% foram consideradas frequentes. As espécies *Glomus* sp.4 em 25%, *Acaulospora cavernata* em 18,75% e *Archaeospora trappei* em 12,5% foram consideradas pouco frequente. Já as espécies *Acaulospora* sp1, *Acaulospora excavata*, *Acaulospora laevis*, *Ambispora* sp., *Gigaspora* sp., *Glomus mosseae*, *Paraglomus occultum*, *Scutellospora heterogama* presente em 6,25% das amostras analisadas foram consideradas esporádicas (Tabela 2). Observa-se que o *Glomus* sp.2 foi a espécie que mais se destacou nesse estudo, apresentando os maiores valores em relação às outras espécies, totalizando em todas as áreas 484 esporos. Estes resultados podem comprovar a preferência de alguns fungos micorrízicos em colonizarem determinadas espécies de plantas. Algumas plantas por meio de exudatos radiculares, podem estimular a germinação de esporos e o crescimento micelial de FMAs (COLOZZI-FILHO; BALOTA, 1994). A maior frequência de algumas espécies pode estar ligada a uma maior esporulação e conseqüentemente maior adaptação das mesmas ao ambiente rizosférico das variedades de mirtilo correspondente. Considerando este fato, as espécies de FMAs mais frequentes, *Glomus* sp.1 e *Glomus* sp.2, podem ser essenciais a adaptação das variedades às condições das áreas estudadas.

Os resultados de riqueza encontrados neste trabalho podem ser considerados altos quando comparados a outros estudos realizados com culturas perenes no Brasil. Pomares convencionais e orgânicos de citros com 13 anos de idade apresentaram riqueza de 15 e 16 espécies, respectivamente (FOCCHI et al., 2004). Áreas cultivadas com mamoeiros na região nordeste do Brasil apresentaram 24 diferentes espécies de FMAs, onde os gêneros dominantes são os mesmos que os detectados no presente estudo, ou seja, *Glomus* e *Acaulospora* (TRINDADE, 1998). Souza et al. (2002), na região citrícola do Rio Grande do Sul, constataram também a predominância de espécies de *Glomus*, seguido de *Acaulospora*.

As espécies dos gêneros *Glomus* (*Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2 e *Glomus* sp.3) e *Acaulospora* (*Acaulospora mellea*) (Figura 2) foram mais abundantes na maioria dos pomares estudados.

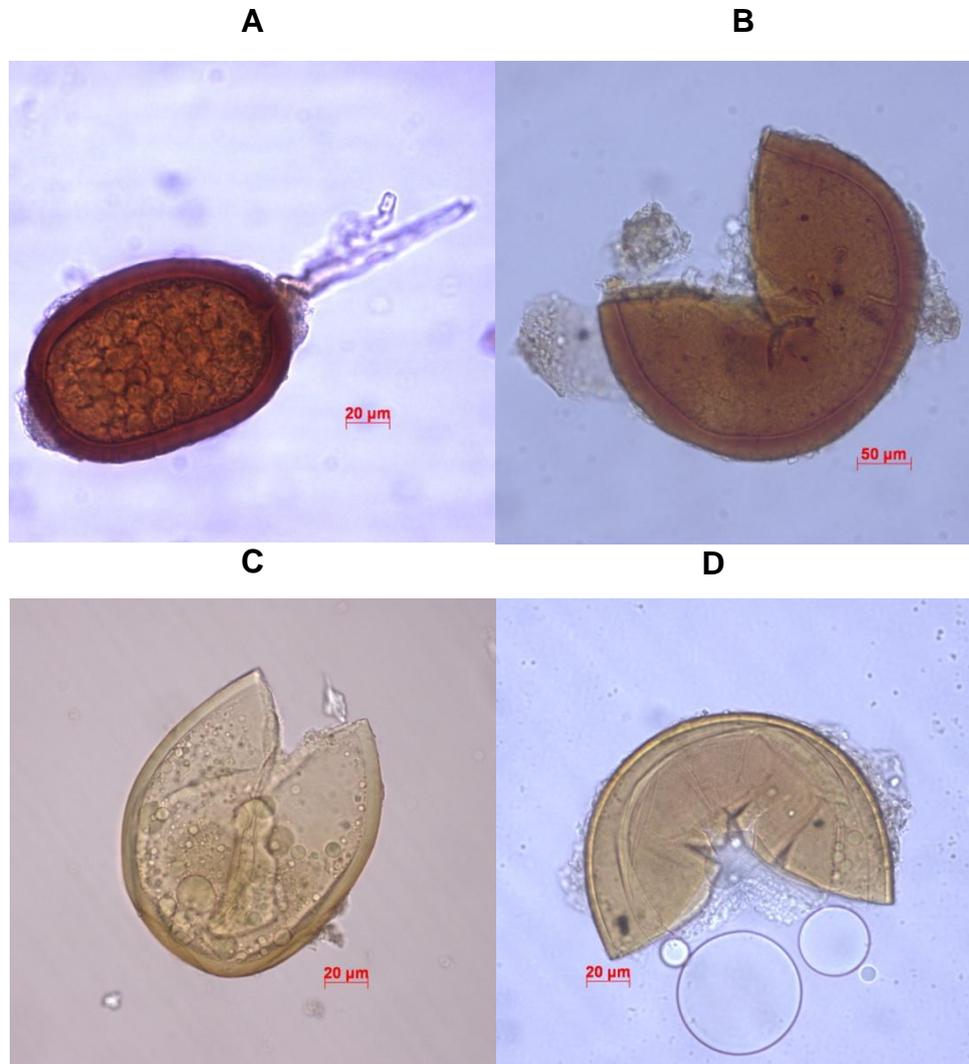


Figura 2. Espécies de FMAs mais abundantes nas áreas estudadas: A) *Glomus* sp.1; B) *Glomus* sp.2; C) *Glomus* sp.3 e D) *Acaulospora mellea*.

Algumas espécies do gênero *Acaulospora*, *Scutellospora*, *Glomus*, *Paraglomus* e *Ambispora* foram raras em alguns pomares estudados, ocorrendo apenas em uma variedade específica de mirtilo como: *Acaulospora* sp.1 e *Scutellospora heterogama* encontradas apenas na variedade Briteblue no pomar experimental velho da Embrapa (EPV); *Acaulospora laevis* e *Glomus mossae* ocorreram apenas no pomar experimental novo da Embrapa (EPN) nas variedades Bluebelle e Woodard, respectivamente; *Acaulospora excavata* e *Paraglomus*

heterogama ocorreram apenas no pomar comercial (MC), respectivamente nas variedades Misty e O'Neal e a espécie *Ambispora* sp. foi encontrada apenas na variedade Bluegem no pomar comercial no município Morro Redondo (MR) (Figura 3).

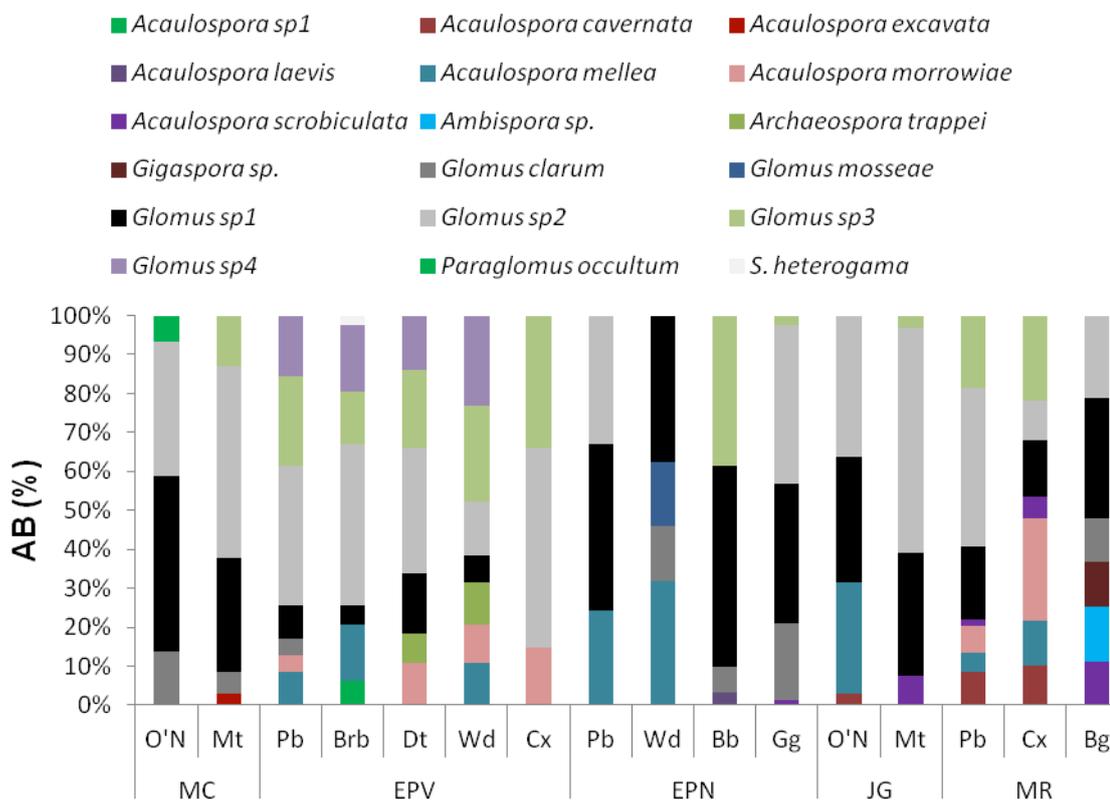


Figura 3. Abundância relativa das espécies de FMAs baseado na ocorrência de esporos nas variedades de mirtilo : O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powderblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Woodard (Wd), Briteblue (Bg), Gerogiagem (Gg), e Bluegem (Bg) e nos pomares: Pomar comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa Clima Temperado (EPV); Pomar novo experimental localizado na Embrapa Clima Temperado (EPN); Pomar comercial localizado no município de Jaguarão (JG), Pomar comercial localizado no município de Morro Redondo (MR).

O elevado número de esporos das espécies *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2, *Glomus* sp.3 e *Acaulospora mellea* pode ser um indicativo de uma maior adaptação dessas espécies aos pomares de mirtilo e as características distintas de cada ambiente, como a variação nas condições do solo, clima e características da planta hospedeira. O gênero *Acaulospora* também pode ter sido favorecido pelo baixo valor de pH observado nos solos, uma vez que este gênero ocorre com maior frequência em solos ácidos (LAMBAIS; CARDOSO, 1988; STÜRMER et al., 2006).

A ocorrência de um maior número de esporos verificada nos pomares MC, EPN e JG pode está relacionada a uma maior incidência de radiação luminosa no solo já que as plantas desses pomares são menores, com apenas três anos de cultivo, e não estão totalmente desenvolvidas em relação as plantas dos pomares EPV e MR com vinte e oito e doze anos de cultivo. A incidência de radiação no solo aumenta a evaporação e conseqüentemente altera os ciclos de umedecimento e secagem do solo. Segundo Zangaro e Moreira (2010), rápidos ciclos de secagem e umedecimento do solo podem desencadear nos FMAs mecanismos que induzem a esporulação. Em geral, a estrutura das comunidades de FMA não é alterada, apenas a frequência e abundância dessas espécies são modificadas pelo ambiente (CUENCA et al., 1998; FRANKE-SNYDER et al., 2001).

No levantamento das espécies de FMA, os índices ecológicos de diversidade variaram entre áreas de estudo. Foram detectados os maiores índices de diversidade Shannon (H') e riqueza (R) nas áreas mais velhas de cultivo, pomar velho experimental da Embrapa (EPV) e do pomar comercial do município Morro Redondo (MR) que as demais áreas avaliadas (Figura 4). Isto pode ser explicado pelo fato de que a riqueza de espécies de FMA aumenta à medida que os pomares avançam em idade, o que já foi observado em pomares de café e citros (CRUZ, 1989; FOCCHI et al., 2004). De acordo com Magurram (2004), em estudos sobre diversidade, geralmente o aumento no número de espécies encontradas está relacionado diretamente com o aumento da abundância, uma vez que com o aumento no número de indivíduos coletados, a inclusão de novas espécies tende a ser comum.

O índice de Simpson (I_s), que representa a dominância das espécies, apresentou a mesma tendência da diversidade de Shannon e da riqueza (Figura 4). Este fato significa uma distribuição menos uniforme das espécies de FMAs entre as variedades de mirtilo. Assim, uma vez constatado um alto índice de Simpson, demonstra que, se dois indivíduos desta comunidade forem tomados aleatoriamente, a probabilidade de que ambos pertençam à mesma espécie é alta. Desta maneira, sistemas que exibem maiores índices de diversidade não necessariamente são mais efetivos sob o ponto de vista ecológico. Comunidades de FMAs com menor diversidade podem ser mais efetivas que aquelas com alta diversidade desde que as espécies presentes consistam em boas mutualistas (SIEVERDING, 1991).

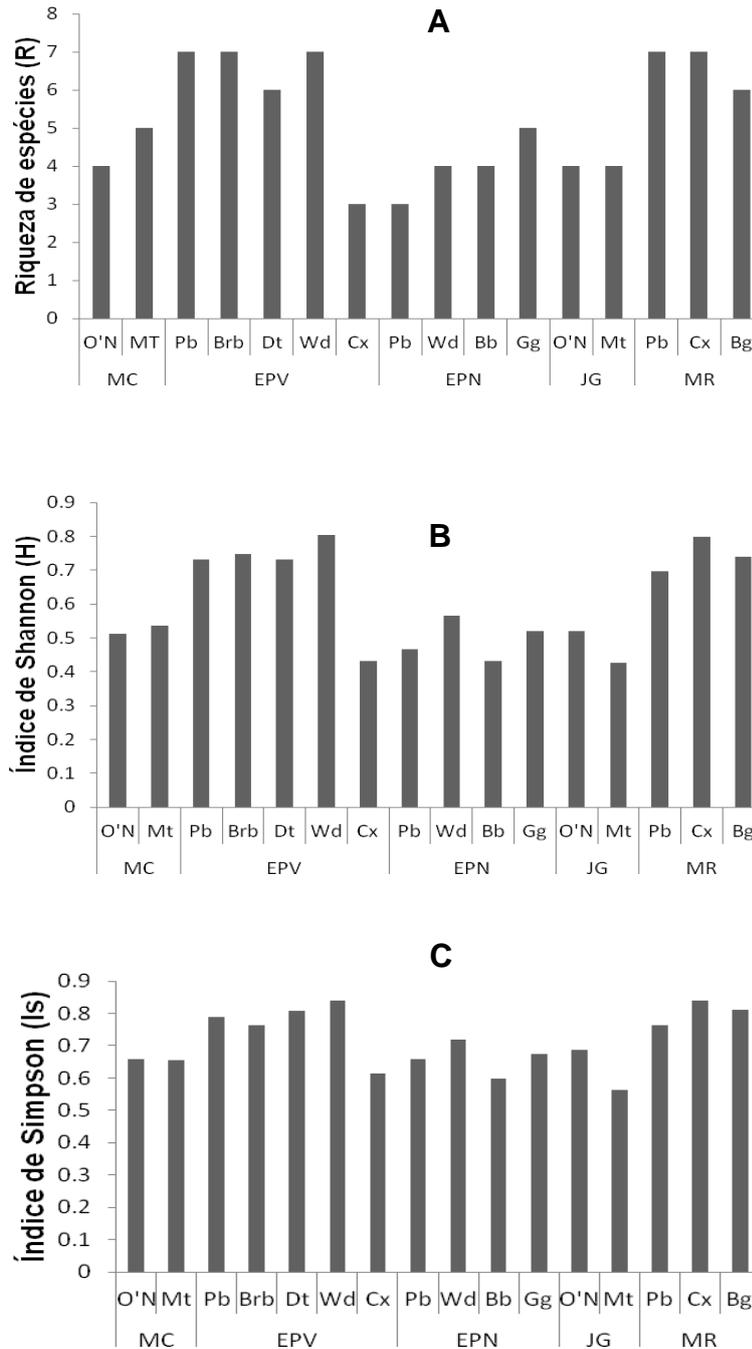


Figura 4. Índices ecológicos: A) Riqueza de espécies (R), B) diversidade de Shannon (H') e C) dominância de Simpson (Is), nas variedades de mirtilo: O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powderblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Woodard (Wd), Briteblue (Bg), Gerogiagem (Gg), e Bluegem (Bg) e nos pomares: Pomar comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa Clima Temperado (EPV); Pomar novo experimental localizado na Embrapa Clima Temperado (EPN); Pomar comercial localizado no município de Jaguarão (JG), Pomar comercial localizado no município de Morro Redondo (MR).

3.2 Número de esporos de FMA

O número total de esporos de FMAs observado na rizosfera de todas as plantas estudadas variou de 31 a 180 esporos por 100g de solo, sendo que o maior número foi encontrado na variedade O'Neal no pomar comercial da Micaela (MC), e o menor valor na variedade Bluegem na área experimental do pomar velho da Embrapa (EPV) (Figura 5). Estes resultados podem estar relacionados ao teor de argila do solo, onde o pomar MC apresentou a maior porcentagem (39,8%) e o pomar EPV a menor porcentagem (12,6%) (Tabela 1). Segundo Siqueira (1993) a porcentagem de argila retém mais água no solo oferecendo maior umidade para o desenvolvimento dos FMAs.

As explicações para estas diferenças estão geralmente relacionadas com as características da planta hospedeira, à combinação da intensidade e duração do comprimento do dia, com as espécies de FMA presentes, e ainda à tendência genética para uma espécie esporular mais do que a outra (ENTRY et al., 2002; OEHL et al., 2009; MOREIRA et al., 2009). Também podem estar associadas com uma maior intensidade luminosa, que tem como consequência uma maior exsudação radicular, e concentração de carboidratos na raiz, contribuindo para uma maior esporulação (GEHRING et al., 2003).

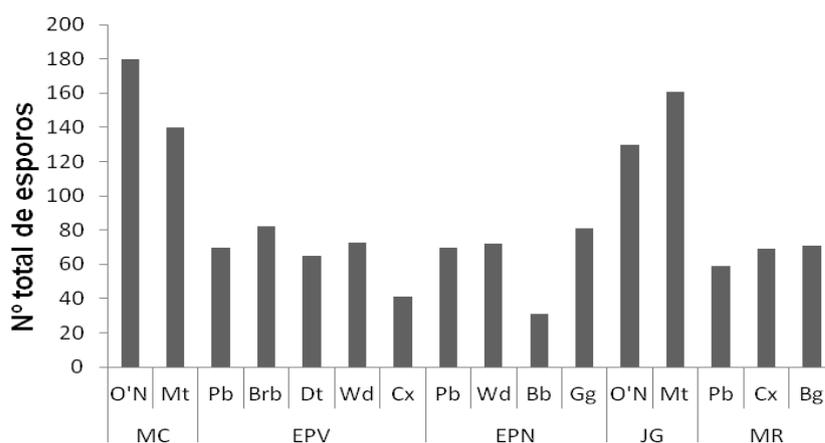


Figura 5. Número total de esporos de FMA nas áreas: Pomar comercial Micaela (MC); Pomar velho experimental da Embrapa (EPV); Pomar novo experimental da Embrapa (EPN); Pomar comercial de Jaguarão (JG), Pomar comercial de Morro Redondo (MR) e variedades: O'Neal (O'N), Misty (Mt), Powederblue (Pb), Briteblue (Brb), Delite (Dt), Woodard (Wd), Climax (Cx), Georgiagem (Gg) e Bluegem (Bg).

3.3 Influência dos atributos do solo na ocorrência e diversidade de FMA

Com a análise multivariada ACP foi possível confirmar a diferença das comunidades de FMA nos pomares estudados e a relação destes com as características físicas e químicas do solo. A análise considerou os dois primeiros fatores, que tiveram alto valor acumulado de 66,35%. O primeiro componente principal explicou 37% da variância total, enquanto que o segundo componente 29,35%. O primeiro componente correlacionou as variáveis areia, argila, P, Ca, Mg e CTC, onde foi observada uma correlação negativa da areia com as demais variáveis. O segundo componente correlacionou-se com as variáveis pH, K, V (%) e m (%), onde foi observada uma relação negativa do pH e V(%) com K e m (%).

Observando a distribuição das espécies de FMA e sua relação com as variáveis de solo, observou-se uma alta correlação (>70%) das espécies *Acaulospora cavernata*, *Ambispora* sp., *Gigaspora* sp., *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus* sp3, *Glomus* sp4, *Glomus* sp2, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora* sp1 e *Archaeospora trapei* com as variáveis pH, V(%), P e areia (Figura 6). Trindade et al. (2007) abordaram a relação entre pH e diversidade de espécies de FMA. Segundo os autores, algumas espécies de FMA como *Acaulospora morrowiae*, *Glomus intraradices* e *Glomus macrocarpum* foram mais frequentes em solos com valores de pH<5,5, enquanto *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora delicata*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora* sp foram mais frequentes em solos com valores de pH>5,5. Além do mais, o baixo nível de fósforo do solo também pode influenciar positivamente a ocorrência dos FMA (SIQUEIRA, 1994).

No geral, embora com valores menores que 70%, a ocorrência das espécies *Glomus clarum*, *Glomus* sp1, *Acaulospora excavata* e *Paraglomus occultum* foram pouco associadas às variáveis argila, CTC e K. Já as espécies *Acaulospora morrowiae* e *Acaulospora mellea* foram pouco influenciadas pela variável areia. Segundo Entry et al. (2002) a formação e função dos relacionamentos micorrízicos são afetados por condições edáficas, tal como composição do solo, umidade, temperatura, pH, capacidade de troca de cátions, e também compactação do solo, metais e pesticidas.

Nota-se que a ocorrência das espécies *Acaulospora laevis* e *Glomus mosseae* não foram influenciadas por nenhuma variável de solo neste estudo.

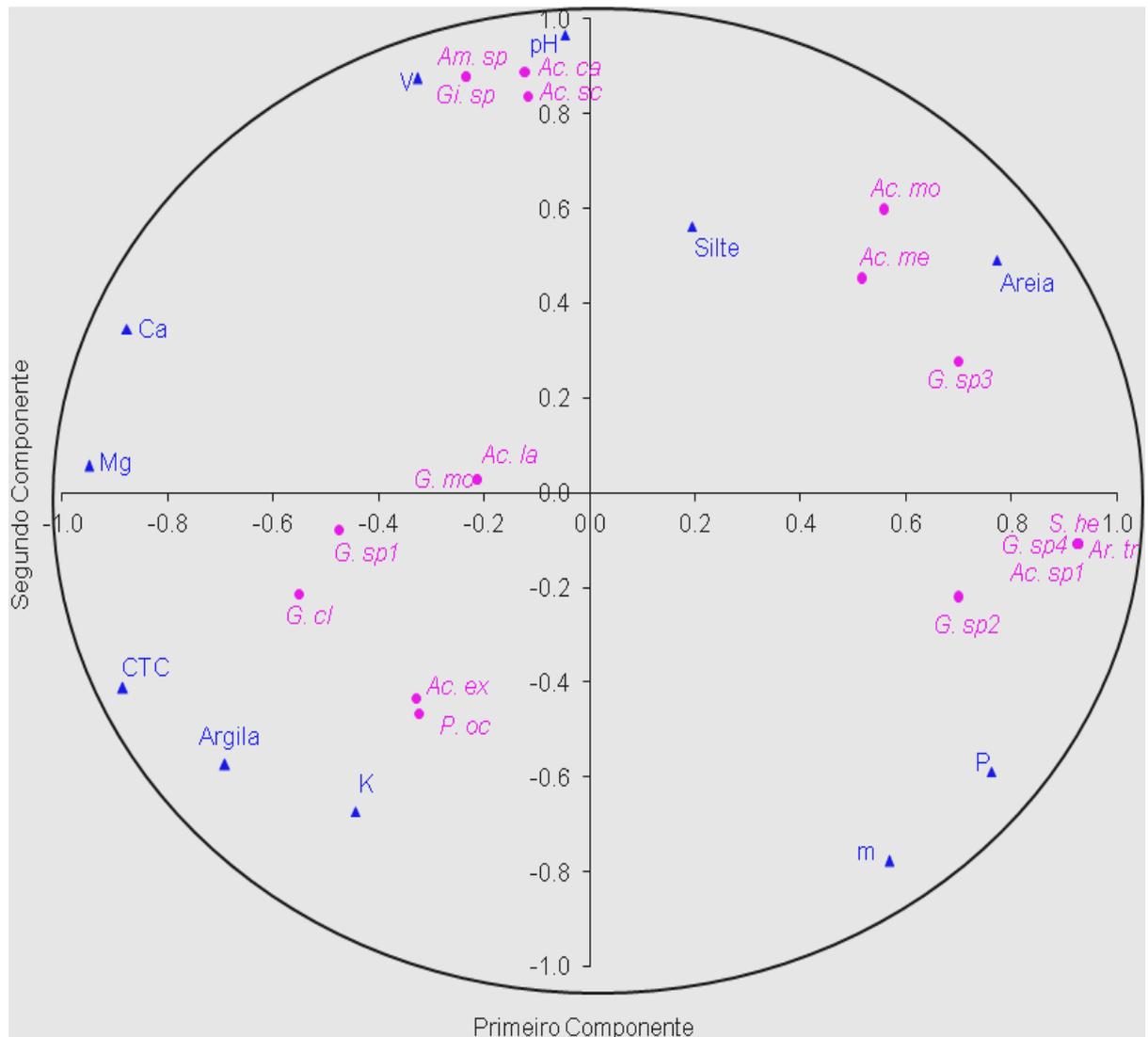


Figura 6. Representação gráfica da Análise de Componentes Principais entre as espécies de FMA e os principais atributos do solo: pH, V (saturação por base), Ca (cálcio), Mg (magnésio), m (saturação por alumínio), P (fósforo), K (potássio), CTC (capacidade de troca de cátions). As espécies: *Ac. sp1* (*Acaulospora sp1*), *Ac. ca* (*Acaulospora cavernata*), *Ac. ex* (*Acaulospora excavata*), *Ac. la* (*Acaulospora laevis*), *Ac. me* (*Acaulospora mellea*), *Ac. mo* (*Acaulospora morrowiae*), *Ac. sc* (*Acaulospora scrobiculata*), *Am. sp* (*Ambispora sp.*), *Ar. tr* (*Archaeospora trappei*), *Gi. sp* (*Gigaspora sp.*), *G. cl* (*Glomus clarum*), *G. mo* (*Glomus mosseae*), *G. sp1* (*Glomus sp1*), *G. sp2* (*Glomus sp2*), *G. sp3* (*Glomus sp3*), *G. sp4* (*Glomus sp4*), *P. oc* (*Paraglomus occultum*) e *S. he* (*Scutellospora heterogama*).

3.4 Colonização radicular por FMA

De modo geral, as porcentagens de colonização radicular com FMA foram elevadas, variando de 40 a 80% (Tabela 3).

Tabela 3. Colonização radicular com fungos micorrízicos arbusculares a partir de amostras coletadas em pomares da região de Pelotas do Rio Grande do Sul.

Pomar	Variedade	Colonização %
Micaela	O'Neal	60
	Misty	65
Embrapa Pomar Velho	Powderblue	40
	Briteblue	45
	Delite	45
	Woodard	40
	Climax	40
Embrapa Pomar Novo	Bluebelle	55
	Giorgiagem	55
	Powderblue	60
	Woodard	60
Jaguarão	O'Neal	55
	Misty	60
Morro Redondo	Powderblue	75
	Climax	75
	Bluegem	80
Média		56,8

As variedades localizadas no pomar comercial do município do Morro Redondo foram as mais colonizadas em relação às demais. Alguns autores relatam que a diferença na colonização de plantas da mesma espécie entre locais diferentes geralmente estão relacionadas às condições de fertilidade do solo (ABBOTT; ROBSON, 1991; BALOTA et al. 1999). Além disso, os baixos teores de fósforo encontrados neste pomar podem ter contribuído para as altas porcentagens de colonização, visto que esta característica favorece a colonização micorrízica (PAULA; SIQUEIRA, 1987; SAGGIN JÚNIOR et al., 1995). Em contrapartida, o pomar velho experimental da Embrapa com maior teor de fósforo encontrado, apresentou a menor porcentagem de colonização radicular, média de 42%, em relação aos demais pomares estudados.

De acordo com Siqueira (1994), os níveis de fósforo disponíveis no solo interferem na colonização micorrízica, e os efeitos deste nutriente na colonização diferem entre as espécies. Sendo assim, a quantidade de fósforo requerida para inibir a colonização depende da capacidade de absorção e translocação pela espécie vegetal.

Outra provável causa da variação no percentual de colonização das raízes entre as regiões é o tipo de manejo do solo utilizado em cada propriedade. Segundo Silveira (2000), o manejo agrícola é determinante no estabelecimento e desempenho dos FMA, sendo que vários fatores (pH, nível de fertilidade, umidade, aeração, manejo do solo, grau de dependência micorrízica da planta e interações entre fungos e outros organismos do solo) interferem na infectividade do fungo e na eficiência da associação. Michel-Rosales e Valdes (1996), em um estudo para avaliar a colonização de plantas de lima (*Citrus aurantifolia* Swingle) por FMA, encontraram variações significativas em um curto espaço de tempo. Estes mesmos autores analisaram a colonização das plantas com duas coletas mensais, em pomares mantidos em regime de monocultura, observando em janeiro a colonização média de 40%. Já em fevereiro, o mesmo pomar apresentou colonização média de 18%, sendo as condições ambientais, nível de nutrientes e pH, fatores que influenciaram diretamente nessa variação.

4.0 CONCLUSÕES

Espécies de *Acaulospora* e *Glomus* são as mais comumente encontradas nos pomares de mirtilo pesquisados.

O pomar velho experimental da Embrapa, com vinte e oito anos, apresentou a maior diversidade de espécies de FMAs, seguido pelo pomar comercial do município de Morro Redondo com 8 anos.

As espécies de FMA apresentam diferentes graus de adaptação às características químicas e físicas do solo, áreas de cultivo e idade das plantas.

CAPÍTULO II - Comportamento das cultivares de mirtilheiro “Woodard” e “Bluegem” inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

1 INTRODUÇÃO

O mirtilo (*Vaccinium* spp.) é uma espécie frutífera originária de algumas regiões da Europa e América do Norte, onde é muito apreciada por seu sabor exótico, pelo valor econômico e por seus poderes medicinais (MADAIL; SANTOS, 2004). No Brasil a cultura é recente, mas sua ascensão pode ser facilmente notada, principalmente na região sul do país, tornando-se uma boa alternativa para os produtores, podendo ser utilizada para diversificar a propriedade na busca de novas fontes geradoras de renda para a pequena propriedade rural. O cultivo de pequenos frutos caracteriza-se pela elevada exigência de mão de obra e pela possibilidade de obtenção de alto retorno econômico (FACHINELLO et al., 1994). Entre os fatores que limitam a expansão dessa cultura, está a dificuldade de propagação, que reduz a disponibilidade de mudas para comercialização (HOFFMANN, 1995).

O atual modelo de produção de plantas frutíferas, se apoia em obter mudas certificadas obtidas através de programas de multiplicação de matrizes (SILVEIRA, 2006). O surgimento de novas tecnologias de produção de mudas de qualidade, capazes de reduzir o período de produção e obter plantas com parte aérea e sistema radicular vigoroso, minimizaria os problemas de formação da muda. Sendo assim, as plantas produzidas nesse alto grau de qualidade, faz-se necessário que seja realizada em ambientes protegidos para evitar qualquer tipo de contaminação (SOUZA et al., 2002).

A propagação comercial do mirtilo através de sementes não é utilizada, apesar do grande número de sementes por fruto, devido à ocorrência de segregação genética, que origina descendentes com caracteres distintos aos da planta-mãe (HOFFMANN et al., 1995). Uma das técnicas utilizadas com eficiência para

disponibilizar mudas de mirtilheiro no mercado tem sido a micropropagação (DAMIANI; SCHUCH, 2008). A aplicação desta técnica é importante devido à elevada qualidade fitossanitária e à homogeneidade das mudas produzidas, porém, o custo final desta muda é elevado (SCHUCH; ERIG, 2005). Entretanto, as técnicas de micropropagação privam as plântulas de sua microbiota natural benéfica, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), embora promovam condições ambientais ótimas em relação à água, nutrição e luz. No caso da produção de mudas micropropagadas, onde são utilizados substratos inertes, é interessante que as mesmas, devido ao estresse sofrido por elas no momento do transplante, tenham um suporte biológico antes da realização desta etapa (RAI, 2001).

A micorriza constitui-se numa simbiose praticamente universal, entre os FMAs e as plantas, tanto pelo grande número de plantas suscetíveis à micorrização, como por sua ocorrência generalizada na maioria dos habitats (DECLERCK et al. 1995).

Os fungos micorrízicos arbusculares são microorganismos biotróficos obrigatórios que se associam a raízes secundárias da planta hospedeira promovendo um aumento do volume de solo explorado pelo sistema radicular (CARNEIRO et al., 1998). Essas associações aumentam o acesso das plantas aos minerais escassos ou imóveis no solo, como o fósforo, aumentando a taxa de crescimento das plantas, melhorando a relação planta-água, contribuindo para um melhor aproveitamento da água do solo pelas plantas melhorando a resistência desses vegetais à seca (SANCHEZ-DIAZ et al., 1990). Desempenham importante papel na ciclagem de nutrientes, impedindo uma rápida perda por lixiviação e permitem sua conservação nesses ecossistemas, onde grande parte dos nutrientes disponíveis se concentra na biomassa (ODUM, 1988).

Sendo assim, o uso da micorrização pode ter um grande potencial de utilização, através de sua capacidade de tornar o sistema radicular mais eficiente e de seu papel no aumento da tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos, abrindo perspectivas de grande interesse para a produção de plantas de alta qualidade em sistemas com uma utilização reduzida de insumos (GIANINAZZI et al., 1990; HOOKER et al., 1994).

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o efeito da inoculação de FMAs em mudas micropropagadas de mirtilheiro das cultivares Woodard e Bluegem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Micropropagação de Plantas Frutíferas e na casa de vegetação pertencente ao Departamento de Solos, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão do Leão (RS), no período de 09 de maio de 2011 até 10 de outubro de 2011.

2.2 Micropropagação das mudas

Para a produção de mudas micropropagadas, foram utilizados segmentos caulinares como explantes de mirtilheiro 'Bluegem' e 'Woodard' pertencentes ao grupo rabbiteye com sete gemas e folhas, produzidas no Laboratório de Micropropagação de Plantas Frutíferas, do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPe), em meio nutritivo WPM - Wood Plant Media (LLOYD; MCCOWN, 1980) acrescido de 100 mg. L⁻¹ de mio-inositol, 30 g. L⁻¹ de sacarose e 6g. L⁻¹ de ágar. O pH do meio de cultura foi ajustado para 5,0 com NaOH 0,1 N e, HCl 0,1N antes da adição do ágar. Na fase da multiplicação foi adicionado 5mg de 2iP (citocinina).

Em função da disponibilidade destes materiais no Laboratório de Micropropagação de Plantas Frutíferas, deu-se preferência por estas cultivares

2.3 Enraizamento das mudas

O enraizamento foi realizado *ex-vitro* em casa de vegetação por um período de dois meses. Os explantes, com cinco a oito pares de folhas, foram imersos em solução de ácido indolbutírico (AIB), na concentração de 250 mg.L⁻¹ por 10 minutos, para estimular o seu enraizamento. Em seguida, foram transferidas e acondicionadas em cumbucas plásticas contendo vermiculita expandida de granulometria média. As bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação com temperatura controlada (± 25 °C).

2.4 Aquisição dos inóculos de FMAs

Os isolados de FMAs (*Glomus clarum* Nicolson e Schenck, *Glomus etunicatum* Becker e Gerd, *Gigaspora margarita* Becker e Hall e *Scutellospora*

heterogama Nicolson e Gerd) utilizados no experimento, foram cedidos pelo banco de espécies do Departamento de Horticultura e Silvicultura da UFRGS.

2.5 Inoculação dos FMAs nas mudas

Decorridos dois meses, os explantes já enraizados *ex vitro* foram transferidos para sacos de polietileno preto (tamanho 10 x 15 cm), em substrato comercial Carolina[®] composto por (Turfa Canadense, Vermiculita e Casca de Arroz) onde a inoculação das espécies de FMA foi realizada na proporção de 5g de inóculo contendo estruturas de FMA. Para cada saco de polietileno, os quais foram preenchidos até a metade de sua altura com o substrato, a seguir adicionado o inóculo de FMA formando uma camada uniforme e, por fim, o restante do substrato completando o volume do saco. Em seguida, foi realizada a transferência das plantas micropropagadas aos respectivos sacos de polietileno. As plantas foram irrigadas com pulverizador manual de acordo com a sua necessidade, com água pH igual a 5,0, sendo este reduzido com o uso do produto comercial SolP30.

2.6 Variáveis analisadas

Para mensurar a influência da micorrização nas mudas de mirtilheiro, foram analisada altura das plantas, número de brotações, comprimento das brotações, biomassa seca da parte aérea e raízes, análise de macro e micronutrientes das folhas e determinação da colonização radicular com FMA.

Inicialmente as avaliações da altura das plantas, número de brotações e comprimento das brotações foram realizadas semanalmente, com intuito de identificar o momento exato da atuação dos FMA nas plantas e, posteriormente, passando a avaliá-las quinzenalmente.

Para a altura das plantas, a mensuração foi feita desde o colo até o ápice da haste principal utilizando uma régua milimetrada. O número de brotações foi analisado através de contagem das mesmas. Para o comprimento das brotações a mensuração foi feita através de uma régua milimetrada. Para avaliação da biomassa seca, as plantas foram divididas em parte aérea e sistema radicular, onde foram devidamente lavadas com água destilada. Em seguida, pesadas em balança de precisão. Logo após, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, onde procedeu-se à secagem a 70°C

por 72 horas, até peso constante. Em seguida, o material foi pesado em balança de alta precisão.

Para avaliar a colonização radicular por FMA, raízes das cultivares de mirtilo foram coletadas na base e na extremidade da copa, estas foram separadas do substrato com água corrente e clarificadas segundo a técnica descrita por Phillips e Hayman (1970), modificada por Gianinazzi e Gianinazzi-Pearson (1992). As raízes foram colocadas em becker com solução de hidróxido de potássio (KOH) a 10 % durante 20 minutos a 90°C em banho maria. Após a fase do KOH, adicionou-se uma solução de água oxigenada (H₂O₂) a 10%, durante 5 minutos. Em seguida as raízes foram lavadas cinco vezes em água destilada e acidificadas por 5 minutos em solução de ácido acético a 5 %. Para o processo de coloração, as raízes foram colocadas no azul de tripano (0,075 g de azul de tripano misturado a 500 mL de glicerol, 450 mL de água, 50 mL de ácido clorídrico a 2 %) e aquecidas durante 1 minutos a 90 °C. Após o aquecimento, as raízes coradas foram lavadas com água destilada para a retirada do excesso do corante e conservadas em lactoglicerol. A observação da colonização de FMA foi feita em microscópio óptico segundo Giovannetti e Mosse (1980). Foram montadas cinco lâminas para cada amostra de raiz, contendo dez segmentos de raízes de aproximadamente um centímetro em cada lâmina. A porcentagem de raízes colonizadas foi obtida através da relação: número de segmentos infectados/total analisado.

2.7 Experimento 1: Comportamento de plantas de “Woodard” inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares

Todas as etapas de instalação do experimento foram descritos no item 2.0.

Os tratamentos testados para as cultivares “Woodard” foram: T1 - Inoculação com *Scutellospora heterogama* Nicol. e Gerd; T2 - Inoculação com *Glomus etunicatum* Becker e Gerd; T3 - Inoculação com *Glomus clarum* Nicol. e Schenck; T4 – Inoculação com *Gigaspora margarita* Becker e Hall e Testemunha, sem FMA.

2.8 Experimento 2: Comportamento de plantas de “Bluegem” inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares

Todas as determinações feitas neste experimento foram iguais às realizadas no experimento 1 (item 2.7).

2.9 Análises estatísticas dos dados

O delineamento experimental utilizado para produção de mudas de mirtilo micorrizadas foi blocos casualizados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) das características avaliadas, e logo, quando significativos, para comparação das médias, foram aplicados os testes de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro para comparar tratamentos de inoculação e o de Dunnet a 5% de significância para comparar os tratamentos de inoculação com a testemunha.

Em todas as análises foi utilizado o software estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1985)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cultivar Woodard a altura das plantas inoculadas com *Gigaspora margarita* foi superior aos demais tratamentos, inclusive à testemunha. Quanto ao número de brotações os tratamentos *Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* não apresentaram diferença entre si e nem quando comparadas à testemunha. Com relação ao comprimento das brotações todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante entre si. Entretanto só o tratamento *Gigaspora margarita* foi superior quando comparado à testemunha. Para a variável comprimento das raízes, todos os tratamentos não diferiram entre si. Entretanto, quando comparados à testemunha todos os tratamentos foram superiores (Tabela 4).

Tabela 4. Altura, número de brotações, comprimento das brotações e comprimento das raízes de plantas de mirtilo cv. Woodard, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).

Tratamento	Altura (cm)	Nº de brotações	Comprimento das brotações (cm)	Comprimento das raízes (cm)
<i>Scutellospora heterogama</i>	9,11ab ^{ns}	4,87a ^{ns}	10,91a ^{ns}	11,93a *
<i>Glomus etunicatum</i>	9,34ab ^{ns}	4,70a ^{ns}	10,73a ^{ns}	12,00a *
<i>Glomus clarum</i>	8,04b ^{ns}	4,79a ^{ns}	10,92a ^{ns}	12,10a *
<i>Gigaspora margarita</i>	11,69a *	4,50a ^{ns}	12,53a *	12,45a *
Testemunha	8,1	4,8	9,4	9,0
C.V (%)	47,6	32,2	28,9	16,4

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

ns: Não houve diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

*: Diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

Desde o início do experimento até o 100º dia de cultivo não houve um crescimento considerável em altura, número de brotações e comprimento das brotações, em todas as plantas, devido às baixas temperaturas ocorridas durante esse período. A partir do 100º dia, voltou a existir um crescimento até o 160º dia, e

foi nesse período que os FMA passaram a exercer efeito sobre a altura, comprimento das brotações e raízes das plantas.

Para a cultivar Bluegem, todos os tratamentos testados para a altura não diferiram entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Entretanto, só o *Glomus etunicatum* foi superior à testemunha quando comparados pelo teste Dunnet. Para o número de brotações os tratamentos também não diferiram entre si, e quando comparados com a testemunha, *Scutellospora heterogama* e *Glomus etunicatum*, estes foram estatisticamente superiores. Em relação ao comprimento das brotações e comprimento das raízes os tratamentos apresentaram resultados semelhantes entre si e superiores à testemunha (Tabela 5).

Tabela 5. Altura, número de brotações, comprimento das brotações e comprimento das raízes de plantas de mirtilo cv. Bluegem, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).

Tratamento	Altura (cm)	Nº de brotações	Comprimento das brotações (cm)	Comprimento das raízes (cm)
<i>Scutellospora heterogama</i>	6,89a ^{ns}	4,67a*	9,20a*	11,86a*
<i>Glomus etunicatum</i>	7,20a*	5,12a*	9,39a*	11,97a*
<i>Glomus clarum</i>	6,60a ^{ns}	3,91a ^{ns}	8,88a*	10,7a*
<i>Gigaspora margarita</i>	6,36a ^{ns}	4,25a ^{ns}	10,23a*	11,79a*
Testemunha	4,94	4,7	9,6	8,1
C.V (%)	53,7	38,5	25,7	16,4

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

ns: Não houve diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

*: Diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

Büttenbender (2001) verificou que para porta enxerto de videira, os tratamentos com *Glomus clarum* e *Scutellospora heterogama* não diferiram da testemunha, ou seja, não houve efeito sobre o crescimento. Silva et al. (1998), trabalhando com mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) inoculadas com *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*, mostraram que as mudas inoculadas apresentaram altura superior às plantas não inoculadas. Este resultado não corrobora com os dados obtidos neste trabalho, visto que, obteve-se resultados de crescimento em altura diferenciados entre as espécies de FMA inoculados e as cultivares, sendo que

apenas *Gigaspora margarita* da cv. Woodard foi superior à testemunha. De acordo com alguns trabalhos, o fungo *Gigaspora margarita* está entre as espécies de FMAs que mais tem promovido grandes respostas no crescimento de fruteiras, como macieira (KON, 1995), goiabeira (SAMARÃO; MARTINS, 1998) e mamoeiro (TRINDADE et al., 2000). Samarão e Martins (1999) obtiveram resposta significativa no crescimento de mudas de goiabeira quando inoculadas com *Gigaspora margarita*, em comparação com *Glomus clarum*.

De acordo com os resultados alcançados para o comprimento do sistema radicular, onde as plantas inoculadas tiveram maior estímulo à formação de raízes em relação às plantas não inoculadas, Gendiah (1991) também verificou que mudas de videira ao serem inoculadas com FMAs tendem a ter maior comprimento radicular e crescimento da parte aérea que as não submetidas à inoculação.

Segundo Silveira et al. (2002), a afinidade de cada espécie de FMA inoculada em plantas frutíferas é o principal fator para acarretar um crescimento diferenciado nestas plantas.

A biomassa verde e seca da parte aérea da cultivar Woodard inoculada com *Gigaspora margarita* foi superior aos demais tratamentos (Tabela 6). Quando comparada à testemunha, todos os tratamentos diferiram ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet. Com relação a biomassa verde das raízes, as plantas inoculadas com *Scutellospora heterogama* e *Gigaspora margarita* apresentaram os maiores resultados. Quando comparados à testemunha, os tratamentos *Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* diferiram ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet. Já em relação à biomassa seca das raízes, *Gigaspora margarita* diferiu dos demais tratamentos e foi superior à testemunha. A colonização nas raízes pelos fungos *Scutellospora heterogama* e *Gigaspora margarita* diferiu a 5% de probabilidade pelo teste Tukey dos demais tratamentos. No entanto, todos os tratamentos foram superiores quando comparados à testemunha.

Tabela 6. Colonização das raízes, biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea (folhas e hastes) e das raízes de plantas de mirtilo cv. Woodard, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).

Tratamento	Parte aérea		Raízes		Colonização %
	Biomassa verde (g)	Biomassa seca (g)	Biomassa verde (g)	Biomassa seca (g)	
<i>Scutellospora heterogama</i>	4,41b*	1,46b*	1,37a*	0,08b ^{ns}	45,1a*
<i>Glomus etunicatum</i>	3,97b*	1,21b*	0,72c*	0,06bc ^{ns}	32,3b*
<i>Glomus clarum</i>	4,15b*	1,25b*	0,98b ^{ns}	0,06c ^{ns}	34,0b*
<i>Gigaspora margarita</i>	7,29a*	2,17a*	1,44a*	0,3a*	48,2a*
Testemunha	3,31	0,93	0,99	0,07	0
C.V (%)	19,5	19,1	18,6	23,2	27,9

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

ns: Não houve diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

*: Diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

Na cultivar Bluegem, os tratamentos com *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* foram os que apresentaram os maiores incrementos na biomassa verde e seca da parte aérea, respectivamente, quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 7). Entretanto, quando comparado à testemunha, o *Glomus etunicatum* foi o único tratamento que diferiu a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet para a biomassa verde da parte aérea, assim como o tratamento *Gigaspora margarita* para a variável biomassa seca da parte aérea. Com relação a biomassa verde e seca das raízes a resposta para o tratamento *Glomus etunicatum* foi superior aos demais e à testemunha. A colonização nas raízes pelos fungos *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* diferiu a 5% de probabilidade pelo teste Tukey dos demais tratamentos. No entanto, todos os tratamentos foram superiores quando comparados à testemunha (Tabela 7).

Tabela 7. Colonização das raízes, biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea (folhas e hastes) e das raízes de plantas de mirtilo cv. Bluegem, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).

Tratamento	Parte aérea		Raízes		Colonização %
	Biomassa verde (g)	Biomassa seca (g)	Biomassa verde (g)	Biomassa seca (g)	
<i>Scutellospora heterogama</i>	2,85b ^{ns}	0,98b ^{ns}	0,62c ^{ns}	0,08c ^{ns}	44,7ab*
<i>Glomus etunicatum</i>	4,79a*	1,36a ^{ns}	1,25a*	0,42a*	50,1a*
<i>Glomus clarum</i>	3,05b ^{ns}	0,89b ^{ns}	0,51c ^{ns}	0,09c ^{ns}	40,3b*
<i>Gigaspora margarita</i>	4,40a ^{ns}	1,61a*	0,85b ^{ns}	0,28b ^{ns}	47,4a*
Testemunha	3,97	1,26	0,78	0,21	0
C.V (%)	26,8	28,8	26,07	39,7	10,6

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

ns: Não houve diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

*: Diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

Büttenbender (2001) trabalhando com porta enxerto de videira, observou um incremento no peso da biomassa fresca da parte aérea do porta enxerto quando inoculado com *Scutellospora heterogama*. Trindade et al. (2001) observaram grande acréscimo de matéria seca da parte aérea em plantas de variedades de mamoeiro inoculadas com *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*. Silva et al. (2004), trabalhando com maracujazeiro-doce, observaram que os FMAs têm capacidade de aumentar a taxa fotossintética da planta, incrementando a matéria seca da parte aérea.

Silva et al. (1999) trabalhando com porta enxerto de videira micropropagado, observaram maior peso da biomassa seca das raízes quando inoculado aos fungos *Scutellospora heterogama* e *Glomus clarum*. Entretanto, dentre os FMAs avaliados, apenas os *Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* diferiram dos demais tratamentos para estes parâmetros. Estes resultados comprovam novamente que os benefícios provenientes da simbiose dependem da espécie de FMA utilizada. Estas diferenças podem ser explicadas também pelo tempo em que as plantas de mirtilo permaneceram em contato com os FMAs. Algumas espécies de fungos, provavelmente precisam de um período maior para se adaptarem, e conseqüentemente demonstrarem seus efeitos.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo para a intensidade de colonização radicular, todas as espécies testadas colonizaram as raízes de mirtilo (Tabelas 6 e 7). Porém *Gigaspora margarita* (48,2%) e *Scutellospora heterogama* (45,1%) obtiveram a maior intensidade para a cultivar Woodard e *Glomus etunicatum* (50,1%) e *Gigaspora margarita* (47,4%) para a cultivar Bluegem.

Matos e Silva (1996) observaram maior desenvolvimento vegetativo em plantas micropropagadas de abacaxi inoculadas com *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* no período de 12 meses. Ao final do experimento as plantas estavam com maior tamanho, maior número de brotações novas e maior acúmulo de P e K. Estes mesmos autores pressupõem que no decorrer do tempo os efeitos benéficos de plantas micorrizadas tendem a aumentar.

Os percentuais de macronutrientes da parte aérea dos tratamentos com FMAs das cultivares Woodard e Bluegem encontram-se nas Tabelas 8 e 9. As plantas colonizadas por FMAs tiveram melhor absorção de nutrientes comparadas às não-colonizadas. Este resultado explica um bom desenvolvimento inicial das plantas de mirtilo micorrizadas. De acordo com Siqueira et al. (2002) esta diferença de crescimento das plantas inoculadas e das não inoculadas pode ser atribuída ao efeito das hifas externas dos FMAs possibilitarem, ao sistema radicular das plantas hospedeiras, uma maior absorção de nutrientes.

Para a cultivar Woodard os tratamentos com *Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* proporcionaram maiores teores de N e P na parte aérea das plantas. Quanto aos teores de K, todos os tratamentos foram superiores à testemunha, sendo que, *Gigaspora margarita* proporcionou o maior teor foliar e *Glomus clarum* valor intermediário. Quanto ao conteúdo de Ca e Mg encontrado nos tecidos da parte aérea, todos os tratamentos apresentaram resultados semelhantes, inclusive não diferindo da testemunha (Tabela 8). A maior absorção de nitrogênio pelas plantas inoculadas com FMAs contribuiu para que esses tratamentos proporcionassem maior altura, comprimento de brotação, biomassa fresca e seca da parte aérea e raízes, quando comparados à testemunha (Tabelas 4 e 6).

Tabela 8. Teores nutricionais da parte aérea de plantas de mirtilo cv. Woodard, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).

Tratamento	Teorer Nutricionais g kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>Scutellospora heterogama</i>	32,6a*	3,1a*	7,5ab*	2,8a ^{ns}	1,7a ^{ns}
<i>Glomus etunicatum</i>	36,2a*	2,6a*	7,4ab*	2,4a ^{ns}	1,8a ^{ns}
<i>Glomus clarum</i>	35,2a*	3,1a*	7,2b*	2,6a ^{ns}	1,7a ^{ns}
<i>Gigaspora margarita</i>	36,8a*	3,4a*	8,2a*	3,4a ^{ns}	1,9a ^{ns}
Testemunha	25,4	2,1	6,4	2,5	1,52
C.V (%)	14,5	21,6	5,1	21,9	14,1

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

ns: Não houve diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

*: Diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

No caso da cultivar Bluegem, os teores de N, P, K, Ca e Mg foram semelhantes entre os tratamentos, apenas o teor de K em todos os tratamentos, foi significativo em relação à testemunha. Entretanto, para os teores de N encontrados nos tecidos da parte aérea *Glomus etunicatum* foi superior à testemunha. Já para o P, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* foram superiores à testemunha. Para os teores de Ca e Mg, os tratamentos apresentaram comportamento semelhante quando comparados à testemunha (Tabela 9).

Os resultados dos nutrientes encontrados neste estudo para a cultivar Woodard, mostram que além dos tratamentos com FMAs apresentarem maiores teores de macronutrientes nos tecidos vegetais, em relação à testemunha, seus índices alcançaram os valores ótimos mostrados por Freire (2004) na cultura do mirtilo para N, P e K. Pode-se afirmar então, que o período total do experimento, de 150 dias, foi suficiente para as micorrizas explorarem bem o substrato.

Tabela 9. Teores nutricionais da parte aérea de plantas de mirtilo cv. Bluegem, inoculadas com quatro espécies de FMA (*Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) e sem inoculação (Testemunha).

Tratamento	Teorer Nutricionais g kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>Scutellospora heterogama</i>	33,8a ^{ns}	1,4a ^{ns}	5,5a*	2,3a ^{ns}	1,5a ^{ns}
<i>Glomus etunicatum</i>	35,4a*	1,6a*	5,3a*	2,8a ^{ns}	1,6a ^{ns}
<i>Glomus clarum</i>	32,1a ^{ns}	1,7a*	5,3a*	2,4a ^{ns}	1,6a ^{ns}
<i>Gigaspora margarita</i>	34,9a ^{ns}	1,5a*	5,2a*	2,7a ^{ns}	1,7a ^{ns}
Testemunha	29,1	1,3	4,7	2,8	1,8
C.V (%)	10,7	14,35	9,8	21,4	32,8

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

ns: Não houve diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

*: Diferença significativa entre o tratamento e a testemunha a nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

Segundo Minhoni e Auler (2003) os fungos micorrízicos são vitais para as plantas, pois podem proporcionar aumento de até 25% na absorção de N (SIQUEIRA et al., 2002), 80% na absorção de P (MARSCHNER; DELL, 1994) e de 60% para o K (SIQUEIRA et al., 2002). Ainda segundo Minhoni e Auler (2003), os FMAs são de fundamental importância para as plantas, em função de sua capacidade de induzir uma maior absorção do fósforo e potássio. Com os resultados significativos em relação à testemunha obtidos neste estudo, pode-se relacionar este resultado às boas condições que foram proporcionadas, principalmente o valor do pH, que beneficiou a colonização dos FMAs nas raízes, propiciando maior absorção de fósforo do substrato. De acordo com Tedesco et al. (2004), o fósforo e o potássio são elementos com grande mobilidade no tecido vegetal, porém são pouco móveis no solo, além de terem baixa solubilidade.

Segundo Silveira (1999), o cálcio e o magnésio são elementos essenciais em processos fisiológicos como a regulação da hidratação, ativação de enzimas e, no caso do magnésio, na fotossíntese. De acordo com resultados obtidos por Souza (1995) em plantas frutíferas, verificou-se que os FMAs têm o poder de reduzir a absorção do cálcio e magnésio. De acordo com Souza et al. (2005), a concentração de cálcio e o magnésio em plantas de *Citrus* submetidas à inoculação com FMAs é semelhante à concentração presente em plantas não colonizadas, pela inibição da absorção desses elementos, devido a um efeito tampão ocasionado pelos FMAs.

Nunes et al. (2008) observaram em porta enxerto de pessegueiro, inoculado com FMAs níveis baixos de cálcio e magnésio nos tecidos das plantas. Este resultado corrobora com os resultados obtidos com as espécies de FMAs analisadas neste trabalho.

4 CONCLUSÕES

O FMA *Gigaspora margarita* proporciona melhor nutrição e maior desenvolvimento vegetativo das plantas de mirtilo cultivar Woodard.

O uso de espécies de FMA *Glomus etunicatum* melhora o estado nutricional e o crescimento vegetativo de plantas de mirtilo cultivar Bluegem.

A eficiência da simbiose dos FMAs em cultivares de mirtilo, depende da interação específica FMA X hospedeiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALBERT, T. et al. The influence of propagation method on growth of the half-highbush blueberry 'northblue'. **Acta Horticulturae**, v.812, p.141-146, 2009.

ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. **Mycological Research**, v.7, p.769–782, 1996.

ANTUNES, L. E. C. Potencial de produção de pequenas frutas em diferentes regiões do sul do Brasil. In: Encontro Nacional de Fruticultura de Clima Temperado, 2005, Fraiburgo. **Anais**. Caçador: Epagri, 2005, p.61-62.

ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R. Propagação. In: RASEIRA, M.C.B; ANTUNES, L.E.C. **A cultura do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.27-34. (Documento, 121).

ANTUNES, L.E.C.; MADAIL, J.C.M. **Mirtilo: uma oportunidade de negócio**. 2007. Disponível em:
<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=15206>.
Acesso em: 22 nov. 2011.

AZCÓN-AGUILAR, C. E BAREA, J.M. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 68, n.4, p. 1-24, 1997.

BAI, C.; HE, X.; TANG, H.; SHAN, B.; ZHAO, L. Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi, glomalin and soil enzymes under the canopy of *Astragalus*

adsurgens Pall. in the Mu Us sandland, China. **Soil Biology e Biochemistry**, Oxford, v. 41, p. 941-947, 2009.

BALOTA, R. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.1265-1276, 1999.

BAÑADOS, M.P. Blueberry production in South América. **Acta Horticulturae** (ISHS). n. 715, p. 165-172, 2006.

BATI, C. B. et al. Influence of propagation techniques on growth and yield of olive tree cultivars „Carolea” and „Nocellara Etnea”. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.109, p.173-182, jun. 2006.

BORKOWSKA, B.; KRZEWINSKA, D. Inoculation of young cranberry and blueberry plants with fungi isolated from polish ecosystems. **Acta Horticulturae**, Corvallis, v. 810, p. 689-696, 2009.

BOUNOUS, G. Tecniche di produzione del mirtilo gigante in Italia. **Rivista di Frutticoltura e Ortofloricoltura**, Bologna, n. 11, p. 24 -30, 2003.

BRAZELTON, D.; STRIK, B.C. Perspective on the U.S. and global blueberry industry. **Journal of the American Pomological Society**, v.61, p.144-147, 2007.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. **Field and laboratory methods for general ecology**, 3rd ed. Dubuque, McGraw-Hill. 1990.

BUNN, R.; LEKBERG, Y.; ZABINSKI, C. Arbuscular mycorrhizal fungi ameliorate temperature stress in thermophilic plants. **Ecology**, v.90(5), p.1378-1388, 2009.

BÜTTENBENDER, D. **Utilização de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Porta-Enxertos de Videira**. Porto Alegre, 2001. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)

BUZETA, A. Chile: Berries para el 2000. **Fundación Chile**. Santiago, Chile. 1997. 133 p.

– Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CAMPOS, A.D.; ANTUNES, L.E.C.; RODRIGUES, A.C.; UENO, B. **Enraizamento de estacas de mirtilo provenientes de ramos lenhosos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 6 p. (Documento, 133).

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; TRUFEM, S. B.; GRANHA, J. R. D. O.; MONTEIRO, A. B. Ocorrência de fungos micorrizicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita e, Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1409-1418. dez. 2003.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. O.; RIBEIRO, SILVA, E. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Capacidade infectiva de fungos micorrizicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 8, p. 937-945, 2003.

CARENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Arbuscular mycorrhizal fungi in citric plants (*Citrus sinensis* L. Osbeck/*C. limonia* Osbeck) treated with fosetyl-Al and metalaxyl. **Mycological Research**, v. 102, p. 677-682, 1998.

CHU, E.Y.; MÖLLER, M.R.F.; CARVALHO, J.G. Efeito da inoculação micorrízica em mudas de gravioleiras em solos fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.671-680, 2001.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 383-418.

CONNOR, A.M.; LUBY, J.J.; HANCOCK, J.F.; BERKHEIMER, S.; HANSON, E.J. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 893-898, 2002.

CORRÊA, E.R. et al. Germinação in vitro, do pólen de diferentes cultivares de mirtilo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Resumos...** Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.278-281. (Documentos 123).

COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, V.M.T.; MANSUR, R.J.; NOGUEIRA, C. Influência de fungos micorrizicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceloreiras (*Malpighia glabra* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36(6), p.893-901, 2001.

CRUZ, S.J.C. Estudio de la simbiosis micorrizica vesicular arbuscular en el cultivo de *Coffea arabica* var. Caturra. **Fitopatol. Colomb.**, 13(2): 56-64, 1989.

CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of Glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.711-719, 1998.

DAMIANI, C.R.; SCHUCH, M.W. Multiplicação fotoautotrófica de mirtilo através do uso de luz natural. **Revista Brasileira de Jabuticabal**, Jabuticabal, v.30, n. 2, p. 482-487, 2008.

DANIELE-SILVA, A.; UHLMANN, A.; VICENTE-SILVA, J.; STUMER, S.L. How mycorrhizal associations and plant density influence intra- and inter-specific competition in two tropical tree species: *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. and *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. **Plant Soil**, 2009.

DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D. G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, The Hague, v.176, p.183-187, 1995.

ECCHER, T.; NOÉ, N.; BACCHETTA, M. The influence of ericoid endomycorrhizae and mineral nutrition on the growth of micropropagated plants of *Vaccinium corymbosum* L. **Acta Horticulturae**, Sevilla, v. 715, p. 411-416, 2006.

ECCHER, T.; BACCHETTA, M.; GRANELLI, G. Long term effects of ericoid endomycorrhizae on the growth of micropropagated plants of *Vaccinium corymbosum* L. in the field. **Acta Horticulturae**, Corvallis, v. 810, p. 657-664, 2009.

ELSEN, A.; GERVACIO, D.; SWENNEN, R.; DE WAELE, D. AMF-induced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa* sp.: a systemic effect. **Mycorrhiza**, v.18, p.251-256, 2008.

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

ENTRY, J.A.; RYGIEWIEZ, P.T.; WATRUD, L.S.; DONNELLY, P.K. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. **Advances in Environmental Research**, Massachusetts, v. 7, p. 123-138, 2002.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; SANTOS, A.M. dos. Amoreira-preta, framboesa e mirtilo: pequenos frutos para o sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador. **Resumos...** Salvador : Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. V.3, p.989-990 .

FACHINELLO, J. C.. M. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, jun.2008.

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**, 39 (5): 469-476, 2004.

FRANKE-SNYDER, M.; DOUDS JUNIOR, D.D.; GALVEZ, L.; PHILLIPS, J.G.; WAGONER, P.; DRINKWATER, L.; MORTON, J.B. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. **Applied Soil Ecology**, v.16, p.35-48, 2001.

FREIRE, C.J.S. Solos, nutrição e adubação para o mirtilo. In: RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L.E.C. **A cultura do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.41-52, 2004. (Embrapa Clima Temperado. Documentos 123).

GALLETTA, G.J.; BALLINGTON, J.R. **Blueberry, cranberries, and lingonberries** In: JANICK, J.; MOORE, J.N.[Ed]. Fruit Breeding. New York: John Wiley e Sons. p.1-108. 1996

GEHRING, C.A. Growth responses to arbuscular mycorrhizae by rain forest seedlings vary with light intensity and tree species. **Plant Ecology**, Perth, v. 167, p.127-139, 2003

GENDIAH, H.M. Stimulating root growth of grape hardwood cutting by using endomycorrhizal fungi. **Annals of Agricultural Science**, v.29, p.1713-1723, 1991.

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**, London, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIANINAZZI, S.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Cytology, histochemistry and immunocytochemistry as tools for studying structure and function in endomycorrhiza. In: **Methods in Microbiology**, v.24, p.109-139, 1992.

GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A.; GIANINAZZI, V. Role and use of mycorrhizas in horticultural crop production, 23 I.H.C. **Plenary Lectures**, London, v. 32, p.25-30, 1990.

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

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

GIONGO L.; BERGAMINI A. Breeding objectives for raspberry and highbush blueberry worldwide. **Frutticoltura**, v.65, n.11, p.39-44, 2003.

GRANGER, R.L.; PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A. Effect of a vesicular arbuscular (VA) endomycorrhizal fungus (*Glomus epigaeum*) on the growth and leaf mineral-content of 2 apple clones propagated in vitro. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, n.63, n.2, p.551-555, 1983.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J.C.; SANTOS, A.M. Enraizamento de estacas de duas cultivares de mirtilo (*vaccinium ashei* reade) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.1, n.1, p.7-11, 1995.

HOOKER, J.E.; GIANINAZZI, S.; VESTBERG, M.; BAREA, M.; ATKINSON, D. The application of arbuscular mycorrhizal fungi to micropropagation systems: an opportunity to reduce chemical inputs. **Agricultural Science of Finland**, Helsinki, v.3, p.227-232, 1994.

JEFFRIES, P.; GIANINAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K.; BAREA, J.M. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p.1-16, 2003.

KALT, W.; JOSEPH, J.A.; HALE, B.S. Blueberry and human health: a review of current reseach. **Journal of American Pomological Society**, Urbana, v.61, n.3, p.151-160, 2007.

KON, T. Effects of the inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of apple seedlings. **Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station**, Aomori. v.28, p.53-73, 1995.

LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 12, p. 249-255, 1988.

LLOYD, G., McCOWN, B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel *Kalmia latifolia* by use of shoot-tip culture. **International Plant Propagation Society Proceedings**. USA. v. 30, p. 421-427, 1980.

LOCATELLI, L.M.; LOVATO, P.E.; PEDROTTI, E.L. Crescimento e desenvolvimento radicular do porta-enxerto de macieira Marubakaido (*Malus prunifolia*) micropropagado submetido à inoculação micorrízica e à poda de raízes. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.24, n.2, 2002.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Science, 256p, 2004.

MAINLAND, C.M. Propagation of blueberries. In: CHILDERS, N.F.; LYRENE, P.M. Blueberries for growers, gardeners, promoters. Florida: E.O.Painter Printing Company, 2006. p. 49-58.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. In: ROBSON, A.D.; ABBOT, L.K.; MALAJCZUK, N. (Ed.). Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. 2.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 89-102.

MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R. de. Effect of inoculation by arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated pineapple plants. **Fruits**, Paris, vol.51, p.115-118, 1996.

MICHEL-ROSALES, A.; VALDES, M. Arbuscular mycorrhizal colonization of lime in different agroecosystems of the dry tropics. **Mycorrhiza**, v.6, n.2, p.105-109, 1996.

MILLER, S.A. et al. A comparison of blueberry propagation techniques used in new zealand. **Acta Horticulturae**. 715: 397-402, 2006.

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

MONTEIRO, C. La expansión dela producción de arándanos em Uruguay y su relación el Hemisferio Sur. In: Simpósio nacional do morango, 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Clima Temperado. p.233-242.

MONTEIRO, C. Producción de arándanos en Sudamérica. In: III Simpósio nacional do morango II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul, 2006, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa, 2006, p.145.

MORTON, J. B.; BENTIVENGA, S. P.; WIEELER, W. W. Germ plasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. **Mycotaxon**, Ithaca. v. 48, p.491-528, 1993.

MORTON, J.B. Problems ans solutions for the integration of glomalean taxonomy, systematic biology, and study of mycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**. v.2, p. 97-109, 1993.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo** - 2^oed., Ed. UFLA, 729p, 2006.

MOREIRA, M.; BARETTA, D.; TSAI, S.M.; CARDOSO, E.J.B.N. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ecosystems. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, p. 380-385, 2006.

_____. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in native and in replanted Araucaria forest. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, p. 677-684, 2009.

MOREIRA-SOUZA, M.; TRUFEM, S.F.B.; GOMES-DA-COSTA, S.M.; CARDOSO, E.J.B.N. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. **Mycorrhiza**, New York, v. 13, p. 211-215, 2003.

MOREIRA, M.; BARETTA, D.; TSAI, S.M.; GOMES-DA-COSTA, S.M.; CARDOSO, E.J.B.N. Biodiversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in *Araucaria angustifolia* forest. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, p. 393-399, 2007.

MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P. WHEELER, W.W. 1993. Germ plasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. **Mycotaxon 48**: 491-528.

NDAW, S. M. Atividade e funcionalidade das comunidades nitrificadoras, desnitrificadoras e fixadoras de nitrogênio em solos sob diferentes coberturas na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Tese** (Doutor em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2007.

NUNES, J.L.S.; Souza, P.V.D.; Marodin, G.A.B.; 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.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; MADER, P.; WIEMKEN, A.; BOLLER, T. Distinct sporulation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities from different agroecosystems in long-term microcosms. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Amsterdam, v. 134, p. 257-268, 2009.

OLIVEIRA, J.R.G. de; SOUZA, R.G. de; SILVA, F.S.B. da; MENDES, A.S.M.; YANO-MELO, A.M. O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 32, p. 663-670, 2009.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2003, Vacaria, RS. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.9-17. (Documento 37).

PASQUAL, M. et al. Propagação in vitro de amora-preta (*Rubus* sp.) cv. Ébano: uso de reguladores de crescimento. **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.3, p.282-286, 1991.

PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Efeito de micorrizas vesicular arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo de N na soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 71-178, fev. 1987.

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.

QUEREJETA, J.I.; EGERTON-WARBURTON, L.M.; ALLEN, M.F. Topographic position modulates the mycorrhizal response of oak trees to interannual rainfall variability. **Ecology**, v.90(3), p.649-662, 2009.

RAI, M.K. Current advances in mycorrhization in micropropagation. **In vitro Cellular Development Biology-Plant**, Wallingford, v.37, n.2, p.158-167, 2001.

RASEIRA, M.C.B. **Classificação botânica, descrição da planta, melhoramento genético e cultivares**. In: RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L.E.C. A cultura do mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.13-26, 2004. (Embrapa Clima Temperado. Documentos 123).

REICH, L.; KORCAK, R.F.; THOMPSON, A.H. Effects of two mycorrhizal isolate on highbush blueberry at two soil pH levels. **HortScience**, Alexandria, v. 17, n.4, p. 642-

644, 1982.

REMY, W.; TAYLOR, T. N.; HASS, H.; KERP, H. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.91, p.11841-11843, 1994.

RILLIG, M.C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 28, p. 355-363, 2004.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Colonização do cafeeiro por diferentes fungos micorrízicos: efeitos na formação das mudas e crescimento em solo fumigado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. Viçosa, v. 19, n. 2, p. 213-220, 1995.

SALGADO, J.M. O emprego de amora, framboesa, mirtilo e morango na redução do risco de doenças. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1., Vacaria, RS, 2003. **Anais...** Ed. Alexandre Hoffmann, Sandra de Souza Sebben - Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 64 p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos 37). p.33-36.

SAMARÃO, S. S.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.196-199, 1999.

SAMARÃO, S. S., MARTINS, M. A. Influência da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares associada à aplicação de rutina na produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: FERTBIO, Caxambu, 1998. **Resumos...** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1998, p. 212.

SÁNCHEZ-DIAZ, M.; PARDO, M.; ANTOLÍN, M.; PEÑA, J.; AGUIRREOLA, J. Effects of water stress on photosynthetic activity in the *Medicago-Rhizobium-Glomus* symbiosis. **Plant Science**, v. 71, p. 215–221, 1990.

SANTOS, A.M.; RASEIRA, M.C.B. **A cultura do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 23 p., 2002.

SANTOS, A.M. Situação e perspectivas do mirtilo no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Palestras e Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.281-284.

SAS – Statistical Analysis System. 1985. User's Guide. 5th ed. SAS Institute Inc. Cary.

SCHÜßLER, A. Glomeromycota phylogeny. Disponível em:
<http://www.lrzmuemchen.de/~schuessler/amphylo>. Acesso em 23/12/2012.

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

SCHUCH, M.W.; ERIG, A.C. **Micropropagação de Plantas Frutíferas**. In: FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. Propagação de Plantas Frutíferas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.155-173, 2005.

SIEVERDING, E. Plant protection practices with pesticides. In: SIEVERDING, E. (Ed.) **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn, Technical Cooperation, Federal Republic of Germany, 1991. p. 165-182.

SILVA, R. P.; SOUZA, P. V. D. de.; AMARAL, A. L. do, et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares na aclimação do porta-enxerto de videira 101-14 micropropagado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: EMBRAPA – CNPUV, 1999. p.137.

SILVA, E.M.R.; SUDO, A.; ALMEIDA, D.L. de; MATOS, R.M.B.; PEREIRA, M.G.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, C.T. **Ocorrência e efetividade de fungos**

micorrízicos em plantas cultivadas. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 1998. 25 p. (EMBRAPA – CNPAB. Documentos, 83).

SILVEIRA, A.P.D. Avaliação de fungos micorrízicos arbusculares e sua importância ambiental. In: FRIGHETTO, R.T.S.; VALARI, P.J. **Manual técnico:** Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. Jaguariúna: Embrapa - CNPMA, 2000. p. 61-77.

SILVEIRA, T.S. **Fungos micorrízicos arbusculares em Ilex paraguariensis.** 2002. 144 f. Tese (Tese de Doutorado em Biologia) - Programa de Pós-graduação em Biologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

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

SILVEIRA, S.V. **Caracterização de micorrizas arbusculares autóctones de parreirais da serra Gaúcha e otimização de métodos de multiplicação em espécies aromáticas para aplicação na fruticultura.** 2006. 129f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SIQUEIRA, J.O. *Biologia do Solo.* ESAL/FAEPE, Lavras, Minas Gerais, 1993, 230p.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In *Microrganismos de importância agrícola.* (R. S. Araújo e M. Hungria, eds.). EMBRAPA-SPI. Brasília, p.235-249, 1994.

SIQUEIRA, J.O.; LAMBAIS, M.R.; STÜRMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares: origem e características dos fungos Glomaleanos. *Biotechnology, Ciência e Desenvolvimento*, v.25, p.12-21, 2002.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1997. 605 p.

SMITH S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis** 3rd ed. Academic Press. London. 803 p, 2008.

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

SOUZA, P.V.D.; CARNIEL, E.; SCHMITZ, J.A.K.; SILVEIRA, S.V. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. *mosntruosa* Swing). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.285-287, 2005.

SOUZA, P.V.D. de; SCHIMITZ, J.A.; FREITAS, R.S. de; CARNIEL, E.; CARRENHO, R. Identificação e quantificação de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em municípios produtores de citros no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 553 – 558, 2002.

STAHL, P. D.; CHRISTENSEN, M. Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*: breadth of environmental tolerance. **Mycological Research**, Cambridge, v. 95, p. 300-307, 1991.

STARAST, M.; KOLJALG, U.; KARP, K.; VOOL, E.; NOORMETS, M.; PAAL, T. Mycorrhizal colonization of half-high blueberry cultivars influenced by cultural practices. **Acta Horticulturae**, Sevilla, v. 715, p. 449-454, 2006.

STRIK, B. Chronica Horticulturae. In: Blueberry: An expanding world berry crop. Belgium, v.45, n.1, p. 7-12, 2005.

STRIK, B.C.; YARBOROUGH, D. Blueberry production trends in North America, 1992 to 2003, and predictions for growth. **HortTechnology**, v. 15, n. 2, p. 391-398, 2005.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Brazilian Ecosystems. In: MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.) **Soil Biodiversity in Amazonian and Other Brazilian Ecosystems**. CABI Publishing, London, p. 206-236, 2006.

STÜRMER, S.L.; KLAUBERG FILHO O.; QUEIROZ, M.H.D.; MENDONÇA, M.M.D. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 20, p. 513-521, 2006.

SYLVIA, D. M.; CHELLEMI, D. O. Interactions among root-inhabiting fungi and their implications for biological control of root pathogens. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 73, n. 1, p. 1 – 33, 2002.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. e VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 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. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 400p.

TRINDADE, A.V. **Fungos micorrízicos arbusculares em mamoeiro**. Lavras, MG, UFLA, 1998. 177p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

TRINDADE, A. V; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. de. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.12, p.1485-1494, 2001.

TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O.; ALMEIDA, F.P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para o mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p.505-513, 2000.

TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O.; STÜRMER, S.L. Arbuscular mycorrhizal fungi in papaya plantations of Espírito Santo and Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, p. 283-289, 2007.

TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicator of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R.G.; FAQUIN, V.; FURLANI NETO, A. E.; CARVALHO, J. Q. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529-550.

VEGA-FRUIITS, R.; GUEVARA, R. Different arbuscular mycorrhizal interactions in male and female plants of wild *Carica papaya* L. **Plant Soil**. v.322, p.165–176, 2009.

VIZZOTTO, M. **Mirtilo: a fruta da longevidade**; Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2009. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acessado em mar 2011.

WANG, B.; QIU, Y.L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. **Mycorrhiza**, New York, v. 16, p. 299-363, 2006.

WANG, S.Y.; LIN, H.-S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2000.

WEBER, O.B.; SOUZA, C.C.M.; GONDIN, D.M.F.; OLIVEIRA, F.N.S.; RISÓSTOMO, L.A.; CAPRONI, A.L.; SAGGIN JUNIOR, O. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.5, p.477-483, 2004.

WILCOX, H. E. Mycorrhizae. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plants roots**. New York: Marcel Dekker, 1996. 1002 p.

WILLIAMSON, J.; KREWER, G.; PAVLIS, G.; MAINLAND, C.M. Blueberry soil management, nutrition and irrigation. In: CHILDERS, N.F.; LYRENE, P.M. Blueberries for growers, gardeners, promoters. Florida: E.O.Painter Printing Company, p. 60-74, 2006.

ZANDEVALLI, R.B.; DILLENBURG, L.R.; SOUZA, P.V.D. Growth responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) to inoculation with the mycorrhizal fungus *Glomus clarum*. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 25, p. 245-255, 2004.

ZANGARO, W.; MOREIRA, M. Micorrizas arbusculares nos Biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária. In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. v. 1, p. 279-310.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza Arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v. 8, p. 077-087, 2002.