



LARISSA FERNANDES QUEIROZ

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA) EM MATA
COM *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* NO SUL DE MINAS GERAIS**

INCONFIDENTES

2018

LARISSA FERNANDES QUEIROZ

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA) EM MATA
COM *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* NO SUL DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão de curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus Inconfidentes*.

Orientador: Prof. DSc. Jamil de Moraes Pereira

INCONFIDENTES

2018

LARISSA FERNANDES QUEIROZ

**Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) em mata com *Araucaria
Angustifolia* no Sul de Minas Gerais**

Data de aprovação: ____/____/2018

**Orientador: Doutor Jamil de Moraes Pereira
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

Co-Orientadora: Doutora Luciana Della Coletta

**Doutor Ademir José Pereira
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

DEDICATÓRIA

Dedico essa conquista em primeiro lugar aos meus pais, Margarida e Mauricio. Sem eles, nada disso seria possível. Foram as primeiras pessoas que apoiaram, antes até de eu apoiar a mim mesma. Eles são as pessoas que mais entendem como foi difícil começar e as que mais insistiriam para que eu continuasse e não desistisse. Todas as vitórias da minha vida serão dedicadas primeiramente a eles, que sempre serão as minhas maiores inspirações.

Dedico a minha vó, que é a senhora mais sensacional que já conheci em toda a minha vida. Apesar das circunstâncias, sempre se lembra de perguntar por mim, e me faz ter forças para seguir em frente.

Dedico também aos meus irmãos, Julia e Pedro, que sempre estiveram comigo e ficaram responsáveis por cuidar de algo muito precioso enquanto eu estava fora: minhas cachorras, Pandora e Pelúcia, e meus gatos, Cotoco e Nick e a minha cachorra Nina, que foi embora antes que eu pudesse me despedir, mas que sempre estará na minha memória.

Dedico a minha tia Ivana, a minha prima Jéssica, ao meu primo Léo e aos meus primos Guilherme e Gustavo, que também estão presentes na minha vida desde sempre.

Todos os dez foram, ao mesmo tempo, os que mais me deram energias positivas para trilhar esse caminho e os que mais me fizeram querer voltar para o meu aconchego. Só eu sei o quanto me partia o coração perder aniversários e datas comemorativas, momentos que eu estava acostumada a estar sempre junto deles.

Enfim, dedico a eles este trabalho porque eu cheguei aqui com a certeza de que eu tenho pessoas maravilhosas que sempre irão torcer por mim!

Vocês são a família mais incrível desse mundo, obrigada por me ajudarem a ir mais longe sempre!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter dado a mim a chance de estar neste plano e realizar os meus sonhos.

Agradeço ao professor Jamil pelas oportunidades que me concedeu ao longo desses anos de graduação. Sua ajuda foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

Agradeço à professora Luciana, que foi imprescindível para que esse trabalho se tornasse real. Foi uma das melhores professoras que tive (a vida inteira) e uma das pessoas que mais me motivaram e me ajudaram nessa etapa. Serei eternamente grata.

Agradeço ao NIPE pela concessão de bolsa para realizar esse projeto.

Agradeço à Denise de Lourdes Colombo Mescolotti (ESALQ/USP) por ajudar na identificação dos FMA e por todos os ensinamentos durante o meu estágio.

Agradeço também aos funcionários do Laboratório de Solos do Instituto por me ajudarem nas análises de solo.

Agradeço a todos os funcionários do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *Campus* Inconfidentes, por todo o aporte ofertado para sempre melhorar o convívio dos alunos na instituição.

Agradeço aos professores que passaram pela minha vida acadêmica no instituto. Cada um deixa um legado muito especial e que foi peça importante para que eu chegasse até este momento.

Agradeço aos colegas de turma pelas oportunidades que tivemos de crescer juntos. Agradeço em especial ao Alessandro, a Jacqueline, o Leonardo, a Letícia, a Marisneili e a Mayara, que sempre estiveram mais próximos de mim nos trabalhos e estudos em equipe.

Agradeço a minha amiga Lais por todos momentos que dividimos nesses anos em que moramos juntas. Foram dias de diversão, risos, choros, algumas brigas, mas, acima de tudo, respeito. Sempre apoiamos uma a outra e fizemos o possível para fazer de Inconfidentes o melhor lugar possível, já que não estamos no conforto de nossas casas. Foram apoios na vida pessoal e estudantil que jamais serão esquecidos. Serei sempre grata por termos cruzado nossos caminhos. Não estaremos mais tão presentes na vida uma da outra, mas sempre desejarei a ela todo o sucesso do mundo.

Agradeço a minha sogra, Rosa, ao meu sogro, Mauricio, e aos meus cunhados Jacqueline e Luis, que me receberam tão bem no seu lar e me fizeram sentir em casa. Vocês se tornaram a minha segunda família. Obrigada por me acolherem de maneira tão hospitaleira.

Por último, agradeço a melhor descoberta que fiz em Inconfidentes: meu namorado (e companheiro para a vida toda), Rodrigo. Ele apareceu no momento que eu mais precisava e renovou minhas energias. Sempre acreditou em mim, mesmo quando eu não acreditava, sempre torceu por mim, mesmo quando eu deixava as dificuldades da faculdade me tirarem do sério e sempre fez questão de comemorar cada vitória que eu tive. Me acompanhou de bom coração ao laboratório e não me deixou desistir quando desânimo aparecia. Serei eternamente grata pela parceria, amor, carinho e compreensão que teve comigo nesses dias de batalha. Devo muito a ele.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Araucária	13
2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1 ÁREAS DE ESTUDO	17
3.2 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO	20
3.3 EXTRAÇÃO DE ESPOROS DE FMA EM AMOSTRAS DE SOLO.....	20
3.4 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	22
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5 CONCLUSÕES	30
6 REFERÊNCIAS	31

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), biotróficos obrigatórios, estabelecem associações simbióticas mutualísticas com a maioria das plantas, inclusive com *Araucaria angustifolia*. No Sul de Minas Gerais, matas com Araucária ainda resistem isoladas em pequenos fragmentos florestais. Os solos, nesses ecossistemas florestais, são bastante ácidos e de baixa fertilidade, dependente da ciclagem de nutrientes para a manutenção de sua fertilidade. Nesse contexto, os FMA podem contribuir com a nutrição da Araucária ajudando na sua preservação. O objetivo desse trabalho foi determinar a densidade de esporos e a diversidade dos FMA em área de floresta com Araucária nativa (MN) e reflorestada (RF) no Sul de Minas Gerais. A coleta de solo foi realizada em propriedade rural, no município de Senador Amaral, bairro Ponte Segura – MG. Nessa localidade foram selecionadas duas áreas com Araucária, sendo uma nativa (MN) e outra reflorestada (RF). Em cada área MN e RF foram selecionadas, ao acaso, dez árvores de Araucária, espaçadas de aproximadamente 20 metros entre si. A dois metros de cada árvore foram coletadas cinco amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, as quais constituíram uma amostra composta. De cada amostra foram pesados 50 g de solo para extração dos esporos dos FMA pelo método do peneiramento úmido. Nessas amostras, também foram determinados os atributos químicos do solo e a quantidade de esporos de FMA. Não houve diferença significativa para densidade de esporos de FMA entre NF e RF. Contudo, a maior diversidade de espécies de FMA foi encontrada em RF, com *Acaulospora mellea*, *A. koskei* e *A. remii*, comuns a MN e RF.

Palavras-chave: Micorrizas arbusculares; *Araucaria angustifolia*; Ecossistemas florestais; Reflorestamento

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), obligatory biotrophic, establish mutual symbiotic associations with most plants, including *Araucaria angustifolia*. In the South of Minas Gerais, forests with *Araucaria* still stand isolated in small forest fragments. Soils, in these forest ecosystems, are quite acidic and of low fertility, dependent on the cycling of nutrients for the maintenance of their fertility. In this context, the FMA can contribute to *Araucaria*'s nutrition by helping to preserve it. The objective of this work was to determine the spore density and the diversity of AMF in a forest area with Native *Araucaria* (MN) and Reforested (RF) in the South of Minas Gerais. The soil collection was carried out in rural property, in the municipality of Senador Amaral, Ponte Segura neighborhood - MG. In this locality two areas with *Araucaria* were selected, being one native (MN) and one reforested (RF). In each MN and RF area, ten randomly selected *Araucaria* trees were selected, spaced approximately 20 meters apart. At two meters from each tree, five soil samples were collected, at a depth of 0-20 cm, which constituted a composite sample. 50 g of soil were extracted from each sample for the extraction of the AMF spores by the wet sieving method. In these samples, the soil chemical attributes and the amount of AMF spores were also determined. There was no significant difference in FMA spore density between NF and RF. However, the greatest diversity of AMF species was found in RF, with *Acaulospora mellea*, *A. koskei* and *A. remii*, common to MN and RF.

Keywords: Arbuscular mycorrhizae; *Araucaria angustifolia*; Forest ecosystems; Reforestation

1 INTRODUÇÃO

Grande parte do Planalto Sul-brasileiro, principalmente em altitudes acima de 500m foi, em épocas passadas, coberto por uma formação vegetal bastante típica, caracterizada pela presença do pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Pertencente à família Araucariaceae, a Araucária muito contribuía para a fisionomia da região, impondo-se as demais espécies florestais devido à formação de densos agrupamentos e ao grande porte de seus indivíduos (LONGHI, 2013).

A Araucária é encontrada, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, embora com formações esparsas dessa floresta no sudeste e nordeste de São Paulo, no sudoeste do Rio de Janeiro e no sudeste de Minas Gerais. (REITZ et al., 1983; VELOSO et al., 1991 e RIBEIRO et al., 2009 apud PEREIRA 2012).

Apesar da boa qualidade da sua madeira, é relativamente pequena a área reflorestada com araucária. Até 1978, foram plantados 58.000 ha, na região Sul. Desse valor, apenas 2,5% da área total foi reflorestada com Araucária. Os reflorestamentos foram insatisfatórios tanto em quantidade como em qualidade (DA SILVA et al., 2001). No Sul de Minas Gerais, fragmentos de mata em altitudes acima de 1.200 m, ainda abrigam a *Araucaria angustifolia* em seu estado natural e em reflorestamento. Contudo, o forte interesse na produção de hortaliças, no sul de Minas Gerais, principalmente em áreas de altitudes mais elevadas, baixa pressão de pragas e doenças, terras de menor valor econômico, têm contribuído para mudanças no uso da terra e, locais, onde eram encontrados grandes áreas com pastagens e vegetação arbustivas, deram lugar ao cultivo

de hortaliças que mantem o solo descoberto, exigem alta demanda de água, com forte rebaixamento do lençol freático e possibilidade de erosão, prejudicando a sustentabilidade de espécies florestais locais de grande porte, como é o caso da araucária. Assim, a presença da araucária na região sul de Minas, deve passar rapidamente por programas de reflorestamentos e manutenção de áreas de mata com araucárias nativas.

De acordo com Carvalho (2005) a excelente qualidade e ampla utilização de sua madeira fizeram com que a Araucária se tornasse uma das espécies nativas mais exploradas no Brasil. Por estar representada em diversas unidades de conservação (SNUC) de proteção integral, por ser uma espécie com alto potencial de cultivo e também colonizadora de áreas abertas, a *Araucaria angustifolia* foi para a categoria de ameaça "Em perigo" (EN) e não mais como "Críticamente em perigo" (CR) (CNCFLORA, 2012).

Com a compreensão dos processos biológicos, químicos e físicos do solo, as estratégias e metodologias a serem aplicadas poderiam ser antecipadas, visando promover a sustentabilidade dessa espécie (CARVALHO, 2005). Partindo desse princípio, entram em ação para melhorar o estabelecimento da Araucária nas áreas de plantio a presença e associação com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA). As associações micorrízicas arbusculares são formadas por fungos do filo Glomeromycota nas raízes da maioria das plantas (SMITH; READ, 2008). A presença de alta densidade de esporos de FMA em solo rizosférico da Araucária em matas naturais indica a importância desses fungos na preservação da espécie (BONFIM et al., 2015).

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares são organismos biotróficos obrigatórios, que se associam com raízes de plantas vasculares terrestres, epífitas, aquáticas e também com rizoides e talos de briófitas e outros vegetais basais, formando a relação simbiótica mutualista denominada micorriza arbuscular (MA) (CARDOSO, 2010).

De acordo com Bowen (1980) citado por Moreira-Souza e Cardoso (2002) sabe-se que o FMA estimula o crescimento das plantas em virtude da maior absorção de água e nutrientes pelas plantas micorrizadas, especialmente daqueles de baixa mobilidade que se encontram fora do alcance da raiz, sobretudo o fósforo (P) (CARDOSO, 1985, 1996).

Os fungos micorrízicos arbusculares, quando associados às raízes das plantas, desenvolvem hifas, que funcionam como uma extensão das raízes das plantas e aumenta a zona colonizada pelas mesmas. Dessa forma, as plantas se tornam aptas a obter nutrientes a partir de volume de solo muito maior do que seria possível sem a associação. Por outro

lado, o fungo se beneficia da associação recebendo carboidratos da planta hospedeira (RAVEN et al., 1996).

A ocorrência, a diversidade e a dinâmica de fungos MA no solo e, conseqüentemente, a formação da associação micorrízica pode ser afetada por vários fatores naturais ou antrópicos. Dentre os fatores mais comuns de degradação do solo estão: a exploração desordenada da espécie Araucária, a destruição dos habitats por meio do desmatamento, a ocorrência de queima, além de utilização de práticas agrícolas intensivas (CARDOSO, 2010). Outros fatores da planta, tais como idade, estado nutricional, presença de compostos fungistáticos, desfolha, podas também influenciam a micorrização (CAVALCANTE; GOTO; MAIA, 2013).

O Brasil apresenta enorme potencial para utilização de micorrizas, se consideradas as condições edafo-climáticas, as aptidões agro-silvo-pastoril e a escassez de recursos financeiros, tornando-se esta tecnologia viável. O uso de micorrizas promove ganho de produção e, conseqüentemente, retorno financeiro. A utilização das micorrizas será intensificada quando a tecnologia se tornar conhecida e a oferta ou o custo dos fertilizantes se tornar limitante (DE SOUZA et al., 2006).

Pesquisas nesse campo promissor, entre os fungos micorrízicos arbusculares e a *Araucaria angustifolia* podem contribuir para a definição de estratégias de uso desses fungos contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a manutenção da Araucária, uma espécie nativa de alto valor comercial (BONFIM et al., 2015). Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo determinar a densidade de esporos e a diversidade dos FMA em área de floresta com Araucária Nativa (MN) e Reflorestada (RF) no Sul de Minas Gerais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Araucária

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze possui enorme importância econômica e ecológica para os estados de ocorrência natural. Apesar do manejo e uso dessa espécie ser tratada pelo poder público com restrições, quando na forma nativa, sua madeira de alta qualidade aliada à forma cilíndrica do fuste, apresentam características para que a árvore seja utilizada para fins muito nobres. Sendo assim, o desenvolvimento e aplicação de modelos para estimativas úteis ao planejamento e uso sustentável desses recursos são etapas importantes para o manejo sustentável (CURTO et al., 2014).

A Araucária é uma das poucas gimnospermas nativas que ainda restam no Brasil e a principal componente da Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta com Araucárias, muito exuberante na formação vegetal da região sul e sudeste, com forte predomínio nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, embora com áreas menores e descontínuas também nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (VELOSO et al., 1991).

A Floresta de Araucária originalmente ocupava 250 mil km², embora atualmente restem apenas 12,6% dessa área, sendo aproximadamente 0,4% da área original protegida em áreas de preservação permanente (RIBEIRO et al., 2009). Esta floresta é um ecossistema rico em biodiversidade edáfica, além de abrigar espécies endêmicas se constituindo em importante reserva biológica, fundamental para a

conservação da biodiversidade (PEREIRA et al, 2015; MOREIRA et al., 2007). Mutch (1970) citado por Soares (1979) aponta como outra característica interessante da espécie a sua alta flamabilidade, especialmente de suas folhas, denominadas acículas. A flamabilidade é uma característica fundamental das espécies dependentes de fogo. Incêndios causados por raios são comuns em regiões de ocorrência de Araucária.

A *Araucaria angustifolia* foi intensamente explorada, especialmente entre as décadas de 30 e 70, principalmente pelo seu valor madeireiro, resinífero e alimentar (pinhão) sem preocupações com o seu reflorestamento (GUERRA et al., 2002). Agravando essa situação, a crescente demanda da indústria madeireira, por matéria prima, vem intensificando as atividades florestais e, conseqüentemente, a exploração de florestas naturais substituindo-as por espécies exóticas do gênero *Pinus* e *Eucaliptus*, que passaram a ocupar grande parte das áreas cobertas por Araucária (GUERRA et al., 2002).

Nesse sentido, atualmente a ocorrência mais comum são matas secundárias com Araucárias, já parcialmente impactadas, em relação às matas primárias, apenas encontradas em áreas descontínuas em região de Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009; SOUZA et al., 2015).

No Sul de Minas Gerais, as áreas remanescentes de florestas com Araucária são encontradas apenas em altitudes elevadas e, em grande parte destas, substituídas principalmente por plantações de eucalipto, café, milho, banana, pastagens, culturas temporárias associadas à pecuária e, mais atualmente, hortaliças diversas (MELLONI et al., 2008). Dessa maneira, houve forte transformação da paisagem local reduzindo a mata nativa a pequenos trechos de floresta remanescente, cercada por grande extensão de áreas agrícolas (GARÓFALO et al., 2008).

2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

A presença de alta diversidade de FMA encontrada no solo de floresta com araucária (BREUNINGER et al., 2000; MOREIRA et al., 2007; BONFIM et al., 2015) destacam os FMA como os principais organismos na conservação desse importante ecossistema.

As micorrizas arbusculares (MA) são associações simbióticas que resultam da associação entre diversas espécies de fungos de solo, todos pertencentes ao filo Glomeromycota, com a maioria das plantas cultivadas e naturais. A formação e o funcionamento das MA, provavelmente é feita por sinais químicos, entre os simbiotes,

os quais alteram o metabolismo dos mesmos, permitindo que a planta desenvolva a associação, permitindo que o fungo colonize suas raízes (KIRIACHEK et al., 2009).

Relatos da associação, em fósseis de plantas, demonstram que as micorrizas estão por aí há muito tempo, provavelmente coexistindo e à medida que as plantas cobriam o planeta terrestre, os fungos foram se multiplicando, o que explica, em parte, a distribuição generalizada, as diferenciações em tipos e a distribuição geográfica dessas associações (DE SOUZA et al., 2006).

De acordo com Sylvia (1992) e Augé et al. (2001) citados por Souza et al. (2003) por serem biotróficos obrigatórios, os FMA contribuem com a comunidade vegetal e ao ambiente, principalmente fornecendo nutrientes e água às plantas, além de favorecer a agregação das partículas de solo e sua estabilidade, evitando processos erosivos. A presença da associação é quase uma regra, nos mais diversos ecossistemas terrestres e, praticamente, mais de 80% das famílias das plantas vasculares, inclusive a *A. angustifolia* realizam a associação (BREUNINGER et al., 2000; MOREIRA et al., 2007). Os já conhecidos benefícios nutricionais da associação às plantas podem ser estendidos para melhoria de sua diversidade e produtividade (VAN DER HEIJDEN et al., 2008), capacitando-as a permanecerem em ecossistemas, pouco atrativos a maioria das espécies vegetais, principalmente por desequilíbrios de natureza biótica e abiótica (CHEN et al., 2005; CARDOSO et al., 2010).

De acordo com Leyval et al. (1997) citado por Siqueira et al. (1999), outra característica interessante das micorrizas é seu poder como atenuadoras da fitotoxidez provocada pela presença de metais pesados no solo. A presença de os fungos, na raiz da planta, aumenta a possibilidade de complexação de metais pesados em suas hifas, permitindo maior tolerância ou sobrevivência da planta e/ou da associação em locais contaminados.

No Brasil, a ocorrência de FMA em solo sob floresta de *A. angustifolia*, já foram relatadas, nos diversos estados do sul e sudeste, tais como Rio Grande do Sul (BREUNINGER et al., 2000; ZANDEVALLI et al., 2008), Santa Catarina (ALBUQUERQUE, 2003) Paraná (Zangaro et al., 2002), Minas Gerais (SIQUEIRA; COLOZZI-FILHO; DE OLIVEIRA, 1989) e São Paulo (MOREIRA et al., 2007). De modo geral, são encontrados maior densidade de esporos de FMA em solo sob floresta de Araucária preservada, embora haja caos em que essa maior ocorrência também foi verificada em plantios de Araucária em reflorestamento comparada às áreas nativas (ZANGARO; MOREIRA, 2010).

A distribuição das espécies de FMA nas florestas com Araucária, em diferentes regiões, não tem mostrado um padrão muito consistente de espécies, mas sim de gênero, indicando possível influência de fatores edáficos, climáticos e da diversidade e estágio de desenvolvimento da cobertura vegetal local (MOREIRA; SIQUEIRA, 2010; MAIA et al., 2010).

Nesse sentido, observa-se que os gêneros encontrados, com maior frequência, são *Acaulospora* e *Glomus* nas áreas com Araucária, provavelmente selecionados pelas condições edafoclimáticas dessas áreas (MOREIRA et al., 2007).

Os solos sob cobertura de mata com Araucária nativa e reflorestada no Sul de Minas Gerais são bastante intemperizados, ácidos e de baixa fertilidade natural o que pode privilegiar a associação dessa espécie com os FMA, contribuindo com a permanência da Araucária.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi realizado em área de mata com Araucária Nativa (MN) e área de Araucária Reflorestada (RF), pertencentes ao Bioma Mata Atlântica, no Sul de Minas Gerais, município de Senador Amaral, em propriedades rurais localizadas no bairro Ponte Segura.

Nessa localidade foi selecionada uma área de mata com *Araucaria angustifolia* nativa com mais de 100 anos de idade (MN) e outra área com Araucárias reflorestadas com idade aproximada entre 50 e 60 anos (RF). A área MN é caracterizada por ser vegetação primária de Floresta Ombrófila Mista, com altitude próxima de 1500 m (22°33'54.25"S, 46°13'8.76"W). Na área de MN há a presença de outras espécies de porte arbóreo e pouco sub-bosque, com indícios de entrada de animais da raça bovina (Figuras 1 e 2).

A área RF, nessa localidade, é caracterizada como vegetação secundária de Floresta Ombrófila Mista de estágio inicial, com sub-bosque desenvolvido, em atitude de aproximadamente 1500 m nas coordenadas (22°33'9.24"S, 46°12'9.85"W) (Figuras 3 e 4).



Figura 1. Área de estudo – Mata com Araucárias Nativas, Senador Amaral- MG.
Fonte: Google Earth (2018).



Figura 2. Exemplar de Araucária Nativa, Senador Amaral - MG.
Fonte: Carvalho (2015).



Figura 3. Área de estudo – Mata com Araucárias Reforestadas, Senador Amaral- MG.
Fonte: Google Earth (2018).



Figura 4. Área de estudo – Mata com Araucárias Reforestadas, Senador Amaral- MG.
Fonte: Carvalho (2015).

3.2 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

Em cada área de mata MN e RF, foram selecionadas ao acaso 10 árvores de Araucária, espaçadas de 20 metros entre si. A uma distância de dois metros do tronco de cada árvore, foram retiradas amostras de solo para a extração de esporos de FMA e caracterização química. Foram coletadas 10 amostras compostas de solo em cada área, sendo cinco amostras simples, para cada árvore, com auxílio de um trado na profundidade de 0-20 cm.

3.3 EXTRAÇÃO DE ESPOROS DE FMA EM AMOSTRAS DE SOLO

A extração dos esporos do solo foi realizada pelo método de peneiramento úmido descrito por Gerdemann e Nicolson (1963), utilizando-se 50 g de solo para cada ponto de amostragem. O solo foi pesado e, a seguir, misturado em 1,5 L de água de torneira (Figura 5 A). Em seguida, a solução do solo foi passada em peneira de 0,710 e 0,053 mm, nessa sequência. O solo retido na peneira de menor malha foi recolhido em tubos de centrífuga e centrifugados a 3000 rpm por 4 minutos (Figura 5 B). A seguir, o sobrenadante foi descartado cuidadosamente e o material sólido, retido no fundo do tubo foi suspenso novamente em solução de sacarose 70%. Após, o material foi novamente centrifugado a 3000 rpm, por 2 minutos. O sobrenadante contendo os esporos foi recolhido em peneira de 0,053 mm e imediatamente lavado. Na sequência os esporos foram armazenados em frascos plásticos e mantidos sob refrigeração.



Figura 5. A - Solo misturado com 1,5 L de água de torneira; B - Centrífuga com tubos contendo o solo passado nas peneiras.

Fonte: Autor

A identificação dos gêneros e/ou espécies de FMA foi realizado no laboratório de microbiologia do solo do departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), Piracicaba - SP.

As amostras, contendo os esporos, foram transferidos para uma placa canaletada onde foram contados sob microscópio estereoscópico de 400 x, conforme Giovannetti; Mosse (1980). Após a obtenção do número de esporos de cada amostra, os mesmos foram separados em grupos (morfotipos). Em seguida, com os esporos representantes de cada grupo, foram preparadas lâminas em resina de álcool polivinílico e glicerol (PVLG), (MORTON et al. 1993) e reagente de Melzer (KOSKE; TESSIER, 1983).

Após a contagem procedeu-se a identificação das espécies de FMA pelo estudo da morfologia de seus esporos, em algumas amostras em nível de gênero ou espécie, usando como base de comparação a coleção de lâminas de esporos de FMA do laboratório de Microbiologia do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba - SP.

3.4 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Para a determinação dos atributos químicos, as amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm (Figura 6) e enviadas para análise no Laboratório de Solos do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*.



Figura 6. Amostras de solo peneiradas, identificadas e enviadas para o Laboratório de Solos.

Fonte: Autor

Nas amostras de solo foram determinados os valores de pH, fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), alumínio (Al) e acidez potencial (H + Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátion a pH 7 (CTC), saturação de bases à CTC pH neutro (V), saturação de alumínio (m) e matéria orgânica (MO). O pH foi determinado em solução de 10 cm³ de solo, em água, por potenciometria. O fósforo (P) e potássio (K) foram extraídos por Mehlich 1, o cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) foram extraídos por KCl (1 mol/L). O P foi determinado espectrofotometricamente pelo complexo azul de molibdênio e o Ca e Mg por absorção atômica. O hidrogênio + alumínio (H+Al) foi determinado por potenciometria em solução de SMP a pH 7,0. O Al foi determinado por titulometria com hidróxido de sódio 0,025 mol/L (RAIJ et al., 2001). A CTC foi determinada pela soma de bases trocáveis somada a acidez potencial. A matéria orgânica foi determinada por potenciometria após aquecimento a 90 °C por 30 minutos em mistura com dicromato de potássio e ácido sulfúrico (EMBRAPA, 1999).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados de densidade de esporos de FMA foram comparados entre MN e RF pelo teste de Welch ($P < 0,05$), visto que os dados não atenderam aos critérios de normalidade previamente calculados pelo teste de Shapiro Wilk (SHAPIRO; WILK, 1968). As análises e testes estatísticos foram realizados no programa R 3.1.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise química do solo nas áreas de estudo estão representados nas tabelas 1 e 2. Os resultados na área de mata com Araucária Nativa (MN) e área de Reflorestamento (RF) indicam alta acidez no solo entre as áreas, mas uma maior fertilidade natural em RF (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) (Tabela 3).

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área de floresta com Araucária Nativa (MN)

Identificação*	pH em água	P	K	Al	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V	m
		mg.dm ⁻³		Cmol _c .dm ⁻³						%	
A 1	4,6	16,1	65,1	1,4	0,3	0,1	24,3	0,5	24,8	2,1	73,4
A 2	4,7	7,8	60,1	1,1	0,2	0,0	17,5	0,4	17,9	1,9	76,1
A 3	4,4	4,7	70,2	1,3	0,2	0,0	21,2	0,4	21,6	1,8	76,8
A 4	4,1	3,4	54,2	1,5	0,2	0,0	23,8	0,4	24,2	1,6	79,7
A 5	3,8	5,4	64,1	1,9	0,2	0,0	35,1	0,4	35,5	1,1	83,1
A 6	4,0	5,6	47,8	1,5	0,2	0,0	26,2	0,4	26,5	1,4	80,1
A 7	3,9	4,0	56,2	1,7	0,2	0,0	26,2	0,4	26,5	1,4	82,3
A 8	4,2	4,1	40,2	1,4	0,2	0,0	17,5	0,4	17,9	2,0	79,7
A 9	4,1	5,2	61,5	1,5	0,2	0,0	21,0	0,4	21,4	2,0	78,0
A 10	3,8	4,2	40,1	1,7	0,2	0,0	25,3	0,4	25,7	1,4	83,1

*Amostras de solo coletadas na profundidade de 0-10 cm.

Tabela 2. Atributos químicos do solo na área de floresta com Araucária de Reflorestamento (RF).

Identificação*	pH em água	P	K	Al	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V	m
		mg.dm ⁻³		Cmol _c .dm ⁻³					%		
A 1	4,5	4,9	117	0,6	2,2	0,5	13,5	3,0	16,5	18,4	16,5
A 2	4,2	25,3	58,2	1,5	0,6	0,1	17,0	0,8	17,8	4,4	66,0
A 3	4,2	8,8	128,6	1,0	1,8	0,4	15,6	2,5	18,1	14,0	28,3
A 4	3,6	6,6	85	2,4	0,7	0,1	25,3	1,1	26,4	4,0	69,3
A 5	4,1	8,9	102,2	1,8	1,1	0,2	23,5	1,5	25,1	6,0	54,4
A 6	3,6	9,7	89,9	2,9	0,7	0,1	40,7	1,0	41,7	2,3	74,9
A 7	3,6	13,3	94,5	3,5	0,4	0,1	36,2	0,7	36,9	1,8	84,1
A 8	3,7	14,0	63,0	2,4	0,4	0,1	23,0	0,6	23,4	2,4	81,1
A 9	4,0	20,2	95,4	2,6	0,7	0,1	29,7	1,0	30,7	3,3	71,7
A 10	4,1	14,6	70,1	2,0	0,7	0,1	24,8	0,9	25,7	3,7	68,0

*Amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 3. Média dos atributos químicos do solo na área de floresta com Araucária Nativa (MN) e área de Reflorestamento (RF).

Atributos Químicos	Unidade	MN	RF
pH		4,1	3,9
Fósforo	(mg. dm ⁻³)	6,1	12,6
Potássio	(mg. dm ⁻³)	56,0	90,4
Cálcio	(Cmol _c .dm ⁻³)	0,2	0,9
Magnésio	(Cmol _c .dm ⁻³)	0,0	0,16
Alumínio	(Cmol _c .dm ⁻³)	1,5	2,1
Acidez potencial	(Cmol _c .dm ⁻³)	23,8	24,9
Soma de bases trocáveis	(Cmol _c .dm ⁻³)	0,4	1,3
Capacidade de troca de cátions	(Cmol _c .dm ⁻³)	24,2	26,2
Saturação de bases à CTC pH 7	%	1,7	6,0
Saturação de alumínio	%	79,2	61,4

Como verificado em RF a maior presença de bases trocáveis no solo, pode representar melhor oferta de cátions, favorecendo a manutenção da fertilidade do solo por um período mais prolongado o que favorece a absorção desses nutrientes pela planta (RONQUIM, 2010).

Os menores valores de CTC observados em MN em relação à área reflorestada (Tabelas 1, 2 e 3), podem indicar que a perda de sub-bosque, principalmente pelo pisoteio

de animais, pode predispor o solo a erosão, reduzindo a CTC. Isso não acontece em RF porque mantém um sobosque mais denso, com espécies de porte arbustivas, evitando a lixiviação de bases trocáveis (CARVALHO, 2005).

O maior valor de saturação por bases encontrada em RF pode ser resultado da atuação de coloides minerais, indicando maior presença de argilas nesse solo, o que provavelmente é confirmada pela maior concentração de P. O maior valor de fósforo também pode vir do histórico de outras plantações, visto que o solo da área reflorestada pode ter abrigado outros tipos de culturas.

Considerando que foram estudadas apenas duas áreas com Araucária em uma época do ano, a pouca alteração na quantidade de matéria orgânica observada entre as áreas NF e RF (Tabela 4) sugere que o tempo já decorrido na área com Araucária em reflorestamento tenha contribuído para a recomposição da comunidade microbiana do solo em RF, responsáveis pela decomposição, mesmo em condições edáficas distintas (PEREIRA, 2012).

Tabela 4. Matéria Orgânica (MO) do solo de mata com Araucária Nativa (MN) e área de Reflorestamento (RF).

Amostra	Unidade	MO - RF	Amostra	Unidade	MO - MN
1	(dag/kg)	5,1	11	(dag/kg)	7,5
2	(dag/kg)	5,1	12	(dag/kg)	7,8
3	(dag/kg)	3,4	13	(dag/kg)	5,3
4	(dag/kg)	4,9	14	(dag/kg)	4,3
5	(dag/kg)	6,6	15	(dag/kg)	6,4
6	(dag/kg)	4,8	16	(dag/kg)	5,1
7	(dag/kg)	7,8	17	(dag/kg)	5,5
8	(dag/kg)	5,1	18	(dag/kg)	4,9
9	(dag/kg)	5,6	19	(dag/kg)	5,1
10	(dag/kg)	4,3	20	(dag/kg)	5,1
Média	(dag/kg)	5,3	Média	(dag/kg)	5,7

A densidade de esporos dos FMA no solo encontrados na área de mata com Araucária Nativa (MN) e na área em Reflorestamento (RF) não apresentou diferença significativa (Figura 7, teste de Welch, $n=10$, $p < 0,05$). Os FMA produzem esporos como uma forma de sobrevivência, mas apenas em hifas associadas às raízes de plantas hospedeiras, demonstrando a biotrofia obrigatória das espécies (SIQUEIRA et al., 1985).

A semelhança na densidade de esporos entre MN e RF pode indicar que já houve recuperação das condições edáficas e de cobertura em RF (Tabela 1), favorecendo o desenvolvimento da comunidade de FMA nessa área, o que é ecologicamente importante para a manutenção e desenvolvimento desse ecossistema (SMITH; READ, 2008).

Resultados indicaram maior diversidade de espécies de FMA em RF, provavelmente refletindo a melhor fertilidade do solo (Tabela 3), com presença de *Acaulospora rehmi*; *A. foveata*, *A. koskei* (Figura 8), *A. mellea*, *Racocetra fulgida*, *Scutellospora fulgida*, *Glomus* sp.2 e *Gigaspora* sp1. (Tabela 5). Já em MN foi encontrada uma menor diversidade de espécies de FMA, destacando-se *Scutellospora cerradensis*, *Gigaspora rosea* (Figura 9), *Acaulospora koskei*, *A. mellea*, *A. rehmi* e *Racocetra* sp (Tabela 5). Ressalta-se que foram encontradas espécies de FMA comuns às duas áreas, MN e RF (*Acaulospora koskei*, *A. mellea* e *A. rehmi*), podendo indicar maior adaptação dessas espécies nos ecossistemas estudados. Estas espécies são comuns a solos de mata com Araucária, principalmente no estado de São Paulo (MOREIRA et al. 2015).

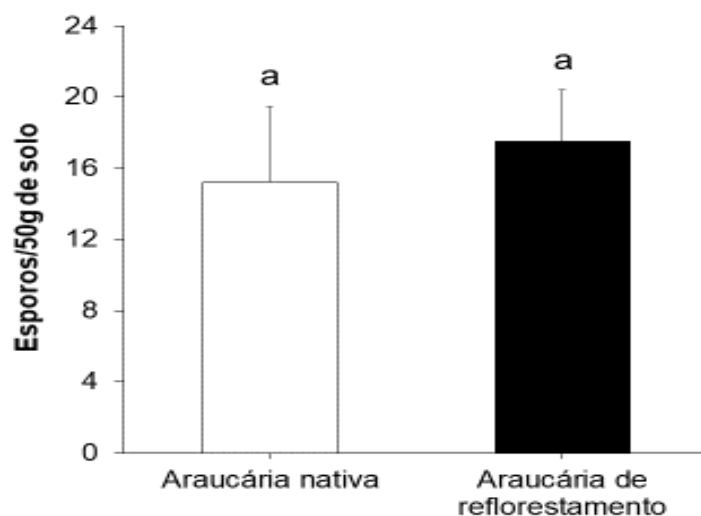


Figura 7. Número de esporos de FMA, em 50 g de solo, em área de floresta com Araucária Nativa e área em Reflorestamento (n=10). Letras iguais sobre as barras não indicam diferença entre os tratamentos (Teste de Welch, $P < 0,05$).

Fonte: Autor

Em ambas as áreas o gênero *Acaulospora* foi o mais encontrado e o mais abundante em quantidade de espécies. Esse gênero aparece como um dos mais frequentes também nos trabalhos de Bonfim et al. (2015), Pereira (2012) e Zangaro e Moreira (2010). A maior abundância de *Acaulospora* sp. encontrada nas duas áreas, MN e RF, sugere sua

maior adaptação a condições de solos com valores baixos de pH (PEREIRA, 2012; MOREIRA et al. 2015).

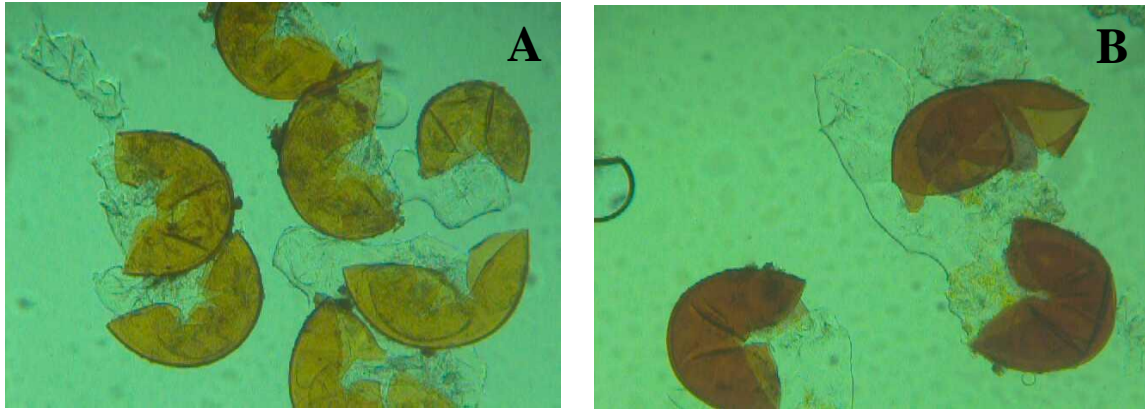


Figura 8. Esporos de *Acaulospora koskei* A - em resina de álcool polivinílico e glicerol (PVLG); e B - reagente de PVLG + Melzer, respectivamente. A espécie foi encontrada tanto na área com floresta Nativa quanto na área Reflorestada.

Fonte: Autor

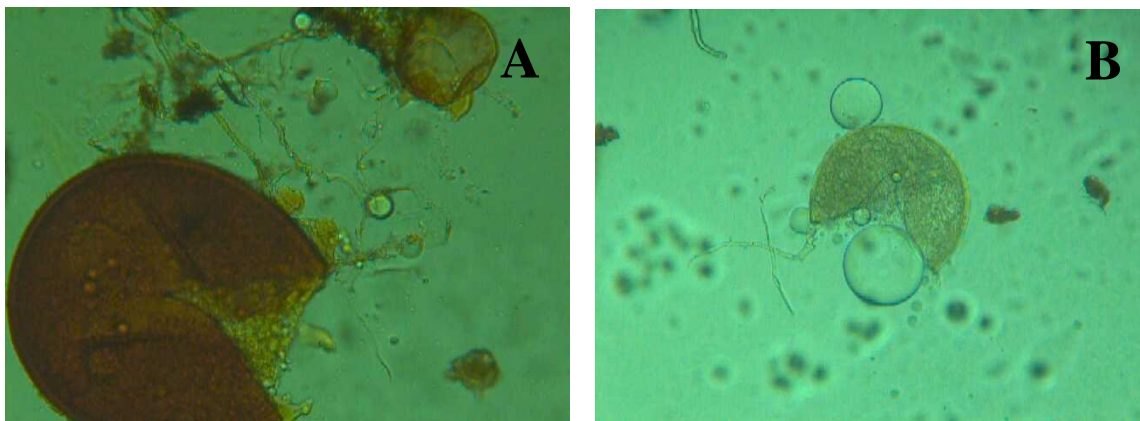


Figura 9. Esporos de *Gigaspora rosea* em A - reagente de PVLG + Melzer; B - resina de álcool polivinílico e glicerol (PVLG), respectivamente. A espécie foi encontrada somente na área com floresta Nativa.

Fonte: Autor

Tabela 5. Espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) encontrados e identificados nas amostras de solo de área Nativa (MN) e Reflorestada (RF).

Área	Amostras	Nº esporos	Espécies de FMA encontradas e identificadas	
Reflorestada	Araucária 1	6	- *	
	Araucária 2	10	-	
	Araucária 3	0	-	
	Araucária 4	15	<i>Acaulospora foveata</i>	Trappe & Janos
			<i>Acaulospora koskei</i>	Braszkowski
	Araucária 5	37	<i>Acaulospora mellea</i>	Spain & Shenck
	Araucária 6	21	<i>Glomus</i> sp.2	
			<i>Scutellospora fulgida</i>	
	Araucária 7	34	<i>Acaulospora foveata</i>	
	Araucária 8	19	<i>Racocetra fulgida</i>	
		<i>Acaulospora foveata</i>		
Araucária 9	18	<i>Gigaspora</i> sp.1		
Araucária 10	8	<i>Acaulospora rehmi</i>	Sieverd & S. Toro	
	Total	181		
Nativa	Araucária 1	6	-	
	Araucária 2	10	-	
	Araucária 3	4	-	
	Araucária 4	12	<i>Acaulospora rehmi</i>	
	Araucária 5	49	-	
	Araucária 6	29	<i>Acaulospora mellea</i>	
	Araucária 7	8	-	
	Araucária 8	10	-	
	Araucária 9	16	<i>Racocetra</i> sp.	
			<i>Acaulospora koskei</i>	
		<i>Gigaspora rosea</i>	T.H. Nicholson & N.C. Schenck	
		<i>Scutellospora</i>		
		<i>cerradensis</i>	Tul. & C. Tul	
Araucária 10	8	-		
	Total	152		
	Total de esporos	320		

*Os campos em branco nas amostras indicam que não foi possível a identificação dos fungos, apenas a contagem de esporos.

5 CONCLUSÕES

As densidades de esporos de FMA entre RF e NF não apresentaram diferença estatística, entretanto, a maior diversidade de espécies de FMA foi encontrada em RF, indicando que as condições de cobertura vegetal e edáficas já sejam favoráveis ao desenvolvimento das espécies de FMA, assegurando maior sustentabilidade e conservação do ecossistema florestal, visto que a Araucária é uma espécie que se encontra em perigo de extinção.

As espécies de FMA *Acaulospora mellea*, *A. koskei* e *A. remii* encontradas tanto em NF, quanto em RF, podem indicar melhor adaptação dessas, principalmente ao solo ácido comum a RF e NF. Isso é importante porque estudos posteriores poderão comprovar a associação dessas espécies com a Araucária, sendo, portanto, úteis em programas de inoculação de mudas, as quais poderão ser plantadas e utilizadas na recuperação desta espécie, em diferentes ecossistemas florestais.

6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.P. **Aspectos ecológicos de populações de fungos micorrízicos arbusculares em reflorestamento e em mata nativa de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** Dissertação de mestrado. Lages, Universidade do estado de Santa Catarina, 2003.
- BONFIM, J.A. et al. Micorrizas na Floresta com Araucária. In: CARDOSO, E.J.B.N.; VASCONCELLOS, R.L.F. Floresta com **Araucária – composição florística e biota do solo.** Piracicaba. FEALQ, 2015. p. 181-202.
- BREUNINGER, M. et al. Mycorrhiza of Brazil Pine (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze.). **Plant Biology**, Freiburg, v. 2, p. 4 -10, 2000.
- CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e fosfato-de-rocha na simbiose soja-Rhizobium. **R. Bras. Ci. Solo**, 9:125-130, 1985.
- CARDOSO, E.J.B.N. Interaction of mycorrhiza, phosphate and manganese in soybean. In: AZCON-AGUILAR, C. & BAREA, J.M., eds. **Mycorrhizas in integrated systems from genes to plant development.** Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 1996. p.304- 306.
- CARDOSO, E.J.B.N. et al., Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil.** Lavras: Editora ULFA, 2010. p. 153-214.
- CARVALHO, F. DE. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no estado de São Paulo.** PhD Thesis—[s.l.] Universidade de São Paulo, 2005.

CARVALHO, Gabriel Henrique Bulizani de. **FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM FLORESTA DE ARAUCÁRIA: um estudo de caso no sul de Minas Gerais**. 2015. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas de Gerais - Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2015.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 5, p. 180–208, 2013.

CHEN, X. et al. Arbuscular mycorrhizal colonization and phosphorus acquisition of plants: effects of coexisting plant species. **Applied Soil Biology**, v. 28, p.259-269, 2005.

CNCFlora. *Araucaria angustifolia* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Araucaria_angustifolia>. Acesso em 12 março 2018.

CURTO, Rafaella De Angeli et al. Caracterização da estrutura e desenvolvimento de modelos para quantificação do potencial madeireiro em povoamento não manejado de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 303-319, 2014.

DA SILVA, H. D. et al. Recomendação de solos para *Araucaria angustifolia* com base nas suas propriedades físicas e químicas. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

DE SOUZA, V. C. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 612–618, 2006.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, p. 370, 1999.

FARJON, A. 2006. *Araucaria angustifolia*. In: IUCN 2009. **IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/details/32975/>. Acesso em 12 de setembro de 2010.

GARÓFALO, D.F.T.; FERREIRA, M.F.M. **Caracterização dos fragmentos florestais do sul de Minas Gerais a partir da elaboração de cartas temáticas utilizando-se o DIVA GIS**. I Semana de Geotecnologias da UNESP, Rio Claro-SP, 2008.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v.6, p. 235-246, 1963.

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

GUERRA, M.P. et al. Exploração, manejo e conservação da Araucária (*Araucaria angustifolia*). In: SIMÕES, L.L.; LINO, C.F. (Ed.). **Sustentável Mata Atlântica**. São Paulo: SENAC, 2002. p.85-101.

KIRIACHEK, Soraya Gabriela et al. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.

KOSKE RE, TESSIER B. 1983. **A convenient, permanent slide mounting medium**. Mycol. Soc. Am. Newsl. 34: p.59.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 2013.

MAIA, L.C. et al. Estrutura, ultraestrutura e germinação de glomerosporos. In: In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora ULFA, 2010. v, p. 75-118.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade do solo sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 06, p. 2461-2470, 2008.

MOREIRA, F.M.S. et al. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: UFLA, 2010, 368p.

MOREIRA, M. et al. Biodiversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in *Araucaria angustifolia* forests. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, p.393-399, 2007.

MOREIRA, M.; BONFIM, J.A.; VALADARES, R.B.S.; CARDOSO, E.J.B.N. Micorrizas na floresta de Araucária. In. CARDOSO E. J. B. N; VASCONCELLOS R. L. F. (Eds.). **Floresta com Araucária, composição florística e biota do solo**. Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 181-212.

MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, 2002.

MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P.; WHEELER, W.W. **Germplasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi**

PEREIRA, J. DE M. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo**. PhD Thesis—[s.l.] Universidade de São Paulo, 2012.

PEREIRA, J. M., BARETTA, D., CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em florestas de Araucária. In. CARDOSO E. J. B. N; VASCONCELLOS R. L. F. (Eds.). **Floresta com Araucária, composição florística e biota do solo**. Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 153-180.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, 2012. <http://www.R-project.org/>.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 728p.

RIBEIRO, M.C. et al. Brazilian Atlantic Forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Oxford, v. 142, p. 1141-1153. 2009.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2010.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, p. 591-611, 1965.

SIQUEIRA, J. O. et al. Spores, germination, and germ tubes of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 31, n. 11, p. 965-972, 1985.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; DE OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1499–1506, 1989.

SIQUEIRA, J. O.; POUYÚ, E.; MOREIRA, F. M. S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplante de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, n. 3, p. 569-580, 1999.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3rd ed. New York; London: Academic Press, 2008. 800 p.

SOARES, Ronaldo Viana. Considerações sobre a regeneração natural da *Araucaria angustifolia*. **Floresta**, v. 10, n. 2, p. 12-18, 1979.

SOUZA, R.P.M. et al. Estrutura da comunidade de arbórea e aspectos da regeneração natural de remanescentes florestais paulistas com *Araucária*. In: CARDOSO, E.J.B.N.; VASCONCELLOS, R.L.F. **Floresta com Araucária – composição florística e biota do solo**. Piracicaba. FEALQ, p. 89-132, 2015.

SOUZA, RENATA G. et al. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 49-60, 2003.

VAN DER HEIJDEN, M. et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v.396, p.69-72. 1998.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

ZANDEVALLI, R.B. et al. Species richness of arbuscular mycorrhizal fungi in forests with Araucaria in Southern Brazil. **Hoehnea**, São Paulo, v.35(1): 63-68. 2008.

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

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorrizas arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. . Viçosa. **Revista Cerne**. P. 77-87. 2012.