

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas

Pollyana Santos Queiroz

Variação sazonal e fatores edáficos na diversidade de fungos micorrízicos arbusculares de diferentes áreas de ocorrência de *Acrocomia aculeata* do Norte de Minas Gerais

Montes Claros- Minas Gerais
Agosto- 2013

Pollyana Santos Queiroz

Variação sazonal e fatores edáficos na diversidade de fungos micorrízicos arbusculares de diferentes áreas de ocorrência de *Acrocomia aculeata* do Norte de Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito necessário para a obtenção de título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. **HENRIQUE MAIA VALÉRIO**

**Montes Claros- Minas Gerais
Agosto- 2013**

Pollyana Santos Queiroz

Variação sazonal e fatores edáficos na diversidade de fungos micorrízicos arbusculares de diferentes áreas de ocorrência de *Acrocomia aculeata* do Norte de Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito necessário para a conclusão do curso de Mestrado em Ciências Biológicas, avaliada e aprovada pela banca examinadora:

Aprovada em ____ de Agosto de 2013.

Orientador: Dr. Henrique Maia Valério

Dra. Yumi Oki

Dr. Lemuel Olívio Leite

Montes Claros- Minas Gerais
Agosto- 2013

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”. (Madre Teresa de Calcutá)

Aos meus queridos pais,
Ana Maria e Werton,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado e protegido durante todo esse período. E pela sabedoria e paciência nos momentos de dificuldade.

A minha querida família, especialmente meus pais e meus irmãos, pelo apoio, amor, compreensão e por não medir esforços para que eu tivesse uma boa educação.

As minhas queridas amigas, Suianne, Amanda e Tamirys pela amizade verdadeira, pelos momentos de distração, conselhos e ajuda todos esses anos.

Ao meu namorado, Rafael, pelo companheirismo, amor, paciência, compreensão nas minhas ausências e ajuda nas coletas desse trabalho.

Ao meu orientador Henrique por compartilhar seus conhecimentos, pelas oportunidades oferecidas, pelos conselhos e incentivo durante esses seis anos na Unimontes. Muito obrigada Henrique!

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia Ambiental, France, Claudinha, Adriana, Luiz, Jéssica, Fernanda e Eloá pela companhia nas rotinas e por fazê-las melhores, em especial Fabiana, pela dedicação e por toda ajuda na realização desse trabalho desde o início.

A Orivaldo, Eliane, Itamar e a querida Veralu do laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia pela oportunidade de estágio, por me apresentarem o fantástico mundo dos fungos micorrízicos arbusculares e por sempre me receber tão bem.

A Camila do laboratório de Solos da UFRRJ por toda gentileza em sempre tirar minhas dúvidas, pela ajuda, conselhos e diversos ensinamentos, mesmo não estando por perto. Muito obrigada mesmo!

As minhas grandes companheiras dessa longa jornada na Unimontes, Bete, Coms, Naty e Sanchez, por todos os momentos juntas, pela amizade, conselhos, ombro amigo e pelos inesquecíveis momentos de distração e conversas sérias no Buraco.

Aos bons amigos da Bio, Raissinha, Paulinho, Henricones, Serapas, João, Cléo, Deborah, Lets, Malú pelo companheirismo e boas risadas em diversos momentos. Ao Falcão por toda boa vontade em me ajudar com as análises também.

A minha turma do mestrado, no qual tive o prazer de conhecer pessoas bacaníssimas e super animadas (Claudinha, Lucas, Michele, Carols..). Obrigada pela convivência por esses dois anos! Em especial Brow pela amizade e boas risadas, e Nanda e Fafá por toda disposição e paciência em me ajudar com as análises estatísticas desse trabalho. Muitíssimo obrigada garotas!

Aos laboratórios de Bioprospecção e Recursos Genéticos e Ecologia Evolutiva que disponibilizaram sua estrutura e aparelhos para execução de parte desse projeto.

Aos motoristas da Unimontes por nos conduzirem aos locais de coletas.

A todos os professores da Biologia que contribuíram com seus ensinamentos para minha formação.

A PETROBRÁS pelo financiamento do projeto e pela concessão de bolsa durante o mestrado.

À Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes) e ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO- Variação sazonal e fatores edáficos na diversidade de fungos micorrízicos arbusculares de diferentes áreas de ocorrência de *Acrocomia aculeata* do Norte de Minas Gerais.

QUEIROZ, Pollyana Santos Queiroz. Ms. Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros. Agosto, 2013. Orientador: Dr. Henrique Maia Valério.

Uma vez que as comunidades de fungos micorrízicos arbusculares podem ser influenciadas por fatores edáficos e sazonais, e as abordagens que tentam encontrar padrões ambientais consistentes e que visam compreender a estrutura e diversidade das comunidades desses fungos associadas aos diversos ambientes e plantas ainda são incompletamente entendidas, o presente estudo teve como objetivo geral, identificar e avaliar a composição e distribuição dos fungos micorrízicos arbusculares presentes na rizosfera de diferentes populações de Macaúba do Norte de Minas Gerais, relacionando-os com os fatores edáficos e sazonais caracterizados. O estudo foi realizado em três populações de Macaúba do norte de Minas Gerais: Brasília de Minas, Claro dos Poções e Cristália, onde foi realizadas coletas de solo em 10 grupos de Macaúba, sendo cada grupo formado por três indivíduos da espécie em estudo, durante a estação seca chuvosa. As amostras compostas de solos geradas foram conduzidas ao laboratório para a extração, contagem e identificação dos esporos e para caracterização físico-química. As áreas de ocorrência das populações de Macaúba do Norte de Minas Gerais apresentaram um grande potencial inóculo de FMA e foram dominadas pelas famílias Acaulosporaceae e Glomeraceae, sendo que as espécies mais representativas para cada uma dessas famílias foram *Acaulospora scrobiculata* e *Glomus glomerulatum*. A sazonalidade influenciou na ocorrência de espécies de FMA exclusivas para estação seca e para estação chuvosa e influenciou a riqueza e abundância de FMA, com maiores valores durante a estação

seca. Entre vários atributos edáficos avaliados, o teor de argila foi verificado como o fator que influenciou em uma menor riqueza e abundância desses fungos nas populações de Macaúba estudadas. Não foi observada a influência dos fatores edáficos e da sazonalidade na composição e na distribuição espacial das espécies de FMA, possivelmente pelas populações de Macaúba ter apresentado condições ambientais semelhantes. Efeitos positivos do cálcio, fósforo e areia grossa foram observados sobre a abundância e riqueza de FMA avaliados. A areia fina apresentou padrões variados, no qual influenciou negativamente a abundância e positivamente a riqueza. Ressalta-se a importância de mais estudos para os fatores físicos do solo, no que diz respeito à textura, uma vez que o encontramos como importante influenciador na ocorrência dos FMA e poucos trabalhos abordam sua relevância.

Palavras chaves: Fungos micorrízicos arbusculares; Macaúba; Fatores Edáficos; Sazonalidade.

ABSTRACT- Seasonal variation and edaphic factors in the diversity of mycorrhizal fungi from different areas of occurrence of *Acrocomia aculeata* of North of Minas Gerais State.

QUEIROZ, Pollyana Santos Queiroz. Ms. Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros. Agosto, 2013. Orientador: Dr. Henrique Maia Valério.

Once the communities of mycorrhizal fungi may be influenced by soil and seasonal factors, approaches that try to find consistent environmental patterns and aimed at understanding the structure and diversity of communities of these fungi associated with different environments and plants are still incompletely understood, the present study aimed to identify and assess the composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi present in the rhizosphere of three different Macaúba populations of North of Minas Gerais, relating them to the soil and seasonal factors characterized. The study was conducted in three Macaúba populations of North of Minas Gerais: Brasília de Minas, Claro dos Poções and Cristália, which was carried out by sampling soil Macaúba in 10 groups, each group consisting of three individuals of this species during the dry season and wet season. The soil samples generated were carried to the laboratory for extraction, counting and identification of spores and physicochemical characterization. The Macaúba populations of North of Minas Gerais presented a potential inoculum of AMF and were dominated by families Acaulosporaceae and Glomeraceae, and the most representative species for each of these families were *Acaulospora scrobiculata* and *Glomus glomerulatum*. The seasonal influence on the occurrence of AMF species unique to the dry season and the rainy season and influenced the richness and abundance of AMF, with higher values during the dry season. Among various soil attributes evaluated, the clay content was found as the factor that influenced at a lower richness and abundance of these fungi in Macaúba populations studied. There was no influence of soil factors and seasonality in the

composition and spatial distribution of the AMF, possibly by populations Macaúba have filed similar environmental conditions. Positive effects of calcium, phosphorus and coarse sand were observed on the abundance and richness of AMF evaluated. The fine sand showed varying patterns, which negatively affected the abundance and richness positively. We emphasize the importance of further studies to physical factors of soil, with respect to texture, since we found an important influencer in the occurrence of AMF and few studies address relevance.

Keywords: Mycorrhizal Fungi; Macaúba; Edaphic Factors, Seasonality.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	12
2- MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1 Área de Estudo.....	14
2.2 Coletas de Solos.....	16
2.3 Extração e Quantificação de Esporos.....	17
2.4 Preparo de Lâminas e Identificação das Espécies de FMA.....	17
2.5 Determinação dos atributos dos solos.....	18
2.6 Análises Estatísticas.....	19
3- RESULTADOS.....	20
4- DISCUSSÃO.....	34
5- CONCLUSÕES.....	39
6- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 - INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA, filo *Glomeromycota*) (Schubler *et al.*, 2001) são conhecidos por se associarem as raízes das plantas, formando uma relação simbiótica mutualista. Eles são de particular importância nos trópicos, onde ocorrem com grande frequência (Smith e Read, 1997), colonizando cerca de 90% das plantas vasculares, incluindo espécies de interesse florestal, agrônômico e pastoril (Moreira e Siqueira, 2002). Eles conferem as plantas hospedeiras uma melhor absorção de água, de nutrientes, principalmente aqueles de baixa mobilidade no solo como P (Smith *et al.*, 1994); protegem contra ataque de patógenos (Jaiti *et al.*, 2007) e aumentam a estabilidade do solo, controlando a erosão (Celik *et al.*, 2004). Mesmo quando os FMAs não estão associados com as raízes de todas as espécies de plantas em certa área, eles podem fornecer benefícios indiretos (Carrenho *et al.*, 2001).

O papel essencial dos FMAs e a sua incidência nos ecossistemas tem estimulado o interesse de ecólogos em descrever e explicar a distribuição e composição desses fungos no espaço (variação espacial) e no tempo (variação sazonal) (Bever *et al.*, 2001; Davison *et al.*, 2012), pois grande parte das pesquisas realizadas apresentam como foco principal, apenas os componentes físicos da colonização de FMAs nas raízes das plantas (Davison *et al.*, 2012). As variações temporais e espaciais na composição e na distribuição de espécies de FMA podem estar relacionados a diversos fatores como a composição da comunidade de plantas (van der Gast *et al.*, 2011), os efeitos dos atributos físico-químico do solo (Day *et al.*, 1987) e efeitos climáticos (Oliveira e Oliveira, 2010) que são conhecidos por influenciar potencialmente a comunidade microbiana do solo.

Fatores edáficos tais como o pH, a disponibilidade de nutrientes no solo e a diferença de sazonalidade influenciam de maneira distinta as comunidades de FMAs. Hungria e Araújo (1994) observaram que os solos com fertilidade natural alta, especialmente alto teor de P,

podem inibir ou diminuir a colonização radicular e a esporulação. Siqueira e Franco (1988) ressaltaram que solos com pH variados podem selecionar certos tipos de espécies de FMAs e influenciar na sua distribuição e composição. Guaderrama e Álvarez-Sanchez (1999) observaram uma maior abundância de FMA durante a estação seca. Entretanto, apesar de vários esforços, abordagens que tentam encontrar padrões ambientais consistentes e que visam compreender a estrutura e diversidade das comunidades de FMA associadas aos diversos ambientes e plantas ainda são incompletamente entendidas (Oliveira e Oliveira, 2010; Mendoza *et al.*, 2011).

Dentro da família Arecaceae, estudos que investigam a atuação de variáveis ambientais na ocorrência nos FMAs associados às palmeiras, têm sido relatadas em *Bactris gasipaes* (Pupunha) (da Silva Junior e Cardoso, 2006; Gomes, 1986), *Cocus nucifera* (Coco) (Ambili *et al.*, 2012) entre outras. No entanto, nenhum trabalho desse tipo foi realizado com a *Acrocomia aculeata* [(Jacq.) Lodd. ex. Mart], conhecida também como Macaúba, uma importante palmeira tropical oleaginosa, amplamente distribuída no Trópico Americano e com grande importância econômica (Motta *et al.*, 2002; Moura *et al.*, 2009).

A *Acrocomia aculeata* ocorre em áreas abertas, com alta incidência solar e com estação chuvosa bem definida (Lorenzi, 2006). Adapta-se bem a solos arenosos e com baixo índice hídrico, porém desenvolve-se melhor em locais onde há solos férteis (Motta *et al.*, 2002). No Brasil, há ocorrência de povoamentos desta espécie em quase todo território (Lorenzi, 2006), com grandes concentrações no estado de Minas Gerais, onde apresenta ocorrência natural sobre áreas de cerrado e/ou pastagens (Motta *et al.*, 2002; Teles *et al.*, 2011). A maioria dos trabalhos publicados na literatura sobre a *A. aculeata* visa conhecer melhor a parte econômica, genética, fenológica, entomológica dessa espécie (Motta *et al.*, 2002; Lorenzi, 2006; Puker *et al.*, 2009, Moura *et al.*, 2009), carecendo de informações sobre os aspectos microbiológicos e ecológicos associados, tais como a identidade e dinâmica da

comunidade de fungos micorrízicos relacionados. Informações desse tipo contribuem para um manejo adequado e eficiente dos ambientes de ocorrência dessa promissora espécie vegetal e servem como indicador de sua qualidade (Miranda *et al.*, 2010).

Sendo assim, a fim de contribuir para o estudo mais completo da *A. aculeata* e obter um melhor conhecimento sobre a estrutura das comunidades de FMA, o presente estudo teve como objetivo geral, identificar e avaliar a composição e distribuição dos fungos micorrízicos arbusculares presentes na rizosfera de diferentes áreas de ocorrência de *Acrocomia aculeata* do Norte de Minas Gerais, relacionando-os com os fatores edáficos e sazonais caracterizados. De forma específica, buscou-se neste trabalho: (i) identificar e verificar se a composição taxonômica, a riqueza de *taxa*, abundância de fungos micorrízicos arbusculares diferem entre as localidades amostradas e entre a estação chuvosa e seca; (ii) Analisar a influência das características físico-químicas dos solos na riqueza e abundância de fungos micorrízicos arbusculares; (iii) Verificar as relações entre a textura do solo e os nutrientes, e a distribuição espacial das espécies nas áreas de coleta.

2 - MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

As áreas de ocorrência da *A. aculeata* estudadas estão localizadas no Norte de Minas Gerais, e estão denominadas de acordo com o município no qual estão inseridas: Brasília de Minas (BRA) (-16° 12' / -44° 26'), Claro dos Poções (CLP) (-17° 04' / -44° 12') e Cristália (CRIS) (-16° 69' / -42° 86') (Figura 1). Essas áreas correspondem a propriedades privadas e por ser a primeira vez que estão sendo disponibilizadas para estudo, não há dados específicos desses locais publicados na literatura. Em cada localidade estudada, os indivíduos de *A. aculeata* foram encontrados bem distribuídos e a ocorrência natural dessa palmeira foi verificada, em geral, em áreas de pastagem para criação bovina bem como em remanescentes

da vegetação do cerrado. Em Cristália e Brasília de Minas, o ambiente e a vegetação local era menos antropizada e foi possível perceber a presença de indivíduos de *A. aculeata* juntamente com outras espécies nativas do cerrado (*Anacardium humile*, *Caryocar brasiliensis*, etc) também. Já em Claro dos Poções, remanescentes da vegetação do cerrado não eram muito significativos.

De acordo com a classificação de Köppen, grande parte do Norte de Minas Gerais, incluindo os municípios citados, apresenta o clima do tipo Aw, com duas estações definidas: verões chuvosos (outubro/março) e invernos secos (abril/setembro), com precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm, e temperatura média anual variando de 24°C a 26°C.

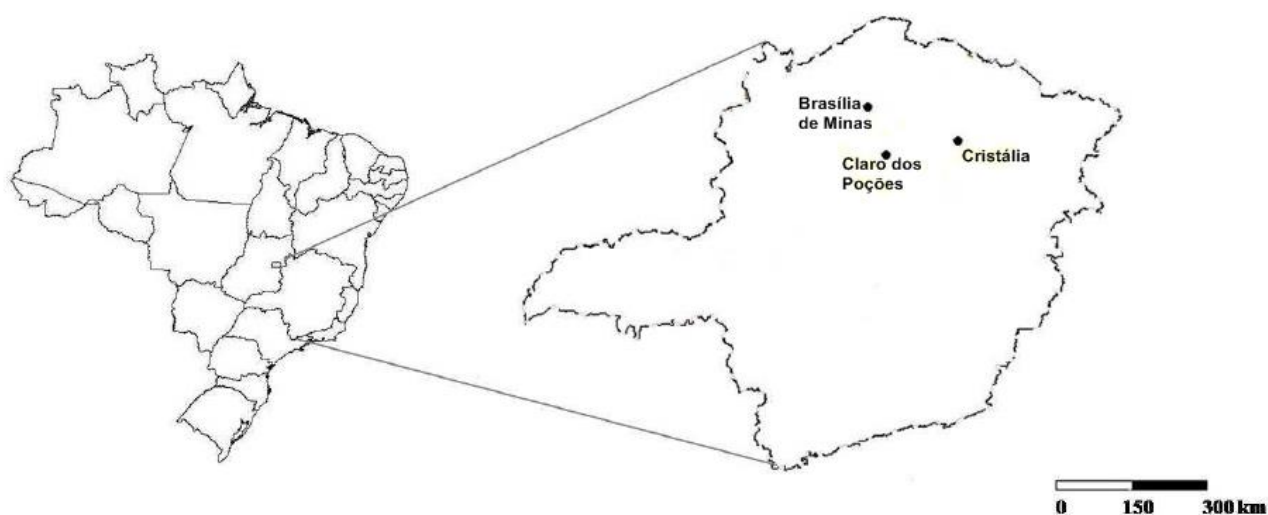


Figura 1. Localização geográfica das três populações de *Acrocomia aculeata* amostradas no Norte de Minas Gerais, Brasil.

2.2 Coletas de solos

As amostras de solo foram coletadas entre outubro de 2011 a janeiro de 2012 para representar a estação chuvosa e entre Maio a Julho de 2012 para representar a estação seca. Em cada cidade, foram formados dez grupos de três indivíduos de Macaúba, escolhidos de forma arbitrária, para uma amostragem melhor da população. Amostras simples de solo foram

retiradas nas proximidades das bases do estipe de cada indivíduo e foram homogeneizadas para formar uma amostra composta de aproximadamente 1 kg, por grupo de plantas. Os solos foram coletados na profundidade de 20 cm, a partir de perfurações feitas com auxílio de cavadeiras e trados. Diversos estudos mostram que nos primeiros centímetros (0-20 cm) da camada de solo há uma maior incidência de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (Caproni *et al.*, 2003; Pouyu-Rojas *et al.*, 2006).

As dez amostras compostas de cada cidade/estação foram armazenadas em sacos plásticos de 10L, etiquetadas, identificadas e mantidas em temperatura ambiente. Posteriormente, parte das amostras foi levada aos laboratórios de Bioprospecção e Recursos Genéticos e Microbiologia Ambiental para serem devidamente processadas e analisadas. A parte restante do solo foi usada para a caracterização de atributos físico-químicos.

2.3 Extração e quantificação de esporos

Para extração de esporos foi executado o método de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicholson, 1963) complementado pelo método de centrifugação em gradiente de densidade usando a sacarose (Jenkins, 1964). Para isso, foram retirados 50 cm³ de solo de cada amostra composta (com auxílio de um pequeno béquer) que foi colocado em um balde de 20 L. Foi acrescentada água para suspender as estruturas leves contidas no solo e após um repouso de 30 segundos, o sobrenadante foi descartado em um conjunto de peneiras de malha 0,42mm sobre uma peneira de malha 0,053mm. Essa lavagem do solo foi repetida quatro vezes para garantir que os esporos estavam sendo retirados completamente.

O material recolhido foi centrifugado primeiramente com água durante três minutos a 3000 rpm e o sobrenadante gerado foi descartado. Em seguida, uma nova centrifugação com sacarose 45% foi feita durante dois minutos a 2000 rpm. A fim de reter os esporos presentes, o sobrenadante que continha a sacarose e os esporos foi vertido na peneira de malha de

0,053mm, foi lavado em água destilada e transferido para placas de Petri para análise em lupa (microscópio estereoscópico). Os esporos foram contados sob microscópio estereoscópico com aumento de 40x para determinar a densidade de FMA em 50 cm³ de solo coletado. Todo o procedimento descrito foi realizado em duplicata para cada amostra composta como forma de certificar a densidade de esporos encontrada.

2.4 Preparo de lâminas e identificação das espécies de FMA

Os esporos foram separados por morfoespécies, de acordo com as semelhanças morfológicas (cor e tamanho), em placas de Petri e transferidos para lâminas (previamente identificadas) com PVLG (álcool polivinílico-lactoglicerol) e PVLG + Melzer 01:01 (vol / vol) (Morton *et al.*, 1993).

As espécies de FMA das amostras foram identificadas segundo análise morfológica clássica, com o auxílio de trabalhos de protocolos e descrição de espécies no site INVAM (<http://invam.wvu.edu/the-fungi/species-descriptions>) da Universidade da Virginia Ocidental dos Estados Unidos e no site do Departamento de Fitopatologia da Universidade de Agricultura da Polônia (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Species%20descriptions%20of%20AMF.html>). Os caracteres taxonômicos analisados incluíram: número e tipo de camadas das paredes dos esporos, características das paredes internas quando presentes; morfologia da hifa de sustentação do esporo; variação da cor e tamanho dos esporos que foram observados no microscópio óptico (Nikon, ECLIPSE E200).

2.5 Determinação dos atributos dos solos

Para a análise do solo de cada localidade, foram retiradas medidas iguais das dez amostras compostas de solo coletadas para formar uma amostra representativa de aproximadamente 500 gramas, para cada cidade. Esse procedimento foi realizado para os

solos coletadas nas duas estações, na medida em que alguns parâmetros de solo podem ser afetados significativamente por variações sazonais.

Posteriormente, essas amostras foram enviadas para o laboratório de análise de solos da Universidade Federal de Minas Gerais, a fim de quantificar os teores de pH, fósforo meh (Pmeh), potássio (K), cálcio (Ca) e alumínio (Al), segundo o protocolo da Embrapa (1997). A textura do solo foi caracterizada por uma separação de classes de tamanho de partículas (areia fina, areia grossa, argila e silte) usando o método da pipeta, como descrito também pela Embrapa (1997).

2.6 Análises Estatísticas

Para verificar se as variáveis edáficas (pH, Ca, P, K, Areia Fina, Areia Grossa e Argila) variam entre as populações de Macaúba, foi realizada uma ANOVA Aninhada (para corrigir pseudorepetição). Posteriormente, a análise de contraste foi empregada nos modelos significativos a fim de unir os níveis de variáveis explicativas que não diferiram significativamente (Crawley, 2002).

Para verificar se a riqueza e abundância de fungos micorrízicos arbusculares varia entre as populações (CLP, BRA, CRIS) e entre as estações (período seco e chuvoso) foram construídos modelos lineares generalizados (GLM). A riqueza e a abundância de fungos micorrízicos arbusculares foram utilizadas como variável resposta e as populações (CLP, BRA, CRIS), o período seco e o período chuvoso como variáveis explicativas. Os modelos construídos foram submetidos a uma análise de resíduos para adequação da distribuição de erros (Crawley, 2002). Posteriormente, a análise de contraste foi empregada nos modelos significativos a fim de unificar os níveis de variáveis explicativas que não diferiram significativamente (Crawley, 2002).

Para testar a dissimilaridade da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares entre as populações de Macaúba e entre os períodos seco e chuvoso foi realizada uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) a partir do índice de dissimilaridade de Sorensen (Bray-Curtis). Os escores resultantes dessa análise foram comparados por meio de uma ANOVA, para verificar se houve diferença significativa na composição das espécies de FMA. Foi realizada também, a análise das espécies indicadoras (IndVal) para determinar quais das espécies de FMA foram mais características e que contribuíram mais para a dissimilaridade observada (Dufrêne e Legendre, 1997).

Para avaliar as relações entre as propriedades dos solos e a distribuição das espécies de fungos micorrízicos arbusculares nas populações estudadas e nas estações seca e chuvosa foi realizada uma análise de correspondência canônica (CCA), na qual foi empregado o teste de permutação de "Monte Carlo". As variáveis ambientais utilizadas foram Ca, P, Areia fina e Areia grossa. Essas variáveis foram obtidas a partir da análise de componente principal (PCA) e foram selecionadas por ter correlações fortes (>0.3) com o principal eixo da ordenação.

Para avaliar a influência dos fatores edáficos selecionados (Ca, P, Areia fina e Areia grossa) sobre a riqueza e a abundância de fungos micorrízicos arbusculares foram construídos modelos de efeito misto, utilizando a função *glmer* do pacote *lme4*, para corrigir a pseudorepetição e a distribuição de erros utilizada foi a Poisson.

As análises estatísticas foram feitas nos programas PCORD 6 e no software R 2.12.2 (R Development Team 2011).

3 – RESULTADOS

Durante o período de estudo foram amostrados 24.352 esporos de fungos micorrízicos arbusculares, porém apenas 18.972 foram identificados, pois sempre há perdas durante o processo de triagem até a montagem das lâminas e na própria identificação, momento no qual são caracterizados apenas os esporos viáveis. Os FMA identificados foram distribuídos em dez famílias (Acaulosporaceae, Ambisporaceae, Archaeosporaceae, Diversisporaceae, Entrophosporaceae, Gigasporaceae, Glomeraceae, Pacisporaceae, Paraglomeraceae e Scutellosporaceae) e 76 *taxa*. Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* tiveram os maiores números de espécies e foram comuns nas três populações estudadas, além de estarem presentes na estação seca e chuvosa (Tabela 2). As espécies mais frequentes e abundantes, como representantes dos dois principais gêneros encontrados foram *Glomus glomerulatum* (96,7%

de frequência e 42,6% de abundância relativa) e *Acaulospora scrobiculata* (80% de frequência e 2,52% de abundância relativa) (Figura 2).

As espécies que foram exclusivas para apenas uma estação foram: *Archaeospora leptoticha*, *Acaulospora dilatata*, *A. sp*³, *Entrophospora colombiana*, *Glomus bagyarajii*, *G. luteum*, *G. sp*¹, *Pacispora franciscana*, *P. scintillans*, *Paraglomus brasilianum*, *Scutellospora heterogama*, *S. biornata* e *S. sp*¹ encontradas somente na estação chuvosa. E *Acaulospora rugosa*, *Glomus intraradices*, *G. xanthium*, *G. microcarpum*, *G. clavisporum*, *Paraglomus laccatum*, *Scutellospora cerradensis* e *S. gregaria* encontradas apenas na estação seca.

Em relação aos atributos físico-químicos dos solos avaliados no presente estudo, esses não variaram significativamente entre as estações. Já entre as localidades, apenas areia grossa foi significativa na população de Cristália ($p < 0,05$), areia fina foi significativa na população de Brasília de Minas ($p < 0,05$) e a argila foi significativa em Claro dos Poções ($p < 0,05$) (Tabela 3). Os teores de alumínio não foram demonstrados, uma vez que não foram encontradas quantidades significativas de alumínio no solo coletado.

Tabela 2. Fungos micorrízicos arbusculares amostrados nas populações de Macaúba em Claro dos Poções, Brasília de Minas e Cristália durante as estações chuvosa e seca.

Abrev.	Família/ Espécies	Claro dos Poções		Brasília de Minas		Cristália	
		Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
ACAULOSPORACEAE							
Aca scr	<i>Acaulospora scrobiculata</i>	X	X	X	X	X	X
Aca den	<i>Acaulospora denticulata</i>			X	X	X	
Aca exc	<i>Acaulospora excavata</i>			X	X	X	X
Aca mor	<i>Acaulospora morrowiae</i>	X	X	X	X	X	X
Aca mel	<i>Acaulospora mellea</i>			X	X	X	
Aca reh	<i>Acaulospora rehmi</i>	X	X	X	X	X	X
Aca spi	<i>Acaulospora spinosa</i>	X	X	X	X	X	X
Aca cap	<i>Acaulospora capsicula</i>		X	X		X	X
Aca cav	<i>Acaulospora cavernata</i>	X		X	X	X	X
Aca kos	<i>Acaulospora koskei</i>			X	X	X	
Aca spl	<i>Acaulospora splendida</i>		X		X	X	X
Aca dil	<i>Acaulospora dilatata</i>			X		X	
Aca bir	<i>Acaulospora bireticulata</i>		X	X	X		
Aca ged	<i>Acaulospora gedanensis</i>	X	X		X	X	
Aca del	<i>Acaulospora delicata</i>		X		X	X	X
Aca pau	<i>Acaulospora paulinae</i>		X	X	X	X	X
Aca alp	<i>Acaulospora alpina</i>					X	X
Aca tub	<i>Acaulospora tuberculata</i>	X	X	X		X	X
Aca rug	<i>Acaulospora rugosa</i>		X				
Aca sp1	<i>Acaulospora sp1</i>					X	X
Aca sp2	<i>Acaulospora sp2</i>			X	X	X	
Aca sp3	<i>Acaulospora sp3</i>			X			
AMBISPORACEAE							
Amb cal	<i>Ambispora calosa</i>	X	X	X	X	X	X
Amb app	<i>Ambispora appendicula</i>				X	X	
ARCHAEOSPORACEAE							
Arc lep	<i>Archaeospora leptoticha</i>					X	
DIVERSISPORACEAE							
Div spu	<i>Diversispora spurca</i>		X		X	X	
ENTROPHOSPORACEAE							
Ent col	<i>Entrophospora colombiana</i>					X	
Ent ken	<i>Entrophospora kentinensis</i>			X	X	X	X
Ent inf	<i>Entrophospora infrequens</i>		X	X	X	X	X
GIGASPORACEAE							
Gig dec	<i>Gigaspora decipiens</i>					X	X
Gig mar	<i>Gigaspora margarita</i>	X		X	X	X	X
Gig ros	<i>Gigaspora rósea</i>				X	X	X
GLOMERACEAE							
Glo mac	<i>Glomus macrocarpum</i>			X	X	X	
Glo cla	<i>Glomus clarum</i>				X	X	
Glo tor	<i>Glomus tortuosum</i>			X	X	X	

Glo hal	<i>Glomus halonatum</i>		X	X	X	X	X
Glo etu	<i>Glomus etunicatum</i>	X	X	X	X	X	X
Glo ver	<i>Glomus versiforme</i>	X	X	X	X	X	X
Glo veru	<i>Glomus verruculosum</i>			X			X
Glo con	<i>Glomus constrictum</i>	X		X	X	X	X
Glo pal	<i>Glomus pallidum</i>	X	X	X	X	X	X
Glo faz	<i>Glomus fasciculatum</i>	X	X	X	X	X	X
Glo ebu	<i>Glomus eburneum</i>		X	X	X		X
Glo glo	<i>Glomus glomerulatum</i>	X	X	X	X	X	X
Glo cae	<i>Glomus caesaris</i>			X	X		X
Glo pus	<i>Glomus pustulatum</i>	X		X			X
Glo wal	<i>Glomus walkeri</i>				X	X	
Glo des	<i>Glomus deserticola</i>	X		X	X		
Glo bad	<i>Glomus badium</i>	X	X	X	X	X	X
Glo cal	<i>Glomus caledonium</i>	X		X	X	X	X
Glo aur	<i>Glomus aurantium</i>	X		X	X		
Glo cor	<i>Glomus coronatum</i>			X		X	X
Glo geo	<i>Glomus geosporum</i>	X	X	X	X	X	X
Glo mos	<i>Glomus mosseae</i>	X	X	X	X	X	X
Glo spi	<i>Glomus spinuliferum</i>	X	X	X		X	X
Glo lam	<i>Glomus lamellosum</i>	X	X	X	X	X	X
Glo bag	<i>Glomus bagyarajii</i>			X			
Glo lut	<i>Glomus luteum</i>			X			
Glo int	<i>Glomus intraradices</i>				X		
Glo xan	<i>Glomus xanthium</i>				X		
Glo mic	<i>Glomus microcarpum</i>		X				X
Glo cla	<i>Glomus clavisporum</i>		X				X
Glo sp1	<i>Glomus sp1</i>					X	
PACISPORACEAE							
Pac bol	<i>Pacispora boliviana</i>			X	X	X	X
Pac fra	<i>Pacispora franciscana</i>	X		X			
Pac sci	<i>Pacispora scintillans</i>			X			
PARAGLOMERACEAE							
Par bra	<i>Paraglomus brasilianum</i>			X		X	
Par lac	<i>Paraglomus laccatum</i>				X		X
SCUTELLOSPORACEAE							
Scu ver	<i>Scutellospora verrucosa</i>			X		X	X
Scu pel	<i>Scutellospora pellucida</i>			X	X	X	
Scu het	<i>Scutellospora heterogama</i>			X		X	
Scu bio	<i>Scutellospora biornata</i>			X			
Scu cer	<i>Scutellospora cerradensis</i>				X		X
Scu cal	<i>Scutellospora calospora</i>		X	X	X	X	
Scu gre	<i>Scutellospora gregaria</i>				X		
Scu sp1	<i>Scutellospora sp1</i>					X	

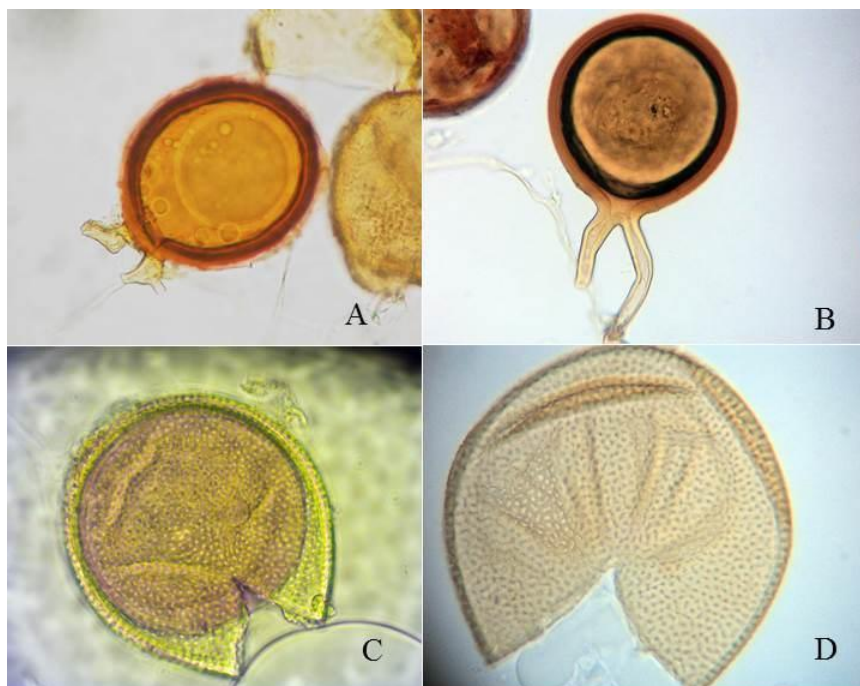


Figura 2. *Glomus glomerulatum* (A e B) e *Acaulospora scrobiculata* (C e D) (aumento 40x), espécies mais representativas dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora* encontradas nas populações de Macaúba do Norte de Minas Gerais.

Tabela 3. Caracterização dos atributos do solo (média \pm DP) nas três populações de Macaúba (CRIS- Cristália; CLP- Claro dos Poções; BRA- Brasília de Minas) localizadas no norte de Minas Gerais. * Valores com letras diferentes, na mesma linha, são significativamente ($p < 0,05$) diferentes.

	CRIS	CLP	BRA	P	F
pH em água	6,35 ($\pm 0,07$)	6,00 ($\pm 0,85$)	6,90 ($\pm 0,14$)	0,310	2,2252
P (Fósforo)	0,97 ($\pm 0,25$)	0,64 ($\pm 0,35$)	9,73 ($\pm 4,68$)	0,107	8,3027
K (Potássio)	303,50 (± 111)	325 ($\pm 35,3$)	290 ($\pm 84,8$)	0,703	0,4221
Ca (Cálcio)	4,65 ($\pm 0,07$)	6,80 (± 0)	7,80 ($\pm 1,13$)	0,081	11,388
Areia grossa*	51,0 ($\pm 2,40$) a	16,1 ($\pm 0,42$) b	19,1 ($\pm 4,67$) b	0,005	166,02
Areia Fina*	21,0 ($\pm 0,42$) b	33,9 ($\pm 2,40$) b	62,9 ($\pm 1,84$) a	0,004	204,36
Argila*	17,00 ($\pm 1,41$) b	28,0 (± 0) a	11,0 ($\pm 1,41$) b	0,004	223,0

A partir dos resultados obtidos na NMDS foi verificado que a composição de fungos micorrízicos arbusculares não diferiu entre as populações de Macaúbas estudadas e nem entre as estações ($p>0,05$) (Figura 3). Nenhum resultado significativo foi obtido na análise das espécies indicadoras também ($p>0,05$).

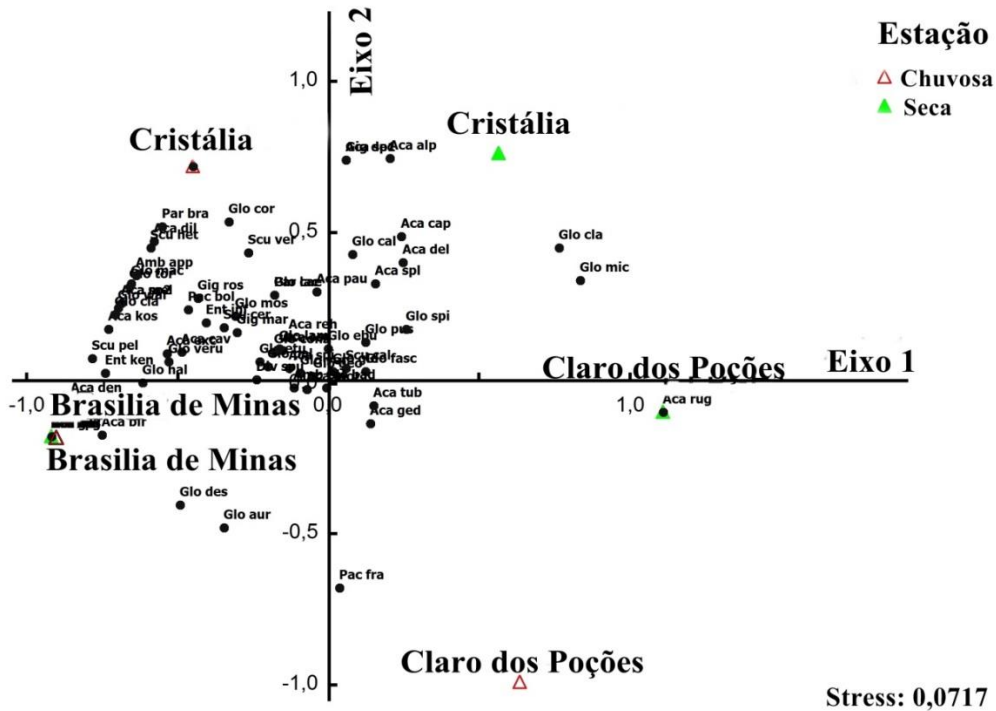


Figura 3. Análise de composição das espécies para as três populações de Macaúba amostradas no Norte de Minas Gerais, obtida pelo escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Valor obtido na ANOVA: P para local=0,055 e valor de P para estação= 0,795.

Tanto a riqueza quanto à abundância de fungos micorrízicos arbusculares diferiu entre as estações e foi maior no período seco ($p<0,05$) (Tabela 4; Figura 4A e 4B). A riqueza e a abundância de FMA também diferiram entre as populações de Macaúba, porém Claro dos Poções foi o único estatisticamente diferente e que apresentou menor riqueza e abundância ($p<0,05$) (Tabela 4; Figura 5A e 5B).

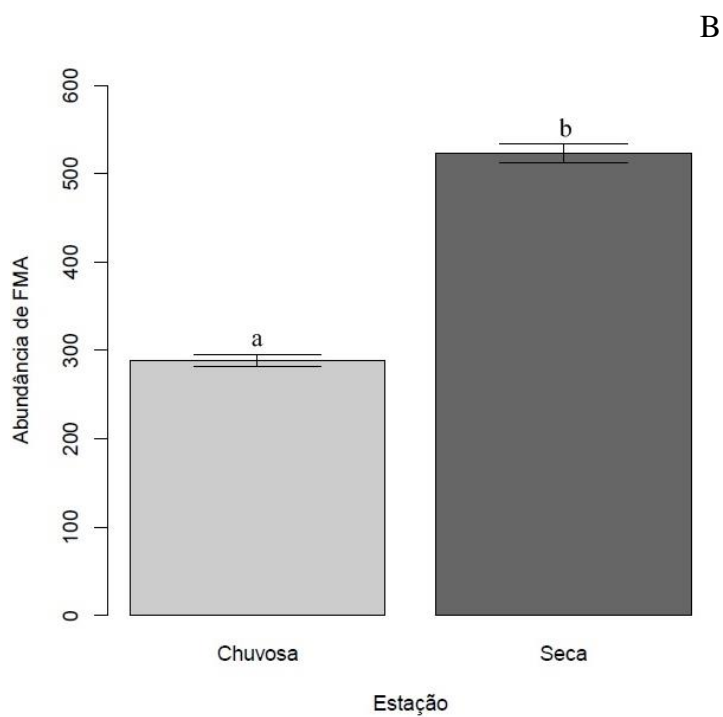
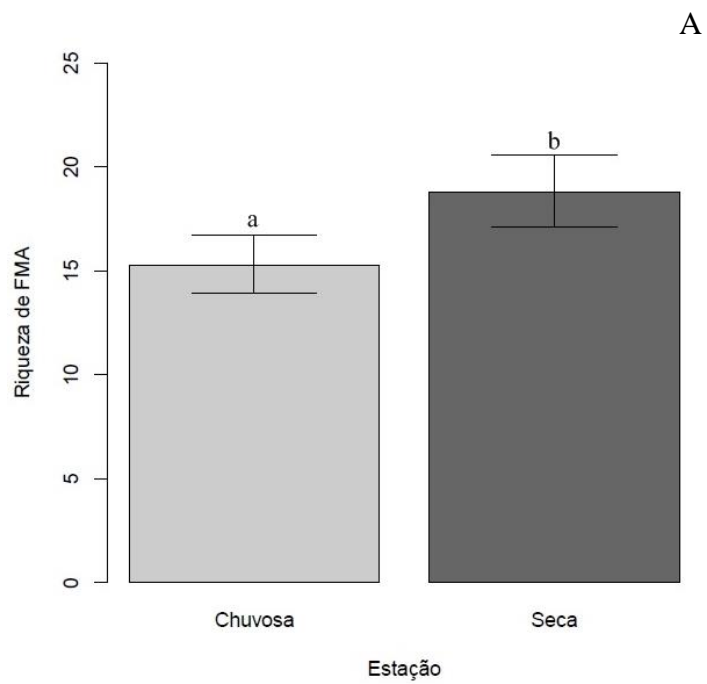


Figura 4. Riqueza (A) e abundância (B) de fungos micorrízicos arbusculares amostrados nas populações de Macaúba durante as estações chuvosa e seca. Letras diferentes representam grupos significativamente distintos ($p < 0,05$).

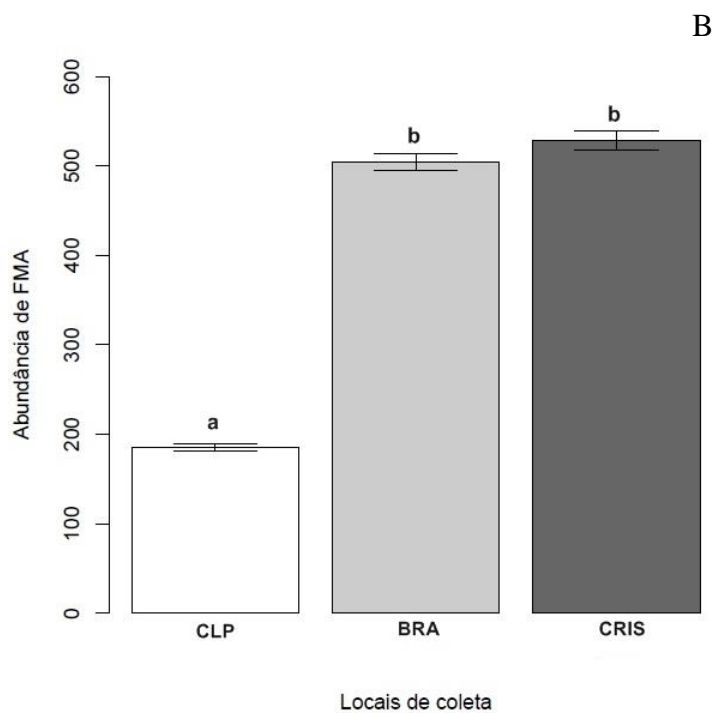
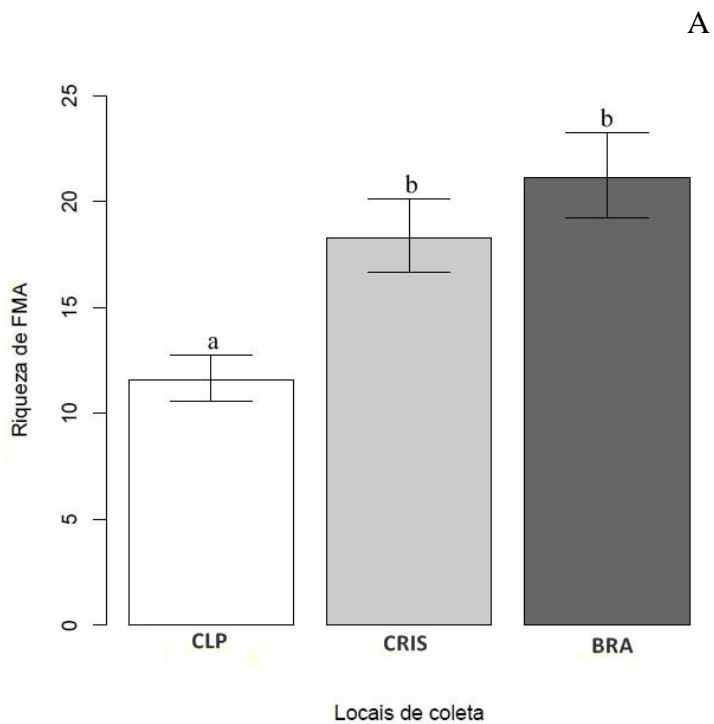


Figura 5. Riqueza (A) e abundância (B) de fungos micorrízicos arbusculares entre as três populações de Macaúba, CLP= Claro dos Poções, BRA= Brasília de Minas, CRIS= Cristália. Letras diferentes representam grupos significativamente distintos ($p < 0,05$).

Tabela 4. Modelos lineares generalizados completos construídos para testar a riqueza e abundância de fungos micorrízicos arbusculares entre os locais de coleta e entre as estações

Variável Resposta	Distribuição de erro	Variável Explicativa	df	Deviance	<i>p</i>	Residual Deviance
Riqueza	Poisson	Local	2	59.383	1.274e-13	68.442
		Estação	1	10.817	0.001006	57.625
Abundância	Binomial Negativa	Local	2	61.334	4.802e-14	89.009
		Estação	1	18.509	1.691e-05	70.501

A CCA apresenta a ordenação das espécies relacionando-as com as variáveis ambientais, representadas por vetores (Figura 6). Os autovalores dos dois primeiros eixos da ordenação da CCA foram 0,183 (eixo1) e 0,133 (eixo 2), explicando 31.7% e 23%, respectivamente, da variância total dos dados. Os dois autovalores foram baixos para os dois eixos, o que significa que os gradientes são curtos e com baixa substituição de espécies ($p > 0,05$). As variáveis fósforo, cálcio e areia fina correlacionaram positivamente com o eixo 1, enquanto que areia grossa correlacionou positivamente com o eixo 2. O teste de Monte Carlo mostrou que a presença das espécies não foi significativamente correlacionada com os atributos do solo ($p > 0,05$) (Figura 7).

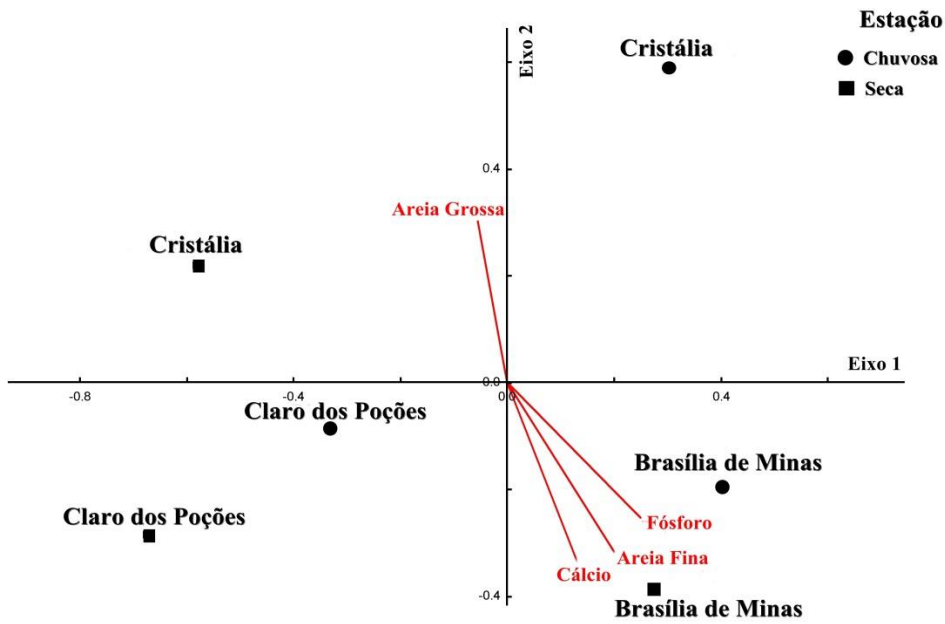


Figura 6. Análise de correspondência canônica (CCA) das espécies de fungos micorrízicos arbusculares em relação aos atributos do solo (areia grossa, cálcio, areia fina e fósforo), evidenciando as três populações de Macaúba e estações estudadas.

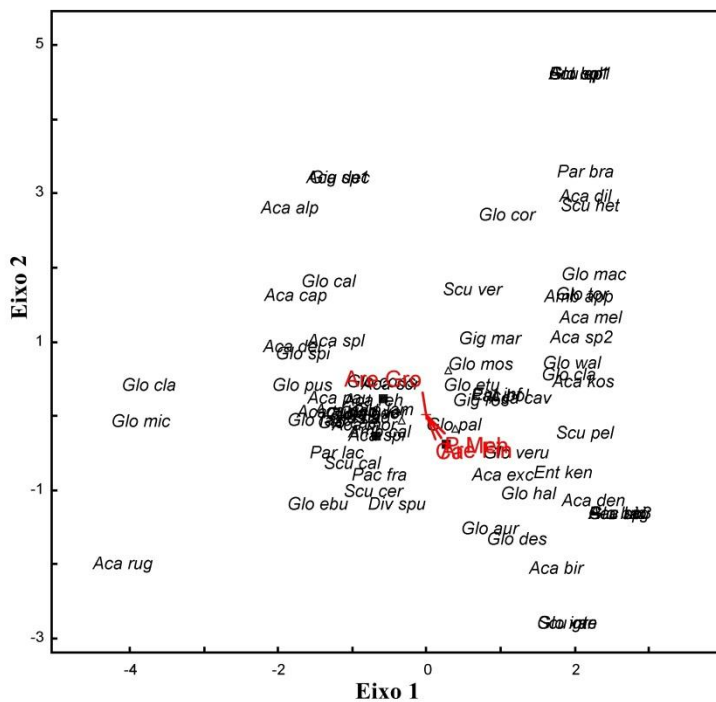


Figura 7. Análise de correspondência canônica (CCA) das espécies de fungos micorrízicos arbusculares em relação aos atributos do solo.

A riqueza e abundância de FMA foram influenciadas de maneiras distintas pelos atributos do solo selecionados (Tabela 5). A riqueza e abundância de FMA foram positivamente correlacionadas com o aumento da concentração de cálcio (Figura 8A e 8B), fósforo (Figura 9A e 9B) e areia grossa (Figura 10A e 10B). Por outro lado, o aumento da quantidade de areia fina fez a abundância de FMA diminuir e a riqueza aumentar (Figura 11A e 11B).

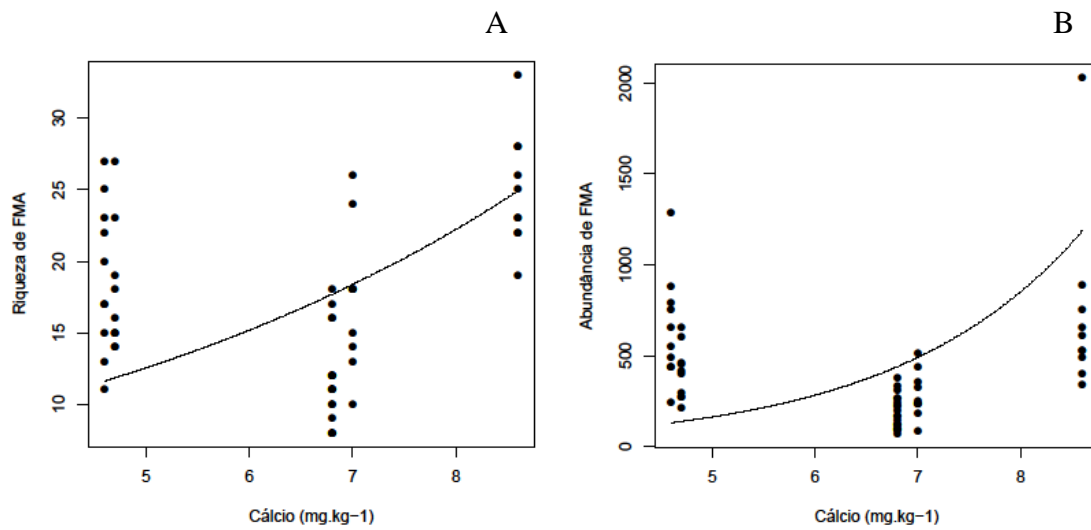


Figura 8. Riqueza (A) e abundância (B) de fungos micorrízicos arbusculares em relação ao teor de cálcio no solo.

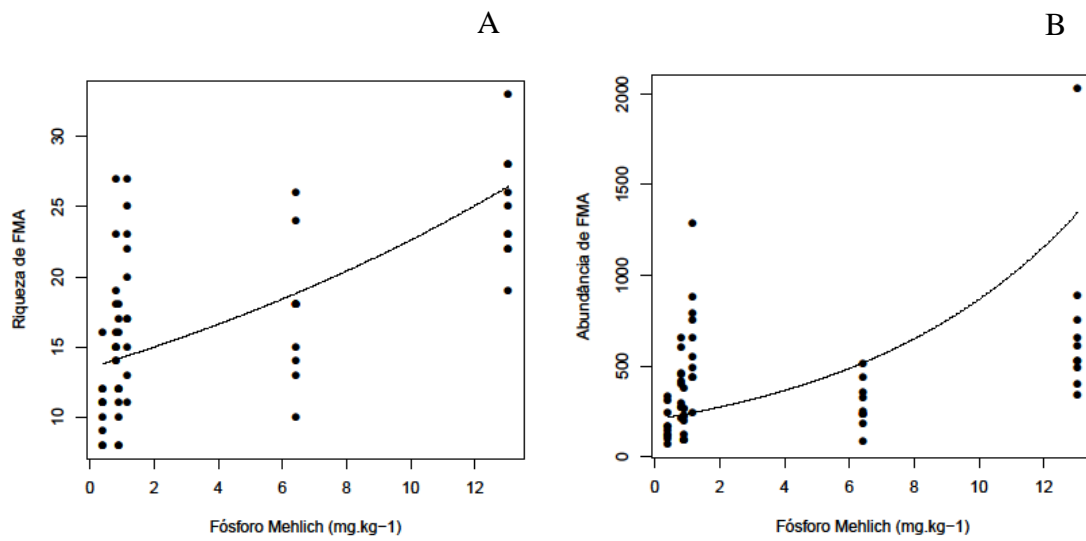


Figura 9. Riqueza (A) e abundância (B) de fungos micorrízicos arbusculares em relação ao teor de fósforo no solo.

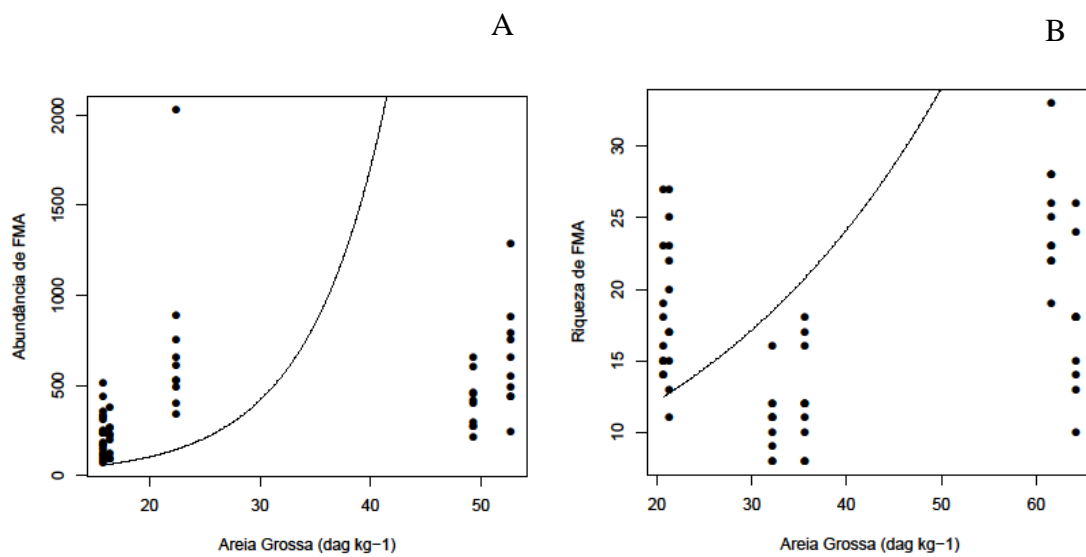


Figura 10. Riqueza (A) e abundância (B) de fungos micorrízicos arbusculares em relação à quantidade de areia grossa no solo.

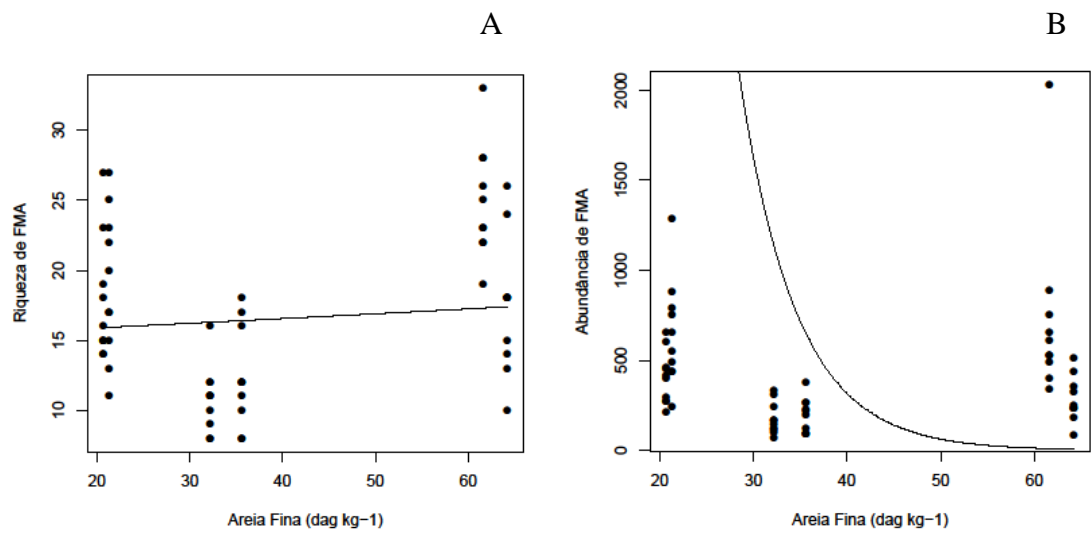


Figura 11. Riqueza (A) e abundância (B) de fungos micorrízicos arbusculares em relação à quantidade de areia fina no solo.

Tabela 5. Modelos de efeito misto construídos para testar se a riqueza e abundância de fungos micorrízicos arbusculares das três populações de Macaúba varia entre os fatores edáficos Areia Fina, Areia Grossa, Cálcio e Fósforo.

Equação da reta	Variável Resposta	Distribuição de erro	Variável Explicativa	df	AIC	BIC	<i>p</i>	logLik
$y=\exp(2.724500+0.002052*x)$	Riqueza	Poisson (Modelo de Efeito Misto)	Areia Fina	3	86.595	92.878	0.0004915	-40.297
$y=\exp(1.81351+0.03430*x)$			Areia Grossa	3	78.510	84.793	0.0001564	-36.255
$y=\exp(1.5754+0.1908*x)$			Cálcio	3	75.826	82.109	0.0007482	-34.913
$y=\exp(2.60496+0.05140*x)$			Fósforo Melich	3	70.788	77.071	0.005676	-32.394
$y=\exp(12.307744-0.163603*x)$	Abundância	Poisson (Modelo de Efeito Misto)	Areia Fina	3	7064.2	7070.5	1.325e-08	-3529.1
$y=\exp(1.815546+0.140754*x)$			Areia Grossa	3	5251.5	5257.8	4.734e-08	-2622.7
$y=(\exp(2.56488+0.54365*x))$			Cálcio	3	6000.3	6006.6	3.743e-07	-2997.2
$y=\exp(5.320613+0.144569*x)$			Fósforo Melich	3	5721.3	5727.6	1.670e-06	-2857.6

4 – DISCUSSÃO

A maioria das espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontradas nesse trabalho pertencem principalmente aos gêneros *Glomus*, considerado um dos gêneros mais comuns do cerrado (Miranda, 2008), e *Acaulospora*. Diversos estudos relacionam a maior ocorrência desses gêneros, à sua alta capacidade de adaptação a condições ambientais diversas (Carrenho, 1998; Miranda, 2008). Siqueira e Franco (1988) destacaram a acidez do solo, em especial o pH, como um dos fatores mais importantes que interferem na produção e germinação dos esporos, e observaram a preferência do gênero *Glomus* pelo pH entre 6,0 a 8,0 e *Acaulospora* pelo pH mais ácido, variando de 4,0 a 6,0. Isso pode explicar a ocorrência preferencial das espécies desses gêneros nesse estudo, uma vez que a faixa de pH encontrada nos solos das populações de Macaúba foi de 5,0 a 7,0. A grande predominância de *Glomus* e *Acaulospora* nas diferentes populações estudadas também confirma o amplo padrão de distribuição dessas espécies observadas por outros autores na zona tropical, tanto em ecossistemas naturais como em agrossistemas e pastagens (Carrenho, 1998; da Silva Junior e Cardoso, 2006; Loss *et al.*, 2009).

A alta frequência e abundância de *Acaulospora scrobiculata* e principalmente, de *Glomus glomerulatum*, verificadas nos solos das populações de Macaúba sugerem que essas espécies são melhores adaptadas aos locais de ocorrência natural dessa espécie vegetal. *G. glomerulatum* apresentou um alto grau de esporulação, sendo observados vários esporocarpos (estrutura multicelular produtora de esporos) nas amostras. Segundo a literatura, a elevada capacidade de esporulação de uma espécie pode estar associada a sua alta capacidade competitiva (Carrenho *et al.*, 2002), melhor adaptação ao ambiente (Caproni *et al.*, 2005) e certamente ao grau de especificidade entre os simbiontes (Souza *et al.*, 2010). Resultado semelhante encontrado nesse estudo para *A. scrobiculata*, foi relatado por Gai *et al.* (2006)

que também observaram uma maior frequência e abundância para esta espécie em áreas de pastagens no Tibet.

As espécies encontradas e caracterizadas nesse estudo em apenas uma estação indicaram efeitos positivos da sazonalidade para a esporulação. Entre as espécies presentes no período chuvoso, *Entrophospora colombiana* e *Archeospora leptoticha* foram observadas também por Caproni *et al.* (2005) nessa estação, em áreas revegetadas com *Acacia mangium*, após mineração de Bauxita. *Glomus clavisporum*, uma das espécies observadas apenas na estação seca, foi relatada por vários autores como uma espécie comum de habitats perturbados (Li *et al.*, 2007; Tchabi *et al.*, 2008; Al-Yahya'ei *et al.*, 2011). Esses achados possivelmente demonstram à boa adaptação de *G. clavisporum* a instabilidade sazonal e a condições de estresse ambiental.

A sazonalidade na esporulação dos FMA foi confirmada pela alta densidade e riqueza de esporos micorrízicos encontrados durante a estação seca. Esta estação tem sido atribuída por alguns autores como a época de maior riqueza e abundância de espécies de FMA. Trabalhos como os de Guadarrama e Álvarez-Sánchez (1999) em diferentes ambientes da Floresta Tropical Úmida no México, de Souza *et al.* (2003) em áreas de Caatinga e Da Silva Junior (2006) em cultivos de Pupunha na Amazônia Central sugeriram essa influência. Miranda *et al.* (2010) relatam que os próprios FMA podem apresentar diferentes estratégias de sobrevivência em cada estação. Como os recursos são mais escassos e a umidade é menor na estação seca, a formação das estruturas de resistência (esporos) é favorecida. A elevada umidade tem sido relatada como um fator que favorece a germinação dos esporos resultando em alta colonização e baixa produção de esporos (Guadarrama e Álvarez-Sánchez, 1999).

A riqueza e abundância de FMA variaram nas populações de Macaúba estudadas, entretanto apenas a população de Claro dos Poções foi diferente, uma vez que os valores de riqueza e abundância foram menores. Os baixos valores encontrados podem ser explicados

pelo alto teor de argila verificado nos solos dessa população. A argila pode afetar a permanência dos esporos dos fungos micorrízicos no solo, uma vez que tendem a conter poros muito finos, mais sujeitos a compactação (Arcos, 2003; Peña Venegas *et al.* 2006). Além disso, solos com alto teor de argila possuem drenagem e aeração deficientes que dificultam a micorrização (Hungria e Araújo, 1994). No geral os valores de riqueza e abundância de FMA foram altos para as populações avaliadas, especialmente nas populações de Brasília de Minas e Cristália. Estudos realizados em áreas alteradas (ex.: por pastagens) nos biomas Mata Atlântica e Cerrado também encontraram uma maior riqueza e abundância nesses locais (Cordeiro *et al.*, 2005; Shouchie *et al.*, 2006; Zangaro *et al.*, 2012). A alta esporulação de espécies de FMA nas áreas de pastagens é atribuída à maior quantidade de raízes vegetais finas que são conhecidas por estimular a colonização e posterior multiplicação desses fungos por meio da produção de esporos (Sieverding, 1991; Leal *et al.* 2013).

Apesar da riqueza e abundância de FMA ter variado entre as estações e entre as populações, a composição das espécies de FMA não diferiu de maneira significativa. Diversos trabalhos citam o pH (Clark, 1997; Giovannetti, 2000), a disponibilidade de P no solo (Oehl *et al.*, 2004), e a vegetação heterogênea (Davison *et al.*, 2012) como principais fatores com potencial para influenciar a composição, a distribuição, a abundância e ocorrência de certas espécies de FMA. A maioria dos fatores edáficos avaliados nesse trabalho, entre eles o pH e P, não variaram entre as populações estudadas. Diferenças significativas foram encontradas apenas para areia grossa na população de Cristália, areia fina em Brasília de Minas e argila em Claro dos Poções. De forma geral, uma combinação de fatores, como a semelhança da composição vegetal e das características do solo observadas entre as populações de Macaúba, possivelmente contribuíram para que a composição de espécies de FMA não variasse entre esses locais e entre as estações. Vale ressaltar também que grande parte das espécies de FMA

encontradas nesse estudo ocorreu tanto na estação seca quanto na chuvosa e foram compartilhadas entre as populações estudadas, revelando um comportamento ‘generalista’.

Indiretamente pode-se dizer que houve uma tendência de alguns dos componentes de solo analisados tais como areia fina, areia grossa e argila em influenciarem a composição de FMA das diferentes populações de Macaúba. Esses componentes foram significativos para algumas populações e a composição de espécies de FMA quase diferiu entre as localidades. Moebius-Clune *et al.* (2013) reforçaram essa ideia, uma vez que encontraram a composição de FMA em diversas plantações de milho, com localizações geográficas distintas em Nova York (EUA), fortemente relacionada à textura do solo (argila e areia). Estes autores ressaltaram a importância de mais estudos com esses fatores físicos, pois a maioria dos trabalhos privilegia a influência dos atributos químicos do solo na composição de espécies de FMA.

A dificuldade para se estabelecer um padrão de distribuição espacial dos FMA pode estar associada aos diversos fatores bióticos e abióticos relacionados aos ambientes, como também às diferentes estratégias de sobrevivência destes fungos (Souza *et al.*, 2003). O cálcio, o fósforo, areia fina e areia grossa, selecionados como os principais fatores que poderiam influenciar a distribuição espacial das espécies de FMA nas populações de Macaúba neste estudo, não foram capazes de ser relacionados com a ocorrência desses fungos. Por outro lado, ao se avaliar cada um desses mesmos fatores de forma independente, em relação à abundância e riqueza de FMA por localidade e por estação, foram encontrados resultados variados.

O padrão positivo observado para cálcio e o fósforo na abundância e riqueza de FMA, pode ser explicado, basicamente, pelo Ca ser considerado como um dos melhores preditores para abundância de esporos desses fungos (Anderson *et al.* 1984) e pelo P influenciar a esporulação e riqueza de FMA quando em baixas quantidades desse nutriente (Hungria e

Araújo, 1994). A importância do cálcio foi primeiramente reportada por Hepper e O'Shea (1984) que encontraram e caracterizaram o fornecimento de Ca como crítico para a colonização de *Glomus caledonium* (Nicol. & Gerd.) Gerdmann & Trappe e *G. mosseae* (Nicol. & Gerd.) no alface. Estudos mais recentes observaram o efeito positivo desse atributo na esporulação e/ou na riqueza de FMA (Oliveira, 2001; Carrenho *et al.*, 2001; Leal *et al.* 2013). Leal *et al.* 2013 ainda destacaram a dificuldade em explicar a influência do Ca por ser um assunto pouco debatido em trabalhos com FMA. Os teores de P encontrado nos solos das populações de Macaúba foram considerados baixos nesses ambientes, o que propiciou o aumento da abundância e riqueza de esporos de FMA. Siqueira e Saggin-Júnior (2001) encontraram o alto teor de P inibitório para esporulação, ao testar diferentes concentrações de P no solo com várias espécies vegetais nativas do Brasil. Além disso, a correlação entre fósforo e número de esporos, evidencia a eficiência dos FMA em aumentar a absorção desse nutriente (Loss *et al.*, 2009).

Em relação a areia fina e areia grossa padrões variados foram encontrados para abundância e riqueza de FMA. Segundo Milleret *et al.* (2009) descrever os vários efeitos dos parâmetros físicos e edáficos na microbiologia do solo é um desafio. Alguns autores, ao tentar explicar o efeito dessa influência, relacionam o tamanho e volume dos poros dos solos à capacidade dos esporos de FMA e das hifas fúngicas se estabelecerem entre eles (Nadian *et al.*, 1998; Milleret *et al.*, 2009; Moebius-Clune *et al.*, 2013). Baseando-se nisso, solos com poros maiores como encontrados na areia grossa, possivelmente, facilitaram a acomodação e sobrevivência dos esporos, influenciando positivamente a abundância e riqueza de FMA. O mesmo raciocínio foi válido para areia fina que por ter poros menores, provavelmente, dificultou o estabelecimento dos esporos, afetando negativamente a abundância. Entretanto, a riqueza nesse caso foi pouco influenciada, uma vez que foi observado um efeito positivo desse atributo físico na riqueza. Não foi encontrada uma explicação razoável para esse fato,

no entanto, estes resultados mostram como é limitado nosso conhecimento sobre a influência de fatores do solo nos FMA, principalmente no que diz respeito aos fatores físicos, tais como os apresentados nesse trabalho.

5 – CONCLUSÕES

Neste estudo encontramos as comunidades de FMA dominadas pelas famílias Acaulosporaceae e Glomeraceae, sendo que as espécies mais representativas para cada uma dessas famílias foram *Acaulospora scrobiculata* e *Glomus glomerulatum*. Além disso, foram encontradas espécies de FMA exclusivas para estação seca e para estação chuvosa. A sazonalidade também influenciou a riqueza e abundância de FMA, com maiores valores durante a estação seca.

Entre vários atributos edáficos avaliados, o teor de argila foi verificado como o fator que influenciou na baixa riqueza e abundância desses fungos nas populações de Macaúba estudadas. Não foi observada a influência dos fatores edáficos e da sazonalidade na composição e na distribuição espacial das espécies de FMA, possivelmente pelas populações de Macaúba ter apresentado condições ambientais semelhantes. Efeitos positivos do cálcio, fósforo e areia grossa foram observados sobre a abundância e riqueza de FMA avaliados. Entretanto, a areia fina apresentou padrões variados, no qual influenciou negativamente a abundância e positivamente a riqueza. Ressalta-se a importância de mais estudos para os fatores físicos do solo, no que diz respeito à textura, uma vez que o encontramos como importante influenciador na ocorrência dos FMA e poucos trabalhos abordam sua relevância.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de ocorrência das populações de Macaúba do Norte de Minas Gerais apresentaram um grande potencial inóculo de FMA. Mesmo não garantindo que essas

espécies de FMA encontradas estão associadas somente às raízes dessa palmeira, é sabido que raízes de uma mesma planta ou diferentes espécies de plantas podem ser conectadas através das hifas de um mesmo fungo e podem promover uma melhor absorção de nutrientes para as espécies vegetais daquele local. Isso se revela especialmente importante para as palmeiras de Macaúba devido ao tipo de sistema radicular (fasciculado, pouco profundo, com raízes grossas) e poucos pelos radiculares.

Alguns padrões puderam ser observados para as comunidades de FMA encontradas nessas populações, entretanto os mecanismos pelos quais as propriedades do solo e outros fatores influenciaram a composição, distribuição, abundância e riqueza ainda não estão muito claros. O conhecimento da diversidade funcional bem como da dinâmica desses fungos em cada ambiente contribui para o manejo ecológico dos organismos do solo. Dada à importância desses locais de ocorrência da Macaúba, que são considerados em várias regiões brasileiras, como verdadeiro patrimônio em estado potencial, à espera de exploração agrícola-industrial bem orientada, seria possível buscar estabelecer correlações positivas duradouras entre algumas espécies de FMAs e estas populações de coco Macaúba. Poderiam ser caracterizadas em determinadas regiões e localidades, como um grupo de espécies mais frequentes que seriam especialmente escolhidas e utilizadas como inoculantes microbianos, promotores de crescimento na produção de mudas dessa espécie de Palmeira, bem como de outras espécies de plantas nativas que ocorrem em cada uma dessas regiões geográficas em MG.

7– REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Yahyaee, M.N., Oehl, F., Vallino, M., Lumini, E., Redecker, D., Wiemken, A., Bonfante, P., 2011. Unique arbuscular mycorrhizal fungal communities uncovered in date palm plantations and surrounding desert habitats of Southern Arabia. *Mycorrhiza* 21:195-209.
- Ambili, K., Thomas, G.V., Indu, P., Gopal, M., Gupta, A., 2012. Distribution of Arbuscular Mycorrhizae Associated with Coconut and Arecanut Based Cropping Systems. *Agric Res* 4:338–345.
- Anderson, R.C., Liberta, A.E., Dickman, L.A., 1984. Interaction of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia* 64: 111-117.
- Arcos, A. L., 2003. Distribuição da associação micorrízica arbuscular em ecossistemas naturais e intervindos. *In: Aspectos ambientais para o ordenamento territorial do Trapézio Amazônico*. Instituto Geográfico Augustín Codazzi- IGAC.
- Bever, J.D., Schultz, P.A., Pringle, A., Morton, J.B., 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *Bioscience* 51: 923-931.
- Caproni, A.L., Franco, A., Berbara, R. L. L., Trufem, S. B., Granha, J. R., Monteiro, A. B., 2003. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas, PA. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 1409-1418.
- Caproni, A. L., Franco, A. A., Berbara, R. L. L., Granha, J. R. D. O., Marinho, N. F., 2005. FMAs em solo estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. *Revista Árvore* 29: 373-381.
- Carrenho, R., 1998. Influencia de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP, 228 f.
- Carrenho, R., Silva, E.S., Trufem, S.F.B., Bononi, V.L.R., 2001. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores and species of arbuscular mycorrhizal fungi. *Brazilian Journal of Microbiology* 32: 262-270.
- Carrenho, R., Trufem, S.F.B., Bononi, V.L.R., 2002. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em áreas de mata ciliar revegetada. *Acta Bot. Bras.* 15: 115-124.
- Celik, I., Ortas, I., Kilic, S., 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research* 78: 59- 67.
- Clark, R.B., 1997. Arbuscular mycorrhizal adaption, spore germination, root colonization and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant and Soil* 192: 15-22.

- Cordeiro, M.A.S., Carneiro, M.A.C., Paulino, H.B., Saggin-Junior, O.J., 2005. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 35: 147-153.
- Crawley, M., 2002. *Statistical computing: an introduction to data analysis using S-Plus*. John Wiley&Sons, London, UK.
- Da Silva Junior, J.P., Cardoso, E.J.B.N., 2006. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. *Pesquisa agropecuária brasileira* 41: 819-825.
- Davison, J., Öpik, M., Zobel, M., Vasar, M., Metsis, M., Moora, M., 2012. Communities of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Detected in Forest Soil Are Spatially Heterogeneous but Do Not Vary throughout the Growing Season. *Plos One* 7: 41938.
- Day, L.D., Sylvia, D.M., Collins, M.E., 1987. Interactions among vesicular-arbuscular mycorrhizae, soil, and landscape positions. *Soil Science Society of American Journal* 51: 635-639.
- Dufrêne, M., Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. *Manual de métodos de análise de solos*. 2. ed. ver. Atual. Rio de Janeiro, 212p.
- Gai, J.P., Cai, X.B., Feng, G., Christie, P., Li, X.L., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with sedges on the Tibetan plateau. *Mycorrhiza* 16: 151-157.
- Gerdemann, J.W., Nicolson, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wt-sieving and decanting. *Transactions British Mycological Society* 46: 235-244.
- Giovannetti, M., 2000. Spore germination and presymbiotic mycelial growth. *In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (eds Kapulnik, Y., Douds, D.D). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands 47- 68.
- Guadarrama, G., Álvarez-Sánchez, F.J., 1999. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest, Veracruz, Mexico. *Mycorrhiza* 8 :267- 270.
- Hungria, M., Araújo, R. S., 1994. *Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola*. V série. Brasília, DF: EMBRAPA, 542p.
- Jaiti, F., Meddich, A., El Hadrami, I., 2007. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 71:166–173.
- Jenkins, W.R., 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* 48: 692.

- Hepper, C.M., O'Shea, J., 1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in lettuce (*Lactuca sativa*) in relation to calcium supply. *Plant Soil* 82 :61–68.
- Li, L.F., Li, T., Zhao, Z.W., 2007. Differences of arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community between a cultivated land, an old field, and a never-cultivated field in a hot and arid ecosystem of southwest China. *Mycorrhiza* 17: 655–665.
- Leal, P.L., Siqueira, J.O., Stürmer, S.L., 2013. Switch of tropical Amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal community. *Applied Soil Ecology* 71: 72- 80.
- Lorenzi, G.M.A.C., 2006. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Arecaeae: bases para o extrativismo sustentável. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 156 p.
- Loss, A., Angelini, G.A.L.R., Pereira, A.C.C., Lã, O.R., Magalhães, M.O.L., Silva, E.M.R., Saggin Júnior, O.J., 2009. Atributos químicos do solo e ocorrência de Fma sob áreas de pastagens e sistema agroflorestal, Brasil. *Acta agrônômica (Palmira)* 58: 91-95.
- Mendoza, R., Cabello, M., Anchorena, J., García, I., Marbán, L., 2011. Soil parameters and host plants associated with arbuscular mycorrhizae in the grazed Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 411 418.
- Milleret, R., Le Bayon, R.C., Lamy, F., Goba, J.M., Boivin, P., 2009. Impact of roots, mycorrhizas and earthworms on soil physical properties as assessed by shrinkage analysis. *Journal of Hydrology* 373: 499–507.
- Miranda, J. C. C. 2008. *In: Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo*. 1ª ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 169p.
- Miranda, E.M., Silva, E.M.R., Saggin Junior, O.J., 2010. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. *Acta Amazonica* 40: 13- 22.
- Moebius-Clune, D.J., Moebius-Clune, B.N., van Es, H.M., Pawlowska, T.E., 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with a single agronomic plant host across the landscape: Community differentiation along a soil textural gradient. *Soil Biology & Biochemistry* 64: 191- 199.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., 2002. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras: Editora da UFLA, 626p.
- Morton, J.B., Bentivenga, S.P., Wheeler, W.W., 1993. Germplasm in the Internacional Collection of Arbuscular and Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon* 48:491-528.

- Motta, P.E.F., Curi, N., Oliveira-Filho, A.T., Gomes, J.B.V., 2002. Ocorrência da macaúba em MG: relações com atributos ecológicos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa agropecuária brasileira* 37: 1023- 1031.
- Moura, E.F., Motoike, S.Y., Ventrella, A.Q.S.J., Carvalho, M., 2009. Somatic embryogenesis in macaw palm (*Acrocomia aculeata*) from zygotic Embryos. *Scientia Horticulturae* 119 :447-454.
- Nadian, H.; Smith, S.E., Alston, A.M., Murray, R.S., Siebert, B.D., 1998. Effects of soil compaction on phosphorus uptake and growth of *Trifolium subterraneum* colonized by four species of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 140: 155-165.
- Oehl, F., Sieverding, E., Mäder, P., Ineichen, K., Dubois, D., Boller, T., Wiemken, A., 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138: 574-583.
- Oliveira, A.N., 2001. Fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em plantas de cupuaçu e guaraná de um Sistema Agroflorestal na região de Manaus, AM. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas.
- Oliveira, A.N., Oliveira, L.A., 2010. Influence of Edapho-Climatic Factors on the Sporulation and Colonization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Two Amazonian Native Fruit Species. *Brazilian Archives Of Biology and Technology* 53: 653-661.
- Peña- Venegas, C.P., Cardona, G., Mazorra, V., 2006. Micorrizas arbusculares da Amazônia Colombiana. *In: Catálogo Ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI.*
- Pouyu-rojas, E., Siqueira, J.O., Santos, G.D., 2006. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 3: 413-424.
- Puker, A., Rodrigues, S.R., Tiago, E.F., Santos, W.T., 2009. Espécies de Scarabaeidae fitófagos (Insecta: Coleoptera) associadas ao sistema radicular de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. (Arecaceae). *Biota Neotropica* 9:105-109.
- R Development Core Team (2011). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>.
- Schubler, A., Schwarzott, D., Walker, C., 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol Res* 105: 1413–1421.
- Sieverding, E., 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Eschborn: GTZ, 371p.
- Siqueira, J.O., Franco, A.A., 1988. Biotecnologia do solo, fundamento e perspectivas. Brasília. MEC-ABEAS-ESAL-FAEPE, 236p.

- Siqueira, J.O., Saggin-Junior, O.J., 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza* 11:245- 255.
- Smith. S.E., Gianinazzi-Pearson, V., Koide, R., Cairney, J.W.G., 1994. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbioses. *Plant soil* 159: 103-113.
- Smith, S.E.; Read, D.J., 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 605 p.
- Souchie, E.L., Saggin-Júnior, O.J., Silva, E.M.R., Campello, E.F.C., Azcón, R., Barea, J.M., 2006. Communities of P-Solubilizing Bacteria, Fungi and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78: 183-193.
- Souza, R.G., Maia, L.C., Sales, M.F., Trufem, S.F.B., 2003. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. *Revista Brasil. Bot.* 26: 49-60.
- Souza, R.G., Goto, B.T., Silva, D.K.A., Silva, F.S.B., Sampaio, E.V.S.B., Maia, L.C., 2010. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and cattle manure in the establishment of *Tocoyena selloana* Schum. in mined dune areas. *European Journal of Soil Biology* 46: 237-242.
- Tchabi, A., Coyne, D., Hountondji, F., Lawouin, L., Wiemken, A., Oehl, F., 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub- Saharan Savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. *Mycorrhiza* 18:181–195.
- Teles, H.F., Pires, L.L., Garcia, J., Rosa, J.Q.S., Farias, J.G., Naves, R.V., 2011. Ambientes de ocorrência natural de Macaúba. *Pesq. Agropec. Trop.* 41: 595-601.
- Van der Gast, C.J., Gosling, P., Tiwari, B., Bending, G.D., 2011. Spatial scaling of arbuscular mycorrhizal fungal diversity is affected by farming practice. *Environ Microbiol* 13: 241–249.
- Zangaro, W., Ansanelo, A.P., Lescano, L.E.A.M., Alves, R.A., Rondina, A.B.L., Nogueira, M.A., 2012. Infection intensity, spore density and inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi decrease during secondary succession in tropical Brazilian ecosystems. *Journal of Tropical Ecology* 28: 453 462.

