



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM
EMBRAPA E IFRR**

DISSERTAÇÃO

**Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em
sistemas agroflorestal, plantio convencional e mata
nativa no estado de Roraima.**

Tharles Mesquita Araújo

2017



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E
IFRR**

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES
EM SISTEMAS AGROFLORESTAL, PLANTIO CONVENCIONAL
E MATA NATIVA NO ESTADO DE RORAIMA.**

THARLES MESQUITA ARAÚJO

Sob a Orientação do Professor

Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide

e Coorientação da pesquisadora

Dra. Krisle da Silva

Dissertação submetida como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Agroecologia**. Área de concentração em Agroecologia.

Boa Vista, RR.

Março de 2017

Copyright © 2017 by Tharles Mesquita Araújo

Todos os direitos reservados. Está autorizada a reprodução total ou parcial deste trabalho, desde que seja informada a **fonte**.

Universidade Estadual de Roraima – UERR
Coordenação do Sistema de Bibliotecas
Multiteca Central
Rua Sete de Setembro, 231 Bloco – F Bairro Canarinho
CEP: 69.306-530 Boa Vista - RR
Telefone: (95) 2121.0946
E-mail: biblioteca@uerr.edu.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A663d ARAÚJO, Tharles Mesquita.

Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas agroflorestal, plantio convencional e mata nativa no Estado de Roraima. / Tharles Mesquita Araújo. – Boa Vista (RR) : UERR, 2017.
66 f. il. Color. 30 cm.

Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Agroecologia da Universidade Estadual de Roraima – UERR, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agroecologia, sob a orientação do Prof^o. Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide e coorientação da pesquisadora Dr^a. Krisle da Silva.

1. Fungos micorrízicos arbusculares 2. Sustentabilidade 3. Sistemas de uso e manejo do solo 4. Solos roraimenses I. Gomide, Plínio Henrique Oliveira (orient.) II. Silva, Krisle da (coorient.) III. Universidade Estadual de Roraima – UERR IV. Título

UERR.Dis.Mes.Agr.2017.05

CDD – 631.4098114 (19. ed.)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Sônia Raimunda de Freitas Gaspar – CRB-11/273

FOLHA DE APROVAÇÃO

THARLES MESQUITA ARAÚJO

Dissertação submetida como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Agroecologia**, área de concentração em Agroecologia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/05/2017

Prof. Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide
Universidade Estadual de Roraima/UERR
Orientador

Prof. Dr. Alexandre Curcino
Universidade Estadual de Roraima/UERR
Membro Titular

Profa. Dra. Gilmara Maria Duarte Pereira
Universidade Federal de Roraima/UFRR
Membro Titular

Profa. Dra. Ise de Goreth Silva
Universidade Federal de Roraima/UFRR
Membro Titular

Profa. Dra. Andréia Silva Flores
Instituto de Amparo, Ciência, Tecnologia e Inovação/IACT
Membro Suplente

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Francisca Mesquita Araújo.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por toda a proteção divina e força, permitindo-me chegar ao final deste trabalho, apesar dos percalços existentes.

À minha mãe, Francisca Mesquita, pelo apoio incondicional, minha base de sustentação, por todos os sacrifícios vencidos até o presente momento, serei eternamente grato. Te amo.

Ao Professor Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide pela orientação, ensinamentos, paciência, profissionalismo e acima de tudo, pelo ser humano que és, para sempre serei grato.

À professora Dra. Krisle da Silva pela orientação e sugestões; sua equipe da Embrapa Laboratório de Microbiologia do Solo, pelo auxílio na coleta das amostras de solo, montagem das culturas armadilhas e eventuais dúvidas que iam surgindo.

À professora Dra. Gilmara Maria Duarte Pereira, pelas orientações, sugestões e comprometimento. Por disponibilizar o Laboratório de Microbiologia do Solo/CBio/UFRR para extração dos esporos e montagem das lâminas dos fungos micorrízicos arbusculares. Meus agradecimentos.

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia do Solo/Cbio/UFRR Ramilla e Suelange, pelos momentos de aprendizado, confiança e descontração. Saibam que vocês foram peças decisivas para este caminho trilhado.

Aos meus colegas do Mestrado em Agroecologia, pelos momentos de companheirismo.

À minha amiga e hoje comadre Jucilene, pelo apoio e incentivo desde os tempos do ensino médio. Grato.

Ao corpo docente do Mestrado em Agroecologia, em especial ao Dr. Alexandre Curcino e Márcia Falcão, os quais tornaram minha passagem por este programa bem mais leve e produtiva.

À Universidade Regional de Blumenau, em especial na pessoa do PhD Sidney Luiz Sturmer pela identificação taxonômica das inúmeras lâminas montadas. Obrigado por ter disponibilizado um pouco do seu precioso tempo na identificação desses fungos.

À Embrapa Roraima, Universidade Estadual de Roraima e Instituto Federal de Roraima. A qual a presente parceria possibilitou e continua possibilitando que inúmeros pesquisadores enveredem pelo mundo da pós-graduação.

À todos que colaboraram de forma direta ou indireta para conclusão deste trabalho. **Muito Obrigado!**

Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser conhecida. (Carl Sagan)

RESUMO GERAL

ARAÚJO, Tharles Mesquita. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas agroflorestal, plantio convencional e mata nativa no estado de Roraima.** 2017. 67p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2017.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) fazem parte dos mais variados tipos de ecossistemas terrestres, desempenhando papel fundamental para a sustentabilidade. Estes fungos sofrem influência de diversos fatores antrópicos como o uso e manejo do solo, que modificam a estrutura e a diversidade das comunidades podendo comprometer suas funções ecológicas. Entretanto, estudos para acessar a diversidade de FMAs nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em Roraima são escassos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo (sistema agroflorestal, plantio convencional de milho e soja, e mata nativa) sobre a diversidade de FMAs no Estado de Roraima, empregando a técnica de peneiramento úmido e extração direta dos esporos, assim como cultura armadilha em casa de vegetação, utilizando como plantas hospedeiras, *Brachiaria ruziziensis*. As coletas foram realizadas em duas áreas pertencentes à EMBRAPA RR (campos experimentais Confiança e Serra da Prata, localizados nos municípios do Cantá e Mucajaí, respectivamente). Foram realizadas caracterizações químicas das amostras de solo coletadas. Em seguida, realizou-se a montagem das culturas armadilhas, as quais foram mantidas por 150 dias em casa de vegetação e, após este período, foram realizadas extrações dos esporos tanto das amostras de campo quanto das culturas armadilhas, assim como avaliações quanto à densidade de esporos, identificação taxonômica e riqueza de FMAs das amostras de campo e culturas armadilhas. Um total de 16 espécies de FMAs foram encontradas nas 128 alíquotas de solo analisados provenientes das quatro áreas estudadas. As espécies mais frequentes foram as pertencentes ao gênero *Acaulospora*, seguido pelo gênero *Glomus*. A área de SAF apresentou maior riqueza de espécies, diferindo dos outros sistemas, enquanto a menor riqueza foi observada na área de mata nativa. A análise canônica destacou a separação dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em função dos atributos químicos e das espécies de FMAs encontradas nestes diferentes ambientes, confirmando que o sistema de mata nativa apresentou ocorrência restrita de FMAs, possivelmente por apresentar-se como um ambiente em clímax, diferente do SAF (maior riqueza de espécies), ao qual pode ser considerado um sistema em processo de readaptação vegetal. Sendo assim, o SAF apresentou-se como um sistema de ocorrência generalizada de espécies de FMAs, constituindo uma alternativa sustentável para a influência positiva destes tipos de micro-organismos. Desse modo, mais pesquisas se fazem necessárias nestes tipos de sistemas, considerando o potencial de se encontrar espécies de fungos micorrízicos arbusculares ainda não identificados nestes diferentes agrossistemas.

Palavras-Chave: Fungos micorrízicos arbusculares. Sustentabilidade. Sistemas de uso e manejo do solo. Solos roraimenses.

GENERAL ABSTRACT

ARAÚJO, Tharles Mesquita. **Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroforestry systems, conventional planting and native forest in the state of Roraima.** 2017. 67p. Dissertation (Master Science in Agroecology). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2017.

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are part of the most varied types of terrestrial ecosystems, playing fundamental role for sustainability. Several anthropic factors influence these fungi, such as soil use and management, which modify the structure and diversity of the communities, what can compromise their ecological functions. However, studies to access the AMFs' diversity in different systems of soil use and management are scarce. The goal of this paper was to evaluate the influence of different systems of soil use and management (agroforestry system, conventional planting of corn and soybean, and native forest) on the diversity of AMFs in the State of Roraima, using the technique of wet sieving and direct extraction of the spores, as well as trap culture in greenhouses, using as host plants, *Brachiaria ruziziensis*. The collections were realized in two different areas, belonging to EMBRAPA RR (experimental fields Confiança and Serra da Prata, found in the counties of Cantá and Mucajaí, respectively). The trap cultures were, then, assembled and maintained for 150 days in a greenhouse and, after this period, spore extractions were carried out on both field samples and trap cultures, as well as assessments about spore density, taxonomic identification and AMFs richness from the field samples and trap cultures. A total of 16 species of AMFs were found in the 128 analyzed soil aliquots from the four study areas. The most frequent species were those belonging to the genus *Acaulospora*, followed by the genus *Glomus*. The AFS area presented higher species richness, differing from other systems, while the lowest richness was seen in the native forest area. The canonical analysis highlighted the separation of different systems of soil use and management in function of the chemical attributes and AMFs species found in these different environments, confirming that the native forest system presented restricted occurrence of AMFs, possibly because it is presented as a climax environment, different from AFS (greater richness of species), which can be considered a system in a process of vegetal readjustment. Thus, AFS presented itself as a system of generalized occurrence of AMFs species, constituting a sustainable alternative for the positive influence of these microorganisms. Therefore, more researches are needed in these types of ecosystems, considering the potential to find species of arbuscular mycorrhizal fungi not yet identified in these different agricultural systems.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi. Sustainability. Soil use and management systems. Roraima soils.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Sistemas de cultivo localizado no Campo Experimental Serra da Prata	32
Tabela 2 - Atributos químicos ¹ do solo em áreas de mata nativa, sistema agroflorestal (SAF), plantio convencional de soja e milho no estado de Roraima	39
Tabela 3 - Média de esporos ¹ de fungos micorrízicos arbusculares encontrados nos diferentes sistemas de uso do solo em Roraima	41
Tabela 4 – Riqueza de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Estado de Roraima	43
Tabela 5 - Frequência de ocorrência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares identificadas nos diferentes sistemas de uso do solo em Roraima	44
Tabela 6 - Espécies de FMAs recuperadas provenientes de diferentes sistemas de uso do solo utilizando culturas armadilhas	47
Tabela 7 - Índice de diversidade de Shannon em áreas de mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), plantio convencional de soja (SO), plantio convencional de milho (MI) no estado de Roraima.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa indicativo dos locais de coleta das amostras de solos.	30
Figura 2 - Esquema de coleta realizado no SAF Confiança.	33
Figura 3 - (A) Esquema de coleta de amostras de solo em experimento de plantio convencional na linha de plantio; (B) foto da coleta em parcela com plantio de soja; (C) esquema de coleta de amostras compostas dentro de cada parcela.	34
Figura 4 - Culturas armadilhas preparadas a partir de solos oriundos de SAFs, plantio convencional e mata nativa.	36
Figura 5 - Esquema de montagem dos esporos de FMAs em lâminas	37
Figura 6 - Densidade de esporos de FMAs analisadas nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo.	42
Figura 7 - Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) das 16 espécies de FMAs encontradas nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em Roraima.	50
Figura 8 - Dendograma de similaridade formado por FMAs em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral.....	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	Floresta Amazônica.....	18
3.2	Micorrizas	19
3.3	Micorrizas Arbusculares.....	20
3.4	Componentes Estruturais dos Fungos Micorrízicos Arbusculares	22
3.5	Diferentes sistemas de uso do solo e seus impactos sobre a população de FMAs .	23
3.6	Ocorrência e Riqueza de espécies de FMAs.....	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	Área de Estudo	30
4.2	Amostragem do Solo	32
4.3	Cultura Armadilha.....	35
4.4	Extração, contagem e caracterização de esporos de FMAs	36
4.5	Montagem de esporos de FMAs em lâminas permanentes	37
4.6	Análise estatística dos dados.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1	Caracterização química dos solos sob diferentes sistemas de uso	39
5.2	Densidade de esporos isolados das amostras de campo	41
5.3	Composição da comunidade de FMAs obtidas das amostras de campo	43
5.4	Espécies recuperadas a partir de culturas armadilhas	46
5.5	Índice de diversidade de Shannon.....	47
5.6	Análise canônica.....	48
6	CONCLUSÕES	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
	APÊNDICE	62

1 INTRODUÇÃO

A modificação dos ecossistemas naturais é desencadeada a partir do momento que atividades são direcionadas para suprir exclusivamente as demandas por alimentos e produtos de necessidade do ser humano. Estudos desenvolvidos em regiões do bioma amazônico são de fundamental importância principalmente por dois fatores especiais, primeiro, porque nestas regiões existem ambientes que abrigam imensas áreas florestais e, segundo, por serem primordiais no que tange aos processos biológicos, tendo em vista que essas regiões englobam uma rica fauna e flora, a qual interage entre si das mais diferentes formas (VALE JÚNIOR et al., 2011).

Porém, neste bioma, o uso e o manejo de forma inadequada dos solos pode ocasionar prejuízos quanto a sua qualidade física, assim como empobrecimento do mesmo, contribuindo ainda para a redução da biodiversidade em um dado agroecossistema, favorecendo o desequilíbrio ecológico. É sabido que a intensificação das atividades antrópicas no solo favorece o decréscimo gradual da contribuição dos processos biológicos no que diz respeito à nutrição e crescimento das plantas, bem como promove a degradação física do solo interferindo sobre populações de organismos que atuam na agregação, compactação e estabilidade do mesmo.

A busca por sistemas agrícolas sustentáveis que utilizem tecnologias e normas de manejo que conservem e, ou, melhorem a base física e a capacidade sustentadora do agroecossistema, impactando de forma positiva sobre os organismos ali existente devem ser consideradas. Os sistemas agrícolas sustentáveis utilizam-se de processos naturais para atingir níveis aceitáveis de produtividade e qualidade dos alimentos, reduzindo os impactos ambientais adversos.

Dentro deste contexto, destacam-se os Sistemas Agroflorestais (SAFs), considerados sistemas de uso e manejo do solo em que plantas de espécies agrícolas são combinadas com espécies arbóreas sobre a mesma unidade de manejo da terra (ALMEIDA et al, 2007). A este tipo de manejo tem sido atribuído um menor impacto quanto ao prejuízo das atividades dos microrganismos denominados de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Os fungos micorrízicos arbusculares representam o grupo de maior interesse para a agronomia devido a uma íntima simbiose mutualística, benéfica para a relação solo-planta-microrganismo, sendo predominantes em ecossistemas tropicais, podendo formar

com cerca de 95% das espécies de plantas, as chamadas micorrizas. Podem ser encontrados em sua grande maioria nos ecossistemas naturais, como dunas de areias, florestas, savanas, bem como em agroecossistemas, como fruticultura, sistema agroflorestal, plantio convencional, plantio direto (SILVA; SIQUEIRA; SOARES, 2006). Percebe-se desta forma que os FMAs dominam um importante nicho ecológico nos ecossistemas, sendo influenciados pelas práticas de manejo do solo como aração e adubação, mudanças nas vegetações existentes e, o uso de agrotóxicos que podem reduzir a ocorrência de espécies de FMAs (OLSSON et al., 1999).

A diversidade e a ocorrência de esporos de FMAs no solo estão correlacionados diretamente com as condições ambientais existentes em um dado ecossistema, sendo necessário estudos ecológicos que retratem de forma fiel e objetiva o manejo de fungos disponíveis nos diferentes sistemas, assim como a riqueza de esporos nestes locais, com ênfase nos impactos positivos e negativos advindos do manejo e uso do solo aqui existentes.

De acordo com Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo pode ser considerada a capacidade de um solo em funcionar nos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal.

Com o advento das mais sofisticadas técnicas de uso e manejo do solo nos mais distintos ecossistemas explorados, a qualidade do solo em relação aos aspectos físicos, químicos e biológicos tem diminuído consideravelmente, interferindo nos estudos referentes à biodiversidade existente nestes sistemas, com foco na Amazônia, o objeto de interesse desta pesquisa.

Os fungos micorrizos arbusculares desempenham um papel de alta relevância na nutrição das plantas, principalmente em solos deficientes em nutrientes, e em plantas com alta dependência micorrízica, percebe-se o ganho no aumento da absorção de fósforo. Desta forma, os benefícios trazidos às plantas e ao solo, fazem dos FMAs organismos prioritários no equilíbrio dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Com isto, a preservação e o estudo contínuo de habitats e da diversidade desses tipos de fungos é de extrema importância para que se possa garantir a sua atuação, possibilitando que plantas associadas possam se estabelecer e desenvolver-se com qualidade (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; VALADARES, MESCOLOTTI, CARDOSO, 2016).

Inúmeras estratégias de manejo englobam diferentes tipos de impactos, sejam eles positivos ou negativos, podendo influenciar a comunidade microbiana de várias formas.

O cultivo em sistema agroflorestal é responsável por promover maior produção de biomassa aérea e subterrânea, assim como a cobertura do solo, contribuindo para o aumento no quantitativo de carbono e estabilização da fertilidade do solo através de uma ciclagem de nutrientes mais eficiente, a qual favorece a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (ALMEIDA et al., 2007).

Em contraposição ao sistema agroflorestal e mata nativa, alguns estudos têm evidenciado a redução de estoques de carbono microbiano em sistemas menos estáveis, como o sistema de plantio convencional de grãos, os quais influenciam de forma negativa para quebra do micélio fúngico, reduzindo o potencial de inoculo de FMAs (JOHANSSON et al., 2004), expondo seus propágulos, como hifas, esporos e raízes colonizadas a altas temperaturas, tornando-os inviáveis (JASPER et al.; 1989; KABIR et al., 1997).

Na região norte, existe uma carência de estudos relacionados à diversidade e a ocorrência de FMAs em diferentes sistemas de uso e manejo do solo, em especial no estado de Roraima. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar como diferentes sistemas de uso da terra (sistema agroflorestal, plantio convencional e mata nativa) influenciaram na diversidade de fungos micorrízicos arbusculares existentes em solos roraimenses.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares existentes em solos roraimenses.

2.2 Objetivos Específicos

Extrair os esporos de FMAs do solo coletado em campo e das culturas armadilhas.

Realizar a identificação taxonômica com base na morfologia dos FMAs.

Avaliar a abundância, riqueza, frequência de ocorrência de esporos nos diferentes sistemas de uso do solo em Roraima.

Destacar a separação dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em razão dos atributos químicos e das espécies de FMAs através de análise canônica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Floresta Amazônica

A Floresta amazônica possui aproximadamente 7 milhões de km², sendo caracterizada por uma extensa e rica diversidade biológica distribuída entre o Brasil, Venezuela, Bolívia, Peru, Colômbia, Guiana Inglesa, Guiana Francesa e Suriname. Porém, pouco se sabe sobre as espécies que a compõem e sobre as suas relações filogenéticas (RIBEIRO, 1999). Vale ressaltar que grande parte da floresta amazônica se encontra em território brasileiro, que possui 3,64 milhões de km², ou seja, cerca de 49% do território do Brasil (MEIRELLES FILHO, 2004).

Dentro do contexto floresta amazônica, destaca-se o estado de Roraima abrangendo 4,5 % da Amazônia Legal. O mesmo está localizado no extremo norte do Brasil, tendo como pontos fronteiriços a Venezuela ao norte e a noroeste, Guiana ao leste, Pará ao sudeste e Amazonas ao sul e oeste. Em relação aos ecossistemas predominantes em Roraima, em especial as savanas, destacam-se ambientes com aspectos geológicos, geomorfológicos, vegetação e topologia bastante característicos e divergentes da maioria dos ecossistemas brasileiros (VALE JÚNIOR et al., 2010).

No que diz respeito aos tipos de solos na Amazônia, dois tipos de solos destacam-se: yt al., 1982). Os Latossolo podem ser diferenciados em relação aos demais solos por serem profundos, com boa drenagem e estrutura, baixo pH, alta saturação de alumínio e baixos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco e outros micronutrientes. Os podzólicos são solos distróficos que possuem horizonte B argílico, apresentando características físicas menos favoráveis, com destaque aqui para os solos podzólicos vermelho-amarelo distróficos e a terra roxa estruturada distrófica (KITAMURA et al., 2008). Os principais tipos de solos que podem ser encontrados em Roraima são os chamados Latossolo amarelos, plintossolos, planossolos, neossolos quartzarênico hidromórficos, argissolos amarelos, argissolos vermelhos amarelos (SCHAEFER et al., 2000).

3.2 Micorrizas

Em 1877, o pesquisador alemão Albert Frank, utilizou o termo simbiotismo para caracterizar quaisquer relações entre distintos tipos de organismos. Decorridos dez anos da utilização deste termo, De Bary et al., 1887, propôs que a palavra simbiose, fosse empregada de forma mais ampla, referindo-se a qualquer forma de associação, sendo benéfica ou não, como por exemplo, o parasitismo. Atualmente, o termo tem sido utilizado de forma mais direta e objetiva para situações em que os dois organismos são beneficiados pela convivência em comum, constituindo desta maneira uma simbiose.

Destacam-se nesse tipo de relação às chamadas micorrizas, associações entre fungos e raízes de grande parte das plantas. Assim considera-se o termo micorriza (*mykes* = fungo; *rhiza* = raiz) como uma associação simbiótica de ocorrência entre fungos do solo e raízes da maioria das plantas vasculares (SIEVERDING, 1991).

Estima-se que as micorrizas surgiram a cerca de 430 milhões de anos atrás, no período siluriano, pertencente à era Paleozoica, possivelmente quando a maioria das plantas vegetais saíram do ambiente aquático em direção ao ambiente terrestre. De acordo com registros fósseis, as primeiras associações ocorreram no grupo dos fungos atualmente classificados como Glomeromycotas, formando associações micorrízicas do tipo arbuscular, sendo representantes da divisão Marchantiophyta (plantas hepáticas), plantas as quais acredita-se terem dado origem ao grupo das plantas vasculares (CAMERON et al., 2008).

A funcionalidade da simbiose é baseada na troca bidirecional de nutrientes entre os fungos e as raízes das plantas, onde o fungo fornece nutrientes absorvidos pelo micélio contido no solo e a planta, em contrapartida, libera carboidratos para o fungo. Apesar de terem surgido há mais de 400 milhões de anos, as micorrizas somente foram reconhecidas e estudadas cientificamente no século XIX, quando foram publicados os primeiros relatos descritivos da associação entre células radiculares e micélios fúngicos (SIQUEIRA e COLOZZI, 1986). O simbiotrofismo existente entre fungo e planta aumenta a biomassa vegetal, através da maior absorção de nutrientes, como também favorece a proporção na qual esta se distribui entre a parte aérea e a raiz (SILVEIRA et al., 1992).

Atualmente, os vários tipos de micorrizas são formados por 7 grupos, sendo estes: micorrizas orquidóide, ericóide, monotropóide, arbutóide, ectoendomicorrizas, ectomicorrizas e por fim micorrizas arbusculares. A divisão dos diferentes grupos

obedece a parâmetros no que diz respeito às características significativas dos fungos, como a presença de hifas septadas ou não septadas, a forma como o fungo penetra na célula vegetal e coloniza as células hospedeiras existentes, ocorrência ou não do manto fúngico, modificações na morfologia da raiz e relação especificidade hospedeiro (BRUNDRETT, 2009).

Dentre os grupos de micorrizas, as do tipo micorrizas arbusculares são de suma importância pela sua ocorrência na grande maioria das plantas vasculares, o que indica relevante papel no desenvolvimento, manutenção e equilíbrio das comunidades vegetais (CARNEIRO et al.,1998).

3.3 Micorrizas Arbusculares

Ao longo dos últimos anos, a classificação dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) vem sendo definida pela íntima relação no que se refere aos aspectos morfológicos e moleculares, estando restritos ao Filo Glomeromycota, proposto por Schüssler, Schwarzott e Walker (2001), com uma classe (Glomeromycetes), quatro ordens (Glomerales, Diversisporales, Paraglomerales e Archaeosporales), 7 famílias (Glomeraceae, Gigasporaceae, Acaulosporaceae, Diversisporaceae, Paraglomeraceae, Archaeosporaceae e Geosiphonaceae) e 9 gêneros.

A mais atual classificação dos FMAs foi a apresentada por Redecker et al. (2013), que se baseia em características morfológicas, ultraestruturais, ontogenéticas e moleculares. Essa proposta resultou de um consenso entre trabalhos elaborados por taxonomistas e sistematas, especialistas no estudo da biologia e taxonomia dos FMAs. Nesse sistema, o filo Glomeromycota é organizado em uma classe (Glomeromycetes), quatro ordens (Glomerales, Diversisporales, Archaeosporales, Paraglomerales), 11 famílias (Glomeraceae, Claroideoglomeraceae, Gigasporaceae, Diversisporaceae, Acaulosporaceae Sacculosporaceae, Pacisporaceae, Archaeosporaceae, Ambisporaceae, Geosiphonaceae e Paraglomeraceae), 25 gêneros e 237 espécies.

As micorrizas arbusculares (MA) formam o tipo de associação mais comum de simbiose micorrízica, ocorrendo entre fungos pertencentes à classe Glomeromycetes do Filo *Glomeromycota*, os quais formam estruturas como arbúsculos, hifas e vesículas no

interior do córtex radicular. Esses fungos colonizam as raízes de plantas de quase todos os gêneros das gimnospermas e angiospermas, além de algumas representantes das briófitas e pteridófitas, tendo papel crucial em diversos ecossistemas (SMITH e READ, 2010). Em 83 % das plantas dicotiledôneas e 79% das monocotiledôneas, encontra-se a presença de associações micorrízicas arbusculares e na maioria das gimnospermas (SOUZA et al., 2004).

Os FMAs podem ser considerados organismos importantes na composição da comunidade fúngica em diferentes agroecossistemas, representando aproximadamente 30% do total da biomassa microbiana (OLSSON et al., 1999). As MAs podem ser encontradas desde plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas que estejam ocupando os mais diferentes ecossistemas: florestas, desertos, dunas, savanas, campos e agrossistemas, podendo ainda estar associada à maioria das plantas nativas dos trópicos e espécies de interesse econômico como soja, milho, maçã, feijão, café, entre outras espécies (SILVA; SIQUEIRA; SOARES, 2006). O extenso tempo de coevolução entre os FMAs e as plantas explica a presença ubíqua desses fungos nos ecossistemas. Eles invariavelmente associam-se à maioria das plantas nativas dos trópicos e às espécies economicamente e/ou ecologicamente importantes (MELLONI; SIQUEIRA; MOREIRA, 2003).

Tendo em vista, serem considerados microrganismos simbiotróficos obrigatórios, os fungos micorrízicos não são cultivados “in vitro”, mesmo após inúmeras tentativas sem sucesso, onde o mesmo não cresceu em meios artificiais, mais uma vez comprovando a necessidade de um hospedeiro para a sua íntima relação biológica (BALOTA et al., 1999). Com isto, faz-se necessário o cultivo “in vivo” destes seres habitantes obrigatórios em plantas, plantas estas as quais apresentam relação simbiótica com estes FMAs.

A grande relevância dos FMAs tem sido destacada no que diz respeito à determinação da composição e constituição florística e na produtividade dos ecossistemas, em especial para a diversidade de FMAs fortemente correlacionada com a diversidade de plantas. Essa forte relevância correlaciona-se com o favorecimento no aporte de nutrientes, onde se calcula que os fungos micorrízicos arbusculares, em parceria com outros microrganismos como as bactérias, são responsáveis por cerca de 75% do P absorvido anualmente pelas plantas (SOUZA et al., 2004).

O reforço na absorção de P é importante, visto que, para as plantas que exigem um elevado requerimento deste tipo de nutriente, este reforço será bastante significativo, em solos com pouca disponibilidade de P, como ocorre em algumas áreas tropicais, em especial nos solos da Amazônia (VANDER HEIJDEN et al., 2008).

3.4 Componentes Estruturais dos Fungos Micorrízicos Arbusculares

As MA são formadas basicamente por três componentes: as raízes da planta hospedeira, as estruturas formadas no córtex radicular (arbúsculos e vesículas), micélio e esporos extra radiculares. As vesículas, estruturas globosas ou alongadas contendo grânulos de glicogênio e lipídios, são consideradas estruturas de estocagem dos fungos e podem ser formadas dentro ou fora das células do córtex. Os arbúsculos são as estruturas intracelulares temporárias das MA (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), sendo formados pela intensa ramificação de hifas intracelulares e são responsáveis pela troca de nutrientes entre os simbioses, tomando grande parte do volume das células corticais, constituindo o local de trocas entre os dois organismos.

A eficiência da hifa está intimamente atribuída ao seu pequeno diâmetro e ramificação no solo, a qual aumenta a superfície de absorção das raízes em até 700 %, podendo excretar ácidos orgânicos, solubilizando cristais de fosfato de alumínio, ferro e cálcio (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os esporos dos FMAs são conhecidos como glomerosporos, em alusão ao nome do filo Glomeromycota e são diferentes do restante dos esporos formados pelos fungos, sejam eles pertencentes ao grupo dos esporos sexuados (oósporo em Chytridiomycota; zigósporo em Zygomycota; ascósporo em Ascomycota; basidiósporo em Basidiomycota) ou assexuados “conídios” (GOTO e MAIA, 2006). As estruturas dos glomeromycotas consideradas como propágulos resistentes, são produzidos com mais frequência no interior das raízes da maioria dos organismos vegetais (DE LA PROVIDÊNCIA, 2005).

Estes propágulos são as estruturas de maior importância para a identificação dos FMAs, sendo facilmente coletados e extraídos de amostras de solo por técnicas básicas, a exemplo do peneiramento úmido (GERDMANN e NICOLSON, 1963), e subsequente centrifugação na presença de água e sacarose. Os glomerosporos são caracterizados como globosos a subglobosos, irregulares, unicelulares, com parede espessa, lisa ou apresentando ornamentações ao longo de toda sua extensão, com diferentes colorações, desde hialina ou branca, a marrom, amarela ou mesmo negra, com dimensões entre 22 e 1.050 micrômetros e reação ao reagente Melzer, como ferramenta para caracterização morfológica destes esporos (ABBOTT e GAZEY, 1994).

Tendo em vista os FMAs serem essenciais para a qualidade da biota do solo, fertilidade do solo e aporte nutricional para as plantas, estes microrganismos podem ser

utilizados na avaliação do impacto das práticas agrônômicas sobre a qualidade física, química e microbiológica do solo (BEDINI et al., 2009).

3.5 Diferentes sistemas de uso do solo e seus impactos sobre a população de FMAs

No estado de Roraima podem ser encontrados diferentes sistemas de uso da terra, dentre eles: sistema agroflorestal, sistema de plantio convencional e áreas de mata nativa. O sistema de plantio convencional tem a premissa de revolvimento do solo, o qual é feito utilizando-se normalmente arações e gradagens ou ainda, o uso de grades aradoras pesadas como implemento do preparo primário da área para o plantio.

Estudos de manejo do solo em diferentes biomas vêm sendo realizados com o objetivo de desenvolver estratégias para diminuir o impacto das atividades agrícolas sobre esses tipos de ambientes. Sabe-se que elevadas temperaturas e o manejo inadequado do solo, como o plantio convencional, podem contribuir para a diminuição nos estoques de carbono de origem orgânica (FONTANA et al, 2006), afetando as taxas metabólicas dos microrganismos nos processos de decomposição dos resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo (MOS) (LA SCALA JUNIOR; BOLONHEZI; PEREIRA, 2006). Os efeitos deste tipo de agricultura são presenciados pela rápida degradação da matéria orgânica e redução no aporte de nutrientes mais voláteis, redução da biodiversidade, altas perdas de solo, favorecendo a erosão (LEITE, 2008).

Neste atual panorama, os ditos sistemas de produção com cunho agroecológico surgem como alternativas significativamente importantes frente a este modelo econômico, social e ambientalmente inadequado e com prejuízos à agricultura. Os sistemas agroflorestais (SAFs), constituem uma alternativa de produção agroecológica que visa minimizar o efeito da ação humana nos sistemas naturais, por meio da associação de espécies lenhosas (árvores, palmeiras, arbustos) com cultivos agrícolas ou animais (ALMEIDA, 2007). O uso deste tipo de manejo tem por fundamento a aproximação da estrutura e dinâmica de uma vegetação natural, considerada capaz de aumentar a produtividade vegetal, via melhoramento da qualidade do solo e do aumento na disponibilidade de nutrientes.

Os estudos relativos aos SAFs em Roraima iniciaram em 1999, tendo por objetivo mostrar aos produtores rurais, modelos vantajosos para produção agrícola na região

(ARCO-VERDE; SILVA; MOURÃO JÚNIOR, 2008). De acordo com De Melo e Zilli (2010), os solos roraimenses são em sua maioria, ácidos e pobres em nutrientes, assim como a maior parte dos solos pertencentes ao bioma amazônico (DA SILVA JUNIOR, CARDOSO, 2006), evidenciando a importância do uso e manejo deste tipo de sistema, como fator positivo para o cultivo agrícola.

A sustentabilidade dos sistemas agroflorestais, assim como o manejo adequado do solo e seus recursos naturais são de suma importância para as interações nos fluxos de energia, na ciclagem de nutrientes e da biodiversidade do sistema (GAMA-RODRIGUES et al., 2004). Na avaliação do estabelecimento de populações de FMAs, o monitoramento dos impactos positivos ou negativos, advindos dos diferentes tipos de uso do solo torna-se cruciais, para que estabeleça até que ponto estes diferentes sistemas estão influenciando essas populações.

Costa et al. (1999), procurando estudar a comunidade de FMAs em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no estado de Rondônia, detectaram que a população original de MA na floresta (184 esporos/100g de solo) foi modificada conforme o uso contínuo dos sistemas de uso da terra eram realizados pelos colonos. Na área correspondente a capoeira (118 esporos/100g de solo), foi verificada uma menor população logo após o desmatamento da floresta. Mas verificou-se que na área de capoeira, onde utilizou-se leguminosas (179 esporos/100g de solo) havia uma população semelhante à da área de floresta. Entretanto, a maior ocorrência de propágulos de FMAs ocorreu em áreas de pastagem com *Brachiaria sp.* (428 esporos/100g de solo), o que já era de esperar, sabendo-se que esta gramínea é utilizada como planta hospedeira para multiplicação destes microrganismos.

Sendo assim, percebe-se que a ocorrência e abundância de FMAs pode ser evidenciada por estudos quantitativos, como a densidade de esporos de FMAs no solo e também por estudos qualitativos, onde a comunidade fúngica pode ser avaliada em nível de gênero e/ou espécie e em termos de frequência relativa ou abundância (SIQUEIRA; KLAUBERG FILHO; NOVAIS, 2000).

É sabido que de uma forma geral, os esporos provenientes do seu local de origem apresentam-se em baixos números, não possuindo todas as estruturas subcelulares intactas, dificultando desta forma uma identificação mais precisa das espécies. Desta forma, recorrem-se às culturas armadilhas, considerada como um sistema eficiente para a multiplicação dos FMAs em plantas hospedeiras. Sturmer (2004), analisando a diversidade e ocorrência de FMAs, utilizou culturas armadilhas com o objetivo de

multiplicar MA provenientes dos mais variados ecossistemas. Após a eficiente micorrização nestas culturas, os esporos multiplicados foram utilizados em culturas puras, sendo utilizados em estudos futuros, como isolados experimentais.

O uso contínuo das culturas armadilhas oferece um panorama da diversidade de espécies, porém alguns autores dizem que as culturas armadilhas podem selecionar as espécies de FMAs que esporulam mais facilmente, mascarando aquelas que, embora não esporulem, colonizam as raízes dos vegetais, não possibilitando desta maneira a identificação de todas as espécies, pois esta esporulação está também intimamente relacionada com a planta hospedeira utilizada (BEVER et al.,1996).

Os ecossistemas localizados nas mais variadas regiões do Brasil podem ser considerados pontos de destaque quanto à diversidade dos mais diferentes tipos de organismos. Apesar desses ecossistemas serem bastante diversificados quanto a sua flora e fauna, os estudos continuam concentrados em uma pequena parte das regiões brasileiras, resultando em menos de 46% de estados do Brasil com pesquisas de ocorrência de MA. Sendo a maior concentração de pesquisas e estudos no estado de São Paulo e Minas Gerais (STURMER e SIQUEIRA, 2011).

A riqueza de espécies de FMAs pode sofrer diminuição conforme o tipo de cultivo, manejo e impacto no uso do solo. Sabe-se que o uso do solo de forma indiscriminada favorece alterações no ecossistema, sendo responsável por cerca de 80% na redução no desenvolvimento dos FMAs (SMITH e READ, 2010). Na Europa central, a monocultura do milho esteve estritamente correlacionada com a redução na riqueza de espécies de FMAs e com uma seleção prioritária de espécie do gênero *Glomus*, ao qual colonizou raízes de forma lenta, porém com formação rápida de esporos (OEHL, 2003).

Gomide et al. (2014) avaliaram a ocorrência de FMAs em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia e detectaram um total de 37 espécies de fungos, pertencentes a 10 gêneros e seis famílias. A maior riqueza de espécies foi encontrada no cerrado (25 espécies), seguida pela vazante/baixada (22) e cerradão (21 espécies).

Sturmer e Siqueira (2011), estudando a riqueza e abundância existente de FMAs nos mais distintos sistemas de uso e manejo do solo na Amazônia (floresta primária, floresta secundária, pastagem, lavoura e agroflorestal) verificaram a ocorrência de 61 morfotipos, com predominância dos gêneros: *Acaulospora* e *Glomus*. *Acaulospora* e *Gigaspora*, normalmente são gêneros predominantes em comunidades não perturbadas, como as áreas de mata nativa. Entretanto, a composição das comunidades de FMAs nos

diferentes sistemas de uso do solo pode variar consideravelmente, tendo como exemplos, três espécies de *Acaulospora* (*A. scrobiculata*, *A. morrowiae* e *A. mellea*) que foram mais abundantes em solos sob cafeeiro, quando comparado a área de cerrado, *Scutellospora pellucida*, *Gigaspora margarita* e *Paraglomus diaphanum* foram as espécies predominantes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SIQUEIRA et al., 2002;).

3.6 Ocorrência e Riqueza de espécies de FMAs

No que tange ao termo diversidade, este tem seguido a linha de pensamento de diversos ecologistas, os quais atribuem a este termo dois componentes. O primeiro e o principal é o número de espécies ou riqueza de espécies. Este número relaciona-se a fatores tais como clima, latitude, produtividade do ecossistema, uso da terra, influenciando significativamente na riqueza que porventura exista. O segundo componente é a equitabilidade, que expressa a abundância relativa de espécies, assim como o grau de dominância, de uma dada espécie em relação a outras (DE QUEIROZ CAVALCANTI et al., 2003). Em relação aos índices de diversidade, que avaliam a riqueza e dominância, pode-se destacar o de Shannon-Wiener (PIELOU, 1983). O mesmo permite a comparação entre diferentes ecossistemas, considerando a comunidade com maior valor para o índice como sendo a mais diversa, sem a realização de uma comparação estatística. Estudos de diversidade, geralmente, incluem cálculo de frequência de espécies ocorrentes. A frequência fornece uma medida de espécies raras ou comuns dentro de um ecossistema, podendo estar relacionado diretamente com a esporulação de fungos ou não (STURMER e BELLEI, 1994).

A ocorrência dos FMAs pode ser estabelecida por avaliações quantitativas como pela densidade de esporos no solo, assim como as qualitativas, onde a comunidade fúngica é identificada em nível de gênero e ou espécie e em termos de abundância ou frequência relativa (SIQUEIRA e KLAUBERG FILHO, 2000). A diversidade de FMAs pode ser avaliada analisando esporos capturados diretamente do campo, ou através da técnica de cultura armadilha, ao qual favorecerá a multiplicação dos propágulos que porventura não tenham sido identificados nas amostras de campo. A taxonomia é baseada nas características morfológicas dos esporos, estes sendo caracterizados como propágulos

fúngicos que possuem os caracteres morfológicos necessários para a definição das espécies estudadas (MORTON et al., 1995). Os caracteres morfológicos são: cor, tamanho, forma e estrutura da parede, reação ao reagente de Melzer, além da ontogenia dos esporos, como ferramenta para a definição das estruturas subcelulares (ABBOTT e GAZEY, 1994).

Normalmente, os esporos coletados diretamente do campo apresentam-se em baixa quantidade, parasitados e, em certos casos, não possuem todas as estruturas subcelulares íntegras que permitem uma identificação mais eficiente e precisa das espécies (CAPRONNI et al., 2003). Desta forma, recorre-se ao sistema de multiplicação dos FMAs em plantas hospedeiras em condições pré-estabelecidas, sistemas estes conhecidos por culturas armadilhas.

A metodologia da cultura armadilha é simples e consiste na multiplicação de FMAs em vasos com os mais diversos tipos de plantas hospedeiras e de substratos (solo, areia, vermiculita, etc.). De acordo com Stürmer (2004), o mesmo utilizou a metodologia de culturas armadilhas com o objetivo de multiplicar FMAs, advindos de diferentes ecossistemas, os quais, após serem multiplicados, foram direcionados para a utilização em culturas puras, tendo ainda utilidade como isolados experimentais. Ressalta-se que a cultura armadilha tende a selecionar espécies que esporulam facilmente, ocultando aquelas que por mais que não esporulem, efetuam colonização das raízes. Vale frisar que este método não possibilita a identificação de todas as espécies, tendo em vista que a esporulação depende, além de outros fatores, da planta hospedeira utilizada ao longo do experimento (BEVER et al., 1996).

A diversidade biológica no que diz respeito aos FMAs representa uma rica fonte de pesquisa, tendo os ecossistemas brasileiros destaque para estes tipos de microrganismos (ASSIS et al., 2014). Entretanto, o inventário brasileiro tem se concentrado em algumas regiões, resultando em menos que 35% de todos Estados no Brasil em que há estudos de ocorrência de FMA.

Segundo Siqueira e Klauberg Filho (2000), os estados brasileiros que mais realizam estudos de FMAs são: São Paulo e Minas Gerais, tendo predominância em avaliações quantitativas e qualitativas das populações fúngicas, eficiência simbiótica de fungos indígenas, sazonalidade e distribuição em função de características climáticas e edáficas, principalmente em ecossistemas naturais (dunas, cerrado) e agrícolas (café, citrus, soja, banana, cana, feijão, etc.).

Já na região Sul e em alguns estados do Nordeste, existem poucos trabalhos e, nas regiões norte e centro oeste, a presença de FMAs tem sido ignorada, fator este que pode estar relacionado com o menor número de pesquisadores ali existentes. Porém pode ser destacado o trabalho abrangente de (LOPES, 2005), que estudou na região amazônica, a diversidade de FMAs nos mais diferentes sistemas de uso e manejo do solo, empregando culturas armadilhas. Apesar de alguns estudos já desenvolvidos e que aos poucos têm tomado notoriedade, esta desproporção entre os estados brasileiros continua no que diz respeito aos ecossistemas estudados, verificando uma forte tendência de estudos em ecossistemas agrícolas, seguidos por estudos em cafeeiro, dunas e áreas degradadas.

O tipo de manejo, cultivo e impacto do uso da terra, na maioria dos casos, diminuem a riqueza de espécies de FMA. A utilização da terra de forma irregular pode desencadear alterações do ecossistema, reduzindo o desenvolvimento dos FMAs em até 80%, gerando consequências para o funcionamento do agrossistema como um todo (Smith e Read, 1997). Estudos desenvolvidos na Europa Central apontaram que a monocultura prolongada de milho foi correlacionada com uma diminuição na riqueza de espécies de FMAs e com uma seleção preferencial das espécies, *G. aggregatum*, *G. caledonium*, *G. mosseae*, *G. geosporum*, *G. occultum*, *G. etunicatum*, *G. constrictum*, *G. diaphanum*, *S. calospora*, *G. fasciculatum* e *Glomus* sp. que colonizou raízes lentamente, mas com formação rápida de esporos (OEHL et., 2003).

Nos ecossistemas não alterados, a diversidade biológica das populações nativas pode variar em torno de 25 espécies aproximadamente, de acordo com Sieverding (1991), já em agrossistemas intensamente manejados, a diversidade diminui para 5 a 15 espécies devido à manutenção de uma espécie vegetal por área com eventuais invasoras não controladas. Potter et al. (1987) observaram uma ocorrência diferencial de *Glomus* sp. e *Acaulospora laevis* na Austrália e concluíram que o atributo químico pH do solo foi o fator principal responsável pela distribuição destas espécies.

Estudos nos mais variados ecossistemas (CARDOSO et al., 2003) demonstraram que comunidades vegetais em clímax, ou seja, em situação de equilíbrio, normalmente dominadas por espécies altamente colonizadas por FMAs, ao sofrer uma dada perturbação, passavam por um processo de sucessão vegetal, nas quais a vegetação foi iniciada por espécies de plantas não micorrízicas. Entretanto, Brundett et al. (1995) encontraram que em partes de floresta tropical da Austrália, a atividade de FMAs era maior em áreas de sucessão vegetal inicial do que em habitats não perturbados. Em estudos na Floresta Tropical decídua do México, Allen (1990) concluiu que a reabilitação

da vegetação não foi limitada por FMAs, uma vez que estes fungos ainda foram abundantes após desflorestamento. Por fim, Caproni et al. (2001) verificando a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas que passaram por um processo de vegetação, após mineração de bauxita, em Porto Trombetas no Pará, encontraram uma diversidade de espécies de FMAs mais alta e uma dominância de espécies mais baixa, na área revegetada com dois anos de idade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em parceria com os Laboratórios de Microbiologia do Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Roraima (EMBRAPA-RR) e do Centro de Estudos da Biodiversidade - CBio, localizado na Universidade Federal de Roraima e Laboratório de Micorrizas da Universidade Regional de Blumenau (FURB).

4.1 Área de Estudo

As amostras de solo foram coletadas em duas áreas pertencentes à EMBRAPA Roraima, sendo a primeira no campo experimental Confiança, e a segunda no campo Experimental Serra da Prata (Figura 1).



Figura 1 - Mapa indicativo dos locais de coleta das amostras de solos.

Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

A primeira área encontra-se situada no município do Cantá, localizada entre as coordenadas 02° 15' 00" N e 60° 39' 54" W, a 90 km da cidade de Boa Vista. A área é caracterizada por apresentar vegetação de floresta e clima Am (Koppen), tropical chuvoso com nítida estação seca, temperatura média anual que varia de 26 a 29°C e amplitude térmica inferior a 5°C entre as médias do mês mais quentes e do mês mais frio. Apresenta precipitação pluvial que varia de 1.795 a 2.285 mm ao ano, possuindo período chuvoso entre os meses de maio, junho e julho (SMIDERLE; MOURÃO JÚNIOR; GIANLUPPI, 2005). O solo é classificado como argissolo, tendo como característica argila de atividade baixa e horizonte B textural (SOLOS, 1999).

No campo experimental Confiança, existente há 18 anos, é encontrado um sistema agroflorestal composto pelas seguintes espécies vegetais: glirícidia (*Gliricidia sepium*), castanha-do-Brasil (*Bertholetia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), abiu (*Micropholis venulosa*), cupiúba (*Goupia glabra*), café (*Coffea canephora*), saman (*Samanea saman*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e andiroba (*Carapa guianensis*).

A amostragem de solo nesta área ocorreu em blocos denominados de baixo insumo (BI), onde a adubação mineral foi de apenas N-P-K (4:28:20) no início da implementação do SAF. As parcelas/blocos medem 48 m x 48 m e o espaçamento entre espécies vegetais é de 2 m x 3 m, à qual abrange uma área de 192 m², sendo o solo classificado como argissolo distrófico vermelho-amarelo (FERREIRA et al., 2011).

A segunda área estudada, o Campo Experimental Serra da Prata, (N 02°23'25,3"; W 060°58'59,8") está localizada cerca de 12 km do Município de Mucajaí. O clima é do tipo Am, apresentando duas estações: chuvosa que compreende o período de abril a agosto, e seca que vai de setembro a março.

O regime de chuvas é caracterizado pela concentração de precipitação (em torno de 58% da precipitação total) nos meses de maio, junho e julho. O período de menor precipitação é longo, seis meses, entre outubro e março, representando cerca de 18% da precipitação total. Um período intermediário é representado nos meses de abril, agosto e setembro, com cerca de 30% da precipitação total (MOURÃO et al., 2003).

A precipitação total anual no campo experimental da região da Serra da Prata oscila, em um intervalo de confiança, da ordem de 1510 a 2145 mm por ano, com uma média anual de 1844 mm (MOURÃO et al., 2003).

No campo experimental Serra da Prata, encontra-se os seguintes sistemas de cultivos: área de mata nativa, plantio convencional de soja e plantio convencional de milho (Tabela 1).

Tabela 1 - Sistemas de cultivo localizado no Campo Experimental Serra da Prata

TRATAMENTO	ÁREA	CULTURA
01	Área de mata nativa	_____
02	Plantio Convencional	Soja
03	Plantio Convencional	Milho

As áreas de plantio convencional de soja e de milho (parcelas 10 m x 10 m) sofreram dois tipos de adubação e uma correção geral do solo. A correção geral para ambos os plantios foi de 1500 kg de calcário dolomítico, 100 kg de cloreto de potássio, 500 kg de superfosfato triplo, 50 kg de FTE/BR12 (micronutrientes); adubação de plantio soja/milho: 100 kg de cloreto de potássio, 500 kg de superfosfato triplo, 50 kg FTE e 200 kg de uréia, apenas para o sistema contendo milho e por fim a adubação de cobertura: 100 kg de cloreto de potássio (milho/soja) e 300 kg de uréia (milho)/hectares

4.2 Amostragem do Solo

As amostras de solo de ambas as áreas foram coletadas durante o período chuvoso de Julho. A amostragem seguiu o acordo contendo as resoluções propostas por Nicolodi (2002).

No sistema agroflorestal, foram coletadas amostras de solo provenientes de área de baixo insumo, talhão 2 e talhão 4, cada talhão apresentando subblocos: talhão 2 (subbloco 1 e 2) e talhão 4 (subbloco 3 e 4). Em cada subbloco foram coletadas 17 subamostras de solo em 4 pontos diferentes, dentro de cada subbloco estabelecido (Figura 2), para formar uma amostra composta de aproximadamente 1 Kg, obedecendo a profundidade de 0-10 cm, perfazendo um total de 68 subamostras por subbloco, que logo após a coleta foram misturadas em sacos plásticos. No total, foram produzidas quatro amostras compostas provenientes dos subblocos.



Figura 2 - Esquema de coleta realizado no SAF Confiança.

Para as áreas correspondentes ao campo experimental Serra da Prata realizou-se coletas nos sistemas de plantio convencional de milho e soja (Figura 3) e, mata nativa, sendo 07 sub amostras de solo, para formar uma amostra composta de aproximadamente 1 Kg, obedecendo à mesma profundidade de coleta no SAF.

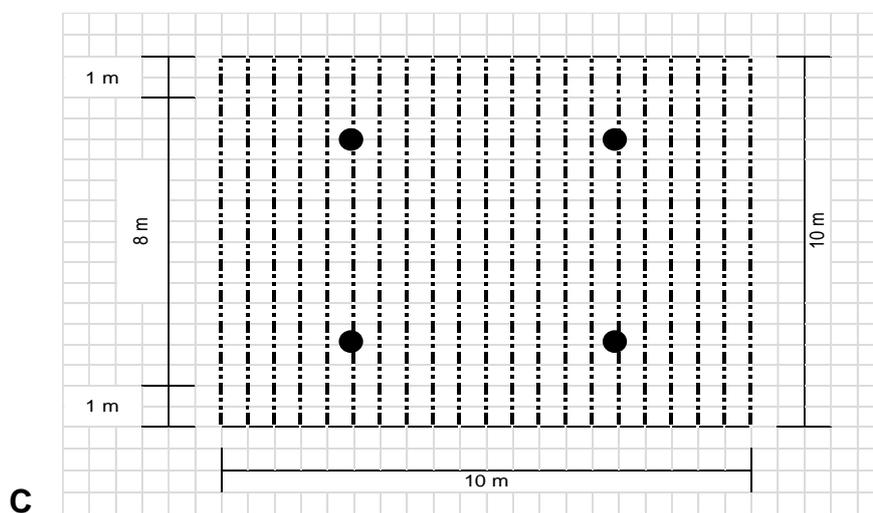


Figura 3 - (A) Esquema de coleta de amostras de solo em experimento de plantio convencional na linha de plantio; (B) foto da coleta em parcela com plantio de soja; (C) esquema de coleta de amostras compostas dentro de cada parcela.

Fonte: Dourado (2016)

Na área de mata nativa, as subamostras foram provenientes dos subblocos existentes dentro de cada bloco, da seguinte forma: mata nativa (Bloco 1, Bloco 2, Bloco 3, Bloco 4), cada bloco com seu respectivo subbloco (4 subblocos dentro de cada bloco), de onde foram coletadas as 07 subamostras, totalizando 28 subamostras, para formação de uma amostra composta. Ao final da coleta, obteve-se 4 amostras compostas, provenientes dos subblocos previamente estabelecidos. O mesmo aplicou-se aos sistemas de plantio convencional milho e de soja.

Vale ressaltar que o solo foi coletado com o auxílio de um trado do tipo holandês, de modo que as coletas constituíssem um gradiente de diversidade biológica, ao qual representasse bem a área amostrada. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis, homogêneas e estocadas em geladeira (7°C a 10°C) no Laboratório de Microbiologia do Solo (EMBRAPA), para posterior processamento. Uma parte do solo coletado foi destinado para análise química e a extração dos esporos direto das amostras do solo foi realizada no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Roraima.

4.3 Cultura Armadilha

O preparo e acompanhamento das culturas armadilhas foi realizado na EMBRAPA RR. As sementes utilizadas para multiplicação foram sementes de *Brachiaria ruziziensis*. Para a montagem dos vasos com capacidade para 3 litros, utilizou-se o solo nativo (50 gramas) com substrato (esterilizado) + areia média (esterilizada a 121°C) misturados, na proporção de 1:1, para preenchimento dos vasos, perfazendo um total de 80 vasos, com capacidade para 3 litros.

As sementes foram colocadas a uma profundidade de 2 cm, colocando-se aproximadamente 15 gramas de sementes de *Brachiaria ruziziensis*. Em seguida os vasos foram mantidos em casa de vegetação dispostos a distâncias iguais em relação um vaso e outro. Os mesmos ficaram armazenados por 150 dias e irrigados em dias alternados (Figura 4), o que proporcionou um estresse hídrico. Finalizado o prazo de 150 dias, as culturas armadilhas foram desmontadas (parte aérea foi desmontada e o restante do material guardado em sacos plásticos), o qual foi utilizado para extração dos esporos de FMAs, que porventura ali estivessem presentes.

Vale ressaltar que estas culturas receberam fertilização via solução nutritiva (HOOGLAND et al. 1950) apenas quando as plantas mostravam sintomas de deficiência de nitrogênio (amarelecimento das folhas) e fósforo (caules e folhas avermelhadas), de forma a manter as necessidades nutricionais das plantas.

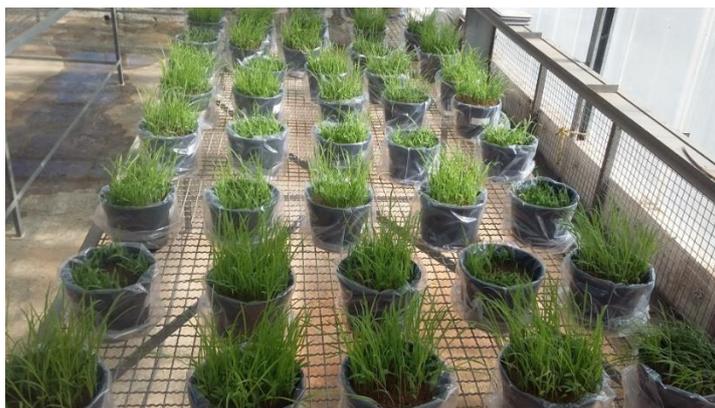


Figura 4 - Culturas armadilhas preparadas a partir de solos oriundos de SAFs, plantio convencional e mata nativa.

4.4 Extração, contagem e caracterização de esporos de FMAs

A extração e determinação do número de esporos foi realizada com base na metodologia de decantação e peneiramento úmido proposta por Gerdmann e Nicolson (1963), onde foram utilizados 100 g de solo de cada amostra composta, os quais foram previamente suspensos em 1 L de água com posterior homogeneização. Esse sistema permaneceu em repouso por 1 min para que ocorresse a decantação. Decorrida a decantação, com sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos, o solo foi lavado quatro vezes e o sobrenadante passado através de peneiras de malhas sucessivamente menores (0,710; 0,420 e 0,037 mm). Após esta etapa, o material retido foi transferido para tubos do tipo Falcon (50 mL) para posterior centrifugação, por cerca de 1-5 minutos a 2000-3000 rpm. Finalizado o processo de centrifugação, o sobrenadante foi descartado e a amostra foi centrifugada novamente em solução de sacarose a 60% por 1-2 minutos a 2000 rpm.

Obtido novamente o sobrenadante da centrifugação anterior, o mesmo foi derramado na peneira de menor malha e subsequentemente, lavado com água destilada, para que a sacarose fosse retirada. Os esporos suspensos na água foram transferidos para um béquer e logo em seguida, uma alíquota de 1 mL de esporos suspensos em água foi transferida para placas caneladas para a determinação do número de esporos por mL. A suspensão foi examinada na placa, utilizando-se um microscópio estereoscópico Nikon SMZ-U, para contagem, seleção e caracterização dos esporos, que foram agrupados por morfotipos de acordo com a morfologia (cor, tamanho, ornamentações). Tão logo foi

realizada a identificação dos esporos por morfotipos, realizou-se o preparo das lâminas permanentes para identificação das espécies de FMAs.

4.5 Montagem de esporos de FMAs em lâminas permanentes

Inicialmente foram coletados com o auxílio de uma pipeta Pasteur os esporos contidos na placa de Petri, com o mínimo possível de água. Em seguida, colocou-se uma gota de PVLG puro em uma das extremidades da lâmina e outra gota de PVLG+ reagente de Melzer na outra extremidade, obedecendo a proporção (1:1). Os esporos foram colocados no centro da resina contida nas lâminas, utilizando-se pipeta Pasteur e novamente evitando-se o mínimo possível de água ao realizar a captura dos esporos.

Em seguida foi realizada a homogeneização com o auxílio de uma agulha. Após a homogeneização, deixou-se a lâmina com as gotas contendo os esporos descansar por aproximadamente 5 minutos, para que a superfície da gota secasse, contribuindo para o aumento da viscosidade nas bordas e reduzindo o fluxo de água quando a lamínula fosse colocada. Passado os 5 minutos, uma lamínula foi colocada delicadamente sobre a gota de PVLG e outra sobre a gota de PVLG+ Melzer. Em seguida, essa lamínula foi pressionada utilizando-se um lápis ou agulha sob lupa, para que ocorresse o rompimento da parede dos esporos (Figura 5). As lâminas montadas ficaram por 5 dias em temperatura ambiente e 2-3 dias a 60°C em estufa, para que o meio endurecesse, produzindo lâminas permanentes para a identificação das espécies de FMAs. A identificação taxonômica seguiu as descrições das culturas referência armazenadas no International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular – Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM, 2015), ao qual foi realizada na Universidade Regional de Blumenau-FURB.

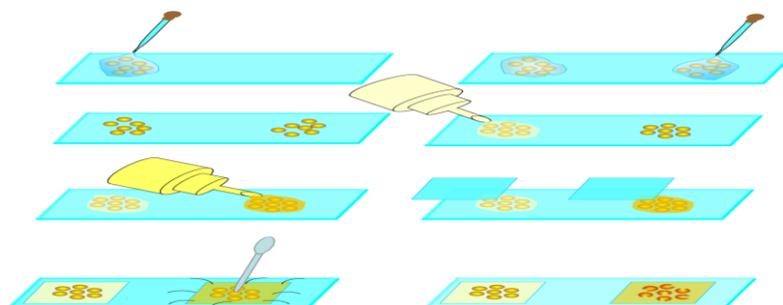


Figura 5 - Esquema de montagem dos esporos de FMAs em lâminas
Fonte: Novais (2011)

4.6 Análise estatística dos dados

Os atributos químicos dos solos e os dados de densidade de esporos obtidos das amostras de campo foram submetidos à análise de variância e teste de média (Tukey, 5%), pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

As comunidades de FMAs foram analisadas em termos quantitativos e qualitativos a partir de dados populacionais (frequência de ocorrência e distribuição) e a estrutura analisada por meio de índices ecológicos (riqueza e diversidade). A frequência de ocorrência (FO) das espécies foi estimada segundo a equação: $F_i = J_i/k$, onde F_i = frequência de ocorrência da espécie i ; J_i = número de amostras nas quais a espécie i ocorreu; e k = número total de amostras de solo. O número total de espécies de FMAs obtidos representou a riqueza de espécies existentes nas amostras analisadas. A frequência de ocorrência dos FMAs foi definida pelo número de uma dada espécie. Para o cálculo da diversidade nos diferentes sistemas foi utilizado o índice de Shannon na base logarítmica \ln : $H' = -\sum (p_i) \times (\log_2 p_i)$, onde p_i = número de glomerosporos de cada espécie/total de glomerosporos

Em relação à avaliação da influência de mudanças no manejo do solo sobre a comunidade dos FMAs, o método de análise de correlação canônica foi utilizado para explorar a relação entre o efeito dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo frente à distribuição dos FMAs, ao qual se utilizou o programa R.

O índice de similaridade da composição de fungos micorrízicos arbusculares foi realizado entre os sistemas de uso da terra via dendograma.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização química dos solos sob diferentes sistemas de uso

Os dados referentes à caracterização química do solo são apresentados na Tabela 2. O pH do solo variou de 4,6 no sistema agroflorestral até 5,7 para a área de mata nativa, sendo as diferenças não significativas entre os tratamentos plantio convencional de soja e milho. Os valores maiores de pH em área de soja e milho quando comparados a área de SAF podem ser explicadas pela correção prévia do solo antes da implantação dos respectivos sistemas. Os solos da Amazônia, em especial do estado de Roraima são muito intemperizados, conseqüentemente os agentes químicos e biológicos atuam lentamente há milhares de anos, estimulando a perda de bases trocáveis, contribuindo para ser caracterizado como um solo ácido (VENDRAME, 2011).

Vale ressaltar que a calagem favorece o aumento do pH, da saturação por bases e dos teores de cálcio e magnésio, além de diminuir a solubilidade de alguns íons que, em concentração elevada, são tóxicos para a maioria das plantas cultivadas, como o alumínio e o manganês (NEVES et al., 2008). Sendo assim, é possível identificar uma redução dos teores de Al e H+Al nas áreas cultivadas, devido também ao efeito da calagem (Tabela 2). Já na área de SAF, onde não houve a calagem do solo, observou-se a maior concentração de alumínio trocável e acidez potencial (Tabela 2).

Tabela 2 - Atributos químicos¹ do solo em áreas de mata nativa, sistema agroflorestral (SAF), plantio convencional de soja e milho no estado de Roraima

Tratamentos	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	P	MOS
	H ₂ O	-----cmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
Mata Nativa	5,7 a	2,71 a	1,04 a	0,07 b	0,03 b	3,24 b	2,75 c	29,4 a
SAF	4,6 c	0,41 c	0,15 b	0,08 b	0,7 a	7,46 a	5,29 bc	25,4 a
Soja	5,27 b	1,34 b	0,24 b	0,17 a	0,08 b	3,07 b	38,11 a	17,5 b
Milho	5,32 b	1,49 b	0,25 b	0,05 b	0,05 b	2,93 b	25,72 ab	16,9 b

¹Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ observou-se que as áreas estudadas apresentaram diferenças significativas nas concentrações desses nutrientes. A área de mata nativa apresentou os maiores níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} quando comparada com os outros sistemas (Tabela 2). Já as concentrações de K^+ , foram maiores nas áreas de plantio de soja e milho.

Quanto ao P, a maior quantidade em área cultivada é devido à adubação e correção + adubação recebida, respectivamente. Esse fato pode ser explicado pela baixa mobilidade e do prolongado efeito residual do P no solo, o qual é liberado gradativamente (MALAVOLTA, 1981). Os solos das regiões tropicais, a exemplo dos solos roraimenses, além da deficiência generalizada de P, apresentam alta capacidade de fixação de fosfato (adsorção e precipitação). Assim, o baixo teor de P é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola no estado de Roraima (VALE JÚNIOR e LEITÃO SOUSA, 2005).

No que diz respeito a MOS, a área de vegetação nativa e SAF apresentaram valores superiores quando comparada aos demais tratamentos, com $29,4 \text{ g kg}^{-1}$ e $25,4 \text{ g kg}^{-1}$ (SAF), $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ (soja) e $16,9 \text{ g kg}^{-1}$ (milho). No entanto, os valores observados indicam baixos teores de MOS nos plantios convencionais de soja e milho no solo, pois valores baixos são aqueles com menos de 15 g kg^{-1} (1,5%) de MOS (FAGERIA, 2004). O resultado superior em área de vegetação nativa e sistema agroflorestal deve-se provavelmente à presença, de um quantitativo significativo de restos vegetais sobre o solo e a presença de resíduos de sistemas radiculares da vegetação nativa que não foram perturbados, assim como a presença de diferentes espécies arbóreas associadas com espécies agrícolas. Vale frisar que o baixo teor de matéria orgânica dos solos de Roraima é atribuído à baixa capacidade de incorporação de biomassa da vegetação natural e à elevada atividade microbiana decorrente do clima úmido e quente da região (BENEDETTI et al., 2011).

Sabe-se que em áreas nativas, a MOS se encontra estável, mas quando submetida ao uso agrícola pode ocorrer redução acentuada em seu conteúdo (SALTON et al., 2008). O menor teor de MOS em áreas cultivadas é devido ao revolvimento do solo que elevou a entrada de oxigênio no solo e, conseqüentemente, estimulou a atividade da microbiota heterotrófica que atua na decomposição da MOS, ao qual reduziu o seu teor no solo.

5.2 Densidade de esporos isolados das amostras de campo

Houve diferenças significativas da média do número de esporos entre as áreas estudadas, sendo que as áreas de plantio de soja e milho apresentaram as maiores médias quando comparadas com as áreas de mata nativa e sistema agroflorestal (Tabela 3). Tal resultado pode estar relacionado com o manejo do solo das áreas de cultivo de soja e milho. Segundo Oehl et al. (2003), áreas cultivadas onde há um aumento na intensidade do manejo podem favorecer espécies que possuem a capacidade de esporular rapidamente.

Tabela 3 - Média de esporos¹ de fungos micorrízicos arbusculares encontrados nos diferentes sistemas de uso do solo em Roraima

Tratamentos	Média de esporos/mL⁽¹⁾	Desvio padrão
Mata nativa	18,1 b	± 3,4
Sistema agroflorestal	20,1 b	± 5,8
Soja	39,5 a	± 6,8
Milho	35,6 a	± 13,6

¹ A média de esporos/mL obtidas a partir de 100 g de solo. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.005$)

De acordo com Siqueira et al. (1989), a diversidade e esporulação dos FMAs servem como indicadores de interferência em ecossistemas naturais, onde os mesmos encontraram uma baixa esporulação em vegetação nativa quando comparado a agroecossistemas. A baixa esporulação em vegetação nativa é relacionada a estabilidade dos ecossistemas naturais, quanto à presença constante de hospedeiros e ausência de variações intensas na fertilidade do solo. Isso contribui para garantir a sobrevivência de espécies destes fungos com baixa capacidade natural de esporulação ou que produzem esporos com baixa capacidade de resistência a condições adversas.

Destaca-se ainda que nos sistemas de plantio convencional de milho e soja onde foram encontradas as maiores densidades de esporos de FMAs, os mesmos apresentaram-se como as áreas que sofreram constante perturbação do solo, como o processo de aração, ao qual contribuiu para o estresse e subsequente maior esporulação.

Como ilustrado na Figura 6, todas as amostras de solos analisadas apresentaram esporos de FMAs em quantitativos e morfotipos variados, sendo encontrados no sistema de plantio convencional de soja mais de 300 esporos provenientes dos quatro blocos avaliados e nenhum sistema com número inferior a 100 esporos. A área com menor quantidade de esporos por 100 gramas de solo foi a mata nativa com pouco mais de 150 esporos nos diferentes blocos estudados.

O maior número de esporos encontrados no plantio convencional de soja e milho pode, também, ter sido influenciado pelas modificações do pH do solo, uma vez que essas áreas sofreram correções prévias. Segundo Costa (2010), solos ácidos que sofrem calagem interferem na densidade dos esporos da rizosfera. O autor relata que esse processo pode favorecer o estabelecimento dos FMAs, pois há eliminação ou neutralização de feitos fungistáticos que são responsáveis pela inibição do desenvolvimento do fungo.

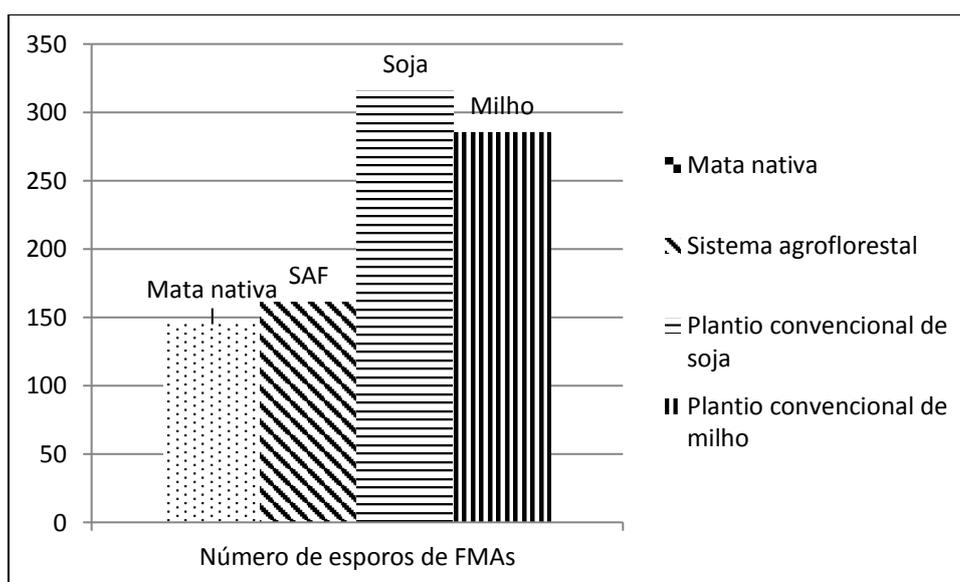


Figura 6 - Densidade de esporos de FMAs analisadas nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

Ressaltasse que neste estudo, o sistema de cultivo convencional apresentou grande quantidade de esporos em relação aos demais sistemas, devido à condição estressante desencadeada por processos de revolvimento do solo e adubação do mesmo que provavelmente levou os FMAs a produzirem quantidades abundantes de propágulos infectivos, com o intuito de sobrevivência neste ambiente adverso (FREITAS et al., 2004).

5.3 Composição da comunidade de FMAs obtidas das amostras de campo

Um total de 16 espécies de FMAs foram encontradas nas 128 alíquotas de solo provenientes das quatro áreas estudadas (Tabela 4). As espécies mais frequentes foram as pertencentes ao gênero *Acaulospora*, seguido pelo gênero *Glomus*. Dentro do gênero *Acaulospora*, foram encontradas as seguintes espécies: *Acaulospora sp*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora lacunosa*, *Acaulospora laevis*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora rehmi* e por fim *Acaulospora tuberculata*. *Acaulospora mellea* apresentou-se como a espécie de maior frequência (Tabela 5) nos diferentes sistemas avaliados. No que diz respeito as espécies de FMAs do gênero *Glomus*, as identificadas foram *Glomus sp*, *Glomus sp1*, *Glomus sp2* e *Glomus sp3*, sendo *Glomus sp1* a espécie de maior ocorrência nos quatro sistemas de uso e manejo do solo.

Tabela 4 – Riqueza de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Estado de Roraima

Famílias/Espécies de FMAS	MN	SAF	SO	MI
<i>Acaulosporaceae</i>				
<i>Acaulospora sp</i>				1
<i>Acaulospora foveata</i>		3		
<i>Acaulospora lacunosa</i>		2		
<i>Acaulospora laevis</i>		1		
<i>Acaulospora mellea</i>	3	8	4	1
<i>Acaulospora morrowiae</i>		1		
<i>Acaulospora rehmi</i>		1		
<i>Acaulospora tuberculata</i>			1	
<i>Ambisporaceae</i>				
<i>Ambispora leptoticha</i>			1	
<i>Claroideoglomeraceae</i>				
<i>Claroideoglomerum etunicatum</i>		1		
<i>Dentiscutataceae</i>				
<i>Dentiscutata heterogama</i>			1	3
<i>Glomeraceae</i>				
<i>Glomus sp</i>			1	1
<i>Glomus sp1</i>	14	9	9	7
<i>Glomus sp2</i>		2	1	
<i>Glomus sp3</i>			2	
<i>Gigasporaceae</i>				
<i>Gigaspora sp</i>		1		
Riqueza total	2	10	8	5

MN: mata nativa; SAF: sistema agroflorestal; SO: plantio convencional de soja; MI: plantio convencional de milho

Tabela 5 - Frequência de ocorrência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares identificadas nos diferentes sistemas de uso do solo em Roraima

Espécies de FMAS	MN	SAF	SO	MI	Frequência de Ocorrência (%)
<i>Acaulosporaceae</i>					
<i>Acaulospora sp</i>				+	25
<i>Acaulospora foveata</i>		+			25
<i>Acaulospora lacunosa</i>		+			25
<i>Acaulospora laevis</i>		+			25
<i>Acaulospora mellea</i>	+	+	+	+	100
<i>Acaulospora morrowiae</i>		+			25
<i>Acaulospora rehmi</i>		+			25
<i>Acaulospora tuberculata</i>			+		25
<i>Ambisporaceae</i>					
<i>Ambispora leptoticha</i>			+		25
<i>Claroideoglomeraceae</i>					
<i>Claroideoglomerus etunicatum</i>		+			25
<i>Dentiscutataceae</i>					
<i>Dentiscutata heterogama</i>			+	+	50
<i>Glomeraceae</i>					
<i>Glomus sp</i>			+	+	50
<i>Glomus sp1</i>	+	+	+	+	100
<i>Glomus sp2</i>		+	+		50
<i>Glomus sp3</i>			+		25
<i>Gigasporaceae</i>					
<i>Gigaspora sp</i>		+			25

MN: mata nativa; SAF: sistema agroflorestal; SO: plantio convencional de soja; MI: plantio convencional de milho

Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* ocorreram em todas as áreas (Tabela 5), sempre em maior porcentagem de espécies em comparação às demais espécies encontradas. O gênero *Ambispora* foi encontrado apenas no sistema de plantio convencional de soja, não ocorrendo desta forma nos demais sistemas. A espécie *Claroideoglopus etunicatum* ocorreu apenas no sistema agroflorestal, assim como as espécies *Gigaspora sp.* e *Dentiscutata heterogama* ocorreram nos plantios convencionais de milho e soja, respectivamente. Percebe-se desta forma que as espécies de menor ocorrência foram *Ambispora leptoticha*, *Clairoideoglopus etunicatum* e *Gigaspora sp.*, as quais foram identificadas em apenas um dos sistemas avaliados (Tabela 5).

Carrenho et al. (2001) explicam que os esporos do gênero *Glomus*, formam-se apicalmente em forma de hifa esporígena, apresentando desde o início de sua formação, parede mais espessada e resistente ao ataque de microrganismos e predadores, e também aos estresses edáficos, podendo assim persistir por mais tempo nos mais diferentes tipos de solo, do que aqueles formados a partir de vesículas, como dos gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*. Entretanto, apesar desta condição de dita fragilidade, as espécies do gênero *Acaulospora* apresentam maior colonização e esporulação em valores de pH menores que 6,5 (STURMER e SIQUEIRA, 2006), o que corrobora com os resultados encontrados referentes à maior riqueza de espécies de *Acaulospora*, as quais foram identificadas em sistemas com valores de pH abaixo de 6,5.

Em relação à distribuição do total de espécies de FMAs nas áreas estudadas, o sistema agroflorestal apresentou maior riqueza, com 10 espécies, possuindo também a maior quantidade das espécies dominantes (Tabela 4 e 5). Isto pode ser explicado através de estudos que demonstram que uma alta população de FMAs se desenvolve em solos onde estejam agregadas condições de pousio e baixa quantidade de insumos no cultivo, assim como áreas em processo de regeneração natural da cobertura vegetal (ARATO et al., 2003). Outros estudos sugerem também que sistemas de cultivo de alto *input*, muitas vezes não cumprem essas condições, e pode reduzir substancialmente a abundância e a diversidade de FMAs (BEDINI et al., 2007). Desta forma, são necessários estudos mais aprofundados afim de explicar toda esta dinâmica.

É importante frisar que os FMAs também são afetados pelo excesso ou escassez de nutrientes presentes no solo, em especial o fósforo. Em geral, uma alta concentração de P disponível no solo restringe a colonização micorrízica, com queda abrupta na contribuição do fungo para absorção desse nutriente (DINIZ, 2007) e subsequente redução da densidade de FMAs, fato este que corrobora-se com os resultados aqui

encontrados, onde o sistema de plantio convencional de milho apresentou a menor riqueza de espécies de FMAs quando comparado ao sistema agroflorestal (SAF), provavelmente devido ao alto teor de P, que pode ter contribuído para restringir a sua colonização.

Pode-se observar que a área de mata nativa apresentou o menor número de espécies destes fungos (duas espécies) quando comparada com o sistema convencional de milho e soja, que apresentaram riqueza igual 5 e 8, respectivamente. Isso indica que as práticas agrícolas adotadas nessas áreas cultivadas não diminuíram significativamente a riqueza de FMAs. Resultados semelhantes foram encontrados por Perlatti (2010), que observou que no período chuvoso a riqueza de FMAs de áreas cultivadas eram próximas as de áreas de mata nativa. Segundo o autor, a pluviosidade foi a principal fonte responsável pela variação da riqueza de espécies de FMAs, uma vez que o período chuvoso afeta a densidade de esporos. Esses resultados corroboram com os dados do presente estudo, uma vez que as coletas foram realizadas no mês de julho, período chuvoso no Estado de Roraima. Além disso, é importante ressaltar que a menor riqueza de FMAs encontrada na área de mata nativa, não significa menor participação na associação micorrízica nesse ambiente. Segundo Silva et al. (2006), algumas espécies de FMAs podem estar presentes em outras formas de propágulos infectivos, como hifas ou colonizando pedaços de raízes.

Embora neste estudo tenha-se encontrado apenas 16 espécies de FMAs nos diferentes sistemas e usos do solo analisados, é sabido que este número não representa a diversidade total de FMAs que ocorre nesses agroecossistemas, uma vez que foram encontrados muitos esporos mortos e de difícil identificação.

5.4 Espécies recuperadas a partir de culturas armadilhas

Os resultados das espécies de FMAs recuperadas nas culturas armadilhas em casa de vegetação são apresentados na tabela 6. Apesar do baixo número de espécies de FMAs recuperadas nestas culturas armadilhas, as mesmas mostram uma eficiência quanto à recuperação de espécies que não foram identificadas nas amostras de campo coletadas. Entretanto, é possível que a riqueza seja maior do que a encontrada no presente trabalho. Segundo Sousa (2009), a multiplicação de esporos em pote de cultura nem sempre

possibilita a recuperação de todos os esporos presentes no solo, pois a taxa de esporulação depende de outros fatores, como da planta hospedeira.

Essa técnica vem se mostrando eficiente em outros estudos de FMAs realizados no Brasil. Em um ecossistema árido, Stutz e Morton (1996) recuperaram via culturas armadilhas, 15 espécies de FMAs além das descobertas no campo, depois de três ciclos de culturas de armadilha. Enquanto Melloni et al. (2003) recuperaram seis espécies utilizando braquiária e soja perene como plantas hospedeiras em culturas armadilhas, utilizando solos de áreas em reabilitação, após mineração de bauxita em Poços de Caldas-MG.

Tabela 6 - Espécies de FMAs recuperadas provenientes de diferentes sistemas de uso do solo utilizando culturas armadilhas

Espécies de FMAs	SAF⁽¹⁾	MI
<i>Rhizophagus sp</i>	5	-
<i>Rhizophagus intraradice</i>	-	1
<i>Scutellospora pernambucana</i>	-	1
Total de espécies	1	2

SAF: Sistemas Agroflorestal e MI: Plantio Convencional de Milho

5.5 Índice de diversidade de Shannon

A diversidade expressa pelo índice de Shannon indicou o sistema agroflorestal como o sistema de maior diversidade de FMAs (Tabela 7). Mata nativa e plantio convencional de milho foram os sistemas de menor diversidade, destacando o que já foi discutido para riqueza de espécies quando comparado ao sistema de mata nativa.

Tabela 7 - Índice de diversidade de Shannon em áreas de mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), plantio convencional de soja (SO), plantio convencional de milho (MI) no estado de Roraima.

Tratamentos	Índice de Shannon (H')
Mata nativa	0,47
Sistema agroflorestal	1,90
Plantio de soja	1,66
Plantio de milho	1,26

As comunidades de FMAs podem ser alteradas obedecendo ao grau de micotrofia e pela diversidade de hospedeiros, como destacado por (SOUZA et al., 2003). Esses autores observaram uma maior diversidade de FMAs no microssítio que continha uma comunidade de plantas hospedeiras, em relação ao microssítio de monocultura e esta diversidade também variou entre plantas micotróficas e não micotróficas.

Siqueira et al. (1989) também verificaram maior diversidade de FMAs em ecossistemas com elevada diversidade de hospedeiros. Isto vai de encontro com os resultados aqui encontrados de diversidade de FMAs em sistema agroflorestal, onde na Amazônia, por exemplo, os sistemas agroflorestais (SAFs) representam uma das formas de uso e manejo da terra mais adequadas às condições edafoclimáticas da região e por promoverem uma produção de biomassa aérea e subterrânea e cobertura do solo maiores que outros agrossistemas, os SAFs favorecem o acúmulo de carbono no sistema e a manutenção da fertilidade do solo, através de uma ciclagem mais significativa de nutrientes e a redução das perdas por lixiviação e erosão (ALFAIA et al., 2007), contribuindo assim de forma decisiva para a maior riqueza de espécies de FMAs ali existentes.

Os maiores índices de diversidade encontrados nos sistemas de plantio de milho e soja quando comparados com o da área de mata nativa, podem indicar que o sistema de manejo adotado nessas culturas não afetou a diversidade de FMAs. Embora frequentemente trabalhos relatem que práticas agrícolas afetam negativamente a diversidade de FMAs (TCHABI et al., 2008; OEHL et al., 2005; SILVA et al., 2008), Franke-Snyder et al. (2001) não observaram alteração na diversidade de FMAs em cultivos de milho e soja sob diferentes manejos. Alguacil et al. (2008) relatam que áreas cultivadas podem influenciar de forma direta ou indireta a diversidade de FMAs, pois esses ambientes podem selecionar diferentes tipos de fungos e nem sempre reduzem a diversidade destes no solo.

5.6 Análise canônica

A análise canônica destacou a separação dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em razão dos atributos químicos e das espécies de FMAs encontradas nestes diferentes ambientes. Esse destaque pode ser observado de forma perceptível e objetiva no diagrama abaixo (Figura 7), onde o eixo horizontal encontra-se dividido em duas

partes principais. No primeiro eixo fica evidenciado a influência dos atributos MOS, Al^{3+} e H+Al, os quais contribuíram para que o sistema agroflorestal (SAF) se destacasse com a maior riqueza de espécies, constituindo assim como os atributos que mais influenciaram para a separação do SAF do restante dos outros sistemas, evidenciados pelo segundo eixo.

Verificou-se que o sistema de mata nativa apresentou ocorrência restrita de FMAs, possivelmente por apresentar-se como um ambiente em clímax, diferente do SAF, ao qual pode ser considerado um sistema em processo de readaptação vegetal. Os demais ambientes e ainda assim a área de mata nativa, novamente foi influenciada pelos atributos pH e P, tendo sido verificada uma maior densidade de esporos de FMAs nesses ambientes sob tal condição de fertilidade.

De acordo com Sturmer e Siqueira (2008), grande parte dos estudos de ocorrência de FMAs tende a relacionar a diversidade de espécies de fúngicas com as propriedades físicas e químicas solo, apesar dos mesmos reconhecerem dificuldades em estabelecer uma relação entre diferentes variáveis edáficas e ambientais com ocorrência e diversidade de FMA.

A presente análise canônica desta forma tentou relacionar as características do solo com a ocorrência de FMA nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo, explicando assim os efeitos ecológicos/locais os quais atuam sobre a diversidade fúngica. Com isto vale ressaltar que as propriedades químicas do solo por si só, não são suficientes para explicar a diversidade de FMAs existentes no SAF. Provavelmente a diversidade e a produtividade destas comunidades vegetais ali existentes estejam intimamente ligadas com a maior diversidade de FMAs identificadas no presente sistema (VAN DER HEIJDEN et al., 1998).

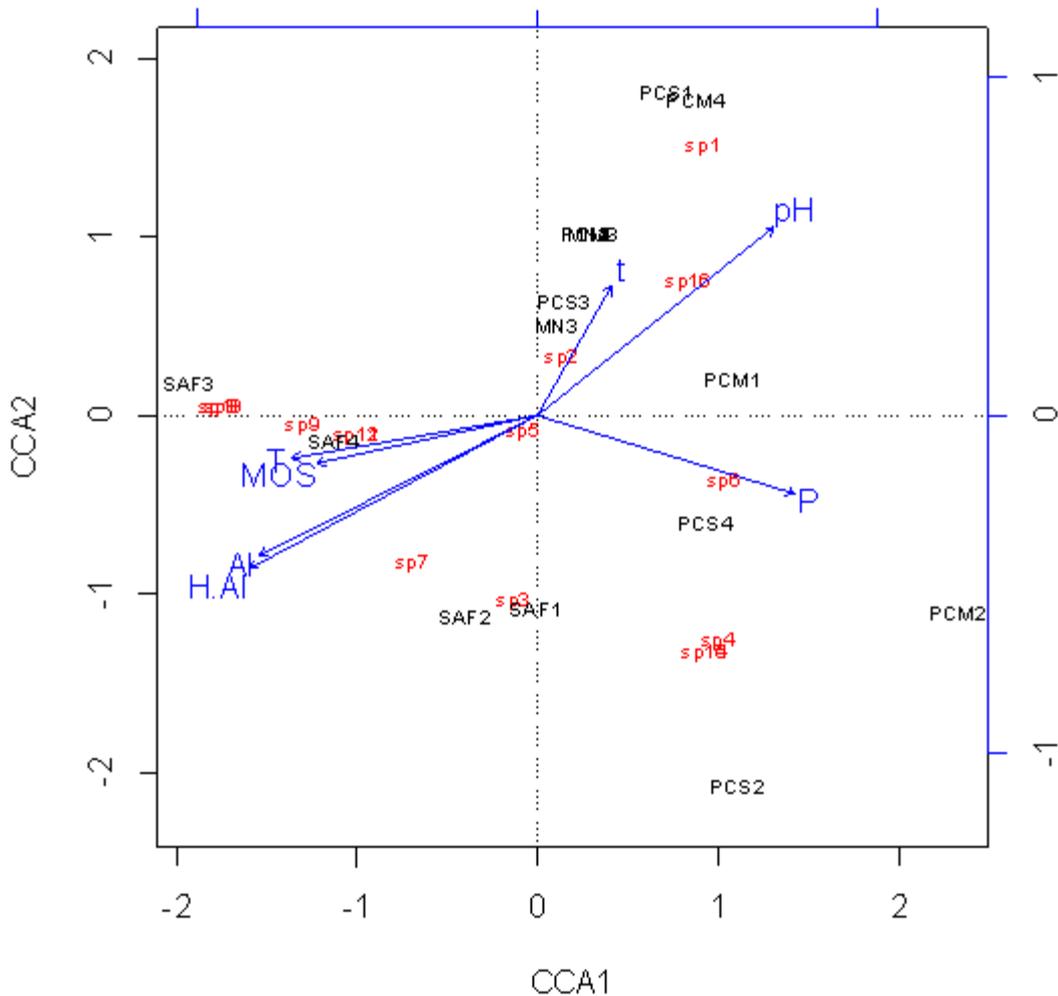


Figura 7 - Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) das 16 espécies de FMAs encontradas nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em Roraima.

O dendograma formado pelas espécies de FMAs que ocorreram em cada sistema de uso e manejo do solo são apresentados na Figura 7. Percebe-se a formação de 5 grupos a 50 % de similaridade. O grupo 1 inclui o plantio convencional de milho (bloco 2) como o mais discrepante quando comparado ao 5 grupo, possivelmente os atributos químicos nesta situação foram decisivos para estas diferenças.

É possível observar que entre os grupos formados, o SAF e a área de mata nativa se agrupam duas vezes, uma com 50% de similaridade (SAF 3, SAF4 e MN3) e outra com mais de 60% de similaridade (SAF1 e MN2). Esses resultados estão de acordo com

o esperado, uma vez que a área de SAF sofreu menos alterações quando comparada com as áreas de plantio de milho e soja.

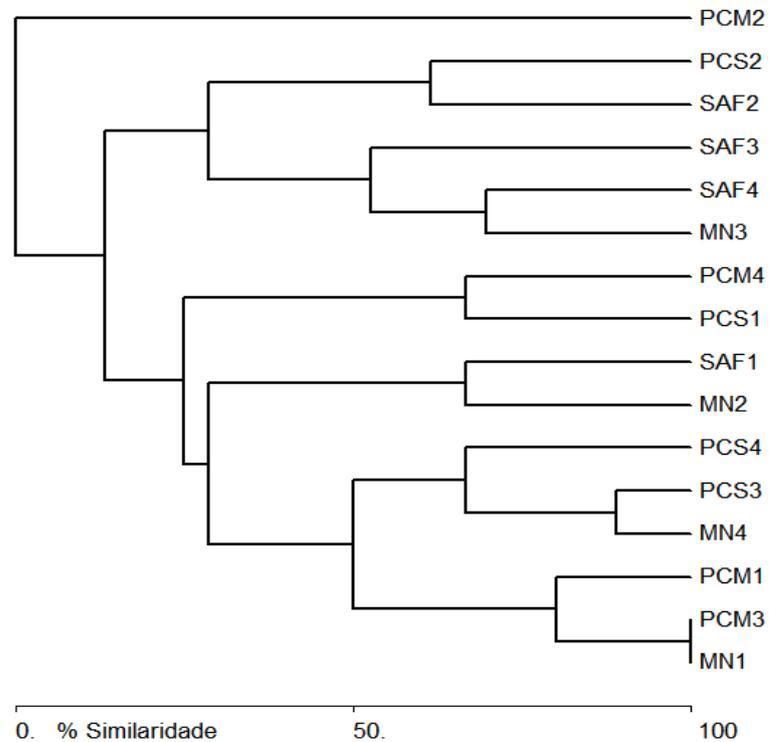


Figura 8 - Dendrograma de similaridade formado por FMAs em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.
Legenda: Áreas de mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), plantio convencional de soja (SO) e plantio convencional de milho (MI)

6 CONCLUSÕES

Os fungos micorrízicos arbusculares mostraram-se ocorrentes nos diferentes sistemas de uso do solo em Roraima, através da presença dos esporos no solo e pela riqueza de espécies identificadas.

Os sistemas de uso da terra influenciaram de forma significativa na densidade total de esporos, sendo que áreas de plantio de soja e milho apresentaram as maiores médias de esporos.

O SAF influenciou de forma positiva a composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares. As áreas de SAF seguido por plantio convencional de soja foram os sistemas que favoreceram uma maior ocorrência de espécies de fungos micorrízicos, enquanto os sistemas de mata nativa e plantio convencional de milho foram mais restritivos para o número de espécies destes fungos.

Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus*, mostraram-se quanto à ocorrência, indiferentes às características ambientais dos diferentes agroecossistemas.

As amostras oriundas das áreas de SAF e plantio convencional de milho possibilitaram a recuperação de espécies de fungos micorrízicos arbusculares não encontrados nas amostras de campo.

Os maiores teores de matéria orgânica do solo (MOS) encontrados no SAF mostraram-se como um atributo de fundamental importância para a maior riqueza de FMAs encontrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L. K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and soil**, v. 159, n. 1, p. 69-78, 1994.

ALEN, M. F.; ALLEN, E. B. Carbon source of VA mycorrhizal fungi associated with Chenopodiaceae from a semiarid shrub-steppe. **Ecology**, p. 2019-2021, 1990.

ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 957-963, 2007.

ALGUACIL, M.M. et al. The impact of tillage practices on arbuscular micorrhizal fungal diversity in subtropical crops. **Ecological Applications**, v. 18, n. 2, p. 527-536, 2008.

ALMEIDA, E. F. et al. Biomassa microbiana em sistemas agroflorestais na zona da mata mineira. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

ANGELINI, G. A. R. et al. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Revista Semina**, v. 33, n. 1, p. 117-132, 2012.

ARATO, H. D.; MARTINS, Sebastião S. V.; FERRARI, S. H. de S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

ARCO-VERDE, M. F.; SILVA, I. C.; MOURÃO JÚNIOR, M. Aporte de nutrientes e produtividade de espécies arbóreas e de cultivos agrícolas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Floresta, Curitiba**, v. 39, n. 1, p. 11-22, 2008.

ASSIS, P. C. R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n.6, p.1703-1711, 2014.

BALOTA, E. L. et al. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1265-1276, 1999.

BALZARINI, M.; DI RIENZO, J. InfoGen: software estadístico para el análisis de datos genéticos. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, 2004. Disponível em: <www.info-gen.com.ar>. Acesso em 24 fev. 2016.

BEDINI, S et al. Effects of long-term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. **Agriculture, ecosystems e environment**, v. 120, n. 2, p. 463-466, 2007.

BEDINI, S. et al. Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 7, p. 1491-1496, 2009.

BENEDETTI, U. G. et al. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, p. 299-312, 2011.

BEVER, J. D. et al. Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. **Journal of Ecology**, p. 71-82, 1996.

BRUNDRETT, M. C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. **Plant and Soil**, v. 320, n. 1-2, p. 37-77, 2009.

CAMERON, D. D. et al. Giving and receiving: measuring the carbon cost of mycorrhizas in the green orchid, *Goodyera repens*. **New Phytologist**, v. 180, n. 1, p. 176-184, 2008.

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

CAPRONI, Ana Lucy et al. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1409-1418, 2003.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica**, v.15, n.1, p.115-124, 2001.

COSTA, R. S. C. **Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais em duas comunidades rurais do Amazonas.** 2010. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

COSTA, C. M. C. et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 893-901, 2001.

COSTA, R. S. C.; CARMO, L. A.; MENDES, A. M.; RODRIGUES, V. G. S.; COSTA, N. L. Ocorrência de micorrizas arbusculares em cafezal solteiro e arborizado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS

AGROFLORESTAIS, 2002, **Anais...**, Ilhéus – BA. Embrapa/Ceplac/UESC. v. 1 p. 7-4. 2002.

DE BARY, A.; GARNSEY, H. E. F.; BALFOUR, I. B. **Comparative morphology and biology of the fungi, mycetoza and bacteria**. Clarendon Press, 1887.

DE LA PROVIDENCIA, I. E. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi reveal distinct patterns of anastomosis formation and hyphal healing mechanisms between different phylogenetic groups. **New Phytologist**, v. 165, n. 1, p. 261-271, 2005.

DE MELO, S. R.; ZILLI, J. R. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2010.

DE NOVAIS, C. B.; DE SOUZA, F. A.; SIQUEIRA, J. O. Caracterização fenotípica e molecular de esporos de fungos micorrízicos arbusculares mantidos em banco de germoplasma. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 806-896, 2011.

DE QUEIROZ CAVALCANTI, M. A. et al. Fungos filamentosos isolados do solo em municípios na região Xingó, Brasil. **Acta Botanica Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 831-837, 2006.

DINIZ, P. F. A. Influência do fungo micorrízico arbuscular (*Glomus clarum*) sobre características biofísicas, nutricionais, metabólicas e anatômicas em plantas jovens de seringueira. 2007.

DO VALE JÚNIOR, J. F. et al. Erodibilidade e suscetibilidade à erosão dos solos de cerrado com plantio de *Acacia mangium* em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2010.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, n. definingsoilqua, p. 1-21, 1994.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 73-78, 2004.

FERREIRA, L. M. M. et al. **Desenvolvimento de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) em sistema agroflorestral na região da Confiança, em Cantá – Roraima**. Boa Vista: EMBRAPA, Roraima, 2011. 4 p. (EMBRAPA, Comunicado Técnico, 68).

FONTANA, A. et al. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

FRANKE-SNYDER, D. et al. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. **Applied Soil Ecology**, v. 6, v. 1, p. 35-48, 2001.

FREIRE, V. F. Micorrizas arbusculares: origem, distribuição e classificação taxonômica. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 2, n. 2, 2007.

FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; VIEIRA, I. J. C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 887-894, 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C. et al. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: Funcionalidade e sustentabilidade. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida**. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/UENF, p. 64-84, 2004.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GOMIDE, P. H. O. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in vegetation types in the Pantanal of Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1114-1127, 2014.

GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**, 2006.

HOAGLAND, D. R. et al. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular California Agricultural Experiment Station**, v. 347, n. 2nd edit, 1950.

INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF (VESICULAR) ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI. [s.i.: s.n] 2012. Disponível em : <http://invam.caf.wvu.edu>. Acesso em: 14 Jan. 2016.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Hyphae of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus maintain infectivity in dry soil, except when the soil is disturbed. **New Phytologist**, v. 112, n. 1, p. 101-107, 1989.

JOHANSSON, J. F.; PAUL, L. R.; FINLAY, R. D. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. **FEMS microbiology ecology**, v. 48, n. 1, p. 1-13, 2004.

KABIR, Z. et al. Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization: hyphal density and mycorrhizal root colonization. **Plant and Soil**, v. 192, n. 2, p. 285-293, 1997.

KITAMURA, A. E. et al. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 405-416, 2008.

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO² emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 91, n. 1, p. 244-248, 2006.

LACERDA, K. A. R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do cerrado. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 377-386 2011.

LEAL, P. L. **Fungos micorrízicos arbusculares isolados em culturas armadilhas de solos sob diferentes sistemas de uso na Amazônia**. 2005. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras.

LEITE, A. A. L. et al. Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistema de aléias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 875-882, 2008.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**. 1981.

MEIRELES FILHO, J. C. **O livro de ouro da Amazônia: mitos e verdades sobre a região mais cobiçada do planeta**. Ediouro Publicações, 2004.

MELLONI, R.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 267-276, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Ecologia do solo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª edição. UFLA, Lavras, p. 83-161, 2006.

MORTON, J. B.; BEVER, J. D.; PFLEGER, F. L. Taxonomy of *Acaulospora gerdemannii* and *Glomus leptotichum*, synanamorphs of an arbuscular mycorrhizal fungus in Glomales. **Mycological Research**, v. 101, n. 05, p. 625-631, 1997.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá de corte, na largura da entrelinha, na amostragem do solo em lavouras com adubação em linha no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 69, p. 22-28, 2002.

OEHL, F. et al. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, n. 5, p. 2816-2824, 2003.

OEHL, F. et al. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. **New Phytologist**, v.165, p.273-283, 2005.

OLSSON, P. A. Signature fatty acids provide tools for determination of the distribution and interactions of mycorrhizal fungi in soil. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 29, n. 4, p. 303-310, 1999.

PERLATTI, F. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares no solo de agrossistemas e mata nativa em ambiente semiárido no Ceará**. 2010. Dissertação de Mestrado. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PIELOU, E. C. Spatial and temporal change in biogeography: gradual or abrupt. **Evolution, time and space: the emergence of the biosphere/eds RW Sims, JH Price, PES Whalley. L., etc.: Acad. Press**, p. 29-56, 1983.

REDECKER, D. A. et al. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*). **Mycorrhiza**. v. 23, n. 7, p. 515 - 531, 2013.

RIBEIRO, J. E. L. da S. **Flora da reserva Ducke**. INPA; DFID, 1999.

SALTON, J. C. et al. Soil aggregation and aggregate stability under crop-pasture systems in Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SANCHEZ, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. **Special Publication**, v. 29, p. 35-35, 1992.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Série Ciência da Terra**, v. 12, p. 63-104, 2000.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological research**, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical ecosystems**. GTZ, 1991.

SILVA JUNIOR, J. P. da; CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 819-825, 2006.

SILVA, S. da; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S. Mycorrhizal fungi influence on brachiariagrass growth and heavy metal extraction in a contaminated soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1749-1757, 2006.

SILVA, C. F. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do parque estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Caatinga**, v. 19, p. 01-10, 2006.

SILVA, R.F. et al. Comunidade de Fungos micorrizicos arbusculares em solo cultivado com eucalipto, pinus e campo nativo em solo arenoso, São Francisco de Assis, RS. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p. 353-361, 2008.

SILVEIRA, A. P. D. et al. Micorrizas. *In*: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C. (Eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 257-282, 1992.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 207-211, 1986.

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.; KLAUBERG-FILHO, O.; NOVAIS, R. F. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. **Tópicos em Ciência do Solo**. UFV, Viçosa, Brasil, p. 235-264, 2000.

SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG-FILHO, O.; NOVAIS, R. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. **Tópicos em ciência do solo**, v. 1, p. 235-264, 2000

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 03, p. 331-336, 2005.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic press, 2010.

SOLOS, Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Rio de Janeiro**, v. 412, 1999.

SOUZA, L.; SILVA, G.; OLIVEIRA, V. Eficiência de fungos ectomicorrízicos na absorção de fósforo e na promoção do crescimento de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 4, p. 349-355, 2004.

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.

SOUZA, C. S. Diversidade e atividade de fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas do semi-árido paraibano. 2009. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco.

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

STURMER, S. L. Efeito de diferentes isolados fúngicos da mesma comunidade micorrízica no crescimento e absorção de fósforo em soja e trevo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 611-622, jul./ago. 2004.

STÜRMER, S. L.; BELLEI, M. M. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal of Botany**, v. 72, n. 3, p. 359-363, 1994.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. 10 Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Brazilian Ecosystems. **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**, p. 206, 2006.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. **Mycorrhiza**, v. 21, n. 4, p. 255-267, 2011.

STUTZ, J. C.; MORTON, J. B. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. **Canadian Journal of Botany**, v. 74, n. 12, p. 1883-1889, 1996.

TCHABI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, v.18, p.181–195, 2008.

TER BRAAK, C. J. F.; VERDONSCHOT, P. F. M. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. **Aquatic sciences**, v. 57, n. 3, p. 255-289, 1995.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D.; CARDOSO, E. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREORE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 179-197.

VALE JÚNIOR, J. F. et al. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; SOUZA, J. M. C. (Eds.) **Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrosilvopastoris**. Boa Vista, FEMACT, p. 79-91, 2005.

VALE JÚNIOR, J. F. et al. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agroambiente**, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A; BARDGETT, R. D.; VAN STRAALLEN, N. M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. **Ecology letters**, v. 11, n. 3, p. 296-310, 2008.

VENDRAME, P. R. S.; EBERHARDT, D. N.; RODRIGUES, O. Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado Iron and aluminum forms and their relationship with texture, mineralogy and

organic carbon in the Cerrado Oxisol. **Semina**, v. 32, n. suplemento 1, p. 1657-1666, 2011.

APÊNDICE



Acaulospora mellea



Acaulospora foveata



Acaulospora lacunosa



Acaulospora morrowiae



Acaulospora laevis



Acaulospora rehmii



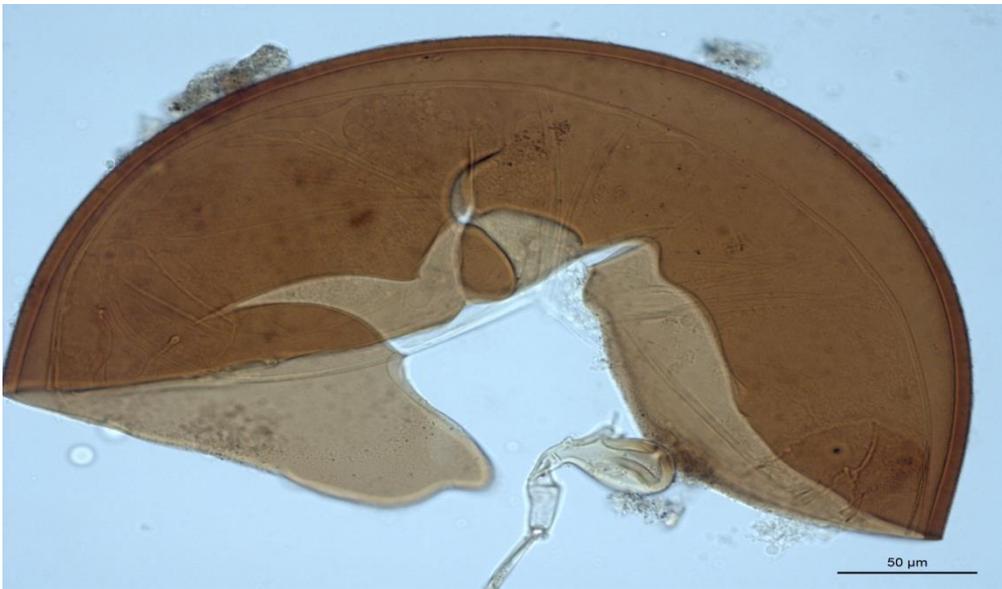
Acaulospora tuberculata



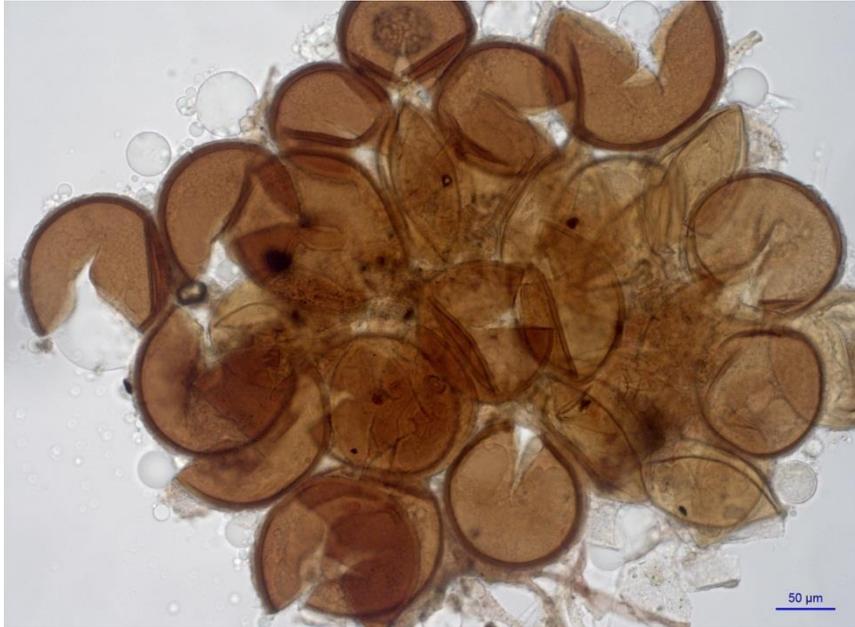
Ambispora leptoticha



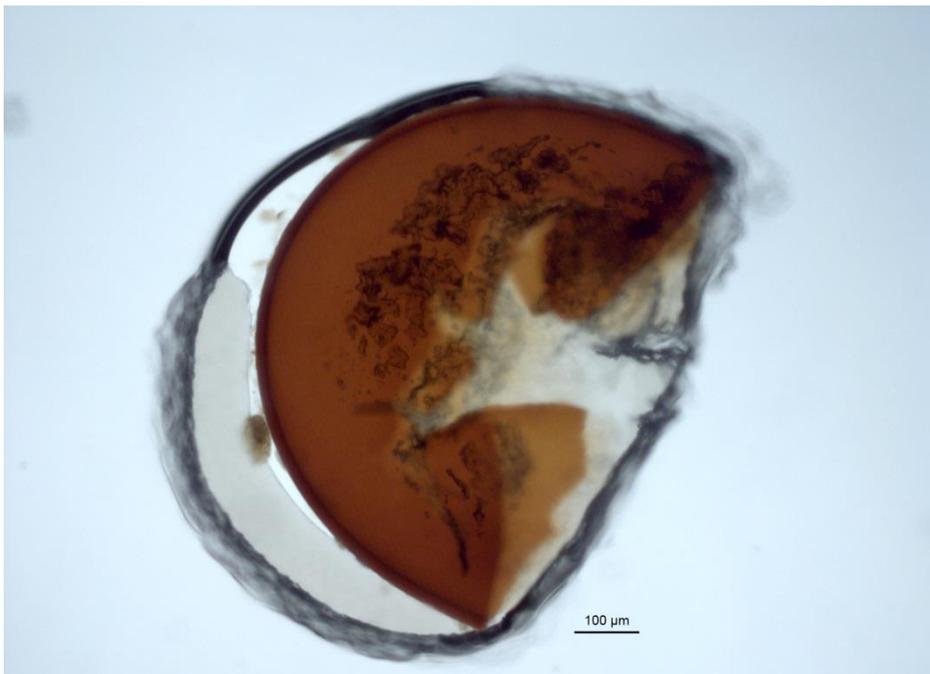
Claroideoglomus etunicatum



Dentiscutata heterogama



Glomus sp.



Gigaspora sp.



Rhizophagus intraradices



Scutellospora pernambucana

Fotos retiradas dos esporos encontrados nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo em Roraima. As fotos foram realizadas na FURB com o auxílio do Dr. Sidney Luiz Sturmer.