

JÉSSICA DE OLIVEIRA SOUZA

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (FMA) EM
DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Outubro - 2018

JÉSSICA DE OLIVEIRA SOUZA

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (FMA) EM
DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração: Ecologia e conservação de ecossistemas florestais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Outubro - 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S729o Souza, Jéssica de Oliveira.
Ocorrência de fungos micorrizicos arbusculares (FMA) em diferentes tipologias florestais do Estado de Pernambuco / Jéssica de Oliveira Souza. – Recife, 2018.
63 f.: il.

Orientador(a): Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Micorriza 2. Diversidade 3. Floresta Ombrófila 4. Floresta estacional 5. Plantio de eucalipto I. Chaves, Lúcia de Fatima de Carvalho orient. II. Título

CDD 634.9

JÉSSICA DE OLIVEIRA SOUZA

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (FMA) EM
DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

APROVADA em 31/08/2018

Banca Examinadora

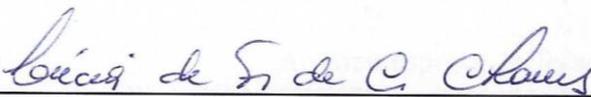


Dr^a. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos – DEPA/UFRPE



Prof. Dr. Delson Laranjeiras – DEPA/UFRPE

Orientador:



Prof. Dr^a. Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves – UFRPE

RECIFE-PE

Outubro /2018

Ao meu DEUS, por toda sabedoria e força concedida durante toda minha vida.

A minha mãe, Gizabel, pelo amor incondicional, por todo apoio e encorajamento, por todo esforço para me fazer realizar este sonho.

DEDICO.

Ao meu esposo, Jefferson, pelo apoio e amor.

A minha família, pelo exemplo e encorajamento.

Aos meus amigos, pela força e incentivo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu primeiro mestre, DEUS, por me ensinar as lições da vida, por sua presença infalível e por me dar força e saúde para realizar este grande sonho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, seu corpo docente, direção e administração que me deram a oportunidade de viver grandes aprendizados e pela realização desse sonho.

Ao CNPq pela concessão de bolsa para elaboração da pesquisa.

A todos os docentes do programa de pós-graduação em ciências Florestais, pela paciência e pelos ensinamentos passados com dedicação.

À Professora Dr.^a Lúcia de Fátima de Carvalho Chaves, por ter me acolhido e me orientado em grande parte de minha vida acadêmica, pela sua paciência e todos os seus ensinamentos.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), na pessoa do Dr. José de Paula Oliveira, pelo apoio e por toda ajuda prestada.

Ao Laboratório de Análise do Solo da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelas análises.

A Usina Petribú, bem como toda equipe técnica por todo apoio durante as coletas nas áreas de plantio de eucalipto da empresa.

Aos meus caros amigos do Laboratório de Microbiologia e Patologia Florestal, por toda ajuda e pelos bons momentos que passamos juntos, vou sentir saudades.

A amiga Marilene técnica do Laboratório de Biologia do Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco, pelas orações e por toda ajuda e conselhos.

Aos amigos Naílson, Adão, Nélio, Joselane Gomes, Gabriela Salami, Ane Fortes e Suellen, por não se negarem a me ajudar nos momentos que mais precisei.

Aos amigos Jaílson e Gisele pelo encorajamento em momentos difíceis e por sempre me incentivarem, amo vocês.

Ao caro amigo Davi Santos por toda ajuda concedida em hora oportuna, meu muito obrigada de coração.

Ao meu esposo, Jefferson Alves de França, por todo carinho, amor e compreensão, e por nunca me deixar desistir dos meus sonhos, te amo.

A minha família, por sempre torcer por mim.

A todos os meus colegas e amigos, que conheci no curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela amizade, pelo companheirismo e pelos momentos maravilhosos e inesquecíveis que vivenciamos juntos.

A todos vocês a minha mais sincera gratidão.

SOUZA, JÉSSICA DE OLIVEIRA. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em diferentes tipologias florestais do estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018. Orientadora: Lúcia de Fátima de Carvalho Chaves.

RESUMO

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) estão presentes no solo dos mais diferentes ambientes, formando associações com plantas superiores que, em resposta a essa associação, apresentam uma melhoria no estado nutricional da planta e conseqüentemente um maior crescimento. A associação de plantas com FMAs permite aos vegetais se estabelecerem até mesmo em locais com condições desfavoráveis para as plantas, aumentando sua sobrevivência o que pode ajudar na restauração de ecossistemas degradados, cujos benefícios podem ser ainda maiores quando com FMAs nativos, havendo, portanto, necessidade de se conhecer a diversidade de associações e o papel ecológico que cada espécie desempenha para elaborar planos de manejo e aperfeiçoar as técnicas de recuperação de áreas degradadas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar a ocorrência e diversidade de FMA, em diferentes tipologias florestais do estado de Pernambuco, e comparar com a ocorrência e diversidade desses fungos existentes em plantios de *Eucalyptus* spp., nas proximidades da floresta nativa, observando as variações entre estação seca e chuvosa nesses ambientes. Foram coletadas 80 amostras de solo rizosférico, sendo 20 amostras no plantio de *Eucalyptus* spp. e 20 na mata nativa da estação Experimental de Itapirema, do IPA em Goiana, 20 amostras de solo no plantio de *Eucalyptus* spp. da Usina Petribu, e 20 no fragmento de mata nativa da EECAC do município de Carpina. A extração de esporos de FMA foi feita seguindo a metodologia proposta por Gerdemann e Nicolson (1963), com posterior centrifugação e suspensão em sacarose a 50% (JENKINS, 1964). Foram feitas análises de diversidade, densidade e frequência, além de análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias, ainda foram realizadas análises de riqueza e de similaridade. Foram encontradas 26 morfoespécies pertencentes a sete gêneros de FMA, *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Racocetra*, *Rhizoglomus*, *Rhizophagus* e *Dentiscutata*, sendo o gênero *Glomus* o de maior riqueza (oito espécies) em comparação aos demais, ocorrendo em todas as áreas analisadas, apresentando as maiores densidades absolutas, com exceção da área de plantio de *Eucalyptus* spp. da Usina Petribú, no período chuvoso. As áreas diferiram entre si quanto ao período climático e ao tipo de vegetação, sendo encontrado um maior índice de diversidade em áreas de mata nativa e um maior índice de dominância nas áreas de plantios, além de serem encontrados, de modo geral, maiores quantidades de esporos no período seco do que no período chuvoso.

Palavras-chave: Micorriza; Diversidade; Floresta Ombrófila; Floresta Estacional; Plantio de eucalipto.

SOUZA, JÉSSICA DE OLIVEIRA. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in different forest typologies in the state of Pernambuco. Dissertation (Masters in Forest Sciences), Federal Rural University of Pernambuco, 2018.

ABSTRACT

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) are present in the soil of the most different environments, forming associations with higher plants that in response to this association show an improvement in the nutritional state of the plant and consequently a greater growth. Associations of plants with AMF allows plants to establish themselves even in locations with unfavorable conditions for plants, increasing their survival, as well as helping to restore degraded ecosystems, whose benefits can be even greater when native AMF are used. However there are need knowing the diversity of associations and the ecological role that each species plays in order to elaborate management plans and to improve the techniques of recovery of degraded areas. In this sense, the objective of this study was to analyze the occurrence and diversity of AMF, in different forest typologies of the state of Pernambuco, and to compare the occurrence and diversity of these fungi in *Eucalyptus* spp. variations between dry and rainy seasons in these environments. Eighty samples of rhizospheric soil were collected, and 20 samples were collected at *Eucalyptus* spp. and 20 in the native forest of the Experimental Station of Itapirema, IPA in Goiana, 20 soil samples in *Eucalyptus* spp. of the Petribu Factory, and 20 in the native forest fragment of EECAC of the municipality of Carpina. AMF spore extraction was carried out following the methodology proposed by Gerdemann and Nicolson (1963), followed by centrifugation and suspension in 50% sucrose (JENKINS, 1964.). Diversity, density and frequency analyzes were performed, as well as analysis of variance (ANOVA) and comparison test of means were also analyzed for richness and similarity. Twenty six morphospecies belonging to seven genera of AMF, *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Racocetra*, *Rhizoglosum*, *Rhizophagus* and *Dentiscutata* were found. with the highest absolute densities (except for the *Eucalyptus* spp. planting area of the Petribú Factory, during the rainy season). The areas differed in relation to the period climatic and vegetation type, finding a higher index of diversity in areas of native forest and a greater index of dominance in planting areas. Generally, larger amounts of spores were found in the dry period than in the rainy season.

Keywords: Mycorrhiza; Diversity; Ombrophilous Forest; Seasonal Forest; Planting of *Eucalyptus*.

“E assim, esperando com paciência, alcançou a promessa”

Hebreus 6:15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Solo como reservatório de Microrganismos.....	14
2.2. A Rizosfera.....	15
2.3. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)	17
2.4. Importância dos FMAs	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Caracterização do local.....	25
3.1.1. Goiana (Estação Experimental de Itapirema – IPA)	25
3.1.2. Carpina (Estação Experimental de Cana-de-açúcar e Usina Petribú).....	25
3.2. Amostragem.....	27
3.3. Extração de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)	28
3.4. Identificação.....	28
3.5. Índices ecológicos avaliados.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Densidade e Frequência de FMAs nas áreas amostrais	31
4.2. Diversidade e dominância das áreas amostrais	36
4.3. Avaliação estatística das áreas amostrais.....	38
4.4. Riqueza de espécies de FMA	39
4.4.1. Áreas de Mata nativa vs. Plantio de Eucalipto	39
4.4.2. Mata nativa de Carpina e Goiana período seco vs. chuvoso	42
4.4.3. Plantio de <i>Eucalyptus</i> sp. de Goiana e Carpina (seco vs. chuvoso)	44
4.5. Análise de similaridade	48
5. CONCLUSÃO	55
6. REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O solo é um reservatório que comporta diversas formas de vida, o qual é indispensável para a manutenção e desenvolvimento dos ecossistemas terrestres. Os microrganismos contidos nele apresentam-se em diversidade de níveis taxonômicos, com diferentes características genéticas e fenotípicas, além de serem diversos também funcionalmente, ou seja, os microrganismos apresentam diferenças na fisiologia e na ecologia, tornando o solo um ecossistema complexo (FERNÁNDEZ et al., 2008).

Hiltner (1904) define a zona de maior concentração de microrganismos como rizosfera, região ao redor das raízes ou área de contato entre microrganismos presentes no solo e as raízes das plantas, onde há liberação de compostos químicos (exsudados) que influenciam no crescimento da microbiota do solo.

Dentre os diversos microrganismos presentes na rizosfera, e que participam de vários processos, os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) fazem parte de um importante grupo funcional de microrganismo do solo, merecendo destaque por atuarem no aumento da disponibilidade de nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento dos vegetais (SANTOS et al., 2008; CARDOSO et al., 2010).

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs), pertencentes ao filo Glomeromycota, classe Glomeromycetes, ordem Glomerales, são biotróficos obrigatórios, ou seja, para completar seu ciclo de vida precisam de um hospedeiro vivo. Esses fungos possuem a capacidade de colonizar as raízes das plantas vasculares de quase todos os ambientes, formando associações mutualísticas, algumas bastante específicas e evoluídas (SOUZA et al., 2010).

O papel que estes fungos desempenham na manutenção e na dinâmica dos ecossistemas vegetais é de extrema relevância, principalmente nos trópicos onde os solos são bastante intemperizados e alguns nutrientes formam ligações com outros ficando retidos em locais mais profundos, onde as raízes muitas vezes não conseguem chegar. Os efeitos na nutrição dos vegetais são os mais marcantes, pois os fungos transferem nutrientes minerais, principalmente aqueles com baixa mobilidade no solo (SIQUEIRA et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2010).

Esses fungos ampliam o sistema radicular das plantas fazendo com que uma maior parte do solo seja explorada pelas plantas, como consequência os vegetais apresentam maior resistência a fatores do ambiente, tais como estresse de natureza biótica (pragas e doenças) e de natureza abiótica, por exemplo, estresse hídrico,

proporcionando a esses vegetais um maior crescimento (SCHIAVO; MARTINS; RODRIGUES, 2010), funcionando como estratégia de sobrevivência, pois plantas colonizadas apresentam melhor resistência à seca que plantas não colonizadas por esses fungos (YANG et al., 2016).

A maioria dos estudos tem buscado identificar padrões de ocorrência desses fungos em agrossistemas e biomas brasileiros, pois muitas pesquisas comprovam a ocorrência natural de FMAs em diferentes biomas, porém os dados adquiridos ainda são insuficientes, tendo em vista que alguns biomas são mais estudados, como é o caso do Cerrado, e, em contra partida, outros foram pouco estudados, como, por exemplo, a Caatinga, demonstrado por Maia et al. (2010), que relata o fato de muitas espécies de fungos ecologicamente importantes ainda não terem sido identificadas, apesar do Bioma Caatinga apresentar um alto potencial para descoberta de novas espécies de FMA, tendo-se apenas 36% do total de espécies conhecidas, ou seja, 75 de 205 espécies.

O conhecimento da diversidade de FMA nativos pode servir de estratégia para diminuir a expansão dos impactos causados pela exploração e, conseqüentemente, garantir uma maior produtividade das culturas. Estudos de diversidade e ecologia podem contribuir para o aprimoramento de técnicas de manejo que sejam mais adequadas aos diferentes tipos de ambientes existentes e assim obter um uso mais eficiente desses fungos em diferentes espécies vegetais.

Nesse sentido, desenvolveu-se o presente estudo, com o objetivo de analisar a ocorrência e diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares, em duas diferentes tipologias florestais do estado de Pernambuco, e comparar com a ocorrência e diversidade desses fungos existentes em plantios de *Eucalyptus* spp., nas proximidades da floresta nativa, observando as variações entre as estações seca e chuvosa nesses ambientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solo como reservatório de Microrganismos

O solo é um importante compartimento da biosfera, atuando como reservatório biológico e ainda com outras importantes funções tais como suporte para plantas e reservatório de nutrientes e água. Esse sistema complexo, heterogêneo e descontínuo possui diversas características físicas e químicas que caracterizam os solos das mais diversas regiões do planeta, dando a cada solo características específicas e únicas, permitindo que se formem no solo, diferentes habitats que são colonizados por diferentes espécies de microrganismos (COTTA, 2016).

O solo é um recurso imprescindível para o desenvolvimento das plantas e funciona como um reservatório de diversidade de formas de vidas com diferenças nas funções desempenhadas, no habitat e na fisiologia que o torna heterogêneo (FERNÁNDEZ et al., 2008). Por isso, ocorre no solo uma grande quantidade de reações bioquímicas desempenhadas por microrganismos que habitam nesse solo e que atuam na sua manutenção e modificam suas características que são responsáveis por distintas reações bioquímicas, como a decomposição da matéria orgânica, a desnitrificação, a solubilização e a ciclagem de nutrientes, além de outros tantos processos, permitindo que os nutrientes retornem ao solo e sejam prontamente usados pelos vegetais em suas atividades vitais (SOUZA et al., 2010).

Dentre os diversos microrganismos que habitam o solo, os fungos e as bactérias são os mais abundantes, participando ativamente de diversas transformações que envolvem a disponibilidade de nutrientes para as plantas e regulam a degradação de matéria orgânica presente no solo. Os fungos micorrízicos e as bactérias diazotróficas, genericamente conhecidas como rizóbios, merecem destaque por atuarem no aumento da disponibilidade de nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento dos vegetais, respectivamente, fósforo (P) e nitrogênio (N), e sua ausência pode ser fator de limitação do crescimento, ocasionando redução na produtividade (SANTOS et al., 2008; CARDOSO et al., 2010).

Os organismos presentes no solo são sensíveis a mudanças de temperatura, umidade e pH, variando quantitativamente e qualitativamente esse fato contribui para o uso desses organismos como bioindicadores da qualidade do solo, sendo de suma importância o conhecimento da microbiota do solo e a análise dos seus componentes

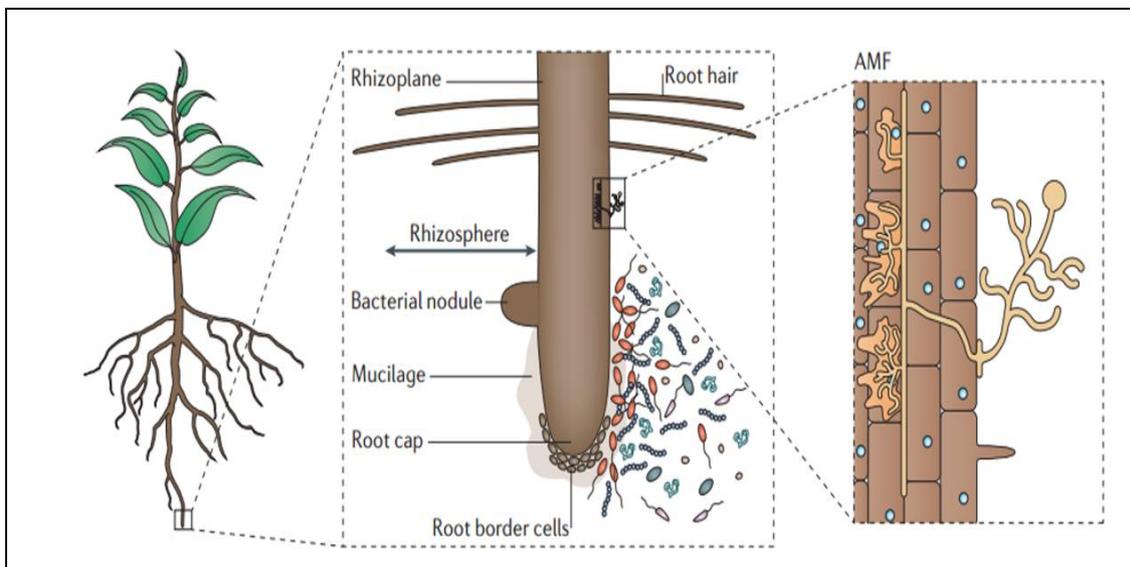
para conhecer a real situação do ambiente estudado e saber se esses microrganismos estão de alguma forma respondendo as alterações que podem ocorrer nesses locais devido a mudanças climáticas ou a impactos causados pela ação do homem.

2.2 A Rizosfera

Pode-se dizer que a formação da rizosfera se inicia com a semeadura, tendo em vista que quando a semente entra no solo é criado um ambiente onde microrganismos começam a atuar, isso devido, claro, a exsudação de compostos químicos que começam a ser liberados assim que a radícula é emitida. Logo, a rizosfera pode ser definida como uma área de íntimo contato entre microrganismos e raízes de plantas, região onde existe a liberação de diferentes exsudados que influenciam no crescimento da microbiota do solo (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016).

A rizosfera (Figura 1), segundo Cavaglieri et al. (2009), é composta por três zonas, a saber: a) a Endorrizosfera que engloba porções do córtex e endoderme; b) o Rizoplano que é a zona que fica desde a superfície da raiz (epiderme) até a mucilagem; e c) a Ectorrizosfera que é a parte que se estende para fora a partir do rizoplano.

Figura 1. Esquema mostrando as interações que ocorrem nas zonas da rizosfera

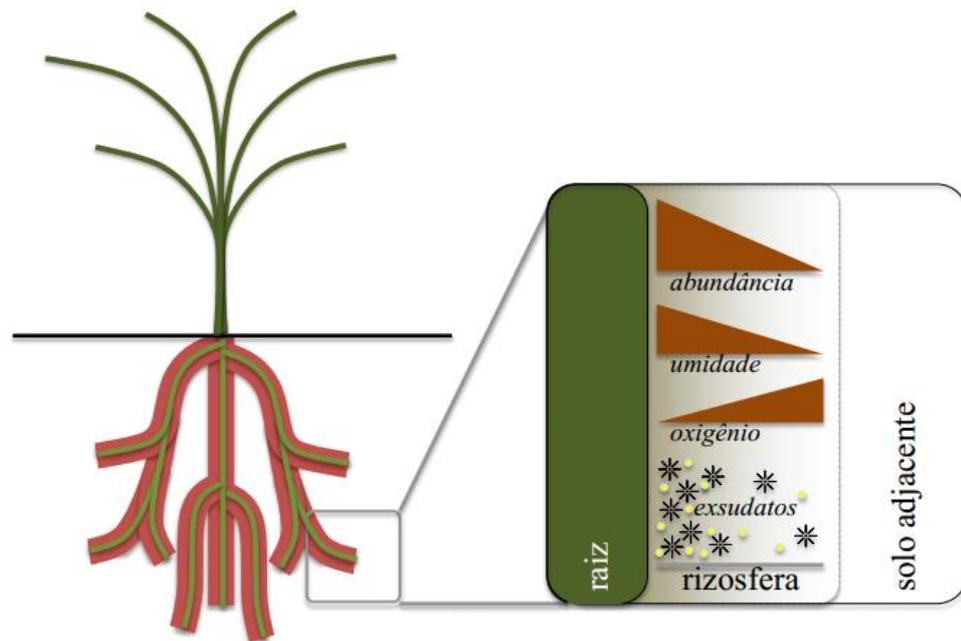


Fonte: Philippot et al. (2013).

No solo as raízes crescem e os diversos exsudados liberados pelas plantas vão estimular o crescimento e desenvolvimento das comunidades que estão presentes na

rizosfera causando um efeito conhecido como “efeito rizosférico”, onde há maior abundância de microrganismos devido a criação de um ambiente favorável para a multiplicação de determinadas espécies (Figura 2). Em suma a planta recruta microrganismos de interesse através dos seus metabolitos depositados na rizosfera, atraindo parte da biodiversidade total que se encontra no solo adjacente (BARRET; MORRISEY; O’GARA, 2011).

Figura 2. Detalhe mostrando como microrganismos específicos são recrutados do solo adjacente, atraídos pelos exsudatos e características benéficas que são encontrados na rizosfera.



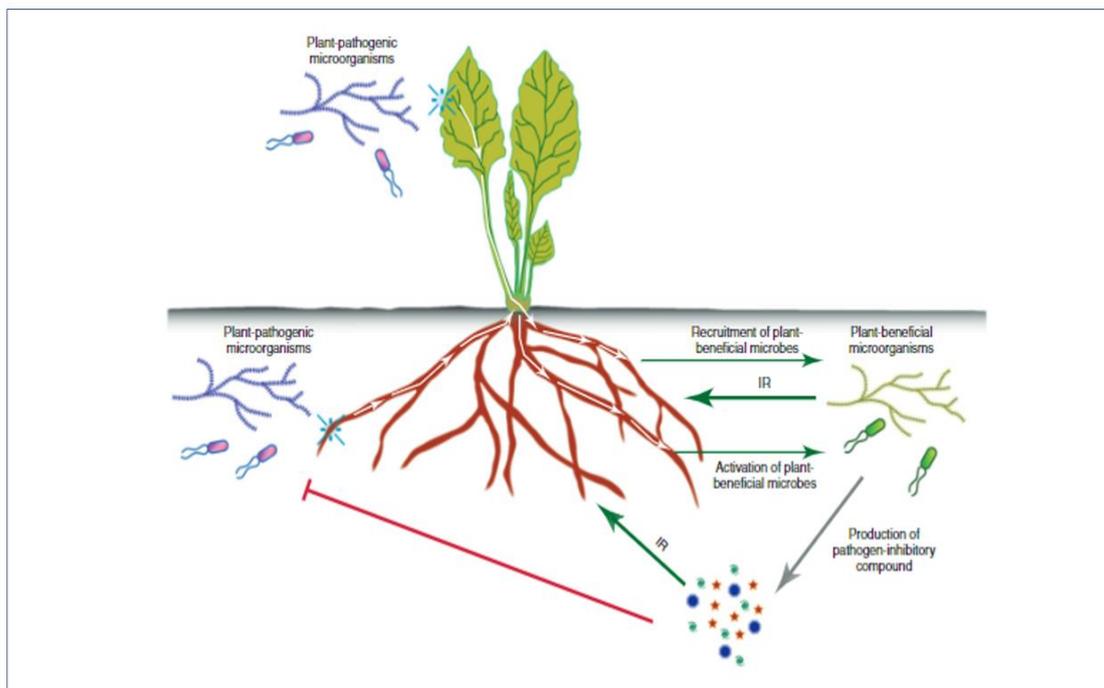
Fonte: Romagnoli; Andreote (2016).

Contudo essa menor diversidade em comparação ao solo adjacente não resulta em diminuição das funções do ecossistema, o que ocorre é que há um aumento das funções de interesse para o vegetal (MARKOWITZ et al., 2008), mesmo com menor diversidade em relação ao solo adjacente as funções de determinadas espécies no solo rizosférico não são perdidas devido à ausência da espécie que realiza esta função, tendo em vista que em ecossistemas naturais ocorre um fenômeno conhecido como redundância funcional, onde mesmo se uma espécie desaparecer, sua função ecológica não estará perdida (JONER et al., 2007).

Além disso, estes microrganismos presentes na rizosfera promovem a supressão de doenças em plantas, isso devido ao equilíbrio que é gerado na rizosfera devida a

grande abundância de microrganismos que não permitem que haja multiplicação de agentes patogênicos, promovendo assim a proteção dos vegetais, além do que as plantas quando atacadas por agentes patogênicos recrutam microrganismos específicos para atuarem na sua defesa (Figura3) (BERENDSEN et al., 2012).

Figura 3. Esquema do recrutamento de microrganismos na rizosfera para defesa vegetal

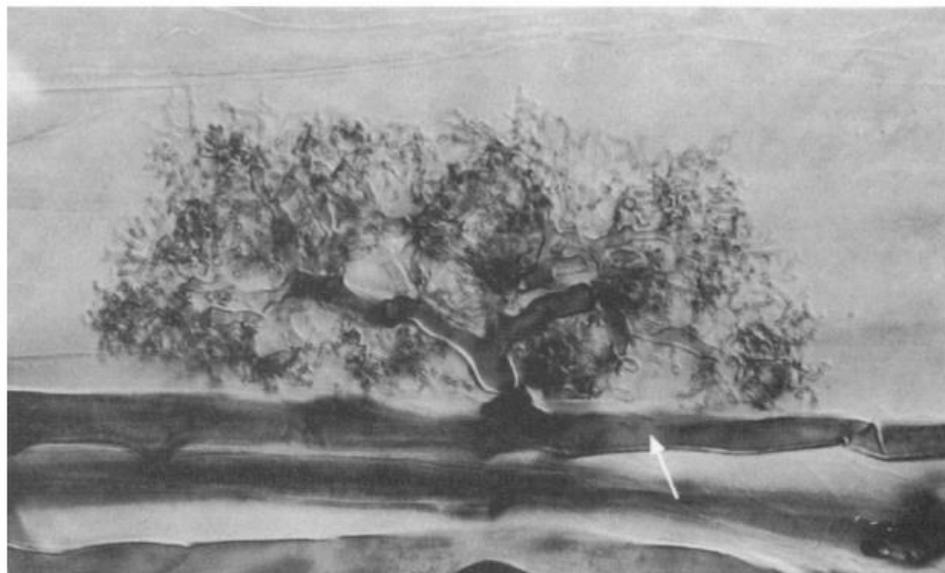


Fonte: Berendesen et al. (2012).

2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

As raízes das plantas vasculares de quase todos os ambientes formam associações com Fungos Micorrízicos Arbusculares – FMAs (CARRINO-KYKER et al., 2017), que recebem este nome devido à estrutura característica que formam na infecção dos tecidos das raízes, os arbúsculos (Figura 4) que são formadas a partir de hifas modificadas. Essas estruturas começam a se formar dentro de células do córtex da raiz de plantas colonizadas com aproximadamente dois dias após a infecção, são temporárias e começam a colapsar após poucos dias e é através dessas estruturas que são realizadas as trocas de substâncias entre a planta e o fungo (SMITH; READ, 2008; COSTA et al., 2013; VALADARES; MESCOTTI; CARDOSO, 2016), sendo esses fungos constituídos basicamente por hifas, vesículas e esporos, mas os componentes principais dessa associação são os arbúsculos e as hifas.

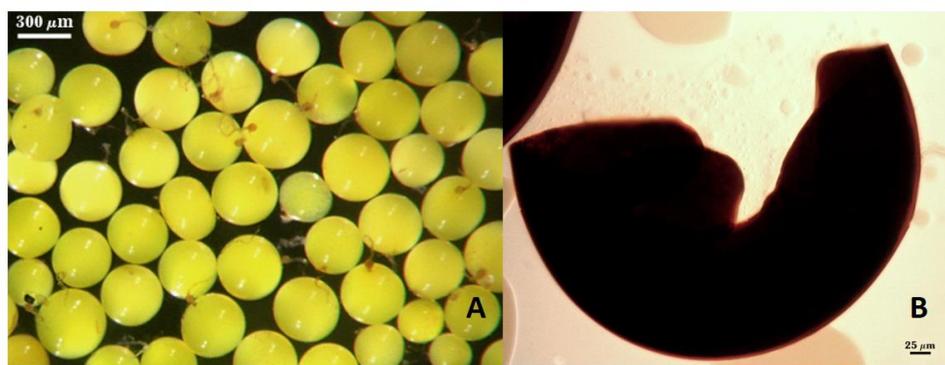
Figura 4. Arbúsculo maduro de *Glomus mosseae* dentro de célula cortical de *Allium porrum* (Alho-poró). Arbúsculo cresce a partir de hifa bem desenvolvida (Seta).



Fonte: Smith; Read (2008).

As hifas se ramificam pelo solo formando uma extensão da raiz e alcançando nutrientes que estão muitas vezes imóveis no solo (COSTA et al., 2013). Os esporos por sua vez contêm reservas suficientes para suportar o crescimento das hifas, mas devem formar associação para poderem adquirir carbono e completar seu ciclo de vida, são estruturas que funcionam como reservatório de lipídeos para a germinação e como propágulos; os esporos (Figura 5) contêm citoplasma e vários núcleos (JAVOT et al., 2007; VALADARES; MESCOTTI; CARDOSO, 2016).

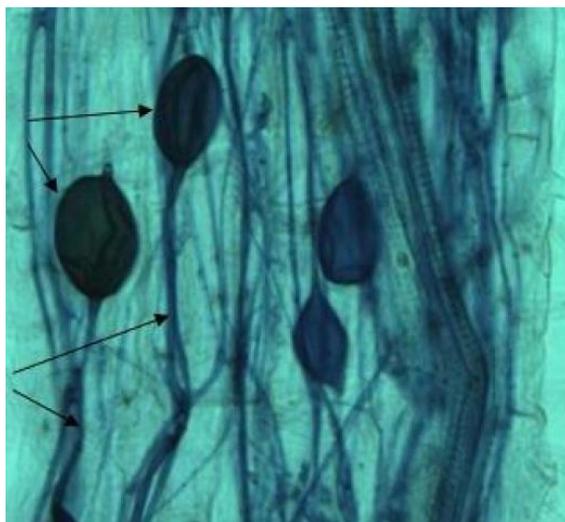
Figura 5. Esporos de *Gigaspora gigantea*. A: suspenso em água e visualizado em lupa estereoscópica; B: Em lâmina com reagente Melzer's, visualizado em microscópio



Fonte: Invam (2017).

As vesículas (Figura 6) são estruturas globosas que se formam logo após os arbúsculos e servem como órgãos de armazenamento, acumulando reservas que adquirem nas associações micorrízicas; apesar de se desenvolverem após os arbúsculos estas estruturas tem uma vida mais longa podendo durar de meses a anos nas raízes, funcionando também como propágulos (VALADARES; MESCOTTI; CARDOSO, 2016).

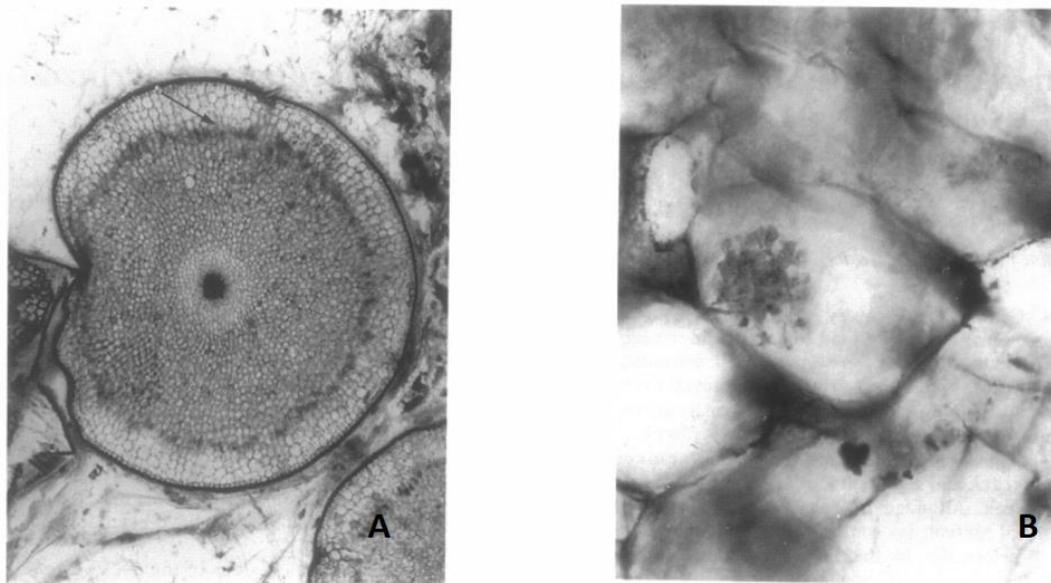
Figura 6. Estruturas de armazenamento de reservas energéticas do fungo (Vesícula) formadas sob hifas bem desenvolvidas (setas).



Fonte: Valadares; Mescotti; Cardoso (2016).

Os fungos micorrízicos foram recentemente reclassificados com base na sequência de DNA em um único filo, Glomeromycota (SCHÜBLER, 2001). Estes fungos são biotróficos obrigatórios, ou seja, para completarem seu ciclo de vida precisam de um hospedeiro vivo. São fungos que possuem a capacidade de colonizar as raízes das plantas formando uma simbiose mutualística onde ambos os envolvidos se beneficiam da associação (SOUZA et al., 2010). Esta associação entre plantas e fungos surgiram a milhares de anos e pode ter contribuído para a evolução e sobrevivência de plantas terrestres e desses fungos, já que ambos se beneficiam (SMITH; READ, 2008). Em fósseis de plantas da era do paleozóico, com mais de 400 milhões de anos (Figura7), é possível visualizar estruturas do Fungo Micorrízico Arbuscular (arbúsculos), num período conhecido como Siliciano, era marcada pelo aparecimento das primeiras plantas terrestres, o que torna isto uma prova inquestionável de que o fungo micorrízico arbuscular está estabelecido a milhões de anos na terra e do quão antiga é essa associação entre plantas e fungos (REMY, 1994; TAYLOR, 1995).

Figura 7. Estrutura fossilizada do fungo micorrízico arbuscular em raízes de plantas da era do paleozóico. A: Corte transversal. Seta indica uma zona de células contendo arbúsculos; B: Ampliação da imagem mostra arbúsculo dentro da célula.



Fonte: Remy et al. (1994).

Estes fósseis comprovam a remota origem dos fungos micorrízicos e do quão importante é essa associação até os dias atuais, onde fungos continuam a associar-se com plantas promovendo o estabelecimento dessas nos mais diversos locais, sendo isso possível por conta da resistência que adquirem nessa relação (FOLLI-PEREIRA et al., 2012; MERGULHÃO et al., 2014). Pode-se então afirmar que fungos e plantas evoluíram juntos formando uma associação altamente eficaz e bastante específica que fora importante para a colonização da terra, sendo até hoje os fungos os principais determinantes das interações das plantas nos ecossistemas (SMITH; READ, 2008).

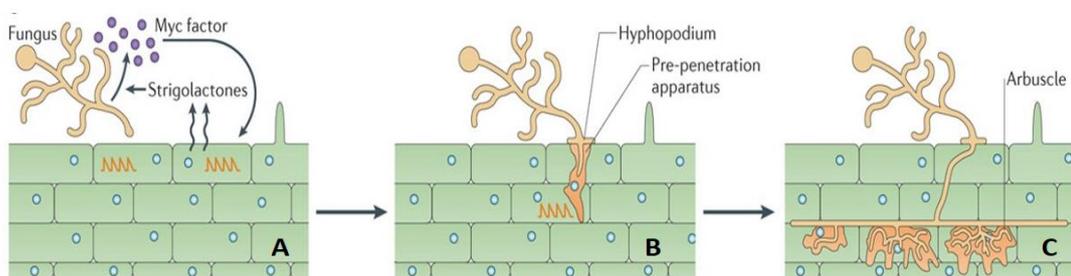
Pesquisas recentes desvendaram algumas das chaves dessa associação tão bem elaborada pela natureza, sabia-se muito pouco sobre como se dava todo o processo de infecção até a colonização dos tecidos e como era de fato realizado a troca de substâncias. O sucesso por essa associação ser tão bem estabelecida está na capacidade da planta de reconhecer microrganismos que podem ser prejudiciais ou benéficos e assim promover a entrada dos benéficos para estabelecimento da simbiose (OLDROYD, 2013). Para tal, foi elaborado um processo de reconhecimento entre planta e fungo para que fosse possível essa associação, sendo essa uma das características da associação entre plantas e microrganismos na rizosfera, além desses microrganismos possuírem a capacidade de absorver nutrientes que estão muitas vezes distantes das raízes no solo,

como é o caso do fósforo (P) nos solos tropicais (SOUZA et al., 2010; OLDROYD, 2013).

Outro fato que comprova a eficiência dessa simbiose deve-se ~~porque os~~ à necessidade de carbono pelos microrganismos do solo e nessas associações que ocorrem entre plantas e microrganismos há uma troca eficiente e benéfica para ambos, onde o fungo captura nutrientes do solo para a planta e em troca a planta deposita no solo fotossintatos que vão auxiliar no crescimento e desenvolvimento desses fungos, além de contribuir para elevação da população microbiana no solo rizosférico em comparação com o solo adjacente (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016).

Na associação que ocorre entre plantas e fungo há uma troca de sinais químicos entre ambos na rizosfera, a planta libera Strigolactona (Hormônio vegetal) e o sinal é reconhecido pelo fungo que por sua vez libera para a planta fatores MIC, a planta então reconhece o microrganismo e permite que a associação seja estabelecida, facilitando a entrada do fungo nos tecidos da raiz (Figura 8) (OLDROYD, 2013).

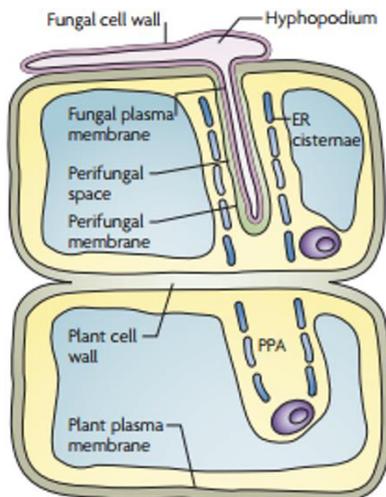
Figura 8. Colonização micorrízica. A: Emissão de sinais e reconhecimento entre planta e fungo; B: Formação do Hifopódio e do Aparato de pré-penetração; C: Invasão e colonização dos tecidos da raiz.



Fonte: Oldroyd (2013).

A invasão dos tecidos da planta só é possível porque ocorre uma reestruturação intracelular nas células da raiz que faz com que ocorra uma migração de organelas e microtubos no interior da célula formando um caminho para entrada da hifa nos tecidos, que sempre se inicia abaixo do apressório do fungo antes da infecção, o apressório do fungo é direcionado para um aparato que se forma (Figura 9), chamado de PPA (Prepenetration apparatus) que define o caminho por onde deve ser feita a entrada do fungo nos tecidos da planta (GENRE et al., 2005).

Figura 9. Formação do aparato de pré-penetração (PPA) logo abaixo do apressório, com deslocamento de componentes da célula para formação de uma passagem de entrada do nos tecidos da planta.



Fonte: Parniske (2008).

O controle no desenvolvimento dessa associação depende da quantidade de fósforo (P) no solo, sendo que altas quantidades de fósforo inibem essa associação entre plantas e fungos, tornando desnecessário para ambos um gasto de energia para estabelecimento de uma associação desnecessária naquele momento. Novos estudos têm demonstrado que alguns hormônios vegetais controlam a colonização micorrízica, pois esses atuam no sistema de defesa do vegetal que controla a entrada desses organismos na planta (FRACETTO et al., 2015), como é o caso de plantas de tomate mutantes superprodutoras de Etileno, que reduzem a colonização micorrízica, como visto por FRACETTO et al. (2013), que testou a hipótese de que tanto o Etileno (ETL) como o ácido abscísico (ABA) influenciariam na colonização micorrízica, por serem reguladores do sistema de defesa do vegetal.

A maioria das pesquisas que envolvem FMA tem sido voltada principalmente para o papel fundamental que exercem na obtenção de nutrientes pelas plantas, em especial o fósforo (P), considerado o nutriente que mais limita a produção nos trópicos (SOUZA et al., 2010), isso porque os solos tropicais são ricos em óxido de ferro (Fe) e alumínio (Al), que formam ligações com o fósforo tornando-o fixado, impedindo que este seja absorvido pelos vegetais. No Brasil, a maioria dos solos são ácidos e bastante intemperizados, causando baixa disponibilidade de nutrientes, e, em alguns casos retenção deles no solo (CARDOSO et al., 2010).

As micorrizas arbusculares são altamente eficientes na absorção de fósforo e isso se deve ao fato desses fungos possuírem um transportador de fosfato inorgânico específico de alta afinidade, o PT (CARRINO-KIKER et al., 2017), de modo que o fungo captura o fósforo no solo e transporta-o através das hifas fúngicas até chegar nos arbúsculos onde ocorre a hidrólise e o fósforo (Pi) é então transferido para a planta, essa exportação é então mediada por transportadores existentes na planta. O transporte de fósforo não é apenas um benefício para as plantas, mas é necessário à simbiose, pois a perda dessa função na simbiose pode levar a morte prematura dos arbúsculos, levando ao fim a simbiose (JAVOT et al., 2007).

2.4 Importância dos FMAs

O papel que estes fungos desempenham na manutenção e na dinâmica dos ecossistemas vegetais é de extrema relevância, principalmente nos trópicos. Para muitos autores o efeito mais marcante está na nutrição dos vegetais (SANTOS; BARRETO; SCORIZA, 2014; MERGULHÃO et al., 2014), pois os fungos transferem nutrientes minerais, principalmente aqueles com baixa mobilidade no solo (SIQUEIRA et al., 2010), ampliam o sistema radicular das plantas fazendo com que uma maior parte do solo seja explorada pelas plantas, como consequência, os vegetais apresentam maior resistência a fatores do ambiente, tais como estresse de natureza biótica (pragas e doenças) e de natureza abiótica, proporcionando a esses vegetais um maior crescimento (FOLLI-PEREIRA et al., 2012).

Outros benefícios tais como, maior resistência a extremos de valores de pH, maior proteção à infecção patogênica, maior resistência à seca das mudas e as altas temperaturas do substrato, maior atividade fotossintética e enzimática, produção de substâncias reguladoras de crescimento e maior poder de absorção de umidade têm sido evidenciadas (COLOZZI; NOGUEIRA, 2007).

Os FMAs podem ainda ajudar as plantas a se desenvolverem em ambientes altamente contaminados, como visto por Guo et al (2013) que usou solos de mineração de Bayan Obo, no interior da Mongólia (China), em experimento com plantas de sorgo e milho inoculadas com o fungo em casa de vegetação e observou que as plantas inoculadas apresentaram aumento no peso seco da raiz e maiores teores de C, N, P e K, ou seja, estavam mais bem nutridas em comparação as plantas não inoculadas, além de aliviar a toxicidade de metais pesados, mostrando que o FMA pode aumentar a

capacidade de sobrevivência das plantas, além de ajudar na restauração de ecossistemas contaminados.

Existe uma grande diversidade de espécies de FMA, grande parte ainda desconhecida e pouco estudada. A maioria dos estudos que existem têm buscado apenas identificar padrões de ocorrência desse fungo em agrossistemas e biomas brasileiros, pois muitas pesquisas comprovam a ocorrência natural de FMAs em diferentes biomas, porém os dados adquiridos ainda são insuficientes, tendo em vista que alguns biomas são mais estudados do que outros (MAIA et al., 2010), e levando em consideração que ainda se necessita de maiores informações sobre esses organismos e sobre sua diversidade.

Sabe-se que os FMAs diferem em sua capacidade de colonizar as raízes, esporular no solo e influenciar as plantas. Existe uma grande necessidade de conhecer a diversidade de associações que podem ocorrer entre as espécies arbóreas e FMAs, além também de tomar ciência sobre a diversidade funcional das espécies e esclarecer os fatores determinantes dessas associações nos mais diversos ambientes. Ainda existem muitas dúvidas sobre quais os fatores determinantes dessas associações nos mais diversos ecossistemas.

O conhecimento da diversidade dos Fungo Micorrízico Arbusculares nativos, dos fatores que modelam todo o processo da simbiose micorrízica, é de extrema importância para saber qual o papel dessas espécies nos mais diversos ecossistemas, saber quais os fatores que influenciam essas associações e para fornecer maiores informações sobre as espécies nativas de cada local que são mais adaptadas as condições do ambiente de origem e assim elaborar melhores técnicas de manejo do solo, visando prioritariamente diminuir os impactos causados pela exploração e conseqüentemente garantir sucesso no desempenho de projetos de recuperação de áreas degradadas e em planos de manejo mais eficientes visando o uso de técnicas mais sustentáveis e ecologicamente corretas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local

Foram utilizadas amostras de solos coletadas em diferentes períodos climáticos (seco e chuvoso) e em dois municípios do estado de Pernambuco, Carpina e Goiana. Realizaram-se coletas na mata nativa (Floresta Ombrófila Densa) e no plantio de *Eucalyptus* spp. de Goiana na Estação Experimental de Itapirema do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), e na mata nativa (Floresta Estacional Semidecidual) de Carpina, na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Além de amostras de solo coletadas nos plantios de *Eucalyptus* spp. da Usina Petribú em Carpina.

3.1.1 Goiana (Estação Experimental de Itapirema – IPA)

A coleta nesse município foi realizada na área de plantio de *Eucalyptus* spp. (Figura 10), localizado a 7°38'44''S e a 34°56'53''W e na área de mata nativa, vegetação do tipo Floresta Ombrófila densa das terras baixas (IBGE, 2012), localizada a 7°38'26'' S e a 34°57'01''W, ambas dentro da Estação Experimental de Itapirema de Goiana do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo quente úmido (As'), com temperatura média anual de 25°C, sendo o clima classificado como As'- quente úmido, com chuvas de outono e inverno, a precipitação média anual é de 1.500 mm, onde os meses chuvosos estendem-se de abril a julho, e os secos de setembro a janeiro, sendo os meses de outubro, novembro e dezembro considerados os meses mais secos dessa região (OLIVEIRA, 2005; APAC, 2015).

O tipo de solo predominante nessa região é o Podzólico, caracterizado por solos profundos e bem desenvolvidos.

3.1.2 Carpina (Estação Experimental de Cana-de-açúcar e Usina Petribú)

No município de Carpina foram realizadas coletas no fragmento de mata nativa (Figura 11) dentro Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (zona rural do município), com vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual, localizada nas

coordenadas geográficas 7°51'07''S e 35°14'19''W. O clima é quente e úmido segundo a classificação de Köppen e com precipitação anual de 1.300 mm, o solo da área é classificado como Amarelo Distrocoeso de textura média (Padx) (COSTA et al., 2014).

Figura 10. Plantio de *Eucalyptus* spp. na Estação Experimental de Itapirema – IPA, no município de Goiana, Pernambuco



Fonte: Souza (2018).

Figura 11. Fragmento de mata nativa no município de Carpina na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina – EECAC/UFRPE, em Carpina, Pernambuco



Fonte: Souza (2018).

Ainda no município de Carpina foram realizadas coletas no plantio de *Eucalyptus* spp. da Usina Petribú (Figura 12) que fica localizado nas coordenadas geográficas 752'26''s e 35/14'59''W, a 9,2 km da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina.

Figura 12. Plantio de *Eucalyptus* spp. da Usina Petribú em Carpina, Pernambuco



Fonte: Souza (2018).

3.2 Amostragem

Foram coletadas 80 amostras de solo rizosférico no total, nos dois municípios detalhados anteriormente (Goiana e Carpina), sendo coletadas 20 amostras no plantio de eucalipto e 20 na mata nativa da Estação Experimental de Itapirema - IPA em Goiana; mais 20 amostras na mata nativa inserida dentro da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC), e 20 amostras no plantio de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.) da Usina Petribú, sendo 10 amostras na estação seca e 10 amostras na estação chuvosa de cada local. Ao todo, em 1,0 ha, coletaram-se 10 amostras compostas de solo rizosférico, numa profundidade de 0-20 cm, a 50 cm da base do tronco, próxima à projeção das copas das árvores, em caminhamento zigue-zague, de modo a obter-se uma amostragem representativa da área de estudo, segundo metodologia proposta por Assis et al. (2013). Para cada amostra composta, coletaram-se cinco amostras simples na projeção da copa da planta sendo posteriormente homogêneas para formar a amostra composta que foi utilizada em análise de Fungos Micorrízicos (FMA) e na caracterização química do solo. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados

e levadas para extração de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares, no Laboratório de Biologia do Solo do IPA e para análise das propriedades químicas no Laboratório de Análise de Solo da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina.

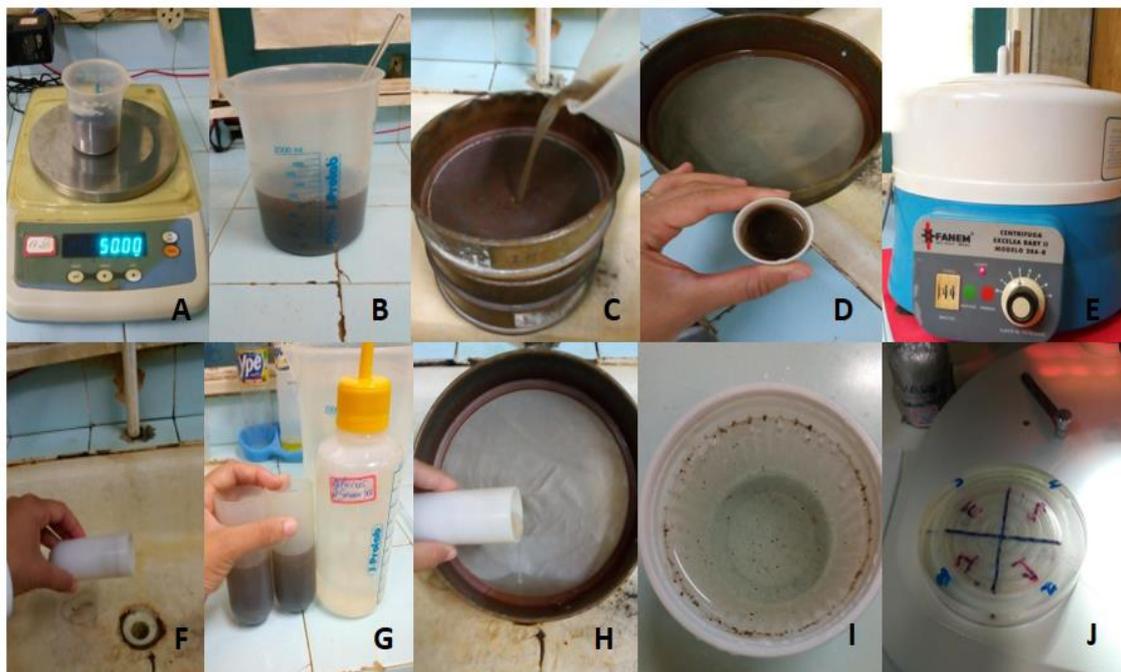
3.3 **Extração de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)**

A extração de esporos de FMA foi feita pelo método de peneiramento úmido, com centrifugação em água e suspensão de sacarose a 50% (GERDEMANN e NICOLSON, 1963; JENKINS, 1964). De cada uma das 10 amostras compostas, foi tomada uma alíquota de 50 g de solo em balança analítica (Figura 13A). Em seguida, o solo foi agitado em um béquer contendo 1000 mL de água (Figura 13B), posteriormente deixou-se decantar por alguns segundos, sendo depois vertido sobre um conjunto de peneiras de 42 mesh (355 μm), 65 mesh (212 μm), e 270 mesh (53 μm) (Figura 13C). O conteúdo da última peneira foi vertido para quatro tubos de centrífuga (Figura 13D) e levados para centrifugação a 3000 rpm por três minutos (Figura 13E). Em seguida, descartou-se o sobrenadante e adicionou-se ao tubo a sacarose a 50% (Figuras 13F e 13G), levando novamente à centrifuga a 3000 rpm por um minuto; posteriormente, o sobrenadante foi vertido em peneira de 400 mesh (Figura 13H) e lavou-se com água corrente para retirada do excesso de sacarose. Após lavagem, o conteúdo da peneira foi vertido em recipiente (Figura 13I) para observação dos esporos em placa de anéis concêntricos em lupa estereoscópica (Figura 13J).

3.4 **Identificação**

Os fungos micorrízicos arbusculares foram identificados em nível de gênero pela observação dos glomerosporos em placas de anéis concêntricos e visualização em lupa estereoscópica (Figura 14), com posterior montagem em lâmina com reagente Melzer's ou PVLG (Álcool Polivinil Lacto Glicerol) para observação das estruturas morfológicas internas em microscópio ótico.

Figura 13. Metodologia usada na extração dos esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares



Fonte: Souza (2018).

Figura 14. Identificação dos FMAs: A: Visualização de glomerosporos em lupa; B: Esporo de *Gigaspora* sp.



Fonte: Souza (2018).

A identificação das espécies de FMAs foi realizada de acordo com a descrição morfológica disponível na página da Internacional Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (<http://invam.wvu.edu>) da West Virginia University e consultas a base de dados do site internacional MYCOBANK DATABASE (<http://www.mycobank.org/>).

Os caracteres taxonômicos observados, quando possível foram: tipo de camadas das paredes dos esporos (laminadas ou simples); quantidade de camadas existentes; características das camadas (pouco ou muito espessas); características das paredes dos esporos (adornadas, simples, com verrugas, lisa); reação das paredes e das camadas dos esporos ao reagente Melzer ou ao reagente PVLG (Álcool polivinil Lacto Glicerol); variação da cor e tamanho dos esporos, além da observação de escudo de germinação (quando presentes); quantidades de paredes germinais; e presença de cicatriz e camada onde localizava-se.

3.5 Índices ecológicos avaliados

Com os dados obtidos foram feitas análises diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (D), densidade relativa (D_{rel}) e absoluta (D_{abs}), frequência relativa (F_{rel}) e absoluta (F_{abs}), abundância relativa (A_{rel}) e absoluta (A_{abs}), além da quantificação dos gêneros obtidos em cada local estudado e análise de similaridade pelo índice de Bray-Curtis.

Foi feita análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, com probabilidade de 95% ($\alpha=0,05$) utilizando-se o software PAST versão 3.20., e para análise de rarefação e de Escalonamento multidimensional não paramétrico (NMDS) foi utilizado o software R versão 3.5.1. com nível de significância de 95% ($\alpha=0,05$).

Para o cálculo da diversidade de Shannon e da dominância de Simpson, utilizou-se as fórmulas:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

$$1-D = 1 - \sum p_i^2$$

Onde:

- H' = diversidade de Shannon;
- D = dominância de Simpson;
- p_i = dado por n_i/N ;
 - n_i = número de indivíduos
 - N = número total de indivíduos

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 26 morfotipos (Figura 15), tendo em vista dificuldades encontradas na identificação dos esporos, dos 26 morfotipos encontrados, foi possível apenas identificar 24 em nível de gênero.

Os 24 morfotipos identificados foram classificados em sete gêneros de fungos micorrízicos arbusculares, sendo: *Glomus* representado por oito espécies (*Glomus ambisporum* G. S. S. M. & N. C. Schenck., *Glomus* sp 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7), *Gigaspora* representado por quatro espécies (*Gigaspora* sp 1, 2, 3, 4), *Acaulospora* representado por quatro espécies (*Acaulospora denticulata* Sieverd. & S. Toro; *Acaulospora* sp. 1, 2, 3), *Racocetra* representado por três espécies (*Racocetra coralloidea* (Trapp G. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd., *Racocetra castanea* (C. Walker) Oehl, F. A. Souza & Sieverd, e *Racocetra verrucosa* (Koske & C. Walker) Sieverd. Oehl, F. A. Souza & Sieverd), *Rhizoglomus* representado por uma espécie (*Rhizoglomus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd, G.A. Silva & Oehl.), o gênero *Rhizophagus* representado por três morfoespécies (sp1, 2 e 3) e *Dentiscutata* representado por uma espécie (*Dentiscutata erythropus* (Koske & C. Walker) C. Walker & D.R.).

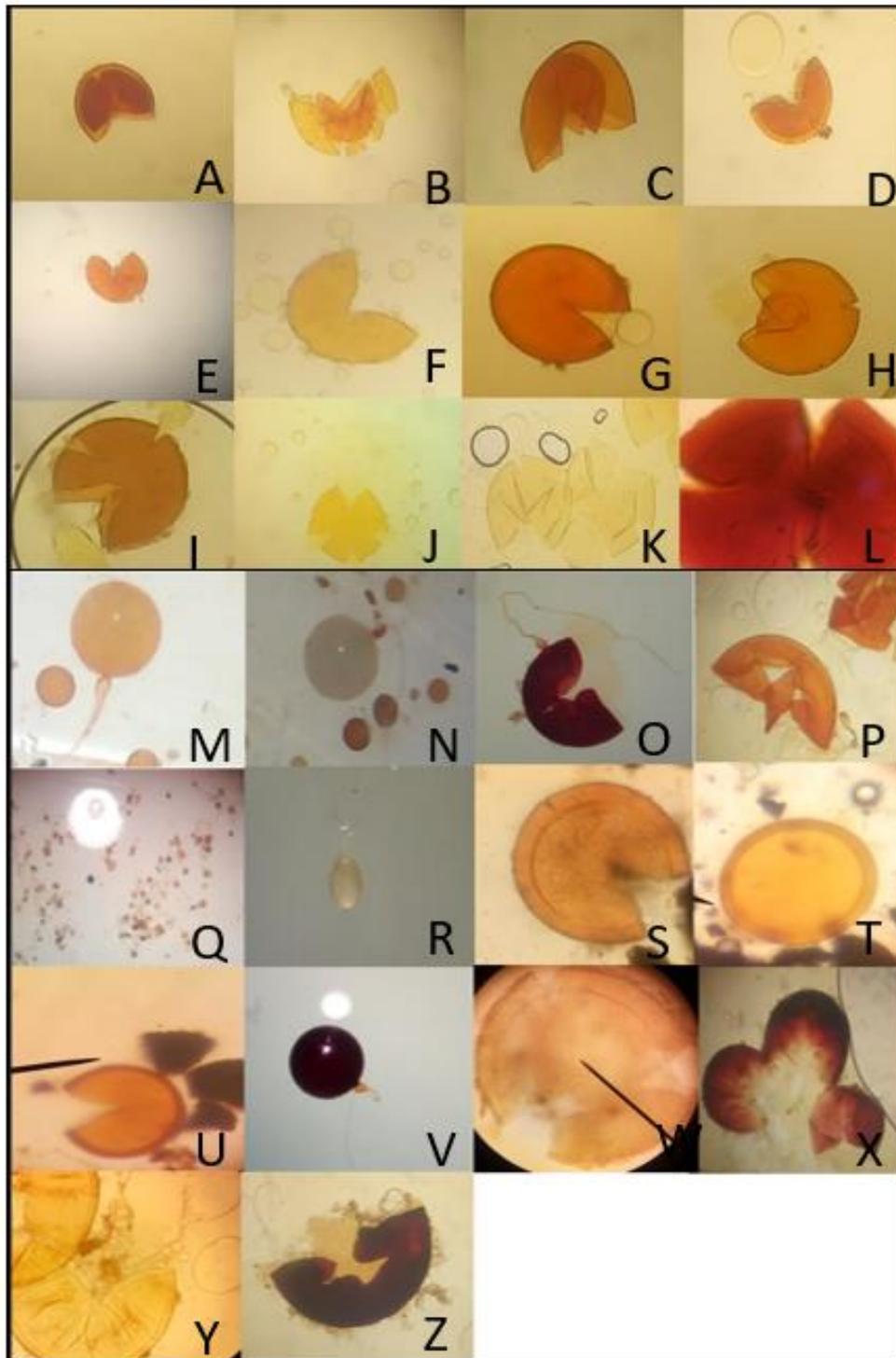
4.1 Densidade e Frequência de FMAs nas áreas amostrais

O gênero *Glomus* apareceu em todas as áreas estudadas, independente do período climático (seco ou chuvoso), com frequência absoluta variando de 40% a 100% (Tabela 1) dentro das áreas analisadas.

Foi observada ocorrência do gênero *Glomus* nas áreas de mata nativa, período seco e chuvoso, e nas áreas de plantio de *Eucalyptus* spp. da Usina Petribu, em Carpina e na Estação Experimental de Itapirema (Goiana), no período seco e chuvoso.

Comumente este gênero é encontrado em levantamentos, principalmente em área de vegetação nativa (BIANCHI et al., 2016; CAMARA et al., 2016). Dantas et al. (2015), em estudo realizado em área de vegetação natural no município de Trairi, Ceará, observou elevada densidade de esporos do gênero *Glomus* (1.092 esporos 100 mL⁻¹ de solo), o que também foi visto neste trabalho, sendo encontrado uma densidade total do gênero nas áreas de plantio de *Eucalyptus* spp. de 1.918 esporos 50 mL⁻¹ de solo e de 3.474 esporos 50 mL⁻¹ nas áreas de vegetação nativa.

Figura 15. Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados nas áreas de coleta, onde:(A) *Acaulospora* sp1; (B) *Acaulospora* sp2; (C) *Acaulospora* sp3; (D) *Acaulospora denticulata*; (E) *Glomus* sp1; (F) *Glomus* sp2; (G) *Glomus* sp3; (H) *Glomus* sp4; (I) *Glomus* sp5; (J) *Glomus* sp6; (K) *Glomus* sp7; (L) *Glomus ambisporum*; (M) *Gigaspora* sp1; (N) *Gigaspora* sp2; (O) *Gigaspora* sp3; (P) *Gigaspora* sp4; (Q) *Dentiscutata erythropus*; (R) *Rhizoglomus clarus*; (S) *Rhizophagus* sp1; (T) *Rhizophagus* sp2; (U) *Rhizophagus* sp3; (V) *Racocetra coralloidea*; (W) *Racocetra verrucosa*; (X) *Racocetra castânea*; (Y) NI 1; (Z) NI 2.



Fonte: Souza (2018).

O gênero *Glomus* também apresentou maior densidade (Figura 16) nas áreas de mata nativa, ficando com densidade absoluta de $D_{abs.} = 1.956$ esporos 50 mL^{-1} e $D_{abs.} = 1.230$ esporos 50 mL^{-1} , nas áreas de mata nativa de Goiana e Carpina, respectivamente, período seco, e com $D_{abs.} = 1.070$ esporos no plantio de *Eucalyptus* spp. de Goiana (Estação Experimental de Itapirema – IPA) no período chuvoso, e $D_{abs.} = 534$ esporos no plantio da Usina Petribú, no período seco, além de apresentar a segunda maior densidade de esporos ($D_{abs.} = 256$ 50 mL^{-1}) no plantio de *Eucalyptus* spp. de Goiana, no período seco.

Tabela 1. Frequências absoluta e relativa (%) das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares, encontrados em diferentes formações florestais nativas e em plantios de eucalipto, municípios de Goiana e Carpina, Pernambuco, Brasil (2017, 2018)

Espécies de FMA	Frequência (%) / Área amostral / Estação							
	Mata Goiana		Mata Carpina		Plantio Goiana		Plantio Carpina	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
<i>Acaulospora denticulata</i>	60 (7,4)	-	40 (14,49)	-	-	-	-	-
<i>Acaulospora</i> sp1	100 (12,3)	-	60 (13,04)	-	-	30 (31,25)	-	-
<i>Acaulospora</i> sp2	60 (7,4)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acaulospora</i> sp3	-	-	50 (13,04)	-	-	-	-	-
<i>Glomus ambisporum</i>	-	50 (13,16)	-	-	-	-	40 (32,26)	100 (38,46)
<i>Glomus</i> sp1	-	-	100 (14,49)	-	-	100 (25,00)	90 (29,03)	-
<i>Glomus</i> sp2	100 (12,3)	-	90 (8,70)	80 (21,05)	-	-	-	100 (15,38)
<i>Glomus</i> sp3	-	50 (13,16)	-	-	90 (37,04)	80 (18,75)	-	-
<i>Glomus</i> sp4	90 (11,1)	40 (10,53)	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp5	-	-	90 (7,25)	-	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp6	90 (11,1)	-	100 (5,80)	50 (13,16)	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp7	-	-	-	80 (21,05)	-	60 (15,63)	-	-
<i>Gigaspora</i> sp1	-	-	-	60 (15,79)	-	-	-	-
<i>Gigaspora</i> sp2	-	-	30 (13,04)	-	20 (33,330)	-	-	-
<i>Gigaspora</i> sp3	100 (12,3)	-	40 (4,35)	-	-	-	-	-
<i>Gigaspora</i> sp4	80 (9,9)	30 (23,68)	-	-	-	-	70 (22,58)	80 (15,38)
<i>Dentiscutata erythropus</i>	-	-	90 (5,80)	-	100 (22,22)	-	-	-
<i>Rhizoglomus clarus</i>	70 (8,6)	20 (15,79)	-	70 (18,42)	-	-	-	-
<i>Rhizophagus</i> sp1	-	90 (10,53)	-	-	-	-	-	-

Continua...

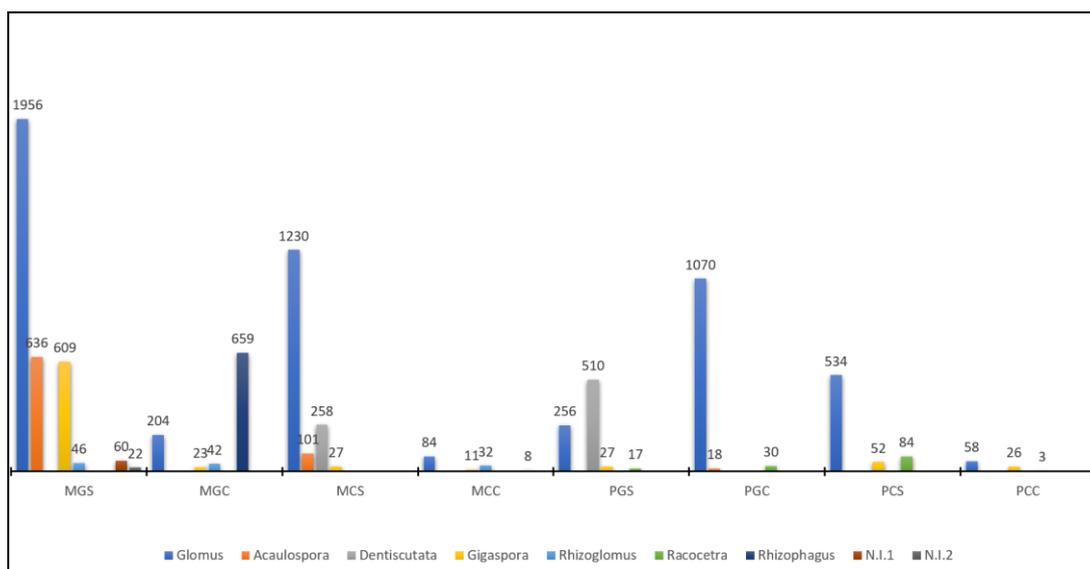
Tabela 1. Continuação

Espécies de FMA	Frequência (%) / Área amostral / Estação							
	Mata Goiana		Mata Carpina		Plantio Goiana		Plantio Carpina	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
<i>Rhizophagus isp2</i>	-	60 (7,89)	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizophagus sp3</i>	-	40 (5,26)	-	-	-	-	-	-
<i>Racocetra coralloidea</i>	-	-	-	-	60 (7,41)	-	-	-
<i>Racocetra castanea</i>	-	-	-	-	-	50 (9,38)	-	-
<i>Racocetra verrucosa</i>	-	-	-	-	-	-	50 (16,13)	40 (30,77)
N. I. 1	80 (9,9)	-	-	40 (10,53)	-	-	-	-
N. I. 2	70 (8,6)	-	-	-	-	-	-	-

N. I. = Não Identificada.

A provável dominância deste gênero em diferentes lugares deve-se a grande diversidade de morfologias que ele apresenta e também as diferenças na esporogênese, essas características distintas contribuem para sua presença nos mais diversos ambientes (SANTOS; CARRENHO, 2011). O que também pode estar associada ao seu papel funcional, ou seja, a função ecológica que este desempenha no ambiente e a alta capacidade que este gênero tem de adaptar-se em sistemas que apresentam alto ou baixo nível de perturbação ambiental (BAREA et al., 2011).

Figura 16. Densidade absoluta (Dabs.) de gêneros de Fungo Micorrízico Arbuscular, encontrados em diferentes formações florestais nativas e em plantios de eucalipto, municípios de Goiana e Carpina, Pernambuco, Brasil (2017, 2018)



Onde: MG=Mata nativa de Goiana (S) seco e (C) chuvoso; MC= Mata nativa de Carpina (S) seco e (C) chuvoso; PG= Plantio de eucalipto de Goiana (S) seco e (C) chuvoso; PC=plantio de eucalipto de Carpina (S) seco e (C) chuvoso.

Fonte: Souza (2018).

É possível constatar a capacidade de adaptação desse gênero mesmo em solos degradados, como no experimento realizado por Guo et al. (2013), que comparou plantas inoculadas com espécies do gênero *Glomus* e plantas não inoculadas em solo oriundos de minas, com metais pesados, na região da Mongólia, interior da China, em casa de vegetação, constatando o papel benéfico desse fungo sobre a promoção do crescimento das plantas, ajudando na absorção de nutrientes e aliviando a toxicidade dos metais pesados em plantas. Os autores sugerem que o fungo pode aumentar a capacidade das plantas para restaurar ecossistemas degradados.

Os gêneros que apresentaram a segunda maior densidade nas áreas analisadas foram *Rhizophagus*, aparecendo em apenas uma das áreas estudadas no período chuvoso da mata nativa de Goiana (MGC), apresentando densidade absoluta de $D_{abs.} = 659$ esporos 50 mL^{-1} ; *Acaulospora*, apareceu apenas nos períodos secos das áreas de mata nativa de Goiana e Carpina, e no plantio de Goiana no período, com maior densidade na área de Goiana $D_{abs.} = 636$ esporos 50 mL^{-1} ; e *Gigaspora*, com densidade absoluta maior ($D_{abs.} = 609$ esporos 50 mL^{-1}) na área de mata de Goiana (período seco), e em sete das oito áreas, com exceção no plantio de Goiana no período chuvoso.

O gênero *Gigaspora* spp. foi encontrado na área de plantio de *Eucalyptus* spp. de Goiana, no período seco, porém nesse mesmo período, não foi observado a ocorrência do gênero *Acaulospora* spp. Já no período chuvoso, na mesma área, foi encontrada uma situação inversa, ou seja, presença do gênero *Acaulospora* spp., e ausência do gênero *Gigaspora* spp. Nas demais áreas, os gêneros apresentaram frequência absoluta ($F_{abs.}$) variando de 20% a 100% para o gênero *Gigaspora*; e de 30% a 100% para o gênero *Acaulospora* nas amostras analisadas.

A espécie *Acaulospora denticulata* Sieverd. & S. Toro foi observada apenas nas áreas de mata nativa de Carpina e Goiana no período seco, o que provavelmente deve-se a sua associação com espécies lenhosas e herbáceas (VELAZQUEZ; CABELLO; GODEAS, 2008), o que é comumente encontrado em áreas de vegetação nativa. Outro fator que pode ter contribuído para a presença desta espécie e do gênero *Acaulospora* com altas densidades ($D_{abs.} = 636$ esporos 50 mL^{-1} e $A_{abs.} = 609$ esporos 50 mL^{-1} , respectivamente, em Goiana e Carpina, no período seco), nas áreas de mata nativa, deve-se pela presença do gênero *Glomus* encontrado também altas densidades nesses locais ($D_{abs.} = 1.964$ esporos 50 mL^{-1} e $A_{abs.} = 1.230$ esporos 50 mL^{-1} , respectivamente em Goiana e Carpina), o que foi visto em levantamento realizado em Parque Nacional

El Palmar, Argentina, sendo o gênero *Acaulospora* encontrado comumente em solos que tinham presença do gênero *Glomus* (VELAZQUEZ; CABELLO; GODEAS, 2008).

As espécies do gênero *Racocetra*, *R. coralloidea* (Trapp G. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd.), *R. castanea* (C. Walker) Oehl, F. A. Souza & Sieverd, e *R. verrucosa* (Koske & C. Walker) Sieverd. Oehl, F. A. Souza & Sieverd, apareceram apenas nas áreas de plantios, independente do período climático. Diferente deste estudo, Dantas et al. (2015) encontraram o gênero *Racocetra* apenas em área de vegetação nativa no estado do Ceará.

A espécie *Rhizoglomus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd, G.A. Silva & Oehl.), foi detectada apenas nas áreas de mata nativa de Goiana, nos dois períodos analisados, e na mata nativa de Carpina apenas no período chuvoso, sendo este gênero também encontrado em área de mata nativa por Dantas et al. (2015).

E a espécie *Dentiscutata erythropus* (Koske & C. Walker) C. Walker & D.R foi encontrada apenas no período seco, na área de mata nativa de Carpina e no plantio de *Eucalyptus* spp. de Goiana, apresentando maior densidade no plantio ($D_{abs.} = 510$ esporos 50 mL^{-1}) e menor densidade na vegetação nativa ($D_{abs.} = 258$ esporos 50 mL^{-1}).

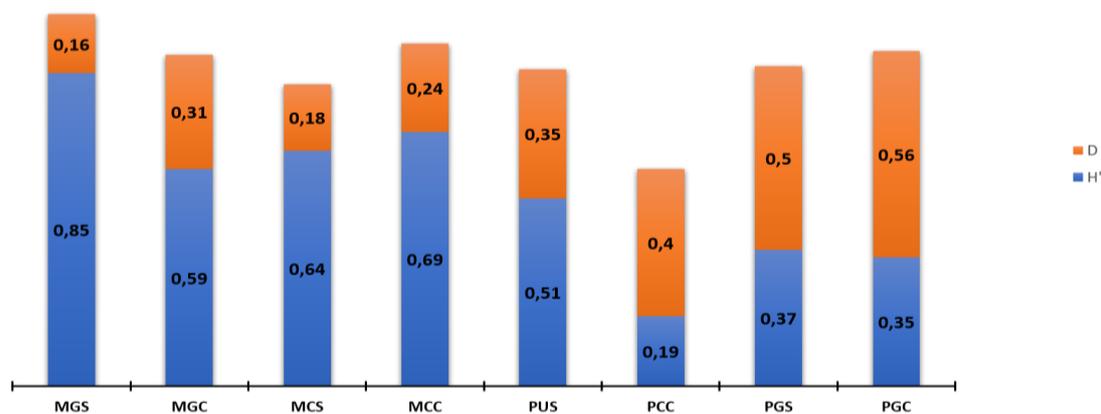
4.2 Diversidade e dominância das áreas amostrais

As áreas de mata nativa apresentaram os menores índices de dominância ($D = 0,16$; $D = 0,31$; $D = 0,18$; $D = 0,24$) (Figura 17), respectivamente, para Goiana período seco (MGS) e período chuvoso (MGC); Carpina período seco (MCS) e chuvoso (MCC), e conseqüentemente, os maiores índices de diversidade ($H' = 0,85$; $H' = 0,59$; $H' = 0,69$; $H' = 0,64$), respectivamente, MGS, MGC, MCS, MCC e, este resultado se deve às grandes quantidades de espécies encontradas nesses locais, sendo encontradas nos períodos seco e chuvoso ao todo 16 espécies na área de mata nativa de Carpina e 19 espécies na de Goiana. Corroborando com os resultados obtidos por Silva et al. (2015), que encontrou maior diversidade em floresta nativa, salientando que sistemas não perturbados apresentam maior diversidade na comunidade de plantas, possibilitando que haja esporulação de diferentes espécies de fungos micorrízicos.

No período seco, na vegetação nativa de Goiana, das 11 espécies encontradas, nove foram identificadas e apenas duas não foram conclusivas para identificação, restando ainda dúvidas sobre a quais gêneros pertencem, as demais espécies encontradas pertenciam a basicamente quatro gêneros *Glomus* (sp. 2,4, 6), *Acaulospora* (sp. 1, 2 e

Acaulospora denticulata Sieverd. & S. Toro), *Gigaspora* (sp. 3, 4) e *Rhizoglosum* (*Rhizoglosum clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd, G.A. Silva & Oehl.); já as 10 espécies encontradas na área de mata nativa de Carpina, pertenciam aos gêneros *Dentiscutata* (*D. erythropus* (Koske & C. Walker) C. Walker & D.R), *Glomus* (sp. 1, 2, 3, 6), *Acaulospora* (sp. 1, 3 e *A. denticulata* Sieverd. & S. Toro) e *Gigaspora* (sp. 2, 3).

Figura 17. Diversidade de Shannon (H') e Índice de Dominância de Simpson (D), encontrados em diferentes formações florestais nativas e em plantios de eucalipto, municípios de Goiana e Carpina, Pernambuco, Brasil (2017, 2018)



Onde: MG=Mata nativa de Goiana; MC= Mata nativa de Carpina; PG= Plantio de eucalipto de Goiana; PC=plantio de eucalipto de Carpina.

Para as áreas de plantio de *Eucalyptus* spp. foram encontrados os menores índices de diversidade em comparação as áreas de mata nativa, tanto para o período seco quanto o chuvoso, de modo que na usina Petribú, apresentaram os valores $H'=0,51$, $H'=0,19$, e em Goiana os valores de $H'=0,37$ e $H'=0,35$, respectivamente, para os períodos seco e chuvoso. Os períodos seco e chuvoso da área de plantio de Goiana, apresentaram os menores índices de diversidade consequentemente uma maior dominância isso devido principalmente a duas espécies encontradas nessa área que apresentaram alta quantidade densidade, a espécie *Dentiscutata erythropus* com $D=510$ que apareceu no período seco e o morfotipo *Glomus* sp1 com densidade absoluta igual a 810, ou seja, a alta dominância dessas duas espécies nas áreas fizeram com que o índice de dominância fosse alto nessa área nos dois períodos.

Silva et al. (2015) falam que o uso do solo pode alterar a comunidade de fungos micorrízicos promovendo um aumento da diversidade, no caso de florestas nativas, ou reduzindo no caso de áreas com monoculturas. Segundo os autores, a vegetação nativa apresenta uma maior diversidade de hospedeiros, recrutando diferentes espécies de

fungos micorrízicos arbusculares para a rizosfera dessas plantas, logo é mais fácil de se encontrar uma maior diversidade de espécies de FMAs, sendo o ambiente de vegetação nativa, mais diversos do que o ambiente encontrado em plantios com monocultivos, como é o caso dos plantios de *Eucalyptus* spp.

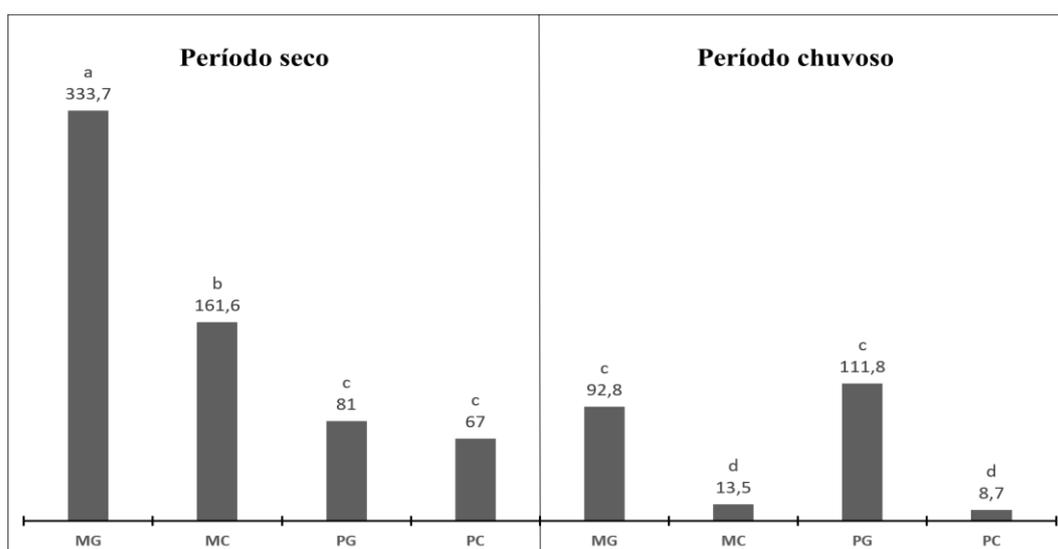
Os índices de Diversidade de Shannon (H') e de Dominância de Simpson (D) demonstraram ser bastante sensíveis para detectar diferenças nas áreas analisadas, ficando claro a diferença que existia entre essas áreas, mesmo nos diferentes períodos estudados.

4.3 Avaliação estatística das áreas amostrais

A análise de variância (ANOVA), em nível de probabilidade de $\alpha=0,05$, comprovou a existência de diferença significativa entre as áreas analisadas. O que foi visto na aplicação do teste de médias de Tukey ao nível de probabilidade $\alpha = 0,05$, que agrupou as médias de densidade de esporos das áreas analisadas em quatro grupos distintos 'a', 'b', 'c' e 'd'.

A área de mata nativa de Goiana, no período seco (MG), foi classificada no teste de médias (Tukey a $\alpha=0,05$) no grupo 'a' (Figura 18) como a área que apresentou uma maior média de esporos, diferindo estatisticamente de todas as áreas analisadas.

Figura 18. Comparação das médias de número de esporos de fungo micorrízico arbuscular, encontrados em formações florestais nativas e em plantios de eucalipto, nos municípios de Goiana e Carpina, Pernambuco, Brasil (2017, 2018).



Onde: MG=Mata nativa de Goiana; MC= Mata nativa de Carpina; PG= Plantio de eucalipto de Goiana; PC=plantio de eucalipto de Carpina.

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Maia et al. (2015) relatam que as maiores quantidades de esporos de FMA são encontrados no período chuvoso, sendo a produção de esporos reduzida no período seco. Porém, neste estudo, isso só foi observado na área de plantio de *Eucalyptus* spp. de Goiana, que diferiu entre o período seco e o chuvoso, com médias de 111,8 esporos 50 mL⁻¹ (chuvoso) e 81 esporos 50 mL⁻¹ (seco), de modo que se constatou maiores densidades de esporos na área de vegetação nativa, tanto de Goiana e quanto de Carpina, no período seco.

Entretanto, Caproni et al. (2007) relatam que existe um nível ótimo de água, tanto para plantas quanto para fungos, sugerindo que as altas taxas de umidade fazem com que o crescimento da planta caia e, com isso, menos carboidratos são liberados para os fungos, conseqüentemente o crescimento e reprodução do fungo também diminuem, ou seja, em períodos chuvosos, encontra-se uma menor esporulação.

Outro fator que pode ter contribuído para a vegetação nativa apresentar a maior média de esporos, mesmo em período seco, deve-se a maior quantidade de plantas e espécies, já que as áreas de floresta nativa apresentavam mais indivíduos do que as do plantio de Eucalipto, além da grande quantidade de herbáceas que contribui para o aumento das comunidades fúngicas no solo, no sentido que a abundância e riqueza de espécies varia em função da composição vegetal (CAMARA et al., 2016).

Conclui-se, portanto, que as áreas de vegetação nativa, em comparação às áreas de plantios de *Eucalyptus* spp., apresentam maiores índices de diversidade, conseqüentemente, menores índices de dominância, e maiores densidades, no período seco.

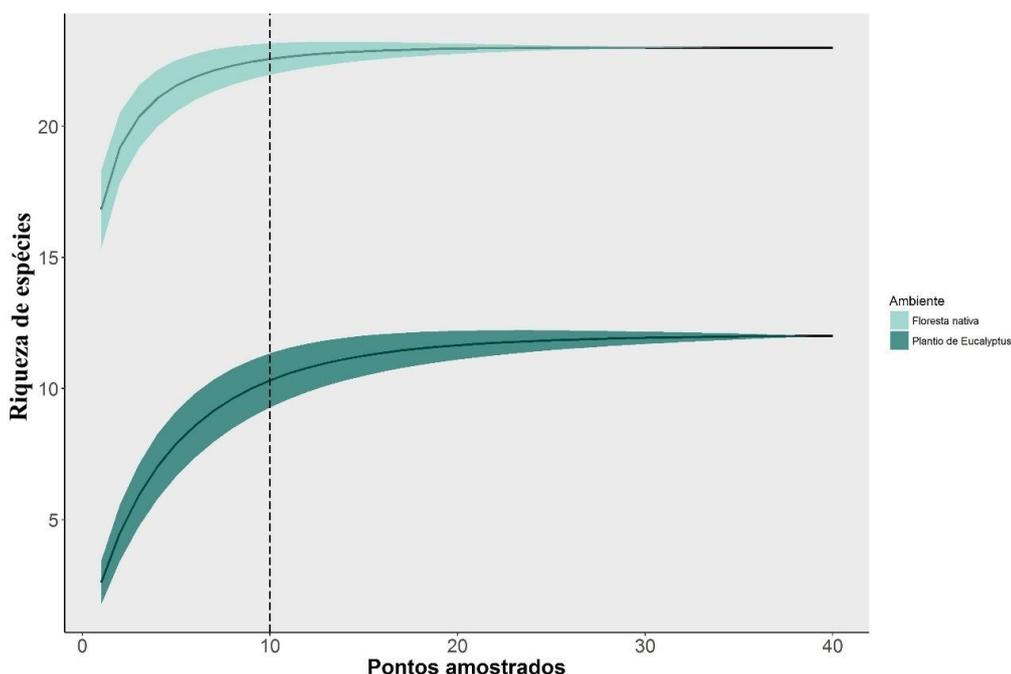
4.4 Riqueza de espécies de FMA

4.4.1 Áreas de Mata nativa vs. Plantio de Eucalipto

De um modo geral, as áreas de mata apresentaram as maiores riquezas de espécies de FMA em comparação às áreas de plantio (Figura 19). A curva de rarefação de espécies da mata nativa apresenta maior quantidade de espécies e com maior potencial para uma maior diversidade do que a já constatada, tendo em vista que com maior número de amostras coletadas essa quantidade de espécies aumenta, sendo possível encontrar mais diversificado número de espécies em áreas de mata. As áreas de mata, por possuírem maior estabilidade e uma menor competição entre as espécies,

permitem que haja espaço para o desenvolvimento de diferentes espécies, com diferentes fisiologias, até mesmo para as espécies de FMA que possuem baixa esporulação e que encontram ambiente propício para o seu desenvolvimento em áreas onde existem uma menor competição por recursos (SANTOS; SCORRIZA; FERREIRA, 2013).

Figura 19. Riqueza de espécies de fungo micorrízico arbuscular, encontrados em diferentes formações florestais nativas e em plantios de eucalipto, municípios de Goiana e Carpina, Pernambuco, Brasil (2017, 2018)

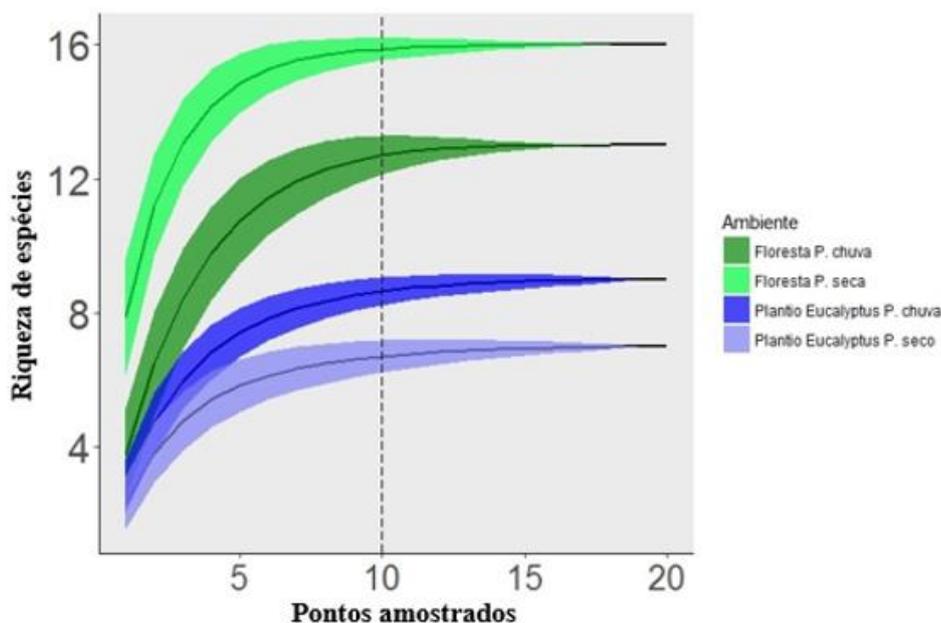


Silva et al. (2015), comparando áreas de floresta nativa, pousio, pastagem intensiva e extensiva, plantio direto, plantio convencional, pomar de laranja, videira e plantio de *Eucalyptus dunni*, encontraram maior diversidade de espécies em área de mata nativa que consequentemente apresentou menor índice de dominância. Além desses, outros autores evidenciaram também uma maior quantidade de espécies em áreas de mata nativa (SANTOS; SCORRIZA; FERREIRA, 2013).

O uso do solo provoca alterações nas comunidades de FMA, podendo ocasionar um aumento na densidade e na diversidade de esporos em áreas de mata, ou reduzir em áreas de monoculturas (FERREIRA CARNEIRO; SAGGIN JÚNIOR, 2012), como pode-se observar na Figura 20, quando se comparam as áreas de mata nativa com as áreas de plantios de *Eucalyptus* sp., nos dois períodos analisados, percebe-se que as

áreas de mata destacam-se com maior riqueza, independente do período climático, e as áreas de plantio sempre apresentam menor riqueza de espécies.

Figura 20. Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares, encontrados em formações florestais nativas e em plantios de eucalipto, nos períodos seco e chuvoso, nos municípios de Goiana e Carpina, Pernambuco, Brasil (2017, 2018)



A colonização e a esporulação vão depender de uma série de fatores, tanto abióticos quanto bióticos, mas em suma, as áreas de mata nativa sempre detêm os maiores índices de riqueza, por conta da grande diversidade de plantas encontradas no local, da estabilidade do ambiente e da diversidade de fatores que ajudam na contribuição da esporulação, tais como idade da planta, densidade de raízes, diversidade de hospedeiros, etc., além de outros fatores, como por exemplo o tipo de manejo empregado na hora do plantio (CAMPOS et al., 2011).

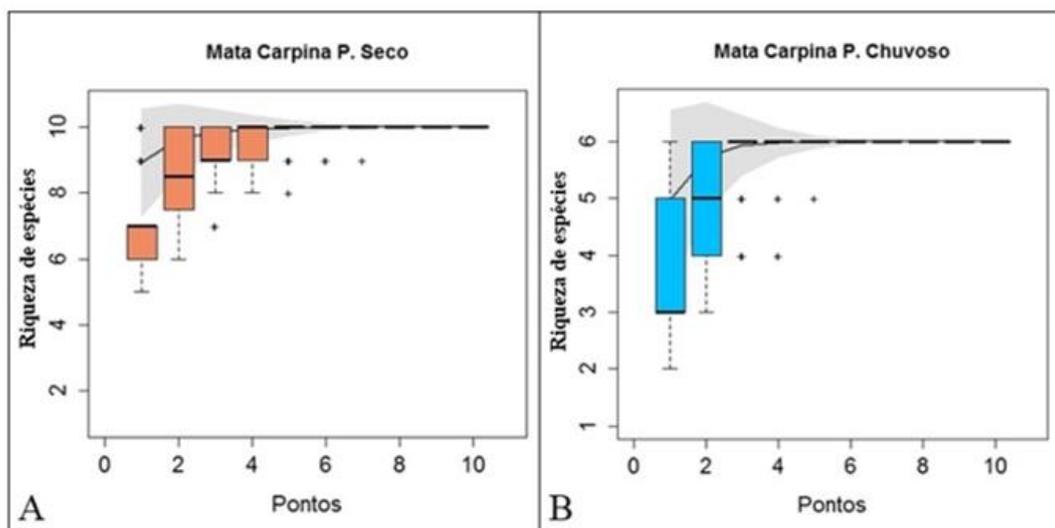
A maior riqueza de espécies nas áreas de mata nativa se deu no período seco. Santos et al. (2014), verificaram este mesmo fato, concluindo que o período que apresentou maior quantidade de esporos de FMA, deu-se na estação seca e verificou que a disponibilidade de água modulava até a ausência e presença de algumas espécies, sendo que apenas as espécies resistentes às condições de déficit hídrico continuaram apresentando estrutura de dispersão (esporos), mesmo no período seco, pois a disponibilidade de água é um dos fatores determinantes na esporulação de fungos micorrízicos. Contudo, nas áreas de plantios a maior riqueza de espécies foi no período

chuvoso, esse resultado deve-se ao fato de que a área de plantio de Goiana no período chuvoso apresentou maior quantidade de espécies em relação as outras áreas de plantios, contribuindo para essa diferença entre os períodos.

4.4.2 Mata nativa de Carpina e Goiana período seco vs. chuvoso

O fragmento de mata nativa localizado dentro da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina da UFRPE (EECAC), apresentou maior riqueza de espécies na estação seca em comparação a estação chuvosa na mesma área (Figura 21). No período seco houve uma maior densidade de esporos de FMA e uma maior riqueza de espécies, como já tem sido constatada nos tópicos anteriores, sendo encontrado no período seco um total de 10 espécies de fungos micorrízicos arbusculares e apenas seis na estação chuvosa.

Figura 21. Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares no fragmento de mata nativa na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina – EECAC, em Carpina, Pernambuco: (A) período seco; e (B) período chuvoso

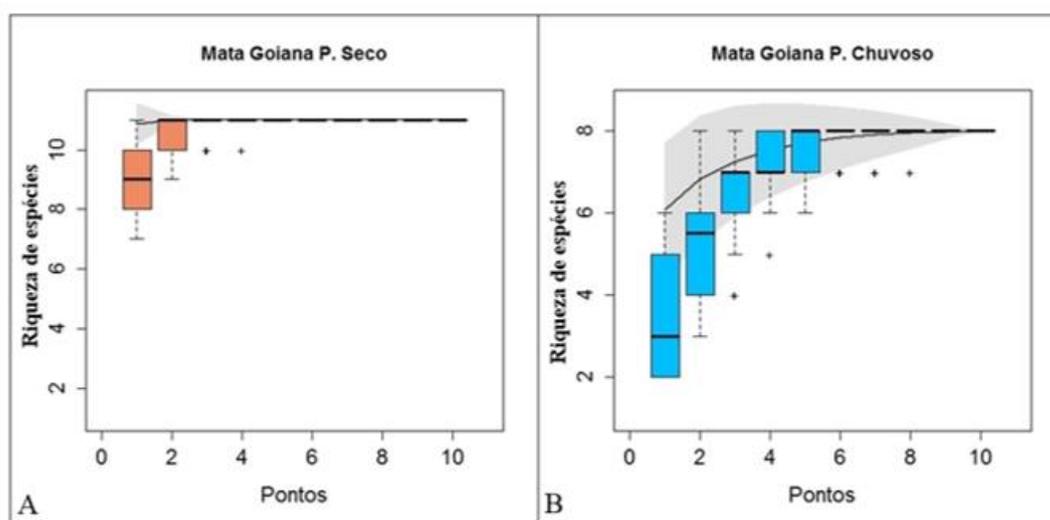


Das 10 espécies encontradas no período seco, o gênero que mais apresentou morfotipos foi o *Glomus*, que foi representado por quatro espécies no local (*Glomus* sp1, sp2 sp5, sp6); o segundo gênero com maior número de espécies no período seco da mata de Carpina foi *Acaulospora*, que apresentou três espécies *Acaulospora* sp1, A. sp3 e *A. dentiscuta*, seguida pelo gênero *Gigaspora* com duas espécies (*Gigaspora* sp2 e sp3), e o gênero *Dentiscutata*, que foi representado por apenas uma espécie, *Dentiscutata erythopa*. No período chuvoso, também foram encontrados os gêneros

Glomus, representado pelas morfoespécies *Glomus* sp2, sp6 e sp7, sendo os morfotipos sp2 e sp6 os mesmos que também ocorreram no período seco, e *Gigaspora*, representado pelo morfotipo sp.1, além do gênero *Rhizoglomus* (*Rhizoglomus clarus*) que só apareceu nesse período e uma outra espécie que não identificada.

No fragmento de mata nativa de Goiana, segue-se o mesmo padrão que na mata de Carpina, uma maior riqueza na época seca (Figura 22), sendo encontradas 11 morfoespécies, das quais três pertencem ao gênero *Glomus* (*Glomus* sp2, sp4 e sp6), três ao gênero *Acaulospora* (*A.* sp.1, sp.2 e *A. dentiscutata*), uma pertencente ao gênero *Rhizoglomus* (*R. clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd, G.A. Silva & Oehl.) e outras duas espécies ainda não identificadas. Já no período chuvoso, apareceram apenas quatro gêneros, sendo *Glomus* o que apresentou novamente uma maior representatividade, com três espécies (*Glomus ambisporum*, e as morfoespécies sp.3 e sp.4), além das espécies do gênero *Rhizophagus*, que apareceu apenas na mata de Goiana no período chuvoso e em nenhuma outra área analisada neste estudo. A espécie *Rhizoglomus clarus* também apareceu no período chuvoso.

Figura 22. Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares, encontrados em fragmento de mata nativa na Estação Experimental de Itapirema, IPA, em Goiana, Pernambuco: (A) período seco e (B) período chuvoso



Contudo, percebe-se uma maior variação na quantidade de indivíduos no período chuvoso, ou seja, no período seco as espécies que surgiram apresentaram alta esporulação, por isso, pode-se observar uma menor variação dos dados nesse período, em contrapartida, no período chuvoso percebe-se que há uma grande variação entre os pontos, mostrando que as espécies que surgiram nesse período comportaram-se de

maneira diferente quanto a sua fisiologia, algumas apresentaram maior quantidade de esporos e outras uma menor quantidade, variação que pode ser vista quando se compara os dois gráficos de períodos diferentes.

Este fato comprova que existem fatores intrínsecos à espécie, de ordem genética, que permitem que algumas espécies de FMA possam apresentar maior produção de esporos num determinado período e outras apresentam uma menor produção, porém, de modo geral, as espécies de FMA apresentam uma maior esporulação no período seco.

Outro fato importante a ser levado em consideração, é que o desaparecimento de algumas espécies quando há uma mudança de um período para outro, não significa que estas estejam ausentes na área analisada, mas que podem estar presentes no ambiente, porém sob outras formas que podem ser de difícil detecção, dependendo da metodologia utilizada para avaliação. Algumas espécies, por exemplo, podem apresentar baixa esporulação, outras podem se apresentar sob a forma de hifas, raízes colonizadas e células auxiliares (SANTOS; CARRENHO, 2011).

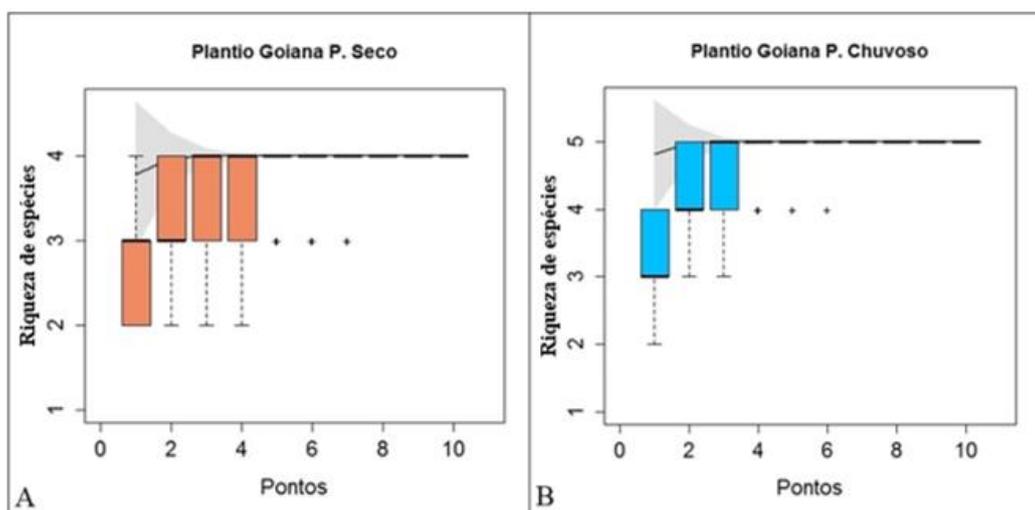
4.4.3 **Plantio de *Eucalyptus* sp. de Goiana e Carpina (seco vs. chuvoso)**

O plantio de eucalipto de Itapirema, apresentou maior diversidade de espécies de FMA na estação chuvosa (Figura 23), em comparação ao período seco, diferentemente das outras áreas analisadas que apresentaram maior riqueza no período seco. No período seco houve uma maior variação dessa riqueza devido ao número de esporos apresentado por cada espécie que ocorreu na área.

No período seco apareceram quatro gêneros, cada um representado por apenas uma espécie, a espécie *Dentiscutata erythropus* (Koske & C. Walker) C. Walker & D.R., a espécie *Racocetra coralloidea* (Trapp G. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd, e as morfoespécies *Glomus* sp3 e *Gigaspora* sp2.

Já no período chuvoso o gênero *Glomus* apresentou maior número de espécies nessa área, sendo representado por três morfoespécies (*Glomus* sp1, sp3 e sp7), o gênero *Racocetra* apareceu novamente, porém representado por uma espécie diferente *Racocetra castanea* (C. Walker) Oehl, F. A. Souza & Sieverd, esta espécie apareceu apenas nessa área e no período chuvoso, e por fim a morfoespécie *Acaulospora* sp1 que havia aparecido apenas nas áreas de mata nativa nos períodos secos.

Figura 23. Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em plantio de *Eucalyptus* sp. da Estação Experimental de Itapirema, IPA, em Goiana, Pernambuco: (A) no período seco; e (B) no período chuvoso



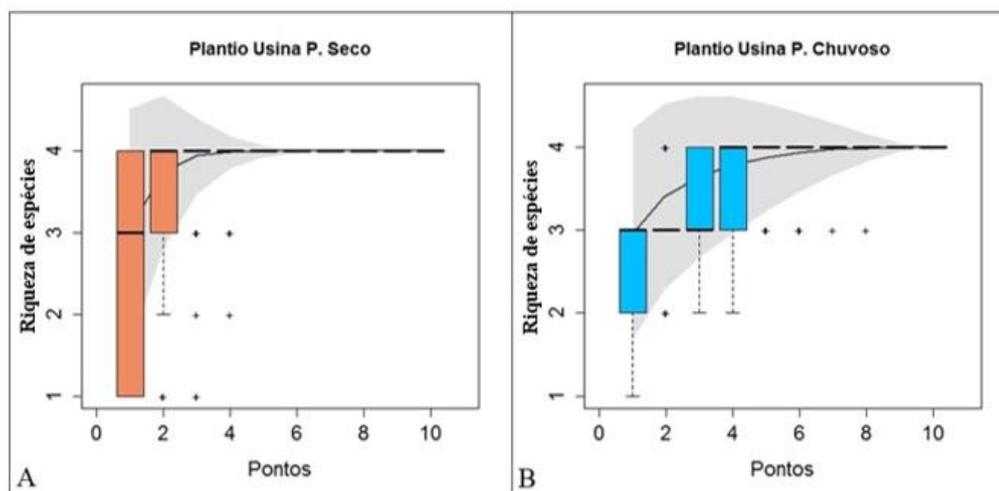
Quando se analisa a área de plantio de *Eucalyptus* sp. da Usina Petribú em Carpina, percebe-se que a riqueza entre os períodos não diferiu, a quantidade de espécies encontradas na área nos períodos seco e chuvoso foi a mesma, pertencentes a quatro gêneros em ambos os períodos.

Contudo, as espécies encontradas no período seco (Figura 24A), apresentaram maior variação quanto à quantidade esporos, ou seja, os FMA diferiram entre si quanto à capacidade de esporulação no período seco mais do que no período chuvoso.

No período seco, assim como no período chuvoso, apareceram apenas três gêneros *Glomus*, *Gigaspora* e *Racocetra*, curiosamente esses três gêneros apareceram nos dois períodos, contudo o gênero *Glomus* teve dois representantes nessa área, sendo que a espécie *Glomus ambisporum* G. S. S. M. & N. C. Schenck apareceu nos dois períodos climáticos, já a morfoespécie *Glomus* sp.2 apareceu apenas no período chuvoso e a morfoespécie *Glomus* sp.1 apenas no período seco. As espécies *Gigaspora* sp.4 e *Racocetra verrucosa* também apareceram nas duas estações.

O gênero *Glomus* apresentou maior abundância de indivíduos no período chuvoso, o mesmo aconteceu com o gênero *Gigaspora*, que teve a quantidade de indivíduos bastante reduzida no período seco. Já a o gênero *Racocetra* apresentou grande abundância de indivíduos no período seco.

Figura 24. Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em plantio de *Eucalyptus* sp. da Usina Petribú, em Carpina, Pernambuco: (A) período seco; e (B) período chuvoso



A quantidade de esporos das espécies encontradas nas áreas de plantios de eucalipto, nos dois períodos, foi muito baixa quando comparada com as demais áreas analisadas neste estudo. Silva et al. (2012) obtiveram resultado semelhante quando avaliaram áreas revegetada após extração de argila, com áreas de plantios de eucalipto e plantios de leguminosas, onde encontraram maior abundância de esporos em uma área com vegetação espontânea (24,5 esporos g^{-1} de solo) e em plantios de leguminosas (7,7 esporos g^{-1} de solo) do que em áreas com plantio de eucalipto (3,3 esporos g^{-1} solo). Araújo et al. (2004) relataram também baixa abundância de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em plantios de eucalipto submetidos a diferentes tipos de manejo.

A idade dos plantios pode ter influenciado na quantidade de esporos presentes nas áreas, tendo em vista que o plantio da Usina Petribú é jovem, com apenas três anos e o plantio de Itapirema tem 15 anos. Na fase inicial da planta, ela forma diversas associações com microrganismos benéficos do solo inclusive com FMA, tendo uma tendência a se associar na fase jovem mais aos fungos micorrízicos arbusculares e progressivamente quando a planta vai envelhecendo essa associação é substituída por associação com fungo ectomicorrízicos (Mello et al., 2006).

Porém, outros fatores interferem nessa análise, de modo que não se pode realmente afirmar que a idade do plantio influenciou na esporogênese, fatores como o uso do solo anteriormente ao plantio, por exemplo, e o tempo que houve essa substituição, na Usina Petribú as áreas que hoje são de plantios de eucaliptos eram áreas

utilizadas para plantios de cana-de-açúcar que, por conta da inviabilidade econômica desses plantios em áreas de declive, foram substituídas por eucaliptos, de modo que as características desse solo ainda estão se modificando, a comunidade de microrganismos nesse ambiente está se adaptando ao novo hospedeiro, dada a recente idade do plantio.

Deve-se levar ainda em consideração que as áreas de plantio de eucalipto estão em áreas de escoamento de grandes quantidades de substâncias químicas que provêm das plantações de cana-de-açúcar que ficam ao redor, onde são aplicadas grandes quantidade de herbicidas e que podem influenciar drasticamente as comunidades de FMA presentes nesses solos.

No mais, o eucalipto apresenta alta dependência da simbiose micorrízica, fazendo com que esta espécie apresente altas taxas de colonização com esses fungos, independente do período climático. Araújo et al. (2004) encontraram uma porcentagem de colonização micorrízica acima de 90% em plantações de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell no litoral norte da Bahia.

Alta taxa de colonização (62,1%) também foi descrita por Campos et al. (2011), em plantios de eucalipto localizados na região leste de Minas Gerais, o que pode explicar a baixa taxa de esporos no solo, não pela ausência total dessas espécies na área, mas provavelmente, por estarem em associação com o eucalipto, dado a alta dependência do hospedeiro a esse microrganismo, fazendo com que a taxa de esporos no solo não seja tão alta quanto a taxa de colonização, contudo neste trabalho, o objetivo não foi avaliar a colonização micorrízica, por isso, não foi investigado tal fator, de maneira que não se pode afirmar de forma decisiva sobre o fato da baixa quantidade de esporos nos dois períodos.

Lima e Souza (2014) também encontraram uma alta dependência do eucalipto ao FMA e ressaltam a importância da utilização de tecnologias de inoculação com esse fungo em espécies florestais para reflorestamento, tendo em vista que na maioria das vezes esses reflorestamentos são feitos em solos de baixa fertilidade e com reduzido potencial de inóculo micorrízico nativo, como constatado no plantio de Eucalipto da Usina Petribú.

4.5 Análise de similaridade

A similaridade nas áreas foi avaliada utilizando-se o índice de Bray-Curtis, que usa a riqueza de espécies bem como a abundância e é possível gerar uma matriz de dados de modo a relacionar as áreas avaliadas.

Observa-se na Tabela 2, que a similaridade foi alta para as áreas de mata nativa de Goiana e Carpina (22,55) e não houve similaridade entre as áreas de mata nativa de Goiana e os plantios de eucaliptos, contudo houve uma pequena similaridade entre a área de mata nativa de Carpina e o plantio de *Eucalyptus* sp. da estação experimental de Itapirema, Goiana.

Tabela 2. Matriz de similaridade da ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares entre áreas de mata nativa e de plantios de *Eucalyptus* spp. avaliadas no período seco

	MG	MC	PG	PU
MG	*	22,55	0,00	0,00
MC	*	*	3,23	0,00
PG	*	*	*	0,00
PU	*	*	*	*

Onde: MG = Mata Goiana; MC = Mata Carpina; PG = Plantio de *Eucalyptus* sp. Goiana; PU = Plantio de *Eucalyptus* sp. Usina Petribú.

A alta similaridade entre as áreas de mata nesse período deve também a alta esporulação de quatro morfotipos que apareceram concomitantemente nas duas áreas *Glomus* sp.2 e sp.6, *Gigaspora* sp.3 e *Acaulospora* sp.1, ambas as áreas apresentaram grande abundância desses indivíduos, sendo que a maior abundância dessas espécies está na área de mata nativa de Goiana.

Já no período chuvoso (Tabela 3), observa-se o inverso ao período seco, as áreas de mata nativa apresentam uma similaridade mais baixa (10,30), e a área de mata nativa de Carpina (EECAC) apresentam uma similaridade maior com a área de plantio (17,5) de *Eucalyptus* sp. de Goiana (Itapirema).

A morfoespécie *Glomus* sp.7 apareceu nessas duas áreas, sendo mais abundante no plantio de eucalipto do que na área de mata nativa de Carpina, sendo observado que o gênero *Glomus* mostrou maior afinidade, atuando de maneira mais eficiente nesse período, tendo em vista a grande abundância desse gênero no período chuvoso. Segundo Araújo (2008), no período chuvoso pode ocorrer uma seleção de espécies de FMAs de forma que a diversidade reduza, mas os fungos micorrízicos nesse período tendem a tornarem-se especialistas em uma espécie de planta.

Tabela 3. Matriz de similaridade da ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares entre áreas de mata nativa e de plantios de *Eucalyptus* spp. avaliadas no período chuvoso

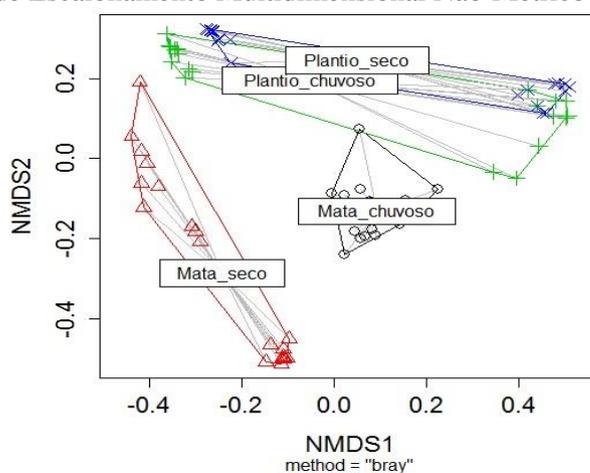
	MG	MC	PG	PU
MG	*	10,30	0,00	7,5
MC	*	*	17,5	0,00
PG	*	*	*	0,00
PU	*	*	*	*

Onde: MG = Mata Goiana; MC = Mata Carpina; PG = Plantio de *Eucalyptus* sp. Goiana; PU = Plantio de *Eucalyptus* sp. Usina Petribú.

Quando se analisam as áreas, de forma geral, observa-se que as áreas de mata nativa no período seco se distanciam bastante das demais áreas, devido principalmente ao aparecimento de algumas espécies exclusivas desse período.

A Figura 25 reforça os dados do cálculo de similaridade de Bray-Curtis e pode-se notar que as áreas de plantios apresentaram sobreposição mesmo em períodos distintos, diferentemente das áreas de mata, mostrando que as espécies que apareceram nessas áreas de plantios, a similaridade entre as espécies foi bem maior. Pode-se notar que as áreas de plantio do período seco se sobrepõem ao período chuvoso, mostrando que entre esses períodos não houve uma grande mudança de espécies nas áreas estudadas. Neste contexto, constatou-se que a morfoespécie *Glomus* sp.3, que apareceu na área de plantio de Goiana no período chuvoso, também surgiu no período seco. O mesmo aconteceu com as espécies *Glomus ambisporum*, *Racocetra verrucosa* e *Gigaspora* sp.4, que surgiram nos dois períodos na área de plantio da Usina Petribú.

Figura 25. Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico entre as áreas analisadas.



Onde: Mata seco - corresponde as áreas de mata nativa de Carpina (EECAC) e Goiana (Itapirema), no período seco; Mata chuvoso - corresponde as áreas de mata nativa de Carpina (EECAC) e Goiana (Itapirema), no período chuvoso; Plantio seco - correspondem as áreas de plantios de *Eucalyptus* sp. de Goiana (Itapirema) e da Usina Petribú (Lagoa de Itaenga); e Plantio chuvoso - corresponde as áreas de plantios de *Eucalyptus* sp. de Goiana (Itapirema) e da Usina Petribú (Carpina), no período chuvoso.

Santos et al. (2014), estudando o efeito da sazonalidade anual na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em fragmento de floresta estacional semidecidual encontraram uma espécie do gênero *Racocetra* (*R. persica*) apenas na época mais seca, quando o déficit hídrico foi extremo, com valores de menos de 20 mm de precipitação, demonstrando que esta espécie é resistente a essas condições.

Nas áreas de plantio de Eucalipto, não houve uma grande variação de espécies entre os períodos analisados, havendo sempre uma alta dominância das espécies de FMA, demonstrando também que, em áreas de plantios, há um rerutamento menos variado de espécies, onde apenas aquelas com funções mais especializadas permanecem em áreas onde há presença de monocultivo, como é o caso dos plantios de eucaliptos.

Já nas áreas de mata, não há essa sobreposição entre os períodos seco e chuvoso, demonstrando que houve uma grande variação da riqueza de espécies de FMA nessas áreas entre os períodos, de modo que as espécies que surgiram no período seco não foram as mesmas que surgiram no período chuvoso, mostrando distinção entre as épocas.

Segundo Cardoso et al. (2010), vários fatores de natureza biótica e abiótica regulam a ocorrência desses fungos, interferindo na sobrevivência, na germinação desses propágulos e alterando o processo e os efeitos da colonização radicular nas plantas, de maneira que a época de coleta influenciou bastante na modulação da riqueza de FMA nessas áreas, principalmente nas de mata nativa, pois apenas as espécies resistentes continuaram a aparecer nas áreas no período seco (SILVA et al., 2014) e a ocorrência de FMA nas áreas foi bem distinta nesses dois períodos.

4.6 Análise do solo

De modo geral as áreas analisadas apresentaram baixos valores de pH, independente da estação, sendo que as áreas de mata nativa apresentaram os valores mais baixos quando comparadas com as áreas de plantos de eucalipto (Tabela 4).

Em suma as áreas de mata nativa apresentaram valores de pH tendendo a acidez (MCS = 5,73; MCC = 5,6; MGS = 5,2; MGC = 4,8) e as áreas de plantios de eucalipto apresentaram valores que tendem a neutralidade (PCS = 6,0; PCC = 6,38; PGS = 6,2; PGC = 6,2), o que pode ter contribuído para elevada densidade de esporos de FMA nas áreas de mata nativa, pois em geral os fungos são organismos acidófilos, ou seja, crescem melhor em condições de acidez (LEITE; ARAÚJO, 2007) e as áreas de floresta nativa apresentam comumente pH mais ácido devido a dinâmica da serrapilheira, pois nesses ambientes ocorrem maior deposição da serrapilheira e, conseqüentemente, no

processo de decomposição ocorre maior liberação de ácidos que contribuem para a diminuição do pH do solo (RODRIGUES, 2010).

Tabela 4. Características químicas do solo das áreas de mata nativa e plantio de eucalipto, no período seco e chuvoso, em estudo de ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de mata nativa e de plantio de *Eucalyptus*, em Pernambuco

Áreas	pH	mg/dm ³		Cmol _c /dm ³							%			
		P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B	C.T.C	V	C	M	M.O
PCS	6,0	24,0	1,23	0,14	5,21	2,75	0	2,69	9,33	12,02	77,61	1,60	0	2,89
PCC	6,4	22,1	0,47	0,06	6,61	1,02	0	2,52	8,18	10,70	72,81	1,75	0	3,02
PGS	6,2	6,0	0,12	0,13	2,38	2,32	0	1,67	4,95	6,62	74,58	1,07	0	1,85
PGC	6,2	7,0	0,08	0,1	2,85	1,42	0	2,37	4,45	6,82	65,29	1,19	0	2,05
MCS	5,6	6,0	0,29	0,15	3,36	2,34	0,02	4,48	6,13	10,61	57,81	1,73	0,33	2,99
MCC	5,7	6,4	0,34	0,11	3,33	0,91	0,03	2,33	4,69	7,02	64,88	1,65	0,93	2,84
MGS	4,8	2,0	0,08	0,06	1,53	1,21	0,32	4,75	2,88	7,63	36,95	1,57	11,91	2,70
MGC	5,2	4,0	0,07	0,08	1,26	0,89	0,24	4,69	2,31	7,00	34,34	1,38	9,27	2,38

Onde: PCS=Plantio de eucalipto de Carpina estação seca PCC= Plantio de eucalipto de Carpina estação chuvosa; PGS= Plantio de eucalipto de Goiana na estação seca; PGC= Plantio de eucalipto de Goiana estação chuvosa; MCS= Mata nativa de Carpina estação seca; MCC= Mata nativa de Carpina estação chuvosa; MGS=Mata nativa de Goiana estação seca; MGC= Mata nativa de Goiana estação chuvosa.

Segundo Souza et al. (2015), a ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares é condicionada de acordo com as faixas de pH do solo, esses autores verificaram maiores densidade de esporos em pH em torno de 5,0, o que corrobora com os resultados encontrados nesse trabalho, tendo em vista que as maiores densidades de esporos de FMA foram encontradas nas áreas de mata e em especial na mata de Goiana que apresentou os menores valores de pH (5,2 na estação seca e 4,8 na estação chuvosa) e as maiores densidade de esporos.

De acordo com Carneiro et al. (2012), altos valores de pH podem influenciar negativamente os FMAs e ao mesmo tempo podem contribuir para seleção de espécies mais adaptadas à condição local, ou seja, o pH do solo modula a presença de determinadas espécies, o que de fato pode ser visto nas áreas de plantios desse trabalho que apresentaram os maiores valores de pH (tendendo à neutralidade). Nessa áreas de plantio, é possível observar algumas espécies que só ocorrem nesse ambiente, como é o caso da espécie do gênero *Racocetra*, cuja presença pode ser atribuída à adaptação ao pH, ou seja, o pH do solo modula a presença e ausência de determinadas espécies que ocorrem nas áreas de plantios, tendo em vista que a comunidade de FMAs nessas áreas são mais reduzidas quanto à diversidade, sendo mais especialistas.

Já nas áreas de mata nativa, é possível observar a presença marcante e em grande densidade de esporos das espécies do gênero *Glomus*, sendo ainda encontradas espécies

do gênero *Acaulospora* e *Gigaspora* nesses ambientes em maiores quantidades do que nas áreas de plantio, o que pode ser também devido aos valores de pH, o que difere do encontrado por Silva et al. (2015) que, ao analisar a ocorrência e diversidade de FMAs em latossolo no sul do Brasil, encontrou correlação negativa entre as espécies *Glomus aggregatum* e *G. clarum* com o pH ácido (5,0 e 5,5) em floresta nativa, e correlação positiva com pH 6,6 em área de pousio.

Contudo no presente trabalho, espécies do gênero *Glomus* foram encontradas até mesmo em áreas com pH muito ácido, como é o caso da área de mata nativa de Goiana no período chuvoso, que apresentou pH igual a 4,8, o que também é visto por Costa et al. (2013), que encontraram maior produção de *G. clarum* em pH 4,0, em condições controladas de laboratório em raízes de cenoura, sendo a alta adaptação das espécies do gênero *Glomus*, em relação ao pH, já constatada por Fernandes (1987).

Ainda, segundo Silva et al. (2015), o gênero *Acaulospora* apresentou correlação positiva (0,87) para o pH 5,0 em área de floresta nativa, e correlação negativa (-0,99) para o pH 6,6, evidenciando que este gênero é favorecido em ambientes com pH inferior a 6,2, o que também é encontrado neste trabalho, na área de plantio de eucalipto de Goiana no período chuvoso que apresentou pH igual a 6,2, e também encontrado em maiores densidades nas áreas de mata nativa de Carpina e Goiana, que apresentaram, respectivamente, pH igual a 5,73 e 5,2.

A alta densidade de esporos na mata nativa também pode ser explicada pela baixa quantidade de fósforo (P) encontrado nesses locais (MCS = 6,0 mg/dm³; MCC = 6,40 mg/dm³; MGS = 2,0 mg/dm³; MGC = 4,0 mg/dm³), o que também foi visto nos plantios de Goiana (PGS = 6,0 mg/dm³; PGC = 7,0 mg/dm³), em comparação com as áreas de plantios de Carpina, que apresentaram as maiores quantidades de fósforo (PCS = 24,0 mg/dm³; PCC = 22,12 mg/dm³).

A área de mata nativa de Goiana apresentou os valores mais baixos de fósforo o que pode ter contribuído também para que essa área apresentasse as maiores densidades fazendo com que as plantas desse local ficassem mais dependentes da associação micorrízica, pois a baixa disponibilidade de nutrientes, sobretudo o P, favorece a ocorrência desses fungos (AQUINO; ASSIS, 2005).

Já as áreas de plantios apresentaram as menores densidades de FMA, com exceção do plantio de Goiana, que apresentou maiores densidades do que as do plantio de Carpina na Usina Petribú, tendo em vista que a área do plantio de Goiana apresentou também baixos valores de fósforo enquanto que a área do plantio de Carpina apresentou

alto teor de fósforo e baixa densidade de esporos, o que comprova a afirmação anterior de que baixos teores de fósforo favorecem o aparecimento desses fungos.

O alto teor de fósforo no plantio de eucalipto de Carpina pode ser explicada pela matriz onde esse plantio está inserido, pois enquanto o plantio de Goiana encontra-se em uma área plana e menos antropizada, sendo esse cercado no entorno por espécies arbóreas e fragmento de mata nativa, o plantio de Carpina se encontra em uma área de escoamento de insumos provindos dos cultivos de cana-de-açúcar, que ficam no entorno do plantio, ou seja, com a chuva, a maior parte desses insumos são lixiviados chegando até o plantio de eucalipto, que além de receber esses insumos ainda recebe as doses que lhe são aplicadas, pois se trata de um plantio comercial.

Em resumo, os solos das áreas de mata nativa são bem mais conservados do que solos dos plantios, porém pode-se notar ao observar a porcentagem da saturação por bases (V%) que a quantidade de nutrientes nos solos de mata são bem menores do que nos solos de plantios, levando em consideração a quantidade de bases que representam a C.T.C (capacidade de troca de cátions). Pode-se, então, dizer que os solos de plantios são bem mais férteis que os solos de mata, porém, salienta-se que, tanto o solo do plantio de eucalipto quanto o do fragmento de mata nativa de Carpina, recebem grandes quantidades de nutrientes dos insumos que são aplicados nos canaviais que existem no entorno; já no caso do plantio de eucalipto de Goiana, existe uma grande quantidade de serrapilheira depositada sobre o “chão”, e à medida que esses materiais orgânicos vão sendo decompostos passam então a fazer parte da composição química do solo.

Segundo Melloni et al. (2011), áreas mais preservadas tendem a apresentar maior diversidade enquanto que solos com maior incidência antrópica tendem a se destacar com maiores colonizações micorrízicas, como foi evidenciado nesse trabalho, onde as áreas de mata nativa apresentam maiores diversidade e densidade, enquanto as áreas de plantios apresentam menores diversidade e densidade, o que pode indicar que talvez haja nas áreas de plantios maiores colonizações, porém tal fato só pode ser comprovado mediante maiores estudos nessas áreas.

Ainda, analisando a porcentagem de saturação por bases, percebe-se que as áreas que apresentaram menores valores, como a área de mata nativa de Goiana ($V = 36,95\%$, no período seco) e a mata de Carpina no mesmo período ($V = 57,81\%$), além da área de plantio de Goiana no período chuvoso ($V = 65,29\%$), foram as que apresentaram as maiores densidades de FMA, ou seja, baixa disponibilidade de nutrientes favorecem a maior ocorrência de fungos micorrízicos (AQUINO; ASSIS, 2005).

Há uma variação da densidade de esporos ao longo das estações do ano, pois pode-se observar na Tabela que com a mudança da estação climática há aumento de alguns atributos químicos e diminuição de outros e isso interfere também na relação planta/fungo como é relatado por Melloni et al. (2011) afirmando que essa variação na esporulação pode estar relacionada com a diferença na fertilidade que ocorre entre algumas estações do ano.

Já com relação a matéria orgânica do solo pode-se notar que o plantio de Carpina apresentou maior quantidade de matéria orgânica (M.O=3,02% na estação chuvosa) em relação as demais áreas analisadas, seguido pela mata nativa de Carpina na estação seca com M.O=2,99%, o que de acordo com Fernandes et al. (2010) contribuiu para o aumento da diversidade de FMAs no solo, porém esse fato não foi constatado na área de plantio de Carpina, sendo apenas visto nas áreas de mata nativa de Carpina e na mata nativa de Goiana embora esta tenha apresentado quantidades de matéria orgânica bem menores que as do plantio e da mata de Carpina (M.O=2,38% na estação seca e M.O=2,70% na estação seca).

5 CONCLUSÃO

Ocorreu baixo potencial de inóculo de FMA nativo em áreas de plantios de *Eucalyptus* sp. em relação não só as áreas de mata nativa avaliadas neste estudo, mas com relação a outros trabalhos.

Nas áreas de mata nativa, foi encontrado maior diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em relação às áreas de plantios.

O gênero *Glomus* apareceu em todas as áreas estudadas, demonstrando sua capacidade de adaptação em diferentes ambientes e em diferentes condições climáticas.

O gênero *Acaulospora* surgiu apenas no período seco, demonstrando sua adaptação a esse período.

O gênero *Racocetra* apareceu nas duas estações avaliadas, associado apenas ao plantio de eucalipto, demonstrando ter maior afinidade com esta espécie.

O gênero *Rhizophagus* apareceu apenas na área de mata nativa de Goiana, e apenas no período chuvoso, inferindo que esta espécie tem mais afinidade com espécies hospedeiras da Floresta Ombrófila e é mais sensível a níveis de estresse hídrico.

A diversidade foi maior em áreas de mata e a dominância foi maior em áreas de plantios de eucalipto, demonstrando que a diversidade de espécies vegetais em um local contribui para a riqueza e diversidade de FMA na rizosfera.

De modo geral, no período seco houve menor dominância e conseqüentemente maior diversidade de espécies, demonstrando que as espécies das áreas avaliadas apresentam afinidade com a época seca, sendo induzido o surgimento de mais espécies nesse período.

A densidade de esporos de FMA foi maior nas áreas de mata em relação as áreas de plantios.

A área de mata nativa de Goiana, caracterizada como Floresta Ombrófila, apresentou maior de riqueza de espécies de FMA em relação às demais áreas avaliadas.

No período chuvoso, as espécies tendem a ser mais especialistas, e portanto, a diversidade nessa época tende a diminuir e, as espécies com funções ecológicas mais específicas de interesse para o hospedeiro são favorecidas e se proliferam mais.

Houve maior variação de espécies de FMA nas áreas de mata do que nas áreas de plantios, entre os períodos seco e chuvoso, indicando que a diferença de precipitação entre os períodos, influenciou a riqueza, principalmente nas áreas vegetação nativa.

As espécies de *Glomus* apresentam alta adaptação às diferentes condições de pH

encontradas nas áreas de estudo desse trabalho.

As espécies de *Acaulospora* também apresentaram adaptação aos diferentes valores de pH dos ambientes onde elas foram encontradas, porém mostraram ser favorecidas mais pelo pH ácido, uma vez que apresentaram maior esporulação nas áreas com pH mais baixo.

O potencial de inóculo não está diretamente relacionado à fertilidade do solo e a grandes quantidades de fósforo, pois em solos que apresentarm melhor fertilidade e maiores quantidades de fósforo apresentaram baixa densidade de esporos de FMA.

A variação da densidade de esporos e da diversidade de espécies de FMA é melhor explicada pela diferença sazonal do que pelos atributos químicos do solo, ficando evidenciado que a precipitação é um fator marcante e que modula a densidade e diversidade de espécies nas áreas analisadas.

6 REFERÊNCIAS

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Eds.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. P. 38 – 56.

ANDREOTE, F. D. **Fatores determinantes na composição comunidade bacteriana associada às plantas** (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007, 201 p.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Boletim do clima: síntese climática**, v. 3, n. 1, 2015.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Processo biológico no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2005, 368 p.

ARAÚJO, F. S. **Potencial de inóculo de fungo micorrízicos arbuscular em seis sistemas de uso do solo, na região Nordeste do semi-árido do Brasil**. 2008. 50 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2008.

ARAÚJO, C. V. M.; ALVES, L. J.; SANTOS, O. M. Micorriza arbuscular em plantações de Eucalyptus no litoral norte da Bahia, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, n. 3, p 513 – 520, 2004.

ARRUDA, K. E. C. **Geodiversidade no município de Araripina – PE, Nordeste do Brasil**. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013, 171 p.

ASSIS, T. C. Et al. Laboratório de fitopatologia: Coleta de amostras para análise e doenças de plantas. In: FIGUEIREDO, M. do V. B.; GOMES, E. W. F.; GALDINO, A. A. de S. **Guia prático para coleta de amostras laboratoriais**. Recife – PE: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2013. p. 29 – 38.

AZEVEDO, J. M. A. Et al. Riqueza e frequência de fungos micorrízicos arbusculares em genótipos de amendoim forrageiro no Acre, Norte do Brasil. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 157 – 168, 2014.

BAREA, J. M. et al. Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. **Journal of arid environments**, v. 75, p. 1292 – 1301, 2011.

BARRET, M.; MORRISSEY, J. P.; O’GARA, F. Functional genomic analysis of plant growth-promoting rhizobacteria traits involved in rhizosphere competence. **Biology and fertility of soils**, Berlin, v. 47, p. 729 – 743, 2011.

BASSIO, T. P.; GALLO, C. R.; BASSO, L. C. Atividade celulolíticas de fungos isolados de bagaço de cana-de-açúcar e madeira em decomposição. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 45, n. 11, p. 1282 – 1289, 2010.

- BERENDSEN, R. L. Et al. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in plant Scienci**, Oxford, v. 17, n. 8, p. 478 – 486, 2012.
- BIANCHI, M. O. et al. Influência de leguminosas sobre a comunidade de fungos micorrízicos em área revegetada. **Revista Agrogeoambiental**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 23 – 32, 2016.
- BORGES, A. J. S. Et al. Redução do mal-do-panamá em bananeira-maça por inoculação do fungo micorrízico arbuscular. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 35 – 41, 2007.
- CAMARA, R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em dois fragmentos de restinga periodicamente inundáveis em Marambaia, RJ. **Floram**, v. 23, n. 1, p. 33 – 42, 2016.
- CAMPOS, D. T. S. et al. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 965 – 974, 2011.
- CAPRONI, A. L. et al. Ocorrência de Fungos micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetada com espécies arbóreas. **Acta bot. bras.**, v. 21, n. 1, p. 99 – 106, 2007.
- CARDOSO FILHO, J. A.; MINHONI, M. T. A. Interações microbianas e controle de fitopatogenos na rizosfera. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Eds.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. P. 239 – 258.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorriza arbuscular na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.). **Micorriza: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010, p. 153 – 214.
- CARNEIRO, R. F. V.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M.; DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H. M. Bagaço de cana-de-açúcar como substrato para multiplicação de fungos micorrízicos arbusculares e sua influência sobre o estilosantes. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 189 – 196, 2008.
- CARNEIRO, R. F. V. et al. Fungo micorrízico arbuscular como indicador da recuperação de áreas degradadas no nordeste do Brasil. **Rev. Ci. Agron.**, v. 43, n. 4, p. 618 – 657, 2012.
- CARRINO-KYKER, S. R. Et al. Detection of phosphate transporter genes from arbuscular mycorrhizal fungi in mature tree roots under experimental soil pH manipulation. **Symbiosis**, v. 72, n. 2, p. 123 – 133, 2017.
- CAVAGLIERI, L.; ORLANDO, J.; ETCHEVERRY, M. Rhizosphere microbial community structure at diferent maize plant growth stages and root locations. **Microbiological research**, Jena, v. 164, p. 391 – 399, 2009.
- COLMANETTI, M. A. A.; BARBOSA, L. M. Fitossociologia e estrutura do estrato arbóreo de um reflorestamento com espécies nativas em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. **Hoehna**, v. 40, n. 3, p. 419 – 435, 2013.

COLOZI, A. F.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiologia do solo e qualidade ambiental**. Campina: Instituto Agrônômico, 2007.

COSTA, D. B. et al. Adubação fosfatada em cana planta e soca em argissolos do Nordeste de diferentes texturas. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 47 – 56, 2014.

COSTA, R. S. C. Et al. Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013, 13 p. (Documento Embrapa Rondônia, ISSN 0103-9865;153).

COSTA, F. A. et al. In vitro culture of *Gigaspora decipiens* and *Glomus clarum* in transformed roots of carrot; the influence of temperature and pH. **Acata Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 315 – 323, 2013.

COTTA, S. R. O solo como ambiente para a vida microbiana. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

DANTAS, B. L. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido Cearense. **Ciência rural**, v. 45, n. 8, p. 1480 – 1486, 2015.

FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em Latossolo vermelho sob manejo e usos no cerrado. **Revista Brasileira de ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 51 – 61, 2012.

FERNÁNDEZ, M. T. H.; IZQUIERDO, C. G.; STAMFORD, N. P.; MORENO, M. D. C. Enzimas que actúan em la materia orgánica del suelo. In: FIQUEIREDO, M. do V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. De R. e S. **Microrganismos e agrobiodiversidade: O novo desafio para agricultura**. 2008, p. 351 – 375.

FERNANDES, S. G. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de agricultores familiares da comunidade de Água boa 2, Rio pardo de Minas, MG – Planaltina, DF: Embrapa cerrados, 2010, 28p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa cerrados, 296).

FERNANDES, A. B. **Micorríza vesículo arbuscular em cafeeiro da região sul do estado de Minas gerais**. 1987. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG (Dissertação mestrado).

FOLLI-PEREIRA, M. S. Et al. Micorriza Arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1663-1679, 2012.

FRACETTO G. G. M. Et al. Expressão diferencial de genes relacionados as vias de biossíntese de etileno e ácido abscísico em mutantes de tomateiro epinastic e sitiens colonizados por *Glomus clarum*. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 2015, Natal/RN. **Anais...** Natal/RN: Congresso Brasileiro de Ciências do solo, 2015.

FRACETTO, G. G. M. Et al., Tomato ethylene mutants exhibit differences in arbuscular mycorrhizal development and levels of plant. **Symbiosis**, v. 60, p. 155 – 167, 2013.

- GENRE, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi elicit a novel intracellular apparatus in *Medicago truncatula* root epidermal cells before infection. **The Plant Cell**, v. 17, p. 3489 – 3499, 2005.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and centrifugation. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v. 46, p. 235 – 244, 1963.
- GOTO, B. T. Et al. Checklist of the arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) in the Brazilian Semiarid. **Mycotaxon**, v. 113, p. 251 – 254, 2010.
- GUO, W. et al. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Maize (*Zea mays* L.) and Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Applied Soil Ecology**, n. 72, p.85 – 92, 2013.
- HILTNER, L. Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. **Arb. Deut. Landwirtsch. Ges.**, v.98, p.59-78, 1904.
- JAVOT, H. A *Medicago truncatula* phosphate transporter indispensable for the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **PNAS**, v. 104, n. 5, p. 1720 – 1725, 2007.
- JENKINS, W. R.; A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Pl. Dis. Rep.**, v. 48, p. 692, 1964.
- JONER, F. Et al. Riqueza, redundância funcional e resistência de comunidades campestres sob pastejo. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5. Supl. 1, p. 528 – 530, 2007.
- LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. **Ecologia microbiana do solo**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2007, 24 p. (Documento 164).
- LIMA, D. A. Estudos fitossociológicos de Pernambuco. **Anais da academia Pernambucana de Ciências Agrônômica**, Recife, v.4, p. 243 – 274, 2007.
- LOPES, J. Et al. Nodulação e produção de raízes de estilosantes Mineirão sob o efeito de calagem, silicatagem e doses de fósforo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.35, n. 1, p. 99 – 107, 2011.
- MAIA, L. C.; SILVA, G. A. da; YANO-MELO, A. M.; GOTO, B. T. Fungos Micorrízicos Arbusculares no Bioma Caatingas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 311 – 339.
- MAIA, R. S.; VASCONCELOS, S. S.; CARVALHO, C. J. R. Frações de fósforo e simbiose micorrízica em floresta secundária em resposta a disponibilidade de água e nutrientes na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 255 – 264, 2015.
- MARKOWITZ, V. M. Et al. IMG/M: A data management and analysis system for metagenomes. **Nucleic Acids Research**, Oxford, v. 36, p. 534 – 538, 2008.
- MELLO, A. H. et al. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa maria, v. 16, n. 3, p. 293 – 301, 2006.

MELLONI, R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em solos da Reserva biológica municipal serra dos toledos, Itajubá/Mg. **Ciência Florestal**, Santa maria. V. 21, n. 4, p 799 – 809, 2011.

MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. V.; LYRA, M. C. C. P.; FIGUEIREDO, M. V. B.; SILVA, M. L. R. B.; MAIA, L. C. Caracterização morfológica e molecular de Fungos Micorrízicos Arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso, Araripina, PE, Brasil. **Hoehna**, v. 41, n. 3, p. 393 – 400, 2014.

MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. V.; LYRA, M. C. C. P.; FIGUEIREDO, M. V. B.; SILVA, M. L. R. B.; MAIA, L. C. Caracterização morfológica e molecular de Fungos Micorrízicos Arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso, Araripina, PE, Brasil. **Hoehna**, v. 41, n. 3, p. 393 – 400, 2014.

MESSIAS, A. S.; SILVA, C. A. A. Microrganismos degradadores de resíduos sólidos. In: FIGUEIRO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N P.; SANTOS, C. E. R. S. (Eds.). **Microrganismos e agrobiodiversidade: O novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. P. 423 – 434.

OLDROYD, G. E. D. Speak, friend, and enter: Signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. **Reviews**, v. 11, p. 252 – 263, 2013.

PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhizal: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews**. V. 6, p. 763 – 775, 2008.

PHILIPPOT, L. Et al. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. **Nature Reviews**. V. 11, p. 789 – 799, 2013.

REMY, W. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizal. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, USA, v. 91, p. 11841 – 11843, 1994.

RODRIGUES, A. B. C. Atributos químicos em solo sob floresta nativa e capoeira. **Uniciências**, v. 14, n. 1, 2010.

ROMAGNOLI, E. M.; ANDREOTE, F. D. Rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

SANTOS, F. E. F.; CARRENHO, R. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente florestal impactado (Parque cinquentenário – Maringá, Paraná, Brasil). **Acata Botânica Brasília**, v. 2, n. 25. P. 508 – 516, 2011.

SANTOS, R. S.; SCORRIZA, R. N.; FERREIRA, J. S. Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes coberturas florestais em vitória da conquista, Bahia. **Floresta e ambiente**, v. 20, n. 3, p. 344 – 350, 2013.

SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I. M. M. B.; COLAÇO, W. Fixação simbiótica do N₂ em leguminosas tropicais. In: FIGUEIRO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. de R. e S. (Eds.). **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008, p. 17-62.

SANTOS, R. S.; BARRETO, P. A. B.; SCORRIZA, R. N. Efeito da sazonalidade na comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em um fragmento de mata de cipó

em Vitória da conquista, Bahia. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto alegre, v. 12, n. 1, p. 46-51, 2014.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. *Maringá*, v. 32, n.1, p. 171 -178, 2010.

SCHUBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Maryland. V. 105, n. 12, p. 1413 – 1421. 2001.

SILVA, C. F. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área degradada por extração de argila e revegetada com Eucalipto e acacia. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 749 – 761, 2012.

SILVA, R. F. et al. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em Latossolo no sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento I, p. 1851 – 1862, 2015.

SIMÕES NETO, D. E. et al. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v. 50, n. 1, p. 73 -81, 2015.

SIQUEIRA, J. O. Et al. Micorriza e degradação do solo: Caracterização, efeitos e ação da recuperação. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SHAEFER, C. E. G. R. (Eds). **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007, v. 5, p. 219 – 306.

SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010.

SMITH, S. E. F. A. A.; READ, D. F. R. S. **Mycorrhizal symbiosis**. 3 Ed. Academic Press, 2008.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáfica em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência. Solo**., v. 3, p. 151 – 160, 2008.

SOUZA, F. A. de; STÜRMER, S. L.; CARENHO, R. C.; TRUFEM, S. F. B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 16 – 73.

SOUZA, F. R. et al. Acidez do solo e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em uma área cultivada com adubos verdes. In: In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 2015, Natal/RN. **Anais...** Natal/RN: Congresso Brasileiro de Ciências do solo, 2015.

TAYLOR, T. N. Fossil arbuscular mycorrhizal from the early devonian. **Mycologia**, v. 87, n. 4, p. 560 – 573, 1995.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

VELAQUEZ, M. S.; CABELLO, G. T.; GODEAS, A. Acaulosporaceae from El Palmar National Park, Entre Ríos, Argentina. **Mycotaxon**, v. 103, p. 171 – 187, 2008.

VIANA, M. P. S.; MENELAU, A. S. Contribuição dos estudos da UFRPE para a cultura de Cana-de-açúcar na EECAC. **Científico**, v. 14, n. 27, 2014.

YANG, Y. Et al. The roles of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in phytoremediation and tree-herb interactions in Pb contaminated soil. **Sci. Rep.** V. 6, p. 1- 14, 2016.