

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV**  
**PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

**ANELIZE NUNES JUNGES**

**USO DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO DE**  
**MUDAS DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)**

**LAGES – SC**

**2012**

**ANELIZE NUNES JUNGES**

**USODE FUNGOSMICORRIZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO DE MUDAS  
DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Dr. Osmar Klauberg Filho  
Co-orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES – SC  
2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Junges, Anelize Nunes

Uso de fungos micorrizicos arbusculares na produção de mudas de  
cebola (*Allium cepa* L.). / Anelize Nunes Junges; orientador: Osmar  
Klauber Filho. – Lages, 2012.  
54f.

Inclui referências.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /  
UDESC.

1. Fungos micorrizicos arbusculares. 2. *Allium cepa* L. 3. Inoculantes  
microbianos. I. Título.

CDD – 635.25

**ANELIZE NUNES JUNGES**

**USO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO DE  
MUDAS DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

**Banca Examinadora:**

Co-orientador (a):

---

Dr. Álvaro Luiz Mafra  
UDESC – Lages/SC

**Membros:**

---

Dra. Sonia Purin  
UFSC – Curitibanos/SC

---

Dr. Luciano Colpo Gatiboni  
UDESC – Lages/SC

---

Dr. Julio Cesar Pires Santos  
UDESC – Lages/SC

Lages, Santa Catarina  
24 de julho de 2012

## AGRADECIMENTOS

A Deus onipotente, pela oportunidade de viver e poder realizar este trabalho.

Aos meus Pais.

Ao meu noivo, Daniel, pela compreensão e dedicação.

Aos meus familiares e amigos, pelo apoio e estímulo.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, em especial, ao Programa de Pós- Graduação em Manejo do solo, pela oportunidade do mestrado.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Dr. Osmar Klauberg Filho, pela orientação, amizade e confiança.

Ao prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra pela prontidão em ajudar com as análises estatísticas e a orientação no tempo que o Professor Osmar Klauberg Filho esteve ausente do Brasil.

Ao Dr. Sidney L. Stürmer (FURB), coordenador da Rede Glomeronet de pesquisa com inoculantes micorrízicos, pela co-orientação e colaboração no andamento dos ensaios.

À Dra. Sonia Purin pela amizade e paciência ao passar seu conhecimento.

Ao prof. Dr. Julio Cesar Pires Santos e demais professores do Departamento de Solos que participaram direta ou indiretamente da minha formação, pela troca de conhecimentos.

Às amigas queridas, Dayse e Danyelle, pela acolhida, pelo carinho e pela companhia durante todo meu mestrado.

Aos companheiros do Laboratório de Biologia do Solo, em especial Eduardo Felisberto e Ana Carolina Lovatel pela convivência e colaboração.

## RESUMO

JUNGES, Anelize Nunes. **Uso de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.)**. 2012. 54f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de pós - graduação em Manejo do Solo, Lages, 2012.

Plantas de cebola (*Allium cepa* L.) apresentam comprovada resposta à micorrização, pois apresentam sistema radicular simplificado e crescimento lento, promovendo boa associação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). O objetivo deste trabalho foi selecionar fungos micorrízicos arbusculares eficientes em um sistema de produção de mudas de cebola. Inicialmente foi realizado um experimento em casa de vegetação para testar a resposta micorrízica da cebola a três espécies de FMAs. Este experimento seguiu um arranjo fatorial 4 x 5, com quatro níveis de inoculação (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglobus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* e sem inoculação) e cinco doses de P (0;37,5;75;112,5 e 150 mg dm<sup>-3</sup>). O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado com cinco repetições. As melhores respostas de crescimento e nutrição fosfatada das mudas de cebola foram observadas quando elas foram inoculadas com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglobus etunicatum*. A resposta da cebola a *R. clarus* foi, posteriormente, testada em condições de campo. Este segundo experimento foi conduzido na Estação Experimental da EPAGRI de Ituporanga, SC. Os tratamentos foram arranjos em um fatorial 2 x 3, com dois níveis de inoculação (*R. clarus* e inóculo estéril) e três doses de P (0, 75 e 150 mg dm<sup>-3</sup>). O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado com oito repetições. As melhores respostas de desenvolvimento e nutrição fosfatada das mudas de cebola foram sempre associadas à dose de P recomendada para viveiros de mudas em SC, que é de 150 mg dm<sup>-3</sup>. A inoculação em condições controladas, com as espécies *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglobus etunicatum* é uma alternativa promissora para aumentos de produção de massa seca aérea e melhoria da nutrição fosfatada de mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce. Já a inoculação de *R. clarus* a campo não é uma alternativa promissora para aumentos no estande de plantas, massa seca aérea, massa seca de raiz, diâmetro de colo, altura de planta e nutrição fosfatada de mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce.

**Palavras-chave:** *Allium cepa* L. Fungos micorrízicos arbusculares. Inoculantes microbianos.

## ABSTRACT

JUNGES, Anelize Nunes. **Use of mycorrhizal fungi in seedlings of onion (*Allium cepa* L.)**. 2012. 54f. Dissertation (Master of Land Management) - University of the State of Santa Catarina. Graduate program in Soil Management, Lages, 2012.

Onion seedlings are responsive to mycorrhizae, given their simple and slowly-developing root system that exhibits association with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). This study was carried on to select efficient AMF species in an onion production system. First, we conducted a greenhouse experiment to test onion mycorrhizal response to three AMF species. This experiment followed a 4 x 5 factorial, with four levels of inoculation (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Scutellospora heterogama* and no inoculum) and five levels of P (0, 37.5, 75, 112.5 and 150 mg dm<sup>-3</sup>). The experimental design was completely randomized with five replications. The best growth and nutrition responses were found when onion seedlings were inoculated with *Rhizophagus clarus* and *Claroideoglossum etunicatum*. The responsiveness of onion to *R. clarus* was then tested in field conditions. The second experiment was carried on at the EPAGRI Experimental Station in Ituporanga, SC. Treatments were arranged in a 2 x 3 factorial, with two levels of inoculation (*R. clarus* and sterile inoculum) and three levels of P (0, 75 e 150 mg dm<sup>-3</sup>). The experimental design was completely randomized with eight replications. The best growth and nutrition responses of onion were always associated with the P level which is recommended to onion seedling nurseries in SC, which is of 150 mg dm<sup>-3</sup>. Inoculation under climate-controlled conditions with the species *Rhizophagus clarus* and *Claroideoglossum etunicatum* is a promising alternative to improve shoot biomass and P nutrition of onion seedlings (*Allium cepa* L.). However, inoculation with *R. clarus* in the field is not a good alternative to increase seedling emergency, shoot and root biomass, plant height and P nutrition of onion seedlings.

**Keywords:** *Allium cepa* L. Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Microbial inoculant.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Resultado da análise de variância para as variáveis teor de fósforo (Teor de P), massa seca de parte aérea (MSPA), colonização micorrízica total (CMT), colonização micorrízica por hifas (CMH), colonização micorrízica por arbúsculos (CMA) e colonização micorrízica por vesículas (CMV) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce. ....24
- Tabela 2 Massa seca da parte aérea (g vaso<sup>-1</sup>) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* – USA102A, *Claroideoglossum etunicatum* – MGR450A, *Scutellospora heterogama* – PNB102A e sem inoculação em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages, SC, 2010. Médias de 25 repetições, considerando em conjunto as cinco doses de P. ....27
- Tabela 3 Colonização micorrízica por hifas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce em tratamentos com *Scutellospora heterogamae* sem inoculação em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação.....28
- Tabela 4 Colonização micorrízica por vesículas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce inoculadas com *Rhizophagus clarus*–USA102A, *Claroideoglossum etunicatum* – MGR450A, *Scutellospora heterogama* – PNB102A e sem inoculação, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages, SC, 2010. Médias de 25 repetições, considerando em conjunto as cinco doses de P. ....29
- Tabela 5 Resultado da análise de variância para as variáveis estande de plantas (ESTP), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), diâmetro de colo (DC), altura da parte aérea (APA), teor de fósforo da parte aérea (Teor de P), colonização micorrízica total (CMT), colonização micorrízica por hifas (CMH) e colonização micorrízica por vesículas (CMV) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce.....36
- Tabela 6 Teor de fósforo da parte aérea (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce inoculadas com *Rhizophagus clarus* ou inóculo estéril em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, ItuporangaSC, 2010. Médias de 16 repetições. ....40
- Tabela 7 Colonização micorrízica total e por hifas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas s com *Rhizophagus clarus* ou inóculo estéril em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga, SC, 2010. Médias de 24 repetições. ....42



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Teor de fósforo da parte aérea (% vaso<sup>-1</sup>) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus*– USA102A, *Claroideoglomus etunicatum*- MGR450A, *Scutellospora heterogama*- PNB102A e sem inoculação, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de cinco repetições.....25
- Figura 2 Massa seca da parte aérea (g vaso<sup>-1</sup>), de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação. ....27
- Figura 3 Colonização micorrízica total (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages, SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação .....28
- Figura 4 Colonização micorrízica por hifas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatum*, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de cinco repetições.....29
- Figura 5 Colonização micorrízica por vesículas de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação. ....30
- Figura 6 Colonização micorrízica por abúsculos (%), de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação. ....30
- Figura 7 Estande de plantas (plantas/m<sup>2</sup>) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* e inóculo estéril em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga SC, 2010. Médias de oito repetições. ....38
- Figura 8 Massa seca da parte aérea (a), de raiz (b) e diâmetro de colo (c) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga SC, 2010. Médias de 16 repetições.....39
- Figura 9 Colonização micorrízica por vesículas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga, SC, 2010. Médias de 16 repetições. ....43

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	CULTURA DA CEBOLA ( <i>Allium cepa</i> L.).....	13
2.3	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA AGRICULTURA .....	15
2.4	PRODUÇÃO DE INOCULANTES MICORRÍZICOS ARBUSCULARES .....	16
2.4	RESPOSTA DE PLANTAS A INOCULAÇÃO COM FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (FMAs) .....	17
3	CAPÍTULO I. EFEITO DA INOCULAÇÃO DE MUDAS DE CEBOLA ( <i>Allium cepa</i> L.) COM ISOLADOS DE <i>Rhizophagus clarus</i> , <i>Claroideoglossum etunicatum</i> e <i>Scutellospora heterogama</i> .....	20
3.1	INTRODUÇÃO .....	20
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	22
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
3.4	CONCLUSÃO .....	31
4	CAPÍTULO II. USO DE INOCULANTE A BASE DE <i>R. clarus</i> EM VIVEIROS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CEBOLA EM SC.....	32
4.1	INTRODUÇÃO .....	32
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.4	CONCLUSÃO .....	42
5	CONCLUSÕES GERAIS .....	43
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) constituem um importante grupo de microrganismos edáficos mutualistas, encontrados nos mais variados ecossistemas do planeta, naturais ou não. Estes fungos estabelecem uma associação simbiótica com a maioria das famílias de plantas de interesse agrícola e florestal e contribuem para a produtividade e diversidade dos sistemas vegetais (Heijden et al., 1998). Isto decorre principalmente pelo aumento da absorção de nutrientes pouco móveis do solo, especialmente o fósforo, e também pelo aumento da resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos diversos. Tais efeitos destacam-se em condições de solos ácidos tropicais (Schreiner, 2007).

Assim sendo, existe grande interesse pela produção de inoculantes de FMAs e sua aplicação em programas agrícolas, hortícolas e florestais, bem como para uso na recuperação de áreas degradadas. Alguns produtos com FMAs já são comercializados a nível internacional tais como MycoApply®-EUA, Mycoforce®-Reino Unido, MycoHemp®-Espanha, GLOMYGEL®-Espanha. Nesses países, esses fungos são recomendados para diversas culturas, como milho, trigo, lentilha, cítricos, aspargos, morangos, videira, oliveira, frutíferas diversas, plantas ornamentais, ervas aromáticas e algumas espécies florestais (Dalci & Dilsiz 2011; <http://www.trabe.info/en/mycohemp.htm>; <http://www.symbio.co.uk/product/117.aspx>; <http://www.agroterra.com/p/glomygel-biofertilizante-a-base-de-micorrizas-desde-granada>). A natureza biotrófica obrigatória dos FMAs tem dificultado o desenvolvimento de métodos de produção de inoculantes micorrízicos em larga escala com baixo custo, o que mantém ainda a exploração comercial numa fase de minoridade. Diversas técnicas de cultivo dos FMAs foram desenvolvidas nas últimas décadas, tema amplamente discutido na revisão de Ijdo et al. (2011). Apesar das pesquisas com FMAs no Brasil indicarem que a inoculação com esses fungos é benéfica e contribui para a promoção do crescimento e da nutrição mineral de plantas de interesse agrícola, até o momento não existe registro nacional de inoculantes a base de fungos micorrízicos arbusculares.

No ano de 2010 foi estabelecida no Brasil a Rede Glomeronet por meio da aprovação do projeto intitulado “Produção de Inoculante Micorrízico e de Plantas Micorrizadas de Qualidade”. O objetivo desta rede de pesquisa é selecionar espécies de FMAs eficientes para determinadas culturas e o desenvolvimento de formulações de inoculantes testadas em condições de campo e recomendadas para culturas de interesse no Brasil. Fazem parte desta rede duas unidades da EMBRAPA, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade do

Vale do Jequetinhonha (UFVJ), Fundação Universidade de Blumenau (FURB), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e EPAGRI.

Dentre estas culturas, a cebola (*Allium cepa* L.) foi uma das selecionadas para os estudos na Rede Glomeronet, já que esta apresenta comprovada resposta à micorrização, sistema de produção com plantio de mudas e expressão econômica, com valor da produção mundial estimado em cerca de US\$ 6 bilhões anuais (EMBRAPA, 2004). Além disso, o cultivo da cebola nas principais regiões do Brasil caracteriza-se pelo uso intensivo do solo, emprego crescente de agroquímicos e poucas práticas culturais que possam oferecer sustentabilidade ao sistema produtivo (EPAGRI, 2000).

A recomendação de formulações de inoculantes micorrízicos para uso na cultura da cebola requer a seleção e a avaliação da resposta de espécies de FMAs na promoção do crescimento e nutrição mineral da mudas em viveiros. Para tanto, neste estudo inicialmente avaliou-se a resposta da cebola à inoculação com três isolados de fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus*-USA102A; *Claroideoglossum etunicatum*-MGR450Ae *Scutellospora heterogama*-PNB102A) em condições controladas (Capítulo 1). Posteriormente, selecionou-se a (s) melhor (es) espécie(s) para inocular a campo. Em uma segunda etapa, testou-se a campo um inoculante a base de *Rhizophagus clarus*-USA102A na produção de mudas de cebola em níveis recomendado e reduzidos de adubação fosfatada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CULTURA DA CEBOLA (*Allium cepa* L.)

A produção mundial de cebola aumentou cerca de 25% na última década, o que coloca esta cultura como uma das três hortaliças mais importantes ao lado do tomate e da batata (EMBRAPA, 2004). Em 2005, a produção mundial de cebola foi de 59,5 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 3,2 milhões de hectares, o que proporcionou uma produtividade média de 18,6 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2005).

No Brasil, a cultura da cebola ocupa, entre as hortaliças, o terceiro lugar em importância econômica dentre as várias espécies cultivadas. As hortaliças pertencentes ao gênero *Além* são as mais importantes quanto ao volume de produção e ao valor econômico (Souza & Resende, 2002). Em 2006, a produtividade média nacional, de acordo com o IBGE (2006), se situou em 20,4 t ha<sup>-1</sup>, sendo que os estados de Pernambuco e Bahia alcançaram uma produtividade média de 18,9 e 24,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Ressalta-se que a safra de 2009 já fora recorde e representava um aumento significativo de 10,6% de crescimento sobre a produção de 2008. A área plantada em 2010 foi de 68.324 hectares e o rendimento médio de 22.774 kg ha<sup>-1</sup>. Na última, década a produção brasileira cresceu de forma gradual, como resultado da maior adoção de tecnologias e pelo crescimento da área de cultivo na região do Cerrado Brasileiro, onde as produtividades são mais altas. Deste modo, entre 2001 e 2010, houve um crescimento de 48% na produção bruta, enquanto que a área cultivada aumentou apenas 6%. Portanto, o aumento significativo na produção é resultado direto da maior produtividade, que teve neste período aumento de 38,6%, crescendo de 16.430 para 22.774 kg ha<sup>-1</sup>.

Em Santa Catarina a safra 2010/11 apresentou produção bruta de 537,5 mil toneladas, com área cultivada de 22.224 hectares e rendimento médio de 24.187 kg ha<sup>-1</sup>. Esses valores são recordes históricos, tanto na produção bruta quanto no rendimento médio, e representam, respectivamente, aumentos de 18,3 % e 13,2% em relação à safra anterior (Resende & Costa, 2007). Já a área cultivada cresceu apenas 4,5%, caracterizando a estabilidade da cultura da cebola em Santa Catarina (Resende & Costa, 2007).

A cebolicultura no Brasil é uma atividade praticada principalmente por pequenos produtores e a sua importância socioeconômica se fundamenta não apenas na rentabilidade,

mas também na grande demanda de mão-de-obra, contribuindo para a viabilização de pequenas propriedades e a fixação dos produtores na zona rural, reduzindo a migração para as grandes cidades (Resende & Costa, 2007).

## 2.2 FÓSFORO

A maior parte dos solos de clima tropical contém baixo teor de fósforo total. A deficiência deste nutriente é devida principalmente ao fato de estes solos serem altamente intemperizados, com baixo pH e presença de óxidos de Fe e Al (Cardoso et al., 2010). Isto aumenta a adsorção de fosfatos à fração argila e reduz a quantidade de fósforo na solução do solo, indisponibilizando-o para as plantas (Rolim-Neto et al., 2004; Siqueira et al., 2008). Devido a essas características, o fósforo é visto como um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, o que faz com que as quantidades de fertilizantes fosfatados aplicados sejam sempre superiores a capacidade de extração do nutriente pelas culturas (Lantmann & Castro, 2004). Em solos brasileiros, por exemplo, o fósforo é um dos nutrientes mais utilizados no processo de adubação.

O fósforo é essencial para o metabolismo vegetal, pois integra estruturas dos ésteres de carboidratos, fosfolipídios, coenzimas e ácidos nucleicos, assim como atua nos processos de armazenamento e transferência de energia (Raij 1991; Richards & Johnston 2001; Mendes et al. 2008). A deficiência de fósforo nas plantas leva a restrições no crescimento de raízes, e conseqüentemente ao desenvolvimento da planta. A concentração deste nutriente nas plantas varia entre 0,1 a 0,5 %, sendo que ele é absorvido tanto na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  como na forma de  $\text{HPO}_4^{2-}$ , dependendo do pH do solo (Tisdale, 1995).

As plantas de crescimento lento e sistema radicular pouco desenvolvido, como a cebola (*Allium cepa*. L.), não aproveitam bem o fósforo do solo, necessitando assim de doses mais elevadas desse elemento para que os teores disponíveis mantenham-se em níveis adequados para o desenvolvimento da planta. Como os teores de fosfatos na solução do solo são geralmente muito baixos para suprir as necessidades das culturas é necessária a reposição constante desse nutriente (Malavolta, 2006). A maneira mais comum de repor os nutrientes é com aplicações de fertilizantes, porém, o uso intensivo dessa tecnologia pode aumentar a degradação dos recursos naturais, colocando em dúvida a sustentabilidade das atuais práticas agrícolas (Stocking, 2003; Romeiro, 2007).

## 2.3 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA AGRICULTURA

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ocorrem de maneira generalizada nos solos e associam-se com a maioria das plantas vasculares, beneficiando o crescimento das plantas por absorver nutrientes do solo e aumentando a resistência das mesmas (Aquino & Cassiolato, 2002). Esses benefícios são atribuídos ao aumento da absorção e ao transporte de fósforo pelas hifas fúngicas, além da zona de depleção de fósforo que ocorre na rizosfera da planta hospedeira. Considerando que o fósforo é um dos principais fatores limitantes para a produção vegetal, principalmente nas regiões tropicais, onde predominam solos intemperizados com grande capacidade de retenção de fosfatos, a inoculação de plantas com FMAs representa grande potencial para a agricultura.

Um aspecto bastante explorado na pesquisa com micorrizas arbusculares é a produção de mudas tanto de espécies arbóreas, quanto de frutíferas. Algumas espécies vegetais, principalmente espécies arbóreas, não conseguem sobreviver no ambiente sem a associação com os FMAs (Zangaro et al., 2000). Para o milho e soja, a inoculação com isolados fúngicos eficientes, pode reduzir em 34% e 56%, respectivamente, o requerimento de fertilizante fosfatado (Siqueira et al., 2002). Resultados obtidos por Silva et al. (2004) demonstraram que *Gigaspora albida* promoveu respostas significativas no crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata*). Estes fungos ainda podem melhorar a relação água-planta, especialmente sob limitações nutricionais, e o micélio externo aumenta a estabilidade de agregados do solo (Purin, 2005) contribuindo assim para a redução da erosão, absorção de água, facilitando o estabelecimento da vegetação em áreas degradadas (Miller & Jastrow, 1990). A colonização micorrízica pode também proteger as plantas contra excesso de metais pesados (Nogueira & Cardoso, 2003), assim como diminuir a toxidez de alumínio (Lambais & Cardoso, 1989). Deste modo, as micorrizas são multifuncionais nos agroecossistemas (Newsham et al., 1995), melhorando potencialmente a qualidade física, química e biológica do solo (Berbara et al., 2006).

Visto que o P é um elemento não renovável, torna-se importante encontrar alternativas adequadas de produção vegetal, menos dependentes do emprego de altas doses de fertilizantes. A utilização das micorrizas tem sido considerada há três décadas como uma alternativa para a redução no uso de insumos (fertilizantes e pesticidas) na agricultura brasileira, devido aos seus efeitos benéficos no crescimento de plantas de interesse agrônomo, florestal, hortícola e pastoril (Smith & Read, 2008).

Para melhor se beneficiar da simbiose micorrízica nas propriedades agrícolas, é necessário maior entendimento sobre o funcionamento das micorrizas nos agroecossistemas. Inicialmente é necessário saber quais as espécies de plantas formam associações com FMAs e quão eficientes serão essas simbioses nas condições de solo e clima em que ocorrem. Alguns estudos vêm sendo realizados (Zangaro et al., 2003; Guo et al., 2004; Aliasgharзад et al., 2009; Galván et al., 2009), mas devido à grande diversidade de plantas no ambiente tropical, estes estudos necessitam ser ampliados. Muitos autores sugerem que a inoculação de FMAs seja realizada na fase de produção de mudas em viveiros, ou no período de aclimação no caso de mudas micropropagadas (Saggin-Júnior & Siqueira, 1996; Sharma & Adholeya, 2000; Cavalazzi et al., 2007). Em ambos os casos a inoculação com fungos micorrízicos pode melhorar o desenvolvimento das mudas e o estabelecimento das plantas no campo (Mendes-Filho, 2004).

A inoculação de plantas com FMAs tem aumentado o crescimento e produção de inúmeras culturas que necessitam de uma fase no viveiro, como o café (Saggin-Júnior & Siqueira, 1996), a cebola (Sharma & Adholeya, 2000) e a maçã (Cavalazzi et al., 2007), diminuindo consideravelmente a aplicação de fertilizantes fosfatados. Trabalhos têm evidenciado a importância da utilização de FMAs na fase de produção de mudas. Mudas em viveiros com FMAs mostram-se vigorosas e uniformes, além de apresentarem melhor crescimento, desenvolvimento, estado nutricional e adaptação ao estresse. Conseqüentemente têm melhor desempenho quando levadas a campo (Wu et al., 2008).

Segundo Cripps (2001) a utilização de FMAs tem um potencial valioso nas áreas de horticultura a fim de melhorar o estabelecimento, a sanidade e o crescimento das plantas. O efeito dos FMAs no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas tem sido estudado e descrito em muitos trabalhos de pesquisa (Berta et al., 1990; Zangaro et al., 2003; Guo et al., 2004; Aliasgharзад et al., 2009; Galván et al., 2009).

## 2.4 PRODUÇÃO DE INOCULANTES MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Para ser recomendado para culturas agrícolas, o desenvolvimento de inoculantes micorrízicos arbusculares depende inicialmente do estabelecimento de culturas monoespecíficas e da capacidade destes fungos em promover o crescimento e a nutrição das plantas de interesse. Culturas monoespecíficas de FMAs podem ser obtidas de diferentes maneiras utilizando sistemas *in vitro* (De Souza & Declerck, 2003), vasos de cultivo (Douds et al., 2000), hidroponia e aeroponia (Sylvia & Hubbell, 1986). Técnicas de inoculação em



casa de vegetação e a campo foram testadas e aprovadas em países como os Estados Unidos (Douds et al., 2005), produzindo-se inóculo em substrato constituído de restos de vegetais.

A prática de inoculação é mais recomendada em sistemas de produção de mudas, onde se observa que a maioria das espécies arbustivas e arbóreas tropicais (frutíferas, madeiras ou ornamentais) desenvolve-se mais rapidamente quando inoculadas, permanecendo menos tempo no viveiro e podendo ser disponibilizadas mais cedo para o produtor (De Souza et al., 2005). Além disso, elas são mais tolerantes aos estresses do transplante, apresentando maior sobrevivência no campo. Finalmente, essa prática permite, também, reduzir a quantidade e aumentar a eficiência de uso dos corretivos e fertilizantes adicionados nos substratos. (De Souza et al., 2005). Um grande número de espécies arbóreas se beneficia da inoculação e dentro delas pode-se citar: café, manga, acerola, abacate, mamão, maracujá, pequi, baru, jacarandá-da-bahia, sucupira, eucalipto, buriti, guariroba, leucena, além das espécies arbóreas destinadas à recuperação das matas de galeria e de áreas degradadas (Saggin - Júnior et al., 1994; Carbone et al., 1999; Trindade et al., 2000; Cavalcante et al., 2002; Miranda 2005; Lins et al., 2006; Bolota et al., 2011).

A aplicação desses fungos em grandes áreas deve ser pela inoculação, que ainda é restringida pela baixa disponibilidade de inoculantes comerciais. A principal dificuldade para a produção de inoculante comercial com qualidade deve-se ao fato de os FMAs serem biotróficos obrigatórios, isto é, só completam o seu ciclo de vida associados a um hospedeiro vegetal vivo. Eles não podem ser multiplicados em um meio de cultura definido, à semelhança da obtenção de inoculantes de rizóbios fixadores de nitrogênio atmosférico. Esse fato tem complicado o desenvolvimento de inoculantes de FMAs em larga escala, e está uma das razões pelas quais sua exploração comercial ainda é limitada (Ijdo et al., 2011).

#### 2.4 RESPOSTA DE PLANTAS A INOCULAÇÃO COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)

Na interação planta-FMA, é comum que a resposta do hospedeiro à micorriza varie em função de diversos fatores (Smith & Read, 1997). Dentre eles, pode-se mencionar a dependência da planta aos fungos micorrízicos, a eficiência do fungo em aumentar o crescimento da planta e as condições edafoclimáticas (Smith & Gianinazzi-Pearson, 1988). Como os FMAs dependem do hospedeiro para completar seu ciclo de vida, não há dúvida da importância central da simbiose para fungos micorrízicos. A condição de simbiote obrigatório advém do fato desses fungos dependerem exclusivamente do hospedeiro

autotrófico como fonte de compostos orgânicos (Gadkar et al., 2001). No caso das plantas, no entanto, existe uma faixa grande de resposta à simbiose.

Alguns estudos relatam a resposta de diferentes culturas à inoculação com FMAs. Cavalcante et al.(2002) observaram que *Gigaspora albida*, *Gigaspora margarita* e *Claroideoglossum etunicatum* contribuíram para incrementar o desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo, reduzindo o tempo de produção. A inoculação com *Claroideoglossum etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulopora scrobiculata* no período de formação e no transplante de mudas de *Colvillea racemosa* favoreceu o crescimento em 800% (Pouyú-Rojas & Siqueira, 2000). Melloni et al.(2001) constataram em plantas de limão-cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck] que alta dependência micorrízica por *Rhizophagus intraradices* resultou em maior altura, diâmetro de colo e massa seca da parte aérea. A inoculação de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) com *Claroideoglossum etunicatum* aumentou o conteúdo e o teor de fósforo nas plantas (Araújo et al., 1994). Na produção de mudas, o principal enfoque da pesquisa está em espécies frutíferas. Costa et al. (2001) verificaram que a inoculação com *C. etunicatum* e *G. margarita* promoveu maior altura de plantas, aumentou a massa seca da parte aérea, e diminuiu o tempo de produção de mudas de banana (*Musa sp*). A inoculação do mamoeiro (*Carica papaya* L.) com *R.clarus* e *G. macrocarpum* aumentou a massa seca e o conteúdo de P na planta (Martins et al., 2000).Machineski et al. (2011) relatam que na cultura da mamona a inoculação com *Gigaspora margarita*, *Rhizophagus clarus*, e uma mistura de espécies, aumentou a massa seca da parte aérea em até 450%, 775% e 762% para *G. margarita*, *R. clarus* e a mistura de FMA, respectivamente, no nível mais baixo de P utilizado.

No caso de plantas de cebola (*Allium cepa* L.), a resposta à micorrização é alta, pois ela apresenta sistema radicular simplificado e crescimento lento, e quando está associada a fungos micorrízicos, tem melhor aproveitamento de água e nutrientes. Em geral tem-se encontrado respostas benéficas da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em espécies de *Allium* no crescimento (Goussous & Mohammad, 2009), diâmetro de bulbo (Sharma & Adhloeya, 2000), nutrição fosfatada e massa seca da parte aérea (Tawaraya et al., 2001). Alguns trabalhos têm evidenciado essas características. Pulido et al. (2003) observaram que plantas de cebola inoculadas com *Rhizophagus clarus*, *Rhizophagus mosseae*, *Rhizophagus aggregatum* e *Rhizophagus fasciculatus* tiveram incrementos na altura que variou de 26,63 a 101,36% e no comprimento de raiz, que variou de 41,62 a 119,74%. Aliasgharзад et al. (2009) verificaram que plantas de cebola inoculadas com *Rhizophagus*

*versiforme* e *Claroideoglobus etunicatum* apresentavam maior produtividade de bulbo que variou de 12,9 a 31,8 t ha<sup>-1</sup>.

O processo de absorção de fósforo é energeticamente dependente dos transportadores de P (simporte) e da ação das H<sup>+</sup>ATPases. Recentemente, alguns desses transportadores foram identificados. Estudos realizados por Smith et al. (2004) demonstram que os transportadores de fosfato envolvidos na sua absorção por raízes são distintos dos envolvidos pela absorção por raízes colonizadas. Esse resultado sugere que existe regulação genética dos mecanismos de transporte de P em sistemas com micorrizas arbusculares e que esta regulação é controlada diretamente pelo fungo, pois se sabe que genes que codificam para esses transportadores apenas são expressos na presença do fungo simbiote (Karandashov & Bucher, 2005).

Bressan et al. (2001) observaram em casa de vegetação que a inoculação de sorgo e soja com fungos micorrízicos arbusculares contribuiu para o aumento da matéria seca, produção de grãos e para os teores dos nutrientes N, P, K, Zn e Cu de ambas as culturas, e que estes efeitos são dependentes das doses de P no solo, e das espécies de FMAs inoculadas. Jolicoeur et al. (2002) demonstram que os teores de P (e possivelmente outros nutrientes), além de açúcares intracelulares, regulam a orientação do fungo em produzir hifas ou cessar seu crescimento. A relação entre crescimento e concentração de P das plantas micorrizadas é constituída pelo aumento na absorção de P do solo causado pelo fungo e pela utilização de produtos fotossintetizados pelo fungo. O balanço dos dois processos normalmente resulta em maior crescimento das plantas colonizadas. Thingstrup et al. (2000) constataram que as micorrizas diferem na eficiência para a absorção de P em função das concentrações de fósforo no solo, pois a contribuição relativa desses fungos foi estimada em 77 e 49% para solos com baixos e altos níveis de P, respectivamente.

O resultado da interação complexa entre a capacidade da planta em desenvolver-se, satisfazer seus requerimentos de fósforo e a habilidade do fungo em prover esse nutriente à planta hospedeira é chamado de resposta micorrízica, e ela varia entre espécies e dentro das espécies de fungos micorrízicos (ou seja, em nível de isolado) (Koide, 1991).

### **3 CAPÍTULO I. EFEITO DA INOCULAÇÃO DE MUDAS DE CEBOLA (*Allium cepa* L.) COM ISOLADOS DE *Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum* e *Scutellospora heterogama*.**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, grande atenção tem sido dada aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) devido ao seu papel na aquisição de nutrientes pelas plantas, notadamente o fósforo (P), que é o nutriente mais limitante para a produção agrícola nos solos tropicais. Pesquisas realizadas no Brasil comprovam os benefícios desses fungos para o crescimento de diversas espécies nos mais variados ecossistemas (Carneiro et al., 2004; Zsögön, 2006; Azevedo, 2008; Miranda 2008).

A melhoria na nutrição fosfatada das plantas tem sido reconhecida como um dos maiores benefícios dos FMAs. Vários artigos publicados concluíram que a inoculação de plantas ou o manejo do inóculo nativo melhorou o desenvolvimento vegetal medido principalmente pela produção de biomassa e aumento de conteúdo de nutrientes (Souza et al., 1991; Melloni et al., 2000; Chu et al., 2001; Bressan & Vasconcellos, 2002; Weber et al., 2004; Kanno et al., 2006).

A maioria das espécies hortícolas formam micorrizas arbusculares com populações nativas de FMAs, entretanto, não são necessariamente colonizadas pelas espécies mais eficientes (Charron et al. 2001). Por isso, testar a resposta simbiótica em condições controladas é uma das formas mais utilizadas na seleção de uma espécie a ser utilizada em programas de inoculação.

Em espécies hortícolas como o tomate, a alface, o pimentão e a cebola, os benefícios da inoculação com diversas espécies de FMAs foram observados. Estudos mostram que na cultura do tomate a maior tolerância ao nematóide das galhas foi observada nas plantas colonizadas com *C. etunicatum*, o que possivelmente está associado à maior estabilidade na absorção de P (Cofcewicz et al., 2001). Bloodnick (1999) semeou pimentão em solo inoculado ou não com *Rhizophagus intraradices* e observou, após a colheita, melhora na qualidade de frutos e incremento na produtividade em mais de 16% nas plantas micorrizadas. Jackson et al. (2002) observaram que a inoculação com *R.intraradices* em alface cultivada (*Lactuca sativa* L.) e selvagem (*Lactuca serriola* L.), aumentou a produção de matéria seca de raiz destas plantas da ordem de 30,4%.

As pesquisas com espécies do gênero *Allium*, particularmente a cebola (*Allium cepa* L.), demonstram que estas plantas apresentam resposta à associação com FMAs para aquisição de água e nutrientes, especialmente em sistemas agrícolas de produção orgânica, ou com aporte reduzido de nutrientes (Galván et al., 2009). Isto se deve ao seu sistema radicular simplificado e crescimento lento. Relatos de estudos com espécies de FMAs como *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus vesiforme*, *Rhizophagus intraradices*, *Rhizophagus fasciculatus* e *Claroideoglossum etunicatum* demonstraram a eficiência destas espécies em promover benefícios para aliáceas, com efeitos positivos no crescimento e na produção de bulbos, nutrição fosfatada e nitrogenada (Guo et al., 2004) e tolerância à salinidade (Cantrell & Linderman, 2001), ao estresse hídrico (Aliasghar zad et al., 2009); e a patógenos radiculares (Pozo, 2002). Goussous & Mohammad (2009) observaram aumento significativo no crescimento de plantas de cebola inoculadas com fungos indígenas e *Rhizophagus intraradices*. Sharma & Adhloeya (2000) relataram que a inoculação de quatro espécies de cebola com uma mistura de fungos indígenas promoveu, em todas as cultivares testadas, aumento do diâmetro do bulbo, massa fresca, matéria seca da parte aérea, conteúdo de P na parte aérea e produtividade de bulbo, quando comparadas com as plantas não micorrizadas. Pesquisas mostram que a inoculação de *Allium fistulosum* com *Rhizophagus fasciculatus* aumentou a absorção de P e massa seca da parte aérea (Tawaraya et al., 2001). Todos estes resultados revelam o potencial do uso de FMAs em espécies que normalmente necessitam de uma fase no viveiro, como na cebola, diminuindo consideravelmente a aplicação de fertilizantes fosfatados.

Considerando a hipótese de que a resposta micorrízica da cebola varia em função do fungo inoculado, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da cebola à inoculação com três isolados de fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus*- USA102A; *Claroideoglossum etunicatum*- MGR450A e *Scutellospora heterogama*- PNB102A) em um Nitossolo Bruno não estéril, com doses crescentes de fósforo. Estes isolados estão sendo testados a nível nacional para diversas culturas e obtenção de formulações de inoculantes dentro da Rede Glomeronet de pesquisa.

### 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Lages SC, no período de outubro a dezembro de 2010.

O trabalho foi arranjado em esquema fatorial 5 x 4, com cinco repetições, em um delineamento inteiramente casualizado. Foram testadas cinco doses de P (0; 37,5; 75; 112,5 e 150 mg dm<sup>-3</sup>) e quatro tratamentos de inoculação: (*Rhizophagus clarus* USA102A, *Claroideoglossum etunicatum* MGR450A, *Scutellospora heterogama* PNB102A e um tratamento sem inoculação) em solo não estéril. O isolado de *R. clarus* é oriundo dos Estados Unidos, e os isolados de *C. etunicatum* e *S. heterogama* são oriundos do Brasil. Estes isolados estão depositados na Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota, da Universidade Regional de Blumenau – FURB ([www.furb.br/cicg](http://www.furb.br/cicg)).

O solo utilizado apresentou capacidade de armazenamento de água (%); = 47,45; Argila (%) = 72; pH-água = 4,8; pH-SMP 4,9; P (mg/dm<sup>3</sup>) = 3,7; K (mg/dm<sup>3</sup>) = 84; Na (mg/dm<sup>3</sup>) = 0; M.O (%) = 2,8; H+Al (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) = 15,4; Al (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) = 1,76; Ca (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) = 1,1; Mg (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) = 0,7. Este solo foi diluído com 30% de areia média estéril, desta forma os nutrientes apresentados acima sofreram diluição. A calagem foi realizada com base no valor do pH da mistura (Nitossolo Bruno + areia) utilizando-se CaCO<sub>3</sub>, sendo que após sete dias o pH subiu para 6,2. O P foi adicionado na forma de superfosfato triplo. Para corrigir as possíveis deficiências de N e K o solo recebeu aplicação antes do plantio de 50 mg dm<sup>-3</sup> de N (na forma de uréia), e 100 mg dm<sup>-3</sup> de K (na forma de KCl), conforme recomendação para sistema de produção de mudas de cebola (Epagri, 2010).

Decorridos sete dias da adubação, a inoculação do substrato com os isolados de FMAs foi realizada em vasos de 8 kg. Cada vaso recebeu 120 g de inóculo (mistura de areia, argila expandida, raízes colonizadas, esporos e hifas de FMAs). Em seguida semeou-se 10g de sementes comerciais de cebola (cultivar Bola Precoce), previamente tratadas com Captan, fornecidas pela EPAGRI de Ituporanga – SC. Vinte dias após a emergência foi realizado o desbaste das mudas deixando dez plantas por vaso.

Ao final de 30 dias, as plantas foram coletadas. A parte aérea foi separada das raízes, armazenada em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 105°C até massa constante. Em seguida, determinou-se a massa seca da parte aérea de cada vaso (dez plantas). Posteriormente, a massa seca da parte aérea foi submetida à moagem e

digestão ácida para extração do fósforo conforme Tedesco et al. (1995), com posterior determinação de P conforme Murphy & Riley (1962).

As raízes foram lavadas em peneiras de 2 mm e conservadas em solução de álcool etílico 50% (v/v) até a determinação da porcentagem de colonização micorrízica. Para tanto, as raízes foram clarificadas e coradas de acordo com a técnica proposta por Koske & Gemma (1989) modificada. As raízes foram submersas em solução de KOH 10% e mantidas em banho-maria a 90°C por 50 minutos. Em seguida, foram lavadas com água corrente e imersas em solução HCl 2,5% por 15 minutos, quando o ácido foi retirado e adicionou-se solução corante. As amostras permaneceram, então, em banho-maria por mais 5 minutos até a coloração. Após este período, elas foram então lavadas até a remoção total do corante e conservadas em geladeira até a observação em microscópio.

A determinação da colonização micorrízica seguiu a metodologia proposta por McGonigle et al. (1990). Para este procedimento, montou-se 25 lâminas por tratamento. Cada lâmina foi preparada com dez segmentos de raiz com aproximadamente 1 cm de comprimento. Em cada lâmina foram observados 200 pontos, sendo que cada um deles foi avaliado quanto à presença de colonização por FMAs. O percentual total de colonização micorrízica e a colonização por hifas, vesículas, arbúsculos e esporos foram expressos considerando os valores de fragmentos colonizados em relação aos não colonizados. Todos os dados foram submetidos à análise de variância fatorial utilizando o programa SAS (ANOVAF) e, quando significativo o efeito de dose de P, foi testada regressão linear e quadrática, selecionando-se o modelo com maior coeficiente de determinação e significativo a 5%. Para a realização das análises estatísticas, os dados de porcentagem de colonização foram transformados em arco seno ( $(\text{raiz de } X/100) * 180/\pi$ ) a fim de garantir a sua distribuição normal. As médias do fator qualitativo (Inoculação) foram comparadas pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis teor de P e colonização micorrízica por hifas apresentaram interação entre inoculação e doses de P adicionadas ao solo. Para as variáveis massa seca de parte aérea e colonização micorrízica por vesículas observou-se efeito simples de inoculação e de doses de P adicionadas ao solo. Já para as variáveis colonização micorrízica total e por arbúsculos observou-se efeito simples de doses de P adicionadas ao solo (Tabela 1).

Tabela 1 Resultado da análise de variância para as variáveis teor de fósforo (Teor de P), massa seca de parte aérea (MSPA), colonização micorrízica total (CMT), colonização micorrízica por hifas (CMH), colonização micorrízica por arbúsculos (CMA) e colonização micorrízica por vesículas (CMV) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce.

Fator de variação	Teor de P (%)	MSPA (g)	CMT (%)	CMH (%)	CMA (%)	CMV (%)
Inoculação	**	**				*
Dose de P	**	**	**	**	**	*
Inoculação*Dose P	**			*		

\*\* : P<0,01; \* : P=0,01-0,05.

Fonte: Neves, A.N, 2010

O teor de fósforo na parte aérea apresentou resposta quadrática devido à adição de P ao solo (Figura 1). Plantas micorrizadas com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatum* apresentaram maiores teores de fósforo na parte aérea de mudas de cebola em todas as doses de P, quando comparadas a plantas sem inoculação. O tratamento com *Rhizophagus clarus* resultou em melhor nutrição fosfatada a partir da dose de 37,5 mg dm<sup>-3</sup> de P quando comparado aos demais tratamentos, apresentando o maior teor de P nas mudas de cebola (0,6 %) na dose de 112,5 mg dm<sup>-3</sup> de P. Já o tratamento com *Claroideoglossum etunicatum* resultou em maior nutrição fosfatada na dose de 75 mg dm<sup>-3</sup> de P, apresentando teor de P nas mudas de cebola da ordem de 0,5%. A inoculação da cebola com *Scutellospora heterogama* e adubação fosfatada na dose de 75 mg dm<sup>-3</sup> de P resultou em um teor de P de 0,4%. Os tratamentos com *R. clarus* e *C. etunicatum* incrementaram o teor de fósforo na parte aérea em 38 e 17% respectivamente, se comparados aos tratamentos sem inoculação. No tratamento com *S. heterogama* não houve incremento significativo do teor de fósforo nas mudas, tendo sua produção média 43% inferior ao tratamento sem inoculação. A adição da dose de P recomendada para a produção de mudas de cebola em SC, que é de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P, reduziu a resposta micorrízica das plantas em termos de nutrição fosfatada das mudas quando inoculadas com qualquer isolado.

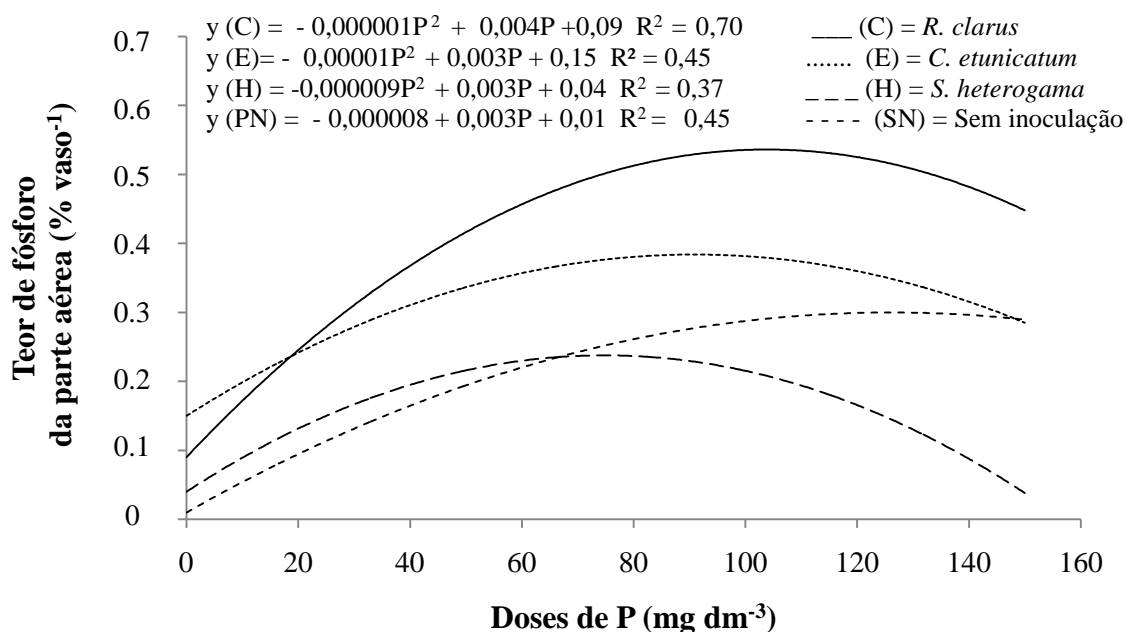
Em plantas micorrizadas, esta resposta de natureza quadrática já foi observada anteriormente por outros pesquisadores. Estes dados confirmam as respostas positivas promovidas pelos fungos nas doses menores de P, ocorrendo diminuição das respostas com o aumento da disponibilidade do nutriente no solo (Trindade et al., 2001; Rocha et al., 2006).

Os maiores teores de fósforo nos tratamentos com *R. clarus* e *C. etunicatum* demonstram que os FMAs podem contribuir de maneira positiva para a absorção e translocação de P para a planta. O aumento da capacidade das plantas em absorver o P pode ser atribuído à capacidade dos fungos em aumentar a área de superfície das raízes, que podem conter até 1,5 m de hifa em cada cm de raiz colonizada. As hifas espalham-se no solo e,



quando a difusão é limitante, como no caso do P, podem representar aumentos de 10 a 60 vezes na superfície e na taxa de absorção do nutriente, respectivamente (Siqueira et al., 1988; Bolan, 1991). Segundo Tawarayaya et al. (2001), a colonização micorrízica de *Allium fistulosum* com *Rhizophagus fasciculatus* aumentou em média 73% a absorção de fósforo das plantas, quando comparadas com as não micorrizadas. Aliasgharзад et al. (2009) observaram que plantas inoculadas com *R. vesiforme* apresentaram maior conteúdo de P na parte aérea quando comparadas a plantas não micorrizadas. Plantas inoculadas com FMAs apresentaram até 100% a mais de fósforo na parte aérea, quando comparadas com as não inoculadas (Goussous & Mohammad, 2009).

Figura 1 Teor de fósforo da parte aérea (% vaso<sup>-1</sup>) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus*- USA102A, *Claroideoglopus etunicatum*- MGR450A, *Scutellospora heterogama*- PNB102A e sem inoculação, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de cinco repetições.



Fonte: Neves, A.N, 2010

A produção de massa seca das mudas de cebola apresentou efeito simples de inoculação (Tabela 2) e de doses de P testadas, tendo resposta quadrática devido à adição de P ao solo (Figura 2). Os tratamentos com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglopus etunicatum* apresentaram maiores valores de massa seca da parte aérea de mudas de cebola quando comparados com o tratamento sem inoculação (Tabela 2). Os isolados de *R. clarus* e *C. etunicatum* promoveram aumentos médios de biomassa da ordem de 58 e 68% respectivamente, em relação ao tratamento sem inoculação, que continha apenas a população

nativa de FMAs. Bressan et al. (2001) observaram que a inoculação de sorgo e soja contribuiu para o aumento da matéria seca e produção de grãos de ambas as culturas. Machineski et al. (2011) relatam que na cultura da mamona a inoculação com *Gigaspora margarita*, *Rhizophagus clarus*, e uma mistura de espécies, aumentou a massa seca da parte aérea em 450%, 775% e 762%, respectivamente. Na cultura da cebola foram encontrados incrementos significativos de parte aérea da ordem de 95%, quando comparadas com as plantas não micorrizadas (Tawaraya et al., 2001).

As doses de P entre 75 e 112,5 mg dm<sup>-3</sup> foram as que promoveram maior crescimento da parte aérea de mudas de cebolada ordem de 2,97g vaso<sup>-1</sup> e 2,15 g vaso<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2). Crescimentos maiores nestas doses podem estar relacionados ao aumento da superfície de saturação de adsorção, que aumenta à mobilidade de P no solo, com a conseqüente diminuição da energia de ligação, o que proporciona maior dessorção de P do solo (Simões Neto et al., 2009). Deve-se ainda mencionar que aos 30 dias após a emergência das plantas, ocorreram problemas com trips (*Retithrips* sp.) e com a temperatura da casa de vegetação, na qual as mudas de cebola se encontravam. Estes problemas podem ter influenciado nos resultados de massa seca da parte aérea das mudas de cebola.

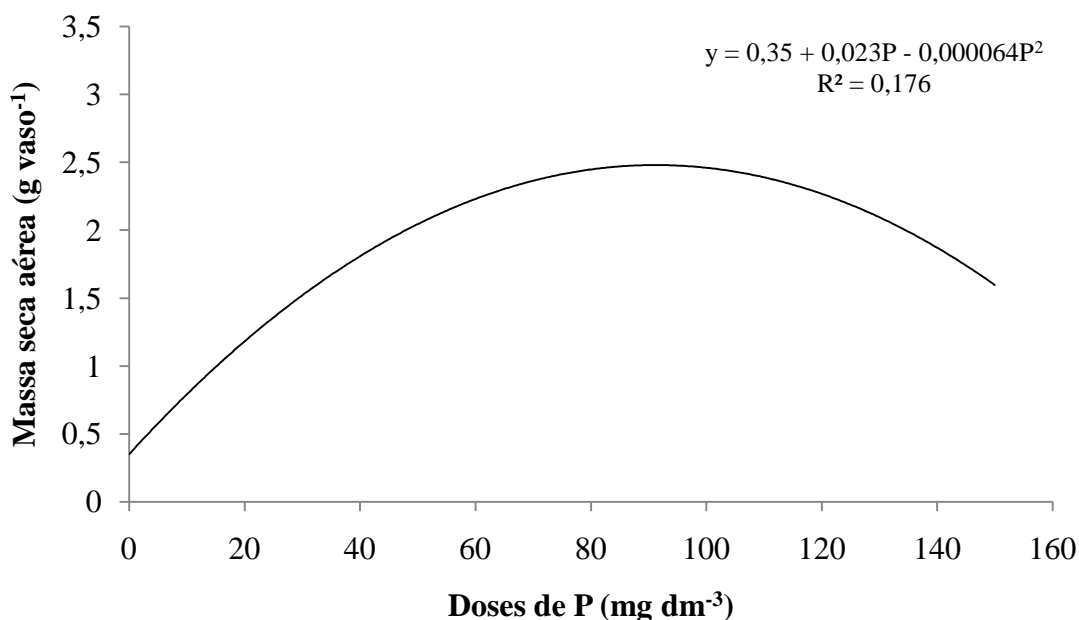
Alguns autores têm encontrado respostas positivas da inoculação de espécies de *Allium* com FMAs. Elas se referem ao crescimento de mudas, diâmetro de bulbo, nutrição fosfatada e massa seca da parte aérea (Sharma & Adhloeya, 2000; Tawaraya et al., 2001; Goussous & Mohammad, 2009). Neste estudo, não foram observadas respostas acentuadas no desenvolvimento e na nutrição das plantas em relação à inoculação com as diferentes espécies de FMAs testadas. Entretanto, *R. clarus* proporcionou maior teor de fósforo na parte aérea e desenvolvimento da parte aérea, enquanto *C. etunicatum* proporcionou apenas maior desenvolvimento da parte aérea. Este efeito diferencial ocorre porque as espécies diferem em sua capacidade de infectar, colonizar e responder a planta hospedeira. Muitas destas diferenças são devido à variação no balanço entre resposta nutricional às plantas proporcionado pelo fungo, e no dreno de fotoassimilados da planta requeridos para a sua manutenção (Saggin Junior & Siqueira, 1996). Existem também outros fatores que influenciam a absorção de P, como eficiência dos arbúsculos (interface fungo-célula vegetal) e a extensão, viabilidade e capacidade de transporte da hifa externa, bem como a quantidade de pêlos radiculares, o transporte e a utilização do P, a taxa de crescimento e a exigência nutricional da planta (Smith & Read, 1997). Por fim, a variação na resposta é determinada não só pelo genótipo da planta hospedeira e do FMA, mas também pelas condições ambientais.

Tabela 2 Massa seca da parte aérea ( $\text{g vaso}^{-1}$ ) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* – USA102A, *Claroideoglossum etunicatum* – MGR450A, *Scutellospora heterogama* – PNB102A e sem inoculação em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages, SC, 2010. Médias de 25 repetições, considerando em conjunto as cinco doses de P.

Fungos	Massa seca da parte aérea ( $\text{g vaso}^{-1}$ )
<i>R. clarus</i>	2,08 A
<i>C. etunicatum</i>	2,69 A
<i>S. heterogama</i>	1,15 B
Sem inoculação	0,87 B

\*Letras maiúsculas comparam médias entre linhas pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

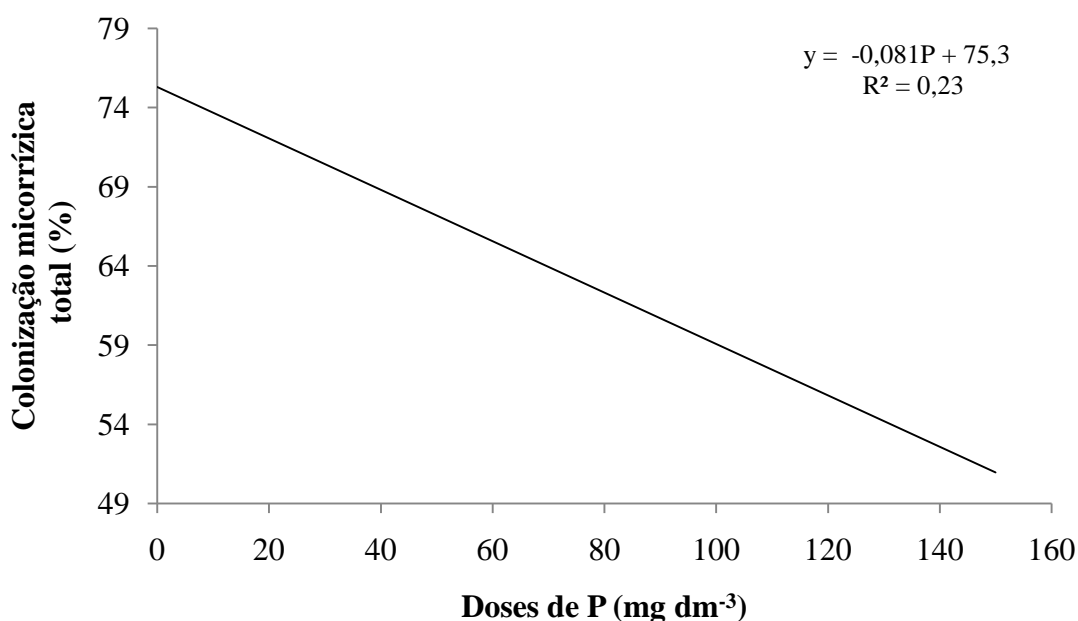
Figura 2 Massa seca da parte aérea ( $\text{g vaso}^{-1}$ ), de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação.



Fonte: Neves, A.N, 2010

A colonização micorrízica total (CMT) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) apresentou efeito simples de doses de P, sendo influenciada negativamente pela adição de P ao solo (Figura 3). O percentual de colonização micorrízica total das mudas variou de 48 a 73%.

Figura 3 Colonização micorrízica total (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages, SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação



Fonte: Neves, A.N, 2010

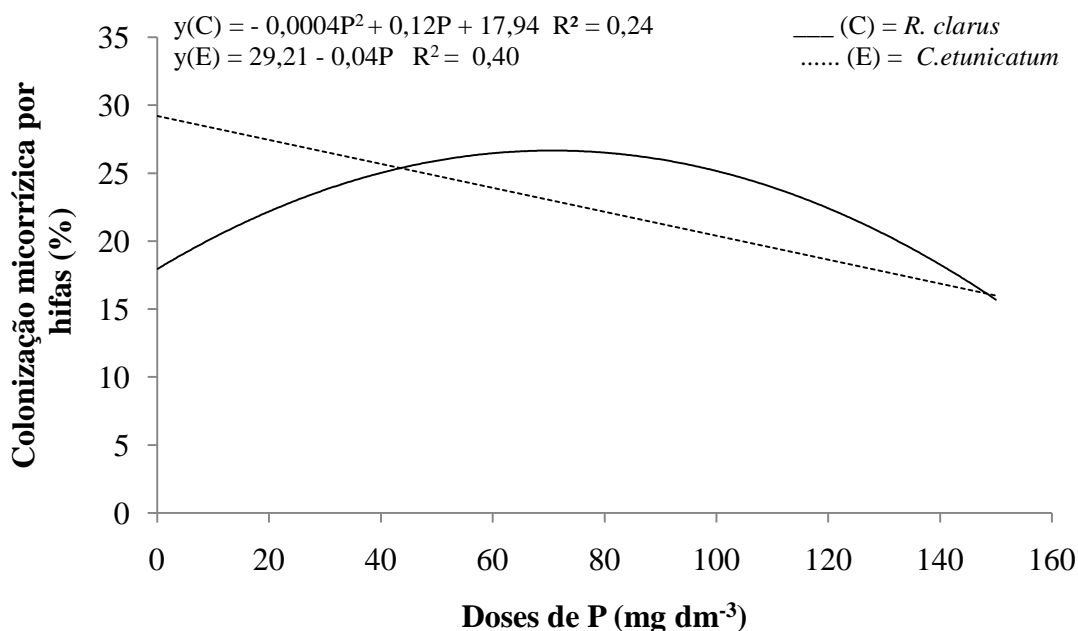
A colonização micorrízica por hifas (CMH) apresentou resposta quadrática e linear à adição de P ao solo nos tratamentos com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglosum etunicatum*, respectivamente (Figura 4). Para o isolado *Scutellospora heterogama* e o tratamento sem inoculação, este efeito não foi detectado e os valores médios encontram-se na Tabela 3. Para o isolado de *Rhizophagus clarus*, o aumento das doses de P até 75 mg dm<sup>-3</sup> resultou no aumento da porcentagem de CMH (26,6%) até a dose de 112,5 mg dm<sup>-3</sup>, quando se observa quedas na porcentagem de CMH (24,3%). Para o isolado *Claroideoglosum etunicatum* a CMH diminuiu com o aumento das doses de P adicionadas ao solo (Figura 4).

Tabela 3 Colonização micorrízica por hifas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce em tratamentos com *Scutellospora heterogamae* sem inoculação em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação.

Doses de P (mg dm <sup>-3</sup> )	Média de colonização micorrízica por hifas (%)	
	<i>Scutellospora heterogama</i>	Sem inoculação
0	24,4	23,3
37,5	23,5	36,3
75	26,7	22,6
112,5	23,5	17,4
150	28,1	20,9

Fonte: Neves, A.N, 2010

Figura 4 Colonização micorrízica por hifas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglopus etunicatum*, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de cinco repetições.



Fonte: Neves, A.N, 2010

A colonização micorrízica por vesículas (CMV) apresentou efeito simples de inoculação (Tabela 4) e de doses de P testadas (Figura 5). Observou-se resposta linear à adição de P ao solo (Figura 5). Os tratamentos com *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglopus etunicatum*, apresentaram valores médios de CMV de 19 e 15%, respectivamente, se comparadas com o tratamento sem inoculação (Tabela 4). No tratamento com *S. heterogama* foram observados valores de CMV que não diferiram do tratamento sem inoculação (Tabela 4). A CMV variou de 26 a 35 % e diminuiu com o aumento das doses de P adicionadas ao solo (Figura 5).

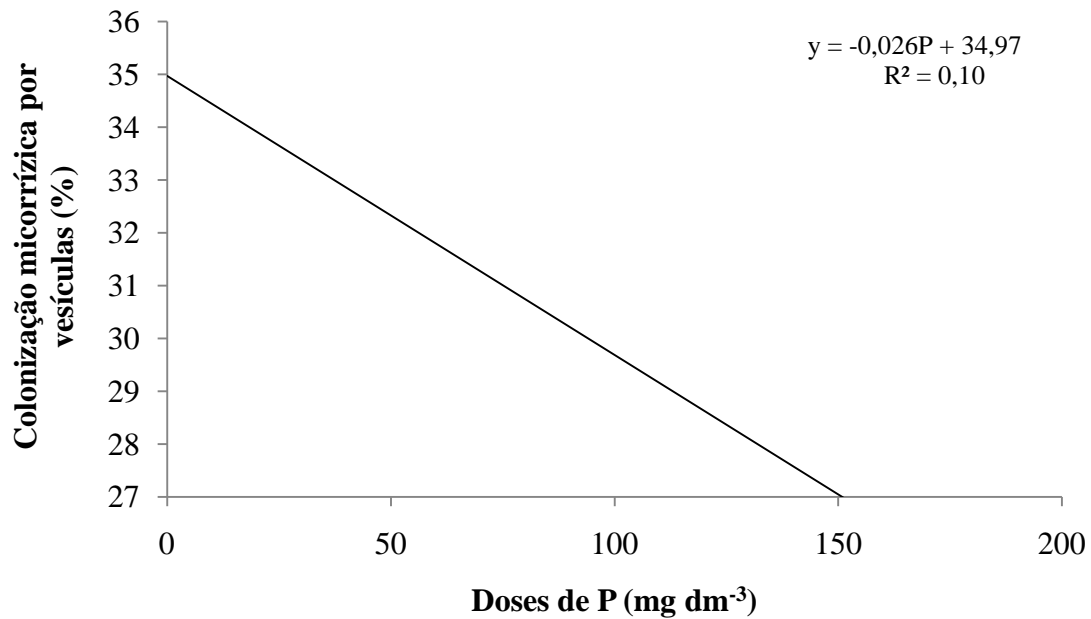
Tabela 4 Colonização micorrízica por vesículas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce inoculadas com *Rhizophagus clarus*–USA102A, *Claroideoglopus etunicatum* – MGR450A, *Scutellospora heterogama* – PNB102A e sem inoculação, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages, SC, 2010. Médias de 25 repetições, considerando em conjunto as cinco doses de P.

Fungos	Colonização micorrízica de vesículas (%)
<i>R. clarus</i>	33,8 A
<i>C. etunicatum</i>	32,8 A
<i>S. heterogama</i>	29,5 AB
Sem inoculação	27,9 B

\*Letras maiúsculas comparam médias entre linhas pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Neves, A.N, 2010

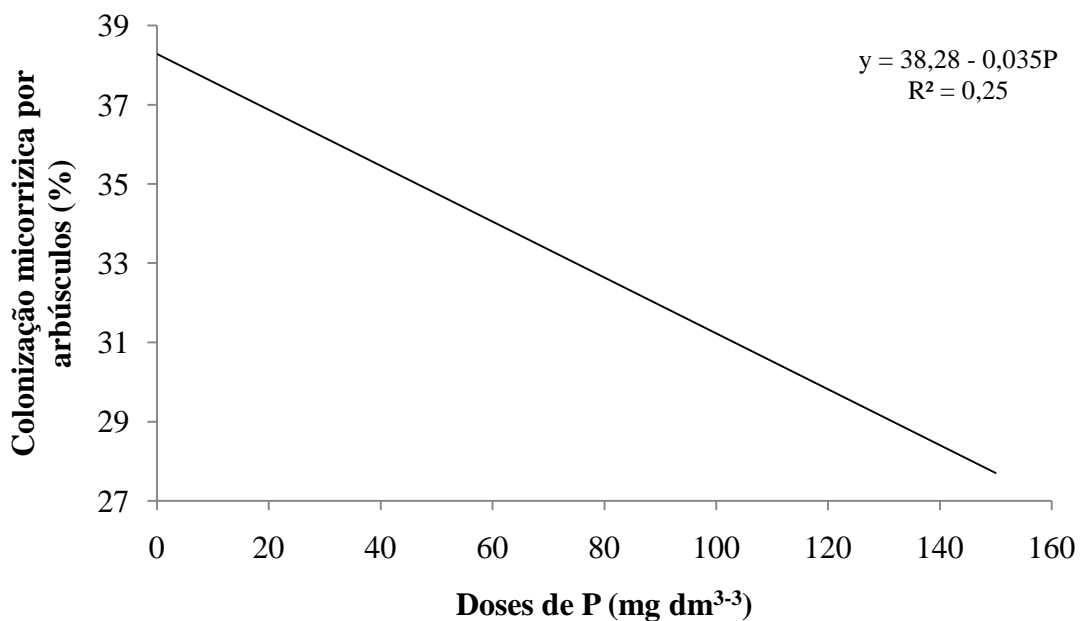
Figura 5 Colonização micorrízica por vesículas de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação.



Fonte: Neves, A.N, 2010

Foi ainda observada presença de arbúsculos em percentuais que variaram em média de 27 a 38% (Figura 6). A formação de arbúsculos foi afetada pelas doses de P, diminuindo com o aumento das doses de P adicionadas ao solo.

Figura 6 Colonização micorrízica por arbúsculos (%), de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em solo (Nitossolo Bruno + areia) não estéril, com doses crescentes de P, Lages SC, 2010. Médias de 20 repetições, considerando em conjunto as quatro formas de inoculação.



Fonte: Neves, A.N, 2010

Há indicativos de que é necessário um percentual mínimo de colonização do sistema radicular para a resposta micorrízica, o qual varia com a espécie vegetal (Smith & Read, 1997). A diminuição na colonização micorrízica devido ao aumento da adição de P é considerada normal, podendo, em muitos casos, ser associada ao estado nutricional das plantas. Plantas bem nutridas teriam mecanismos para reduzir o desenvolvimento ou a atividade dos FMAs nas raízes, objetivando reduzir o custo energético que a manutenção do fungo representa para a planta (Smith & Read, 1997). Espécies de FMAs que mantêm altos níveis de colonização radicular, mesmo sob condições de altos níveis de P no solo poderiam, em determinadas condições, tornar-se parasitas, devido à grande demanda por carboidratos das plantas (Moreira & Siqueira, 2002).

Com base nos resultados deste estudo em condições controladas, os tratamentos com *R. clarus* e *C. etunicatum* apresentaram potencial para utilização destes fungos como inoculantes em viveiros de mudas de cebola. Entretanto, estes dados necessitam ser confirmados em experimento de campo. A inoculação com FMAs é uma prática que deve ser considerada na fase de viveiro, objetivando aumentar o desenvolvimento e a nutrição das mudas e, conseqüentemente, obter maior garantia de estabelecimento no campo.

### 3.4 CONCLUSÃO

A inoculação de mudas de cebola com as espécies *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatum* é uma alternativa promissora para aumentos de produção de massa seca aérea e melhoria da nutrição fosfatada de mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce.

## 4 CAPÍTULO II. USO DE INOCULANTE A BASE DE *R.clarus* EM VIVEIROS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CEBOLA EM SC.

### 4.1 INTRODUÇÃO

A agrotecnologia tem evoluído substancialmente nas últimas décadas, abrindo espaço para inovações tecnológicas diversas. Neste contexto, o uso de inoculantes microbianos consiste em uma alternativa à produção agrícola com menor risco de agressão ao ambiente. Tecnologias microbianas, como o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), constituem estratégias importantes na melhoria dos sistemas de produção agrícola. A natureza biotrófica obrigatória destes fungos sempre foi o principal entrave à sua utilização em larga escala na agricultura (EMBRAPA, 2002; Silveira & Freitas, 2007).

Na última década, entretanto, diversos métodos de produção de inoculantes micorrízicos foram internacionalmente patenteados. Dentre estes métodos, destacam-se: a) inoculante produzido em agregados de argila expandida, denominado "Leca", desenvolvido na Alemanha e já com resultados promissores para várias culturas em condições de campo; b) inóculo "pellet", consistindo de mistura solo inóculo: turfa, areia esterilizada e  $\text{CaCO}_3$  ou  $\text{CaSO}_4$  (4:1:1:2), ou mesmo peletização com sementes de forrageiras com propágulos de FMAs, rizóbio, fertilizantes e corretivos; c) inóculo obtido pela técnica do "nutrient film" (NFT), envolvendo mudas pré-colonizadas e crescidas em solução nutritiva; e d) vasos de cultivo, contendo uma planta multiplicadora (ex. *Brachiaria decumbens*), crescendo em substrato de solo: vermiculita (3:1) com adição de fosfato de rocha. Independentemente do método utilizado, a economia e a praticidade da inoculação com FMAs dependem do valor econômico da resposta a campo e do custo da aplicação manual ou das modificações necessárias nas máquinas agrícolas para a aplicação do inoculante (Siqueira & Franco, 1988).

No Brasil, o potencial de uso mais imediato e economicamente viável para os FMAs ainda está na pré-colonização de mudas em viveiros. Isto se deve à condição de minoridade da produção de inoculantes microbianos a base de FMAs no país. A micorrização em sistemas de produção de mudas favorece o desenvolvimento e a sobrevivência após o transplante das plantas para o campo. Tal efeito já foi descrito no Brasil para diversas culturas: cafeeiro, seringueira, mamoeiro, leguminosas arbóreas e outras espécies de interesse econômico (Bolota & Lopes, 1996; Caldeira et al., 1999; Trindade et al., 2000).

Em geral, as mudas associadas aos FMAs mostram-se vigorosas, uniformes, com melhor crescimento e desenvolvimento, garantindo melhor desempenho quando levadas a campo (Tristão et al., 2006; Wu & Xia, 2006; Wu et al., 2008; Nogales et al., 2009). Além



disso, elas permanecerem menos tempo no viveiro, apresentam menor requerimento de insumos agrícolas e são mais saudáveis. Alguns trabalhos mostram que mudas de café, abacaxi e dendê, quando pré-micorrizadas no viveiro e transplantadas para o campo, apresentam persistência dos efeitos dos FMAs, com reflexos positivos na produção (Siqueira & Franco, 1988). O uso de inoculantes a base de FMAs em sistema de produção de mudas apresenta grande potencial, como alternativa biológica para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis (Saggin Júnior & Lovato, 1999; Schiavo & Martins, 2002).

Em face da viabilidade técnica da inoculação de fungos na fase de produção de mudas, diversas culturas apresentam possibilidades para o uso de inoculantes micorrízicos, entre elas a cultura da cebola (Souza, et al., 2006). Espécies do gênero *Allium*, em particular a cebola, constituem excelente modelo para pesquisas com fungos micorrízicos, porque apresentam crescimento do sistema radicular lento e simples, o que propicia alta resposta para fungos micorrízicos arbusculares.

O conhecimento das interações de espécies de *Allium* e FMAs iniciou-se com os trabalhos de Mosse e colaboradores, quando eles analisaram o crescimento de plantas de cebola inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob condições de campo (Hayman & Mosse, 1971). Trabalhos subsequentes foram desenvolvidos analisando o crescimento de mudas, diâmetro de bulbo, nutrição fosfatada e massa seca da parte aérea (Sharma & Adhloeya, 2000; Tawaraya et al., 2001; Goussous & Mohammad, 2009).

A cultura da cebola, apesar de sua importância econômica e social, é considerada de grande risco ambiental, devido à sua elevada utilização de insumos, pois é uma planta exigente em solos férteis, que são intensamente mobilizados, necessitando de pesadas adubações e da frequente aplicação de fertilizantes (Obara, 1991). A nutrição adequada das plantas desta cultura é assim, um desafio enfrentado pelos agricultores (Boeing, 2002). Os resultados de pesquisas e a conscientização sobre os efeitos danosos dos adubos minerais (Campanhola et al., 1997), juntamente com a elevação do custo de aquisição desses insumos, justificam as pesquisas sobre o uso de inoculantes microbiológicos para promoção de crescimento vegetal. Considerando os problemas apresentados pela cultura da cebola e sua importância econômica como olerícola, tecnologias microbianas como o uso de fungos micorrízicos, constituem estratégias importantes na melhoria dos sistemas brasileiros de produção de cebola.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta das mudas de cebola à inoculação com *Rhizophagus clarus*, em sistema com baixo e alto aporte de fertilizante fosfatado no estado de Santa Catarina.

#### 4.2 MATERIAIS E METÓDOS

Um experimento foi conduzido em viveiro de mudas de cebola na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), situada a 475 m de altitude, 27° 22' S de latitude e 49° 35' W de longitude, no município de Ituporanga, região do Alto Vale do Itajaí, SC. O clima do município é do tipo mesotérmico úmido com verões quentes, Cfa, segundo a classificação de Köppen. Na área experimental, o solo é classificado como Cambissolo Háplico Distrófico (Embrapa, 1999).

O experimento seguiu um arranjo fatorial 2 x 3, sendo constituído de dois tratamentos de inoculação (*Rhizophagus clarus* USA102A e inóculo estéril), e três doses de P (0, 75 e 150 mg dm<sup>-3</sup>). O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado com oito repetições, constituindo 48 unidades experimentais. Apesar de os isolados *R. clarus* e *C. etunicatum* terem conferido as melhores respostas em condições controladas como apresentado no Capítulo 1 desta dissertação, optou-se por utilizar o isolado *R. clarus*, por questões de produção de inóculo, e por este isolado ser considerado altamente responsivo a diversas culturas. O isolado de *R. clarus* é oriundo dos Estados Unidos (EUA) e está depositado na Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota, na Universidade Regional de Blumenau – FURB ([www.furb.br/cicg](http://www.furb.br/cicg)).

As parcelas receberam 1500 g de solo-inóculo (argila expandida, areia, raízes colonizadas e esporos da espécie escolhida) e inóculo estéril (argila expandida e areia), que foram distribuídos na superfície das parcelas a lanço. Em seguida foram semeadas sementes comerciais de cebola da cultivar Bola Precoce, fornecidas pela EPAGRI de Ituporanga. As sementes foram semeadas a lanço e logo após a semeadura foram cobertas com serragem para melhor germinação. Essas sementes foram previamente tratadas com Captan. Cada parcela (unidade experimental) foi composta de canteiros de 3x1 m. Os canteiros foram preparados com enxada rotativa e em seguida tiveram o pH e os teores de N e K corrigidos com base na recomendação técnica para viveiros de mudas de cebola no estado de SC (EPAGRI, 2010), considerando os dados de análise de solo. A adubação fosfatada foi realizada com superfosfato simples. A inoculação foi realizada 15 dias após o preparo do solo.

Posteriormente, 10 g de sementes foram semeadas a lanço e após a semeadura os canteiros foram cobertos com serragem para obter-se melhor emergência das plantas. Devido ao clima chuvoso houve problema de botrytis (*Botrytis squamosa*) nas mudas de cebola aos 20 dias após a emergência. As mesmas foram tratadas com aplicações de mistura Mythos + Rovral na dose de 1,5 l/ha a cada dez dias. Foram realizadas também duas aplicações de Ridomil Gold para controle de mildio (*Peronospora destructor*) na dose de 2,0 kg/ha.

O experimento foi encerrado noventa dias após a emergência das sementes com a coleta de 45 plantas por parcela. Destas, 30 foram utilizadas para as análises de massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, teor de fósforo da parte aérea e diâmetro de colo. As outras 15 foram utilizadas para determinação da colonização micorrízica das raízes. Foi também avaliado o estande de plantas de cada parcela. A parte aérea das mudas foi separada das raízes para determinação da altura das plantas, diâmetro de colo, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes. A parte aérea foi separada das raízes, armazenada em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 105°C até massa constante. Em seguida determinou-se a massa seca da parte aérea e de raiz de cada parcela. A massa seca de parte aérea foi submetida à moagem e digestão ácida para a extração do fósforo (P) no tecido, conforme Tedesco et al. (1995). A determinação do teor de P foi realizada por espectrofotometria, conforme Murphy & Riley (1962). O estande de plantas foi medido com o auxílio de um quadro de madeira de 0,2 x 0,2m e, posteriormente, calculou-se a quantidade de plantas por parcela.

As raízes destinadas para avaliação da colonização micorrízica foram separadas da parte aérea e lavadas em peneiras de 2 mm, em seguida conservadas em solução de álcool etílico 50% (v/v), até a determinação da porcentagem de colonização micorrízica. Para tanto, as raízes foram clarificadas e coradas de acordo com a técnica proposta por Koske & Gemma (1989) modificada. As raízes foram submersas em solução de KOH 10% e mantidas em banho-maria a 90°C por 50 minutos. Em seguida, foram lavadas com água corrente e imersas em solução HCl 2,5% por 15 minutos, quando o ácido foi retirado e adicionou-se solução corante. As amostras permaneceram, então, em banho-maria por mais cinco minutos até a coloração. Após este período, elas foram então lavadas até a remoção total do corante e conservadas em geladeira até a observação em microscópio.

A determinação da colonização micorrízica seguiu a metodologia proposta por McGonigle et al.(1990). Para este procedimento, montou-se 40 lâminas por tratamento. Cada lâmina foi preparada com dez segmentos de raiz de aproximadamente 1 cm de comprimento. Em cada lâmina foram observados 200 pontos, sendo que cada um deles foi avaliado quanto à

presença de colonização por FMAs. O percentual total de colonização micorrízica e colonização por hifas, vesículas, arbúsculos e esporos foram expressos considerando os valores de fragmentos colonizados em relação aos não colonizados.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância fatorial utilizando o programa SAS (ANOVAF) e, quando significativo o efeito de dose de P, foi testada regressão linear e quadrática, selecionando-se o modelo com maior coeficiente de determinação e significativo a 5%. Para a realização das análises estatísticas, os dados de porcentagem de colonização foram transformados em arco seno ( $(\text{raiz de } X/100) * 180/\pi$ ) a fim de garantir a sua distribuição normal. As médias do fator qualitativo (Inoculação) foram comparadas pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis estande de plantas e altura de parte aérea apresentaram interação entre inoculação e doses de P adicionadas ao solo (Tabela 5). Para as variáveis massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, diâmetro de colo, teor de fósforo da parte aérea e colonização micorrízica por vesículas, observou-se efeito simples de doses de P adicionadas ao solo. Já para as variáveis colonização micorrízica total e por hifas observou-se efeito simples inoculação.

Tabela 5 Resultado da análise de variância para as variáveis estande de plantas (ESTP), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), diâmetro de colo (DC), altura da parte aérea (APA), teor de fósforo da parte aérea (Teor de P), colonização micorrízica total (CMT), colonização micorrízica por hifas (CMH) e colonização micorrízica por vesículas (CMV) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce.

Fator de variação	ESTP (plantas/m <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSR (g)	DC (cm)	APA (cm)	Teor de P (%)	CMT (%)	CMH (%)	CMV (%)
Inoculação							*	**	
Dose de P	**	**	**	**	**	*			*
Inoculação*Dose P	*				**				

\*\* :  $P < 0,01$ ; \* :  $P = 0,01-0,05$ .

Fonte: Neves, A.N, 2010

O estande de plantas das mudas de cebola sofreu efeito de interação entre os FMAs e as doses de P testadas, com resposta quadrática devido à adição de P ao solo (Figura 7). Mudas de cebola inoculadas com *Rhizophagus clarus* apresentaram maior estande de plantas até a dose de  $75 \text{mgdm}^{-3}$  de P quando comparadas a plantas inoculadas com inóculo estéril. O tratamento com inóculo estéril resultou em melhor estande de plantas a partir da dose de 75

mg dm<sup>-3</sup> de P quando comparado ao tratamento com *R. clarus*, apresentando o maior estande de plantas das mudas de cebola (1732,5 %) na dose de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P. O tratamento com *R. clarus* incrementou o estande de plantas em 0,9%, se comparado ao tratamento com inóculo estéril. A adição da dose de P recomendada para a produção de mudas de cebola em SC, que é de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P, foi a que proporcionou melhor resposta micorrízica das plantas em termos de estande de plantas das mudas, quando inoculadas com o isolado *R. clarus* e inóculo estéril. Estes comportamentos são expressos na forma de equações quadráticas (Figura 7).

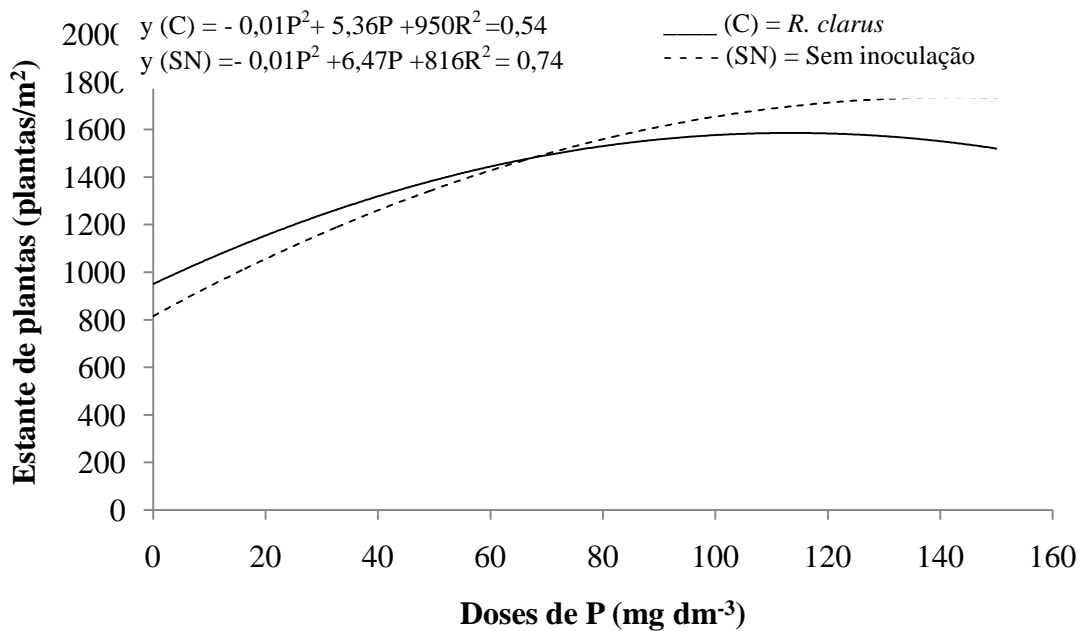
Plantas micorrizadas aumentam sua resistência a estresse hídrico, pelo favorecimento da relação água-planta promovido pelo fungo micorrízico, incluindo aumentos na elasticidade das folhas, na taxa de transpiração e na abertura de estômatos, melhoria do estado nutricional e aumento das raízes, em comprimento e profundidade (Moreira & Siqueira 2002). Outras plantas como *Pinus*, soja, citros, abacateiro, cebola, milho e trigo têm a relação água planta favorecida quando são micorrizadas (Siqueira & Franco, 1988).

A inoculação com FMAs na fase de produção de mudas pode ser uma tecnologia com potencial de aplicação prática, pois há resultados de estudos da inoculação dos FMAs na produção de mudas de várias espécies vegetais (Saggin Júnior et al., 1995; Machineski et al., 2009; Nunes et al., 2009; Anzanello et al., 2011). Mudas micorrizadas apresentam melhor desenvolvimento e maior índice de sobrevivência a campo (Caldeira et al., 1997; Matias et al., 2001).

Rocha et al. (2006) observaram respostas positivas promovidas pelos fungos em doses menores de P, ocorrendo diminuição das respostas com o aumento da dose do nutriente no solo. O mesmo não ocorreu neste estudo para a variável estande de plantas, pois foi observado resposta positiva promovida pelos fungos em todas as doses de P, ocorrendo aumentos do estande de plantas com o aumento da dose do nutriente no solo.

A produção de massa seca da parte aérea, massa seca de raiz e diâmetro de colo das mudas de cebola apresentaram efeito simples de doses de P testadas, tendo resposta linear para massa seca de parte aérea e respostas quadráticas para massa seca de raiz e diâmetro de colo, devido à adição de P ao solo (Figura 8). A dose de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P foi a que resultou nos valores máximos de massa seca da parte aérea, massa seca de raiz e diâmetro de colo, com valores de, 4,6 g, 1,08 g e 3,98 cm, respectivamente (Figura 8).

Figura 7 Estande de plantas (plantas/m<sup>2</sup>) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* e inóculo estéril em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga SC, 2010. Médias de oito repetições.

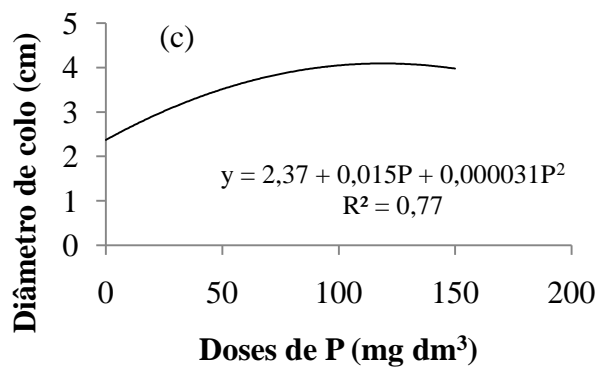
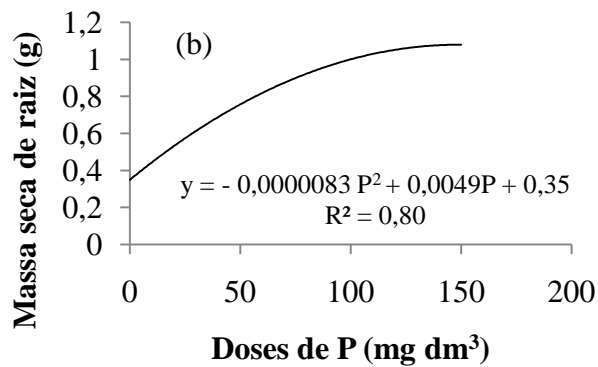
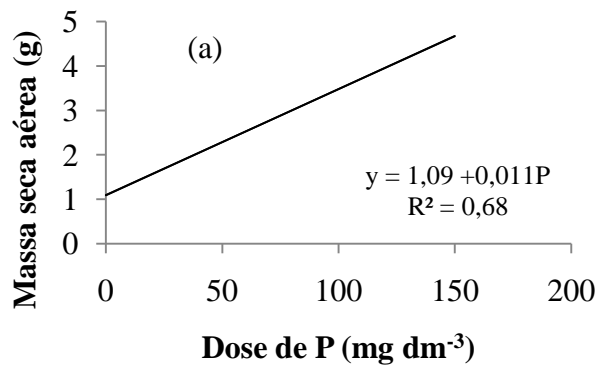


Fonte: Neves, A.N, 2010

Considerando que o solo do experimento é um solo pobre em fósforo, estes resultados estão de acordo com Kurtz (2012), que observou em trabalhos de campo que a adubação fosfatada é necessária para todas as regiões que produzem cebola no Brasil. Devido à cebola possuir um sistema radicular superficial, não explorando bem o solo, ela mostra uma exigência de fósforo maior do que outras culturas, levando-a a ter uma resposta bastante significativa quanto a esse nutriente. Em Santa Catarina, em especial na região de Ituporanga, polo produtor de cebola, as curvas de absorção de fósforo vêm sendo estudadas. Os resultados mostram que em solos onde os teores já são elevados as doses de P na faixa de 50 a 100 mg dm<sup>-3</sup> são suficientes para melhor desenvolvimento das plantas. Por outro lado, solos com baixos teores de fósforo exigem uma média de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P.

A altura da parte aérea das mudas de cebola apresentou resposta quadrática devido à adição de P ao solo (Figura 9). A inoculação com *Rhizophagus clarus* resultou em maior altura de parte aérea até a dose de 75mg dm<sup>-3</sup> de P quando os valores são comparados aos observados em plantas inoculadas com inóculo estéril. O tratamento com inóculo estéril resultou em maior altura da parte aérea a partir da dose de 75 mg dm<sup>-3</sup> de P, quando comparado ao tratamento com *R. clarus*. A dose de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P resultou em maior altura de parte aérea das mudas de cebola, que foi de 24,2 cm para *R. clarus* e 26,2 cm para o inóculo estéril.

Figura 8 Massa seca da parte aérea (a), de raiz (b) e diâmetro de colo (c) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga SC, 2010. Médias de 16 repetições.

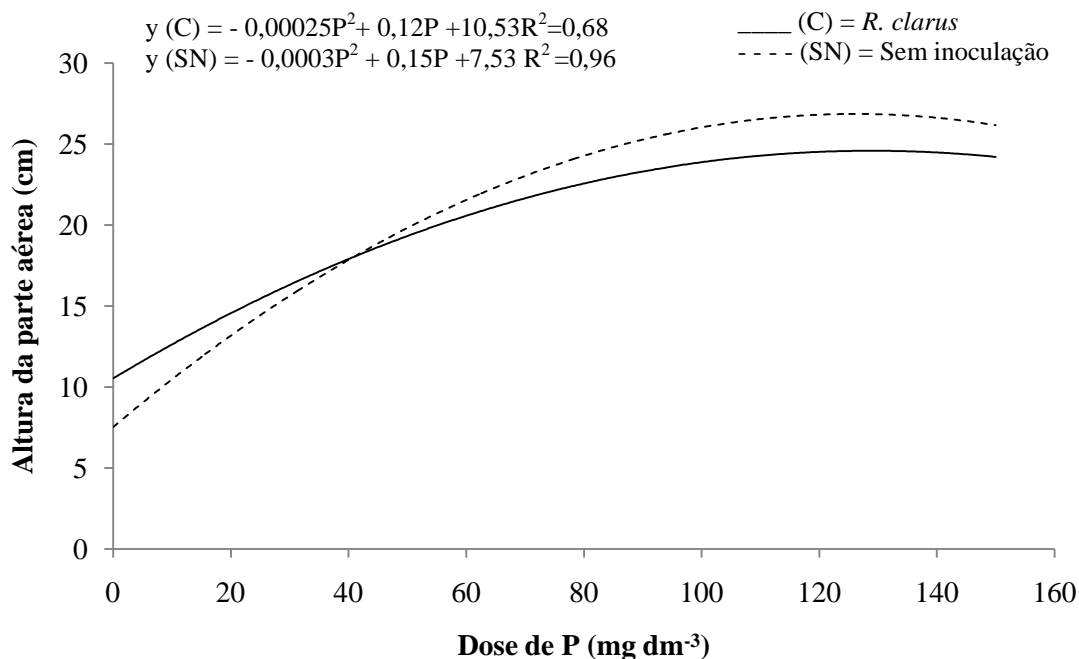


Fonte: Neves, A.N, 2010

O tratamento com *R.clarus* proporcionou um incremento médiona altura de parte aérea de 4,2%, se comparado ao tratamento com inóculo estéril. A adição da dose de P recomendada para a produção de mudas de cebola em SC, que é de 150 mg dm<sup>-3</sup> de P, foi a que resultou em melhor resposta micorrízica das plantas em termos de altura de parte aérea das

mudas quando inoculadas com o isolado *R. clarus* e inóculo estéril. Estes comportamentos são expressos na forma de equações quadráticas (Figura 9).

Figura 9 Altura de parte aérea (cm) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga, SC, 2010. Médias de oito repetições.



Fonte: Neves, A.N, 2010

Para o teor de P da parte aérea não se obteve um ajuste significativo para as equações testadas, sendo que os valores médios para esta variável são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Teor de fósforo da parte aérea (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce inoculadas com *Rhizophagus clarus* ou inóculo estéril em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga SC, 2010. Médias de 16 repetições.

Doses de P (mg dm <sup>-3</sup> )	Teor de P da parte aérea (%)	
	<i>Rhizophagus clarus</i>	Inóculo estéril
0	0,36	0,33
75	0,35	0,44
150	0,43	0,35

Fonte: Neves, A.N, 2010

Neste estudo, não foram observadas respostas acentuadas no desenvolvimento e na nutrição das plantas em resposta à inoculação com *R. clarus*. Além disso, a condição de alta umidade do solo devido a elevadas precipitações no período de condução do experimento pode ter influenciado nos resultados observados neste experimento. A umidade e a



precipitação têm influência no comportamento fisiológico dos FMAs, pois solos que apresentam excesso de água geralmente possuem pouca aeração, o que reduz a presença ou até elimina os FMA, uma vez que os mesmos são aeróbios (Caproni, 2001; Mergulhão et al., 2008). Isso se confirma neste estudo, pois 30 dias após a emergência observou-se que a associação micorrízica ainda não estava estabelecida (dados não apresentados).

Alguns autores têm encontrado respostas positivas da inoculação de espécies de *Allium* com FMAs. Elas se referem ao crescimento de mudas, diâmetro de bulbo, nutrição fosfatada e massa seca da parte aérea, dentre outras (Sharma & Adhloeya, 2000; Tawaraya et al., 2001; Goussous & Mohammad, 2009). Porém, não foram observadas para este estudo respostas significativas para o desenvolvimento e nutrição das mudas, quando inoculadas com *Rhizophagus clarus*. Este efeito ocorreu porque a espécie nas condições ambientais que se encontrava não teve capacidade de infectar, colonizar e responder a planta hospedeira de maneira efetiva.

Existem também outros fatores que influenciam a resposta das plantas aos FMAs como absorção de P, eficiência dos arbúsculos (interface fungo-célula vegetal) e a extensão, viabilidade e capacidade de transporte da hifa externa, bem como a quantidade de pêlos radiculares, o transporte e a utilização do P, a taxa de crescimento e a exigência nutricional da planta (Smith e Read, 1997). A variação na resposta é determinada não só pelo genótipo da planta hospedeira e do FMA, mas também pelas condições ambientais.

A colonização micorrízica total (CMT) e por hifas (CMH) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) apresentou efeito simples de inoculação (Tabela 7). O percentual de colonização micorrízica total das mudas variou de 19,0 a 33,2% e o percentual de colonização micorrízica por hifas variou de 18,5 a 31,1. O tratamento com *R. clarus* apresentou valores médios maiores de CMT e CMH de 43 e 41%, respectivamente se comparadas ao tratamento com inóculo estéril (Tabela 7). Abbot & Robson (1981) consideram que as principais razões para a diferença em efetividade dos FMAs estão relacionadas com a colonização micorrízica, tempo de formação da simbiose e com a intensidade de colonização atingida por cada população de fungo, o que provavelmente explica as diferenças encontradas entre esses tratamentos. Espécies de FMAs mais adaptadas e com maior potencial de inóculo predominam na rizosfera e no córtex radicular. Desse modo, o aumento da quantidade de inóculo de espécies como *R. clarus* pode não ser viável quando as espécies nativas são eficientes para a cultura. Considerando-se que os FMAs nativos são mais adaptados aos fatores estressantes do meio que os isolados de outros locais, supõe-se que a maximização dos efeitos benéficos destes fungos pode ser conseguida por meio do manejo dos fungos nativos

(Moreira & Siqueira, 2002). Entretanto, não se descarta a possibilidade de sucesso de FMAs introduzidos, desde que devidamente selecionados (Dodd et al., 1983).

Tabela 7 Colonização micorrízica total e por hifas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, inoculadas com *Rhizophagus clarus* ou inóculo estéril em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga, SC, 2010. Médias de 24 repetições.

Fungos	Colonização micorrízica total (%)	Colonização micorrízica por hifas (%)
<i>R. clarus</i>	33,21 A	31,14 A
Inóculo estéril	18,97 B	18,51 B

\*Letras maiúsculas compraram medias entre linhas.

Fonte: Neves, A.N, 2010

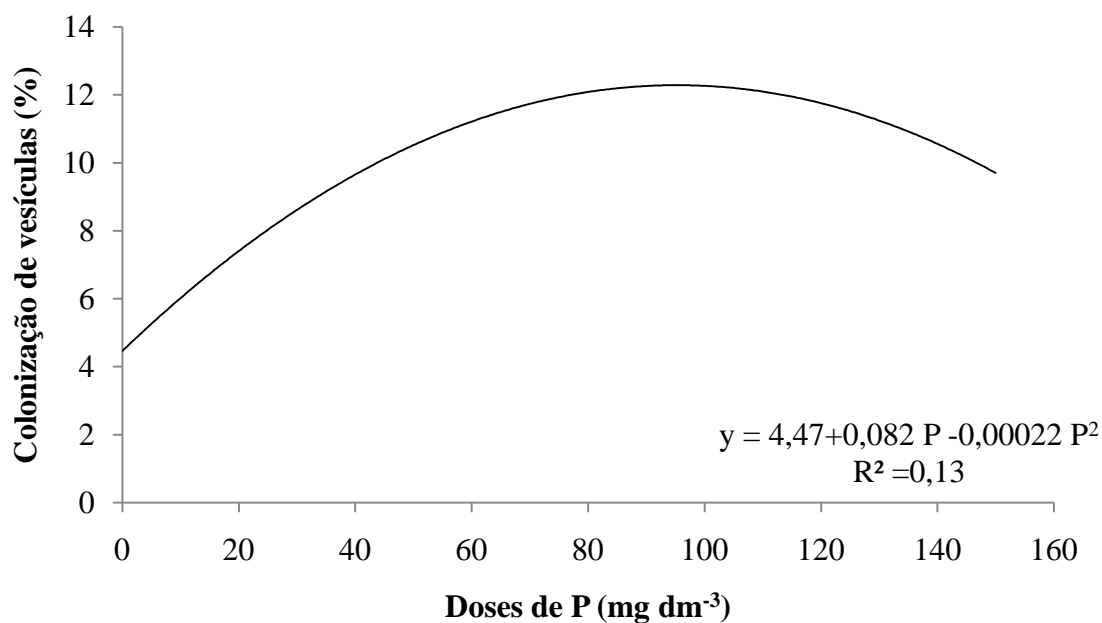
A colonização micorrízica por vesículas (CMV) apresentou efeito simples de dose de P testadas (Figura 9). Observou-se resposta quadrática à adição de P ao solo (Figura 9). A CMV variou de 4,5 a 11,9 % e na dose de 75 mg dm<sup>-3</sup> atingiu seu maior valor (11,9%), diminuindo 19% com o aumento da dose para 150 mg dm<sup>-3</sup>(Figura 9).

Como já visto no capítulo anterior, a diminuição na colonização micorrízica devido ao aumento da adição de P é considerada normal, podendo, em muitos casos, ser associada ao estado nutricional das plantas. Plantas bem nutridas teriam mecanismos para reduzir o desenvolvimento ou a atividade dos FMAs nas raízes, objetivando reduzir o custo energético que a manutenção do fungo representa para a planta (Smith & Read, 1997). Os resultados deste estudo em condições de campo mostram que apesar do tratamento com *R. clarus* ter apresentado maior colonização radicular que a observada para o tratamento com inóculo estéril, a inoculação não promoveu respostas significativas para mudas de cebola em viveiros. A melhor resposta das mudas de cebola sempre esteve associada à dose recomendada para viveiros de produção de mudas em SC. Entretanto, estes dados necessitam ser confirmados em outros experimentos de campo, pois as condições climáticas no período da implantação do experimento, não favoreceram o estabelecimento do FMA testado, porém essa condição climática é atípica da região nesta época.

#### 4.4 CONCLUSÃO

A inoculação com a espécie de FMA *Rizophagus clarus* não é uma alternativa promissora para aumentos no desenvolvimento e melhoria da nutrição fosfatada de mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce, em viveiros de mudas de Santa Catarina.

Figura 9 Colonização micorrízica por vesículas (%) de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, em um Cambissolo Háplico Distrófico, com doses crescentes de P, Ituporanga, SC, 2010. Médias de 16 repetições.



## 5 CONCLUSÕES GERAIS

A inoculação de mudas de cebola com as espécies *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatum* é uma alternativa promissora para aumentos de produção de massa seca aérea e melhoria da nutrição fosfatada de mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce.

A inoculação de *R. clarus* a campo não é uma alternativa promissora para aumentos no estado de plantas, massa seca aérea, massa seca de raiz, diâmetro de colo, altura de planta e nutrição fosfatada de mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. Infectivity and effectiveness of vesicular-carbuncular mycorrhizal fungi: effect of inoculums type. **Australian Journal of Agricultural Research**, Meiboume, v.32, p. 631-639, 1981.
- ALIASGHARZAD, N., BOLANDNAZAR, S.A., NEYSHABOURI, M.R., CHAPARZADEH, N. Impactos soil sterilization and irrigation intervals on P and K acquisition by mycorrhizal onion (*Allium cepa*). **Journal Biology**, v. 3, p. 512-515, 2009
- ANZANELLO, R.; SOUZA, P. V. D DE; CASAMALI, B. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em porta-enxertos micropropagados de videira. **Revista Bragantina**, v.70, n.2, Campinas, 2011
- AQUINO, S. S.; CASSIOLATO, A. M. R. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares autóctones no crescimento de *Guazumaulmifolia* em solo de cerrado degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1819-1823, 2002.
- ARAÚJO, A.P., SILVA, E.M.R., ALMEIDA, D.L. Efetividade de fungos endomicorrízicos em tomateiro em diferentes níveis de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.193-199, 1994.
- AZEVEDO, L. C. B. **Comunidades de Fungos Micorrízicos Arbusculares no solo e raízes de cana-de-açúcar**. ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 110p, 2008.
- BALOTA, E. L.; LOPES E. S. Introdução de fungo micorrízicos arbuscular no cafeeiro em condições de campo: Persistência e interação com espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.217-223, 1996
- BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A & FONSECA, H.M.A. Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição de plantas. Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p.53-88, 2006.
- BERTA, G.; FUSCONI, A.; TROTTA, A. Morphogenetic modification induced by the mycorrhizal fungus *Glomus* strain E<sub>3</sub> in the root system of *Allium porrum* L. **New Phytologist**, Cambridge, v.114, n.2, p 207-215, 1990.
- BLOODNICK, Ed. Use of mycorrhiza for selected horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 3, p. 565, 1999.
- BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis, Instituto Cepa/SC, 2002.
- BOLAN, N.S.A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, v.134 p.189-207, 1991.
- BALOTA, E.L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N.M.C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Revista Bragantina**, Campinas, v. 70, n. 1, p.166-175, 2011

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A.; PURCINO, A.A.C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, 2001.

BRESSAN, W.; VASCONCELLOS, C. A. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 509-517, 2002.

CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A. J. B.; RODRIGUES, G. S. Agricultura e impacto ambiental. In: Simpósio sobre os Cerrados do Meio-Norte, v.1, 1997, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA, CPAMN. P.159 – 169, 1997

CALDEIRA, M. V. W; Da Silva, E. M. R; FRANCO, A. A; ZANON, M. L. B. Efeito de fungos micorrízicos no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 63-70 63, 1996

CALDEIRA, M. V.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 1-10, 1997.

CANTRELL, IC.,LINDERMAN, R.G.Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity.Plant and Soil., n. 2, 2001.

CAPRONI, A.L. [Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA.] **Tese (Doutorado em Fitotecnia)**– Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 186p, 2001.

CARBONE, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1669-1677, 1999

CARDOSO, E.J.B.N.; CARDOSO, I.M.; NOGUEIRA, M.A.; BARRETA, C.R.D.M.; Paula, A.de M. **Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas**. In: Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil, v6, p.153-214, 2008.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. (UFG), v. 34, n. 3, p. 119-126, 2004.

CAVALLAZZI, J.R.P.; KLAUBERG-FILHO, O.; STÜRMER, S.L.; RYGIEWICZ, P.T.; MENDONÇA, M.M. Screening and selecting arbuscular mycorrhizal fungi for inoculating micropropagated apple rootstocks in acid soils. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**. v.90, p.117-129, 2007.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, A. T.; SANTOS, V. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares da adubação e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1099-1106, 2002.

CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; MELO, A.M.M.; SANTOS, V.F. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.643-649, 2002.

CHARRON, G., FURLAN, V., BERNIER-CARDOU, M., DOYON, G. Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae: Effects of inoculation method and phosphorus fertilization on biomass and bulb firmness. **Mycorrhiza**, v.11, p.187-197, 2001.

CHU, E. Y.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeito da inoculação micorrizica em mudas de graviola em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 671-680, 2001.

COFCEWICZ, E.T., MEDEIROS, C.A.B., CARNEIRO, R.M.D.G., PIEROBOM, C.R. Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**. v.26, p.65-70, 2001

COSTA, C.M.C, CAVALCANTE, T.M.U, GOTO, T.B, DOS SANTOS, F.V, MAIA, C.L. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.225-232, 2001

DALCI, S; DILSIZ, A. Corn plant and soil response to mycoapply® superconcentrate mycorrhizal inoculation. **Ankara University and Araştırma Agricultural Institute**, Turkey, 2011 Disponível em: <<http://www.mycorrhizae.com/wpcontent/uploads/2011/09/MycoApplyCornTurkeyUnivStudy.pdf>> Acesso em: 13 de set. 2012.

DE SOUZA, F.A. & DECLERCK, S. Mycelium development and architecture, and spore production of *Scutellospora reticulata* in monoxenic culture with Ri T-DNA transformed carrot roots. **Mycologia**, v.95, p.1004-1012, 2003.

DE SOUZA, V.C.; DA SILVA, R.A.; CARDOSO, G.D.; BARRETO, A.F. Estudos sobre fungos micorrízicos **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.612-618, 2006

DODD, J. C.; KRIKUN, J.; MASS, J. Relative effectiveness of indigenous populations of vesicular mycorrhizal fungi from four sites in the Negev. **Israel Journal of Botany**, v. 32, n. 1, p. 10-16, 1983.

DOUDS, JR., D. D., G. NAGAHASHI, P. E. PFEFFER, W. M. KAYSER, and C. Reider. On-farm production and utilization of mycorrhizal fungus inoculum. **Canadian Journal of Plant Science**, v.85, p.15-21, 2005.

EMBRAPA. **Balanco Ambiental**. Brasília. Embrapa., 67 p, 2002

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Cebola (*Allium cepa* L)**. Brasília: Versão Eletrônica Dezembro/2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/index.htm>> Acesso em: 13 de set.2012.

EPAGRI. **Sistemas de produção para cebola**. Florianópolis: Epagri., 91 p, 2000.

EPAGRI. **Análises de solo para região de ituporanga** (Laboratório de análises de solo). Ituporanga: Epagri., 5 p,2010.

FAO. **Agricultural production**, primary crops. 2005.Disponível em: <http://www.fao.org>. Acessado em 30 de junho de 2012.

GADKAR V., DAVID-SCHWARTZ R., KUNIK T., KAPULNIK Y.Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. **Plant Physiology**, v.127, p.1493–1499, 2001.

GALVÁN, G.A., PARÁDI, I., BURGER, K., BAAR, J., KUYPER, T.W., SCHOLTEN, O.E., KIK, C. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in onion roots from organic and conventional farming systems in the Netherlands. **Mycorrhiza**, v 19,n. 5, 2009.

GARBEVA, P.; VAN VEEN, J.A.; VAN ELSAN, J.D. Microbial diversity in soil: selection microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness.**Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 42, p. 243-270, 2004.

GOUSSOUS, S.J. AND M.J. MOHAMMAD. Effect of two arbuscular mycorrhizae and N and P fertilizers on growth and nutrient uptake of onions. **International Journal Agriculture e Biology**, v.11, p. 463–467, 2009

GUO, J.H.; QI, H.Y.; GUO, Y.H.; GE, H.L.; GONG, L.Y.; ZHANG, L.X.; SUN, P.H. **Biocontrol of tomato wilt by plant growth-promoting rhizobacteria**.**Biological Control**, San Diego, v.29, p.66-72, 2004.

HAYMAN, D; MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. I. Growth on Endogone inoculated in phosphate deficient soils. **New Phytologist**, Oxford, v.70, p.19-27, 1971.

HEIJDEN, V.D., MARCEL G. A., BOLLER, T., WIEMKEN, A., SANDERS I.R., Different arbuscular mycorrhizal Fungal species are potential determinants of plant community structure. **Ecology**, v.79, p. 2082–2091. 1998.

IBGE. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. **Censo agropecuário**, Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

IJDO, M., CRANENBROUCK, S., DECLERCK., S. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. **Mycorrhiza**, v.21, p.1–16, 2011.

JACKSON, L.E.; MILLER, D.; SMITH, S.E. Arbuscular mycorrhizal colonization and growth of wild and cultivated lettuce in response to nitrogen and phosphorus. **Scientia Horticulturae**, v.94, n.3-4, p.205-218, 2002.

JACKSON, M. L. Soil chemical analysis.: **Prentice Hall**, New Jersey489p, 1965.

- JOLICOEUR, M.; BOUCHARD-MARCHANC, E.; BECARD, G.; PERRIER, M. Regulation of mycorrhizal symbiosis: development of a structured nutritional dual model. **Ecology Model**, v.158, p. 121-142, 2002.
- KANNO, T., SAITO, M. ANDO, Y. MACEDO, M.C.M. NAKAMURA, T. & MIRANDA, C.H.B. Nitrogen enrichment alters mycorrhizal allocation at five mesic to semi-arid grassland. **Ecology**. 84:1985, 2006.
- KARANDASHOV, V.; BUCHER, M. Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. **Trends Plant Science**, v.10, p.22-29, 2005
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist*, v.117, n.3, p. 365-86, 1991.
- Koske, R.E.; Gemma, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, v.92, n.4, p.486-488, 1989.
- Kurtz, C. Adubação de fósforo na base é essencial para a cebolicultura. **Revista Campo e Negócios**, n. 19, 3p, 2012
- LAMBAIS, M.R & CARDOSO, E.J.B.N. Germinação de esporos e crescimento do tubo germinativo de fungos vesículo-arbusculares em diferentes concentrações de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.151-154, 1989.
- LANTMANN, A. F.; CASTRO, C. Resposta da soja à adubação fosfatada. In: Yamada, T.; Abdalla, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, p. 223-239, 2004.
- LINDERMANN, R.G.; DAVIS, A. Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.52, p.8-11, 2001.
- LINS, C.E.L.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; SAMPAIO, E.V.S.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (lam.) de wit. Em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.355-363, 2007
- MACHINESKI, O; BALOTA, E.L; COLOZZI-FILHO, A; ANDRADE, D.S; SOUZA, J.R.P. DE. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência. Rural**; v.39, n.2, p.567-570, 2009.
- MACHINESKI, O; BALOTA, E.L; SEMINA, R.P. S: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1855-1862, 2011
- MACHINESKI, O; BALOTA, E. L; SOUZA, J. R. P. Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. **Ciência. Agropecuária**, Londrina, v. 32, p. 1855-1862, 2011
- MATIAS, S.R.; SCOTTI, M.R.; SÁ, N.M.H. Efeito da colonização micorrízica no estabelecimento de *Clitoria* sp. e *Tibouchina multiflora* na revegetação de uma área de



depósito de minério def erro. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2001, Londrina. **Anais....Londrina - PR: Midiograf, 2001. p. 94.**

MARTINS, M.A.; GONÇALVES, G.F.; SOARES, A.C.F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares associados a compostos fenólicos, no crescimento de mudas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1465-1471, 2000.

MCGONIGLE, T.P., FITTER A.H. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations. **Mycological Research**, v.94, p.120–122, 1990.

MELLONI, R.; NOGUEIRA, M. A.; FREIRE, V. F.; CARDOSO, E. J. B. N. Fósforo adicionado e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição mineral de limoeiro-cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck]. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 767-775, 2000.

MELLONI, R.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Densidade e diversidade de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em solos de mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 267-276, fev. 2001.

MENDES, A. M. S., FARIA, C. M. B., SILVA, D. J., RESENDE, G. M., OLIVEIRA - NETO, M. B., SILVA, M. S. L. Nutrição Mineral e Adubação da Cultura da Cebola no Submédio do Vale do São Francisco. **Circular Técnica** - EMBRAPA, Petrolina, n.86, 2008.

MENDES FILHO, P.F. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, Escola de Agricultura “Luiz De Queiroz”, 104p, 2004.

MERGULHÃO, A.C.DO. E.S; Figueiredo, M.do.V.B; Oliveira, de.P; De Souza, M.L.R.B; Burity, H.A. **Micorrizas** (Fungos micorrízicos arbusculares) – Insumo biológico para utilização na agricultura. Informativo do Instituto agrônômico do pernanbuco, 4p, 2008.

MILLER, R.M & JASTROW, J.D. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. *Soil Biology Biochemic*, p.579-584, 1990.

MIRANDA, J. C. C. Importância da micorriza para a reprodução agrícola, frutífera e florestal. **Ciência e Pesquisa**, Artigos Técnicos, 2005.

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. **Micorriza Arbuscular**. In: Vargas, M.A.; Hungria, M. (Ed.), 2008

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

MURPHY, J. RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chemical Acta**, Oxford, v 27, p. 31-36, 1962.

NEWSHAM, K.K.; FITTER, A.H.; WATKINSON, A.R. Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhiza. **Trends Ecology .Evolution**, v.10, p.407-411, 1995.

NOGALES, A.; AGUIRREOLEA, J.; MARIA, E.S.; CAMPRUBI, A.; CALVET, C. Response of mycorrhizal grapevine to *Armillaria mellea* inoculation: disease development and polyamines. **Plant and Soil**, v.317, p.177-187, 2009.

NOGUEIRA, M.A. & CARDOSO, E.J.B.N. Mycorrhizal effectiveness and manganese toxicity in soybean as affected by soil endophyte. **Science. Agriculture**, v.60, p.329-335, 2003.

NUNES, J.L. S; SOUZA, P.V. D; MARODIN, G.A. B; FACHINELLO, J.C. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento do porta enxerto de pessegueiro “Aldighi”. **Revista. Bragantina, Campinas**, v.68, n.4, p.931-940, 2009

OBARA, S. Y. Efeitos da época e extensão do período de convivência das plantas daninhas sobre a produção da cultura da cebola (*Allium cepa* L.). **Monografia** (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, p. 89, 1991.

POUYU-ROJAS, E; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.103-114, 2000.

POZO, M. J. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defense responses *Phytophthora* infection in tomato plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 368, p. 525-534, 2002.

PULIDO, L.E.; MEDINA, N.; CABRERA, A. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares em La produccion de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.): I. Crecimiento vegetativo. **Cultivo Tropicales**, v. 24, n. 1, p. 15-24, 2003.

PURIN, S. Fungos micorrízicos arbusculares: Atividade, diversidade e aspectos funcionais em sistemas de produção de maçãs. **Dissertação de Mestrado**. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 182p, 2005.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e Adubação. Piracicaba. Associação Brasileira para pesquisa da patossa e do fosfato, Agronômica Ceres, p. 343, 1991.

RESENDE, G. M. DE, COSTA, N. D. Socioeconômica. In: Costa, N. D.; Resende, G. M. de. (Ed.). **Cultivo da cebola no Nordeste**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. (Sistemas de Produção, 3). Disponível em: <[http://www.cpatas.embrapa.br/sistema\\_producao/spcebola/socioeconomia.htm](http://www.cpatas.embrapa.br/sistema_producao/spcebola/socioeconomia.htm)>. Acesso em: 10 mai. 2012.

RICHARDS, I. R.; JOHNSTON, A. E. The effectiveness of different precipitated phosphates as sources of phosphorus for plants. **Soil Use and Management**, v. 19, p. 45-49, 2001.

ROCHA, F.S.; SAGGIN JUNIOR, O.; SILVA, E.M.R.; LIMA, W L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.77-84, 2006.

ROMEIRO, A.R. Perspectivas para políticas, Agroambientais. In: Ramos, p (Ed.), Dimensões do agronegócio Brasileiro: **políticas, instituições e perspectivas**. Brasília, MDA, p.283-317, 2007

ROLIM-NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, M.; CORREA, M. M.; ,  
FFERNANDES-FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.953-964, 2004

SAGGIN JUNIOR, O.J.; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: Siqueira, J.O.; Moreira, F.M. S.; Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.L.; Faquim, V. Inter-relação fertilidade, **Biologia do Solo e Nutrição de Plantas**, Viçosa: SBCS: UFLA. DCS, p.230-261, 1999

SAGGIN- JÚNIOR, O.; J.O. SIQUEIRA. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In.: Siqueira, J.O. (ed.) **Avanços em Fundamentos e Aplicação de Micorrizas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 203-254 p, 1996.

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 de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 213-220, 1995.

SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agroindustrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.519-523, 2002.

SCHREINER, R.P. Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of 'Pinot noir' (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. **Applied Soil Ecology**, v.36, p.205-215, 2007.

SHARMA, M.P. & ADHLOEYA, A. Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an alfisol. **Biology Agriculturee Horticulture**, v.18, p.1-14, 2000.

SILVA, M.A.; CAVALCANTE, U.M.T.; SILVA, F.S.B.; SOARES, S.A.G.; MAIA, L.C. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta Botânica**. Brasília, v.18 p.981-985, 2004.

SILVEIRA, A.P.D. DA; FREITAS, S.S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 312p, 2007.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; Nascimento, C. W. A.; Rocha, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.13, p.840-848, 2009.

SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: Reunião Brasileira de Micorrizas,

4, Mendes. **Anais**. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas em Biologia do Solo, Itaguaí, RJ. p. 1-27, 1991.

SIQUEIRA, J.O.; CARDOSO, E.J.B.N.; CARDOSO, I.M.; NOGUEIRA, M.A.; BARRETA, C.R.D.M.; DE PAULA, A.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**, v.6, p.153-214, 2008.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do Solo; fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC / ABEAS; Lavras: ESAL / FAEPE, 236p, 1988.

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

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Biologia e bioquímica do solo**.Lavras: UFLA/FAEPE., 291 p, 2002,

Siqueira, J.O.; Saggin-Júnior, O.J.; Flores-Aylas, W.W.; Guimarães, P.T.G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. **Mycorrhiza**, v.7, p.293-300, 1998.

SMITH, S.E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, 39:221-244, 1988.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**.2.ed.San Diego: Academic, 605p, 1997.

SMITH, S.E., READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. Third ed., New York, 787p, 2008.

SMITH, S.E., SMITH F.A., JAKOBSEN I. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal AM symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. **New Phytologist** v.162, p.511–524, 2004.

SOUZA, C. A. S.; SIQUEIRA, J. O. ; OLIVEIRA, E.; CARVALHO, J. G. Crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro micorrizadas. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.26, p.1989-2005, 1991.

SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M. DE. **Cultura da cebola**. Lavras: UFLA, 2002. 115 p.

SOUZA, V. C. DE.; SILVA, R. A. DA.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p.612-618, 2006.

STOCKING, M.A. Tropical soils and food security: the next 50 year. *Science*, v. 302, p.1356-1359, 2003.

STÜRMER, S.; SIQUEIRA, J.O. Diversidade de fungos em ecossistemas Brasileiros. In: Moreira, F.S.; Siqueira, J.O.; Brussard, L.; Eds. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras, Editora UFLA. p.537-583, 2008.

SYLVIA, D.M. & HUBBELL, D.H. Growth and sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in aeroponic and membrane systems. **Symbiosis**, v.1, p.259-267, 1986.

SYLVIA, D.M.; WILLIAMS, S.E. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: Bethenfalvay, G.S. & Linderman, R.G. eds.: **Mycorrhizae in sustainable agriculture**, Madison, ASA Special Publication, p.101-124., 1992.

TAWARAYA, K; TOKAIRIN, K; WAGATSUMA, T. Dependence of *Allium fistulosum* cultivars on the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. **Applied soil ecology**, v. 17, n. 2, p. 119-124, 2001

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. (2 ed.), Porto Alegre: Departamento de solos, n. 5, 173p, 1995.

THINGSTRUP, I.; KAHILUOTO, H.; JADOBSEN, I. Phosphate transport by hyphae of field communities of arbuscular mycorrhizal fungi at two levels of P fertilization. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 221, n. 2, p. 181-187, 2000.

TRINDADE, A. V, SIQUEIRA J. O, ALMAIDA, E.P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado para mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.5, p.505-513, 2000.

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

TRISTÃO, F.S.M.; ANDRADE, S.A.L. DE; SILVEIRA, A.P.D. DA. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. **Revista. Bragantia**, v.65, p.649-658, 2006.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**.4.ed. New York: Macmilillan, 1995.

ZANGARO, W.; BONONI, V.L.R.; TRUFEN, S.B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody in south Brazil. **Journal Tropical Ecology**, v.16, p.603-622, 2000.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Mycorrhizal response and succession status in 80 woody species from south Brazil. **Journal Tropica.Ecology**, v.19, p.315-324, 2003.

ZSÖGÖN, A. Análise do desenvolvimento de micorrizas arbusculares em mutantes hormonais de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv Micro-Tom). **Dissertação (Mestrado)**. ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006. 48 p.

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

WILKINS, D.A. The influence of sheathing (ecto) mycorrhizas of trees on the uptake of metals. Agriculture, **Ecosystems and Environment**. New York, v.35, n.3, p.245-260, 1991

WU, Q.S.; XIA, R.X. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. **Journal of Plant Physiology**, v.163, p.417-425, 2006.

WU, Q.S., XIA, R.X., ZOUA, Y.N. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. **European Journal of Soil biology**, v.44, p.122 – 128, 2008.