

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

FABIO PERLATTI

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
SOLO DE AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

FORTALEZA - CE

2010

FABIO PERLATTI

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
SOLO DE AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará como pré-requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de concentração:
Ecologia e Recursos Naturais

Orientador:
Prof. Dr. Olmar Baller Weber

FORTALEZA - CE

2010

P527d Perlatti, Fabio

Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de agroecossistemas do semiárido cearense / Fabio Perlatti, 2010.
90 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Olmar Baller Weber

Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Biologia, Fortaleza, 2010.

1. Biodiversidade do solo 2. Agroecologia 3. Fruticultura tropical
I. Weber, Olmar Baller (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. III. Título.

CDD 577

FABIO PERLATTI

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
SOLO DE AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: *28 / 06 / 2010*

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Olmar Baller Weber (Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical - CNPAT

Prof. Dr. Tiago Osório Ferreira
Universidade Federal do Ceará - UFC

Profa. Dra. Marcela Claudia Pagano
Bolsista PRODOC – CAPES - UFC

Profa. Dra. Cláudia Miranda Martins (Suplente)
Universidade Federal do Ceará - UFC

*Ao meu pai **Luiz** e minha mãe **Cleusa**;
pelas abdições em meu nome,
pela sabedoria repassada e pelo apoio
incondicional e irrestrito sempre que precisei,
mesmo nos momentos mais difíceis;
oferencdo-me toda a condição necessária à
construção de uma vida digna e honesta.*

DEDICO

*A minha esposa **Karina** e meu filho **Caetano**,
pela compreensão, amor, apoio, carinho e
companheirismo durante esta jornada.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me guiar por essa vida iluminando os meus caminhos, aonde quer que eu vá.

Ao Prof. Dr. Olmar Baller Weber, pela orientação, disposição, paciência, e experiência despendida a mim, durante o curso e na execução deste trabalho.

A Bolsista PRODOC – CAPES – UFC, Dra. Marcela C. Pagano, pela disposição e auxílio na árdua tarefa de identificação taxonômica dos esporos.

Ao Prof. Dr. Tiago Osório Ferreira, do Departamento de Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFC, pelo auxílio na descrição dos perfis e identificação dos solos das áreas estudadas.

A Profa. Dra. Claudia Miranda Martins pelas relevantes sugestões feitas neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lindberg Araújo Crisóstomo, pela receptividade e realização das análises químicas no Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical.

A Universidade Federal do Ceará, em especial a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, representada pela Profa. Dra. Francisca Soares de Araújo, pela oportunidade e pela confiança.

A todos os colegas da 1º turma/2008 de Mestrado e Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará.

Aos colegas da Superintendência do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM no Ceará, pelas sugestões e companheirismo. Em especial aos Geólogos Fernando A. da Costa Roberto e Andréa Hauch, pelo apoio imprescindível a execução deste trabalho.

A Sra. Maria de Fátima Holanda Rebonatto da Fazenda Alberto Antônio, por ceder sua propriedade para a realização desta pesquisa.

A Embrapa Agroindústria Tropical - CNPAT, pela infra-estrutura e logística disponibilizada.

e a toda minha família em especial meus irmãos Priscilla e Bruno pelo carinho e apoio e à meu avô Ernani Perlatti (*in memoriam*), pelos conselhos "formidáveis" sobre a vida.

*“No fim tudo dá certo,
se não deu certo,
é porque ainda não chegou ao fim.”*

(Fernando Sabino)

ABSTRACT

Arbuscular Mycorrhizal Fungi - AMF are key organisms in natural ecosystems and agroecosystems, as being responsible for a symbiosis that occurs in more than 80% of terrestrial vascular plants. Work in mutualism with plants, helping them with less mobile nutrient uptake, increase the absorption of water, protect them against diseases and are strongly influenced by agricultural practices and environmental changes. This study evaluated the influence of chemical parameters of soil, climate variation in two seasons and four different agroecosystems of tropical fruit trees (cashew- *Anacardium occidentale*, coconut - *Cocos nucifera* and soursop - *Annona muricata*), with the diversity of AMF compared with an area of native forest adjacent to plantations, considering the hypothesis that these factors change the community composition of these fungi. Samples were collected at depth of 0-20 cm in the rainy (April/2009) and dry season (October/2009) and used ecological indexes as a way of evaluating changes in the systems and periods. In total were identified 35 different morphotypes of spores and chemical parameters of the soil indicated that pH was negatively correlated with the average density of spores, Mg with the species richness and Zn with both. The average density of spores was negatively influenced by agroecosystems, because the highest values were found in the forested area in both periods, and except for the coconut (*Cocos nucifera* L.) crop, all the others had a significant increase in between the periods. Species richness was found to be stable, with only the soursop culture (*Annona Muricata*) different compared to other systems in the rainy season. During the dry season no differences being detected in richness. The relative abundance indicates greater dominance in the communities during the rainy season and relative frequency shows the prevalence of species of the genus *Glomus* on all systems. The highest diversity, as measured by the Shannon-Wiener index, indicated that the soil under coconut had the highest values in both periods. There was a general increase in diversity comparing the rainy with the dry season. The dominance assessed by the Simpson index corroborates the results obtained by relative abundance, demonstrating that in the rainy season the concentration of dominance was higher in all systems. The similarity analysis using the Bray-Curtis index shows that the dry season has made the systems more similar, since they showed higher values in this period. Cluster analysis based on similarity index shows that despite the richness of abundance variations, the systems were also grouped in both periods. The soursop formed an isolated group, the area of forest was more similar to the old cashew culture. The other cluster was formed by the coconut culture and the new cashew plantation. Results of the study allowed concluding: agricultural activities have changed the community composition of AMF in relation to the native forest; the coconut agroecosystem had the highest biodiversity of AMF among all the systems evaluated; the species of the genus *Glomus* were the most abundant in agroecosystems and natural ecosystem; there were differences in community composition and diversity of fungi in between the rainy and dry season; and the diversity of AMF spores in soil did not correlate with the tropical fruit tree's infective capacity.

Keywords: mycorrhizae, soil biodiversity, agroecology, tropical fruit tree.

RESUMO

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares - FMA são microrganismos chave tanto em agroecossistemas como em ecossistemas naturais. São responsáveis por uma simbiose que ocorre com a maioria das plantas vasculares. Atuam em mutualismo com as plantas, auxiliando-as na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, além de aumentar a absorção de água e protegê-las contra patógenos, sendo fortemente influenciados por práticas agrícolas e variações ambientais. Neste trabalho avaliaram-se as influências de parâmetros químicos do solo, períodos do ano e quatro diferentes agroecossistemas com fruteiras tropicais (cajeeiros - *Anacardium occidentale* (2 pomares), coqueiros - *Cocos nucifera*, e gravioleiras - *Annona muricata*), na diversidade de FMA em comparação com uma área de mata nativa adjacente aos plantios, partindo da hipótese de que estes fatores alteram a composição da comunidade desses fungos. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, no período chuvoso (abril/2009) e seco (outubro/2009), e utilizados índices ecológicos como forma de avaliar as alterações entre os sistemas e os períodos. No total foram identificados 35 diferentes morfotipos de esporos de FMA. Entre os parâmetros químicos do solo, o pH mostrou-se negativamente correlacionado com a densidade média de esporos, o Mg com a riqueza de espécies e o Zn com ambos. A densidade média de esporos foi influenciada negativamente pelos agroecossistemas, pois os maiores valores foram encontrados na área de mata em ambos os períodos, e exceto pela cultura do coqueiro, todas as outras tiveram aumento significativo no período seco. A riqueza de espécies de FMA mostrou-se estável, sendo que apenas a gravioleira apresentou diferença em relação aos outros sistemas no período chuvoso. Já no período seco não houve diferença na riqueza entre os sistemas, sendo detectado um aumento na riqueza de espécies, comparado ao período chuvoso. A abundância relativa indicou uma maior dominância nas comunidades no período chuvoso, e a frequência relativa demonstra a prevalência de espécies do gênero *Glomus* em todos os sistemas. A maior diversidade de FMA foi constatada no solo cultivado com coqueiro. Houve um aumento generalizado da diversidade no período chuvoso comparada com o período seco. A dominância avaliada pelo índice de Simpson corrobora os resultados obtidos pela abundância relativa, demonstrando que no período chuvoso a concentração de dominância foi maior em todos os sistemas. A análise de similaridade, utilizando o índice de Bray-Curtis, demonstra que o período seco tornou os sistemas mais similares, uma vez que apresentaram maiores valores nesse período. A análise de agrupamento baseada no índice de similaridade demonstra que, apesar das variações de riqueza de abundância, os sistemas foram agrupados igualmente em ambos os períodos. A gravioleira formou um grupo isolado, enquanto a área de mata mostrou-se mais similar a cultura do cajueiro velho. O outro agrupamento foi formado pelo coqueiral e a plantação de cajueiro novo. Os resultados deste estudo permitem concluir: as atividades agrícolas alteraram a composição da comunidade de FMA em relação à mata nativa; o agroecossistema cultivado com coqueiro apresentou a maior biodiversidade de FMA dentre os sistemas avaliados; as espécies do gênero *Glomus* foram mais abundantes tanto nos agroecossistemas como no ecossistema natural; houve diferença na composição e na diversidade da comunidade de fungos entre o período chuvoso e seco; e a diversidade de esporos de FMA no solo, não se relacionou com a capacidade infectiva nas fruteiras.

Palavras chave: micorrizas, biodiversidade do solo, agroecologia, fruticultura tropical.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	A. Representação esquemática das estruturas dos FMA nas raízes; B. Arbúsculos no interior de célula radicular; C. Hifas intra-radiculares; D. Apressório representando o ponto de entrada da hifa na raiz; E. Vesículas de FMA no interior da raiz.	19
FIGURA 2	Localização do município de Trairi/CE.	30
FIGURA 3	Trincheiras abertas nas áreas de estudo para caracterização do solo. A. solo sob mata, B. solo sob cultivo de coqueiros, C. solo sob cultivo de gravioleiras.	31
FIGURA 4	Pluviosidade mensal no município de Trairi-CE no ano de 2009 (Fonte: FUNCEME).	31
FIGURA 5	Características climáticas e vegetacionais do município de Trairi e região. (Fonte: Ipece). Adaptado.	32
FIGURA 6	Pomar de Cajueiros com 05 - 06 anos (CN).	33
FIGURA 7	Pomar de Cajueiros com 15-17 anos (CV).	34
FIGURA 8	Pomar de Coqueiros (CC).	35
FIGURA 9	Pomar de Gravioleiras (GR).	36
FIGURA 10	Vista parcial da área de mata nativa (MN).	36
FIGURA 11	Número de morfotipos de esporos de FMA detectados de acordo com o gênero.	42
FIGURA 12	Valores medianos e interquartis de esporos de FMA em 100 ml/solo nos períodos chuvoso e seco.	50
FIGURA 13	Densidade média de esporos obtida nas cinco áreas e nos períodos chuvoso e seco.	50
FIGURA 14	Médias e valores interquartis da riqueza de espécies de FMA em 100 ml/solo nos períodos chuvoso e seco.	53
FIGURA 15	Riqueza média de esporos obtida nas cinco áreas e nos períodos chuvoso e seco.	54
FIGURA 16	Número de ocorrência de espécies nos sistemas avaliados no período chuvoso.	61
FIGURA 17	Número de ocorrência de espécies nos sistemas avaliados no período seco.	63

FIGURA 18	Gráficos de abundância ilustrando os padrões de distribuição das espécies de FMA nos diferentes sistemas avaliados.	64
FIGURA 19	Representação gráfica dos valores de Diversidade (H'), equitatividade (J') e dominância (D) nos sistemas avaliados no período chuvoso.	69
FIGURA 20	Representação gráfica dos valores de Diversidade (H'), equitatividade (J') e dominância (D) nos sistemas avaliados no período seco.	70
FIGURA 21	Variação dos índices de diversidade (H'), equabilidade (J') e Dominância (D) entre os sistemas e períodos avaliados.	71
FIGURA 22	Similaridade entre os cinco diferentes sistemas avaliados nos períodos chuvoso e seco, estimados com base na análise de agrupamento ordenada pelo índice de Bray-Curtis.	75
FIGURA 23	Colonização radicular por FMA. 01-Cajueiro novo; 02-Cajueiro velho; 03-Gravioleira; 04-Coqueiro.	77

LISTA DE TABELAS

1	Classificação dos Fungos Micorrízicos Arbusculares.	18
2	Fatores que influenciam na formação e na ocorrência de FMAs.	22
3	O papel dos micélios fúngicos na formação de agregados e na estabilização do solo.	24
4	Descrição morfo-anatômica de esporos de FMA em diferentes agroecossistemas e uma mata nativa no litoral do Ceará.	43
5	Espécies de FMA e sistemas onde foram encontrados, considerando o período chuvoso e o período seco.	45
6	Densidade média de esporos de FMA em 100 ml/ solo no período chuvoso nas diferentes áreas estudadas.	47
7	Densidade média de esporos de FMA em 100 ml/ solo no período seco nas diferentes áreas estudadas.	49
8	Riqueza de espécies de FMA observadas nas três repetições e valores médios observados em 100 ml/solo no período chuvoso.	52
9	Riqueza de espécies de FMA observadas nas três repetições e valores médios observados em 100 ml/solo no período seco.	53
10	Valores r da correlação linear de Pearson entre variáveis de esporos de FMA (DS e RE) e variáveis físico/químicas do solo no período chuvoso e seco.	56
11	Atributos químicos do solo nas diferentes áreas avaliadas na Fazenda Alberto Antônio, Trairi- CE.	57
12	Abundância e frequência relativa de esporos por espécie/área no período chuvoso.	61
13	Abundância e frequência relativa (F.R.) de esporos por espécie/área no período seco.....	62
14	Índice de frequência relativa (F.R.) de esporos de FMA nos períodos chuvoso e seco.	66
15	Diversidade (H'), equitatividade (J') e Dominância (D) nas comunidades de FMA nos diferentes sistemas avaliados no período chuvoso.	68
16	Diversidade (H'), equitatividade (J') e Dominância (D) nas comunidades de FMA nos diferentes sistemas avaliados no período seco.	70
17	Valores de similaridade entre os sistemas avaliados no período chuvoso.	73
18	Valores de similaridade entre os sistemas avaliados no período seco.	74

19	Colonização por FMA das raízes de <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Cocos nucifera</i> , e <i>Annona muricata</i> na Fazenda Alberto Antônio.	78
----	---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Fungos micorrízicos	17
2.2	Fungos micorrízicos arbusculares	17
2.3	Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares	20
2.4	Fatores que afetam os fungos micorrízicos arbusculares	22
2.4.1	Atributos do solo	22
2.4.2	Clima	25
2.4.3	Manejo cultural	25
2.5	Contribuições dos FMA em agroecossistemas e fruteiras tropicais	26
2.5.1	FMA em coqueiro	28
2.5.2	FMA em gravioleira	28
2.5.3	FMA em cajueiro	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Descrição e caracterização da área de estudo	30
3.1.2	Detalhamento das áreas de estudo	33
3.2	Coleta das amostras de solo e raízes	37
3.3	Análises dos parâmetros físicos e químicos do solo	37
3.4	Extração dos esporos de FMA	37
3.5	Avaliação da colonização radicular	38
3.6	Análise dos dados	38
3.6.1	Índices ecológicos	38
3.6.2	Análise estatística	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Densidade média de esporos (DS)	46
4.2	Riqueza de espécies (RE)	52
4.3	Parâmetros químicos e físicos do solo	55
4.4	Abundância Relativa (AR) e Frequência Relativa (FR)	60
4.5	Diversidade, Equitatividade e Dominância (H'), (J') e (D)	68
4.6	Similaridade	73
4.7	Avaliação da colonização radicular	76
5.	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	80

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os processos de degradação ambiental tem gerado alta demanda sobre informações que conduzam à geração de tecnologias limpas e saudáveis. Nesse contexto, as atividades agrícolas, a partir da "revolução verde" ocorrida nos anos de 1970, onde grandes quantidades de insumos e agrotóxicos começaram a ser introduzidos na agricultura, são consideradas passíveis de causar grandes impactos negativos aos ecossistemas, incluindo-se nestes, a sensível microbiota edáfica, parte fundamental dos processos ecológicos de ecossistemas terrestres e áreas cultivadas.

Os serviços atribuídos a biota do solo, principalmente os fungos e as bactérias que nele habitam, possuem a capacidade de potencializar a utilização de fontes alternativas de insumos, menos poluentes, podendo com isso, reduzir e até mesmo eliminar o aporte de elementos que possam vir a causar contaminação e a degradação do ambiente.

Dentre as funções exercidas pela microbiota edáfica, destaca-se a atividade biológica dos fungos micorrízicos arbusculares – FMA, sendo estes, capazes de formar simbiose com a maioria das plantas vasculares terrestres e exercendo importante papel na nutrição mineral de plantas, principalmente na absorção de nutrientes que possuem baixa mobilidade no solo como P, Cu e Zn (SMITH & READ, 2008).

Porém o papel biológico dos FMA no funcionamento e na estabilidade de ecossistemas naturais e cultivados vai além, propiciando a proteção das plantas contra patógenos (BRANDÃO *et al.*, 2004; ELSEN *et al.*, 2008), a estabilidade de agregados do solo através da ação dos micélios fúngicos e da glomalina (NÓBREGA *et al.*, 2001; RILLIG, 2004), a tolerância a escassez de água (AUGÉ, 2001), o estabelecimento inicial de plantas (CARAVACA *et al.*, 2003), a ciclagem de nutrientes e a regulação do fluxo de carbono no sistema solo-planta (DOUDS & MILLNER, 1999).

Os fungos micorrízicos ocupam importante nicho ecológico nos ecossistemas, e são influenciados por práticas agrícolas como aração, adubação, plantio de monoculturas e aplicação de agrotóxicos (SIQUEIRA *et al.*, 1989) podendo inclusive, ser utilizados como parâmetro para avaliar alterações na qualidade do solo, causadas por tais intervenções (NIELSEN & WINDING, 2002). Essas práticas podem alterar as populações e a diversidade de FMA, propiciando a seleção de espécies e a conseqüente modificação das populações nativas (TRUFEM & BONONI, 1985).

A riqueza de espécies de FMA no solo está relacionada diretamente com a diversidade de espécies vegetais, entrada de nutrientes e a produtividade do ecossistema

(VAN DER HEIJDEN *et al.*, 1998), e a introdução de espécies vegetais que não ocorrem naturalmente no ecossistema, tende a perturbar a sucessão natural, vindo a gerar também diferentes comportamentos em FMA.

Fatores climáticos também influenciam diretamente na dinâmica das comunidades de FMA, uma vez que em períodos de estiagem, o número de esporos no solo aumenta, tendo em vista que são considerado estruturas de resistência do fungo (Moreira & Siqueira, 2006).

O conhecimento da composição e da diversidade das espécies nativas de FMA bem como suas interações com o meio possui importância fundamental para que se estabeleçam métodos de manejo alternativo (SILVEIRA, 1998), seja para utilização em agroecossistemas, com o objetivo de reduzir a aplicação de insumos, bem como na recuperação de áreas degradadas, visando um estabelecimento mais rápido da vegetação, potencializando assim, a simbiose micorrízica (SIEVERDING, 1991).

Identificar a presença de esporos na rizosfera é atualmente, o método mais simples e comum para avaliar a diversidade de FMA em comunidades vegetais. A identificação baseada nos esporos é necessária, pois eles representam o único estágio de desenvolvimento do fungo, que possuem características morfológicas necessárias para sua distinção (MORTON *et al.*, 1995, STÜRMER & SIQUEIRA, 2008). Portanto, descrever a diversidade de FMAs de um ambiente, torna-se um importante passo no sentido de determinar os efeitos das práticas agrícolas sobre a comunidade de FMA e são indispensáveis para o desenvolvimento de um manejo para estes fungos, com o objetivo de manter e multiplicar suas populações, potencializando seus efeitos benéficos (DOUDS & MILLNER, 1999).

Em levantamento realizado no Brasil por Stürmer e Siqueira (2008), observou-se 99 espécies de FMA, ocorrendo tanto em agroecossistemas, como em ecossistemas naturais o que representa quase a metade de todas as espécies que ocorrem no mundo, indicando que o país constitui-se em uma grande fonte de diversidade desses fungos do solo.

Considerando o importante papel desempenhado pelos FMA na sustentabilidade de agroecossistemas e ecossistemas naturais, e que ainda hoje, é escasso o conhecimento sobre a diversidade desses fungos em agroecossistemas em ambientes semiáridos no Nordeste brasileiro, o objetivo desse trabalho foi estudar a composição e a diversidade de FMA, em quatro diferentes áreas de cultivo com fruteiras tropicais perenes, compostas por dois pomares de cajueiros (*Anacardium Occidentale L.*), um de coqueiro (*Cocos nucifera L.*) e um de gravioleira (*Annona muricata L.*), além de uma faixa de mata nativa adjacente aos plantios, localizadas no município de Trairi, região litorânea do estado do Ceará, considerando as hipóteses de que:

- Variações climáticas sazonais características do semiárido, podem alterar as populações de FMA;
- Nas áreas cultivadas com fruteiras perenes, a diversidade e a abundância sejam diferentes do que na área nativa adjacente, devido a possíveis associações mutualistas preferenciais, que ocorrem entre os fungos e as espécies vegetais cultivadas e
- Fatores antrópicos como as práticas agrícolas influenciam no comportamento e na composição da comunidade de FMA, devido às alterações das características do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fungos Micorrízicos

O estudo das associações micorrízicas tem mais de um século de história, sendo esta simbiose, considerada a mais durável, extensa e importante da terra (ALLEN, 1996). O termo micorriza, foi utilizado pioneiramente por A. B. Frank, em 1885, para descrever a união de dois seres diferentes, formando morfológicamente um único órgão, no qual a planta alimenta o fungo e o fungo a planta (SIEVERDING, 1991).

As micorrizas dividem-se em sete grupos distintos, de acordo com suas características, sendo atualmente classificadas em ectomicorrizas, ectendomicorrizas, micorrizas arbutóides, micorrizas orquidóides, micorrizas ericóides, micorrizas monotropóides e as micorrizas arbusculares (SMITH & READ, 2008), as quais são abordadas no presente estudo.

2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são os mais antigos, existindo evidências, em plantas fossilizadas, que esta simbiose já ocorria a cerca de 400 milhões de anos (REMY *et al.*, 1994; ALLEN, 1996). Pertencem ao Filo Glomeromycota, composto por quatro ordens, 13 famílias, 19 gêneros e 214 espécies descritas (**Tabela 1**) (SCHÜßLER, 2010), e colonizam as raízes de mais de 80% das plantas vasculares terrestres (SMITH & READ, 2008), tanto em ecossistemas naturais como em agroecossistemas cultivados.

São fungos de solo e biotróficos, pois precisam estar associados a raízes das plantas, utilizando-se do carbono provido por elas para completar o seu ciclo de vida e são assim chamados, por produzirem hifas características, denominadas arbúsculos, no interior das células das raízes (DOUDS & MILLNER, 1999).

A colonização das raízes pelos FMA se dá através de três possíveis fontes de inóculos: esporos, fragmentos de raízes colonizadas e hifas presentes no solo, sendo difícil distinguir qual a contribuição de cada um na colonização do sistema radicular (SMITH & READ, 2008). As hifas formam estruturas de penetração nas raízes do tipo apressório, onde através de uma degradação parcial da parede celular das células radiculares, ocorre a penetração das hifas, e posterior colonização das células do córtex, onde são formados os arbúsculos, que são consideradas as estruturas responsáveis por suprir o fungo com o carbono

e os fotoassimilados da planta, e onde a planta obtém os nutrientes e a água retirados do solo pelo fungo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). As vesículas são estruturas globosas ou elípticas, que armazenam lipídeos e glicogênio, e servem como órgãos de reserva para o fungo, e podem ser formadas dentro ou entre as células do córtex das raízes (**Figura 1**). Nas famílias de Gigasporeaceae e Scutellosporae, existem as células auxiliares, que são também estruturas de armazenamento, porém são formadas externamente as raízes das plantas (SMITH & READ, 2008).

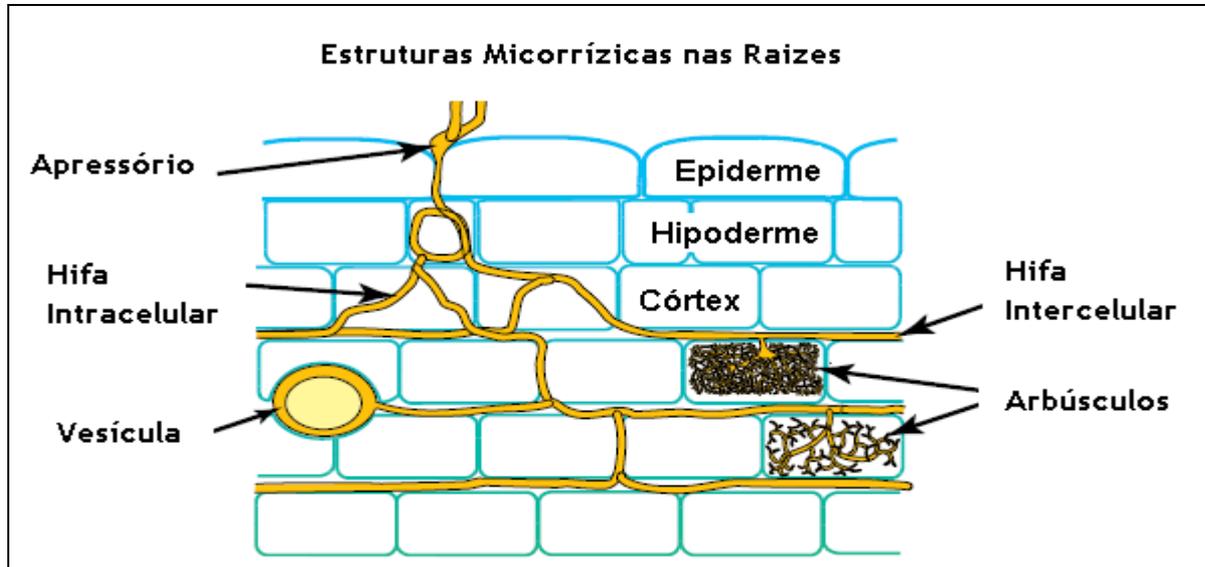
Tabela 1 — Classificação dos Fungos Micorrízicos Arbusculares

Filo :	<i>Glomeromycota</i>		
Classe :	<i>Glomeromycetes</i>		
Ordem	Família	Gênero	n° espécies
○ <i>Glomerales</i>	<i>Glomeraceae</i>	<i>Glomus</i>	105
○ <i>Diversisporales</i>	<i>Gigasporeaceae</i>	<i>Gigaspora</i>	09
	<i>Scutellosporaceae</i>	<i>Scutellospora</i>	10
	<i>Racocetraceae</i>	<i>Racocetra</i>	09
		<i>Cetraspora</i>	05
	<i>Dentiscutataceae</i>	<i>Dentiscutata</i>	07
		<i>Fuscutata</i>	04
		<i>Quatunica</i>	01
	<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulospora</i>	34
		<i>Kuklospora</i>	02
	<i>Entrophosporaceae</i>	<i>Entrophospora</i>	02
	<i>Pacisporaceae</i>	<i>Pacispora</i>	07
	<i>Diversisporaceae</i>	<i>Diversispora</i>	04
		<i>Otospora</i>	01
○ <i>Paraglomerales</i>	<i>Paraglomeraceae</i>	<i>Paraglomus</i>	03
○ <i>Archaeosporales</i>	<i>Geosiphonaceae</i>	<i>Geosiphon</i>	01
	<i>Ambisporaceae</i>	<i>Ambispora</i>	08
	<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>	01
		<i>Intraspora</i>	01

Fonte: Schüßler, 2010

No sentido inverso, após a colonização, as hifas extra-radiculares dos FMA aumentam a área de contato da raiz com o solo, proporcionando maior taxa absorção de nutrientes minerais (especialmente os elementos poucos móveis no solo, como o P, Zn e Cu,) além de uma maior absorção de água, propiciando além dos benefícios nutricionais, uma melhora geral no estado da planta hospedeira, reduzindo os efeitos dos estresses causados por

fatores ambientais (SIQUEIRA, 1996; AUGÉ, 2001; BUNN *et al.*, 2009; QUEREJETA *et al.*, 2009).



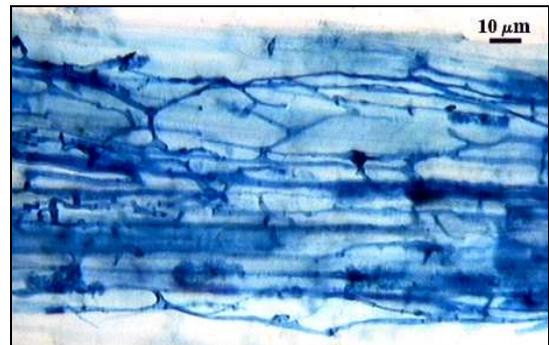
A

Fonte: INVAM, 2010 (adaptado)



B

Fonte: INVAM, 2010



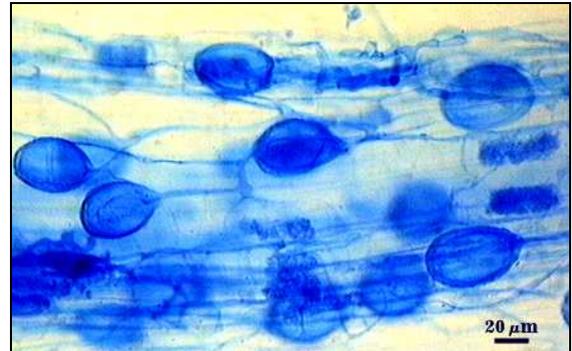
C

Fonte: INVAM, 2010



D

Fonte: INVAM, 2010



E

Fonte: INVAM, 2010

Figura 1. **A.** Representação esquemática das estruturas dos FMA nas raízes; **B.** Arbúsculos no interior de célula radicular; **C.** Hifas intra-radulares; **D.** Apressório representando o ponto de entrada da hifa na raiz; **E.** Vesículas de FMA no interior da raiz.

A formação, o estabelecimento e a atividade das micorrizas estão relacionados a uma complexa troca de sinais entre os simbioses, sendo que esses mecanismos são ainda poucos conhecidos e apresentam algumas controvérsias. A concentração de fósforo (P) na planta e no solo; a possibilidade do fungo sintetizar moléculas sinalizadoras que são reconhecidas pelos hospedeiros; a presença de exsudatos radiculares, que estimulam a germinação dos esporos e o crescimento das hifas são fatores relacionados ao processo (KIRIACHEK *et al.*, 2009).

2.3 Ecologia dos Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os FMA são considerados ecologicamente e fisiologicamente importantes para muitas comunidades de plantas e estão presentes em diversos tipos de comunidades vegetais, constituindo-se em um componente importante da microbiota dos solos tropicais (SIEVERDING, 1991; EGERTON-WARBURTON *et al.*, 2007). Os FMA formam relações mutualistas especializadas, caracterizadas por um biotrofismo balanceado e de natureza evolutiva, apresentando evidências de um comportamento não específico, relativo à suas formas de colonização (SMITH & READ, 2008).

Avaliando a compatibilidade simbiótica entre FMA e espécies arbóreas tropicais, Pouyu-Rojas *et al.* (2006) encontraram pequena seletividade e uma ampla variação na compatibilidade entre os fungos e os hospedeiros. Ainda segundo os autores, essa falta de especificidade de relação refere-se à capacidade de uma espécie taxonômica de fungo formar ou não associação nas raízes de mais de uma espécie de planta ou conter vários hospedeiros. Porém, considerando que um número limitado de combinações fungo-planta foram estudadas, presume-se ser inespecífica.

De outro modo, é considerada a associação preferencial fungo-planta em determinado estágio do desenvolvimento da planta hospedeira, o que seria influenciado pela fisiologia e ecologia da planta ou por mecanismos próprios de evolução entre os simbioses (St. JOHN & COLEMAN, 1983). Em estudo para avaliar a colonização preferencial entre diferentes espécies de FMA e raízes de batata, Cesaro *et al.* (2008) observaram que, a diversidade de fungos no solo era bem maior que a diversidade de fungos que colonizavam as raízes da planta, demonstrando ainda, que raízes eram colonizadas preferencialmente por uma espécie, *Glomus intraradices*, e sugerindo que a espécie hospedeira e práticas agrícolas adotadas foram os fatores que exerceram tal pressão seletiva.

Tais diferenças na relação fungo-planta são reflexos das complexas interações que se expressam com efeitos específicos de base bioquímica, genética e fisiológica, porém, deve-se considerar também que o funcionamento da relação trófica nas micorrizas é muito influenciado pelo meio externo. Os FMA são apenas um dos grupos funcionais de organismos que são importantes para o ecossistema solo, mas a sua posição na formação de ligações diretas entre as raízes das plantas e do solo significa que eles desempenham papel importante e chave na interação solo-planta. Essa dependência dos fungos micorrízicos sobre as plantas fotossintéticas significa que eles não esgotam as reservas de matéria orgânica do solo como outros fungos e seres saprófitas, mas contribuem para a sua acumulação diretamente como hifas e esporos e, indiretamente através dos seus efeitos sobre o crescimento da planta (SMITH & READ, 2008). Com isso, a capacidade que os FMA possuem, em prover esse crescimento, notadamente em áreas em que a fertilidade do solo é baixa ou que sofreram algum distúrbio, pode influenciar diretamente na produtividade do ecossistema.

A presença de FMA, associados às plantas que formam a sucessão de áreas perturbadas, podem influenciar diretamente na estrutura e produtividade da comunidade vegetal, pois podem favorecer as plantas com melhor nível de interação simbiótica. Zubek *et al.* (2009), avaliando a resposta à inoculação com FMA, de três espécies vegetais ameaçadas de extinção, observaram que todas as espécies respondiam satisfatoriamente à inoculação, apresentando crescimento superior as plantas controles não inoculadas, porém duas espécies apresentaram alto grau de dependência micorrízica (acima de 90%), enquanto uma apresentou apenas grau moderado de dependência (65%). Esses resultados demonstram que a presença de FMA no solo, e o grau de simbiose a qual a planta alcança com a espécie do fungo, influenciam diretamente na competitividade e composição da estrutura das comunidades vegetais.

Níveis intermediários de distúrbios, segundo Connel (1978), conduzem a sistemas ecologicamente mais diversificados, tendo em vista que diferentes nichos são abertos após os distúrbios. Neste contexto, Del Val *et al.* (1999), avaliando o comportamento dos FMA, frente a contaminação do solo por metais pesados, observaram que a riqueza e a diversidade, medida pelo índice de Shannon-Wiener, aumentaram em níveis moderados de contaminação, porém em altos níveis de poluição tais índices diminuíram drasticamente. Segundo os autores, o aumento nos índices em condição de distúrbio moderado, poderia ser uma resposta ao stress de determinados ecótipos dos fungos, onde os mais bem adaptados a solos não poluídos, porém menos competitivos em solos contaminados, abririam nichos não disponíveis em condições ambientais normais, para outras espécies melhor adaptadas aos metais pesados.

2.4 Fatores que afetam as comunidades de FMA

Considerando as diversas inter-relações ecológicas entre fungo-planta-ambiente, das quais os FMA são parte integrante, e que tais interações estão estritamente relacionadas, é de se supor que os FMA sofram grande influência de fatores ambientais externos (**Tabela 2**), afetando direta e indiretamente na sua formação, funcionamento e ocorrência. Conforme Moreira e Siqueira (2006), atributos do solo, onde se incluem propriedades físico-químicas, competição entre espécies fúngicas e, predação por vários parasitas da fauna do solo, são processos ecológicos que podem influenciar no comportamento e na composição das comunidades de FMA em âmbito local (POUYU-ROJAS *et al.*, 2006, STÜRMER & SIQUEIRA, 2008).

Tabela 2. Fatores que influenciam na formação e na ocorrência de FMAs.

Componente	Principais Fatores
Solo	Disponibilidade de nutrientes, pH, elementos tóxicos, salinidade, textura, estrutura e agregação, densidade, umidade e organismos.
Hospedeiro	Espécies, variedade, cobertura vegetal, estado nutricional, idade, ciclo e taxa de crescimento, alelopatia, sistema radicular, exsudação e senescência.
Ambiente	Intensidade luminosa, temperatura, sazonalidade, precipitação, poluição atmosférica e do solo e estresses diversos.
Manejo	Histórico da área, tipo de cultivo, erosão, irrigação, fertilizantes e corretivos, controle de ervas daninhas, pastejo, mudanças na vegetação e agrotóxicos.

Fonte: Moreira & Siqueira, 2006

2.4.1 Atributos do solo

O solo, por ser o habitat principal de interação e manutenção dos FMA, exerce influência direta na comunidade de FMA, afetando diversos fatores intrínsecos neste compartimento. A disponibilidade de nutrientes no solo é fator determinante para o comportamento da simbiose, independentemente do hospedeiro, sendo que o P é o elemento que mais exemplifica tal relação. Diversos estudos demonstram o antagonismo causado pelo excesso desse elemento no solo e na planta, onde quanto mais alto for o nível no solo, menor será a intensidade de colonização radicular. Porém, ainda não se sabe exatamente, qual o

mecanismo dessa inibição, e existem hipóteses para esse comportamento baseadas em fenômenos bioquímicos e fisiológicos das plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O pH do solo é outro fator que influencia diretamente na dinâmica da comunidade de FMA. Isso porque, ocorrem em solos de pH 4 a 10, apresentando ampla faixa de distribuição relativa a essa característica do solo, sendo que geralmente, a maioria das espécies toleram e são ativamente presentes em uma determinada faixa de pH do solo. Um exemplo desse comportamento foi demonstrado em estudo realizado por Zhu *et al.* (2007), onde quatro diferentes comunidades de FMA nativos foram avaliadas, em solos com dois diferentes níveis de pH (5,0 e 6,0). O resultado obtido permitiu aos pesquisadores observarem a substituição de espécies sensíveis por tolerantes as faixas de pH do solo. Salienta-se que tal comportamento poderia estar relacionado com a presença de íons metálicos em concentrações tóxicas, que geralmente ocorrem em solos ácidos. Portanto a prática de calagem, comumente utilizada em agroecossistemas, influi diretamente na composição e no comportamento da comunidade dos FMA, podendo alterar de forma significativa as micorrizas arbusculares.

O comportamento das micorrizas frente à presença de metais pesados no solo, é semelhante ao do pH, pois cada espécie apresenta uma faixa de tolerância, a diferentes tipos e concentrações de metais, sendo que estudos demonstram que dependendo da concentração, os íons metálicos podem até eliminar determinada população de FMA, da mesma forma que podem não exercer influencias significativas na comunidade de esporos desses fungos do solo, justamente devido a variabilidade de tolerância específica (KLAUBERG-FILHO *et al.*, 2005).

Del Val *et al.* (1999), investigando a influência da aplicação de lodo de esgoto, contaminado com metais pesados (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg e Zn) sobre a diversidade de FMA, observaram um decréscimo no número de esporos no solo conforme doses de lodo eram aumentadas. Porém, em altas concentrações dos metais, pequenas densidades de esporos ainda persistiam, sugerindo a adaptação ou tolerância específicas dos fungos aos elementos tóxicos aplicados no solo.

Aspectos físicos do solo, também influenciam e são influenciados diretamente pela presença de FMA, onde hifas extra-radiculares e exsudatos fúngicos como a glomalina, contribuem de maneira fundamental para melhorias da qualidade do solo (**Tabela 3**). De acordo com Rillig & Mummey (2006), as hifas são responsáveis por mediar diversos processos biológicos, bioquímicos e físicos na rizosfera das plantas que influenciam na formação e na estabilização de macro e micro agregados do solo.

Os avanços nas pesquisas sobre os benefícios da glomalina; que é definida genericamente como uma glicoproteína fúngica; nos solos e ecossistemas, vieram com a demonstração de uma correlação forte e positiva desta glicoproteína com a estabilidade de agregados em uma ampla variedade de solos (RILLIG, 2004). Porém a relação entre glomalina e a estabilidade dos agregados, só se aplica aos solos hierarquicamente estruturados, em que o material orgânico é o principal agente de ligação. Em solos onde cátions de cálcio são os principais agentes de ligação (ex: Calcisol, na Espanha), nenhuma das frações da glomalina foi positivamente correlacionada com a estabilidade de agregados (RILLIG *et al.*, 2003).

Tabela 3. O papel dos micélios fúngicos na formação de agregados e na estabilização do solo

<u>Aspectos do micélio</u>	<u>Papel na formação</u>	<u>...e estabilização de agregados</u>
Abundância total de hifas	Entrada de carbono para sítios de nucleação; Grau de alinhamento das partículas	Grau de cobertura da superfície do agregado
Glomalina/outras proteínas deposição de exopolímeros	A matéria orgânica para a ligação, associação protéico-mineral (proteínas como moléculas versáteis em superfícies minerais)	Mudando a polaridade da superfície do agregado (hidrofobicidade)
Taxa de crescimento do micélio	Aplicação de força física (pressionamento de partículas)	Deposição continuada de derivados de carbono da planta na superfície dos agregados
Arquitetura do micélio	O micélio de absorção contribui no alinhamento das partículas primárias e no enredamento	As hifas fornecem uma espinha dorsal na estabilização da rede na superfície de agregados, resistência a tração
Decomposição das Hifas	Fornecimento de sítios de nucleação para formação dos microagregados	Entrada de carbono na superfície dos agregados e no revestimento dos poros

Fonte: Rillig & Mummey, 2006 (Adaptado)

Portanto, apesar de ainda não ter seu mecanismo na estabilização de agregados bem elucidada, a glomalina é considerada como responsável por contribuir na estabilização dos agregados desempenhando a função de um selante hidrofóbico.

2.4.2 Clima

Entre os fatores climáticos, a temperatura e a umidade/precipitação influenciam a simbiose micorrízica. Estudos indicam que os FMA possuem uma grande capacidade de tolerar altas temperaturas, favorecendo as plantas que vivem e estão adaptadas a ambientes quentes. Também nessas condições foram verificadas que plantas não adaptadas alocam mais C para as estruturas fúngicas, favorecendo o crescimento das hifas extra-radulares e aumentando a colonização micorrízica (BUNN *et al.*, 2009), sem entretanto, os autores obterem evidências de que as plantas se beneficiavam das associações micorrízicas.

Já a umidade e a precipitação têm influência no comportamento fisiológico dos FMA, pois solos que apresentam alto grau de umidade e/ou encharcamento, geralmente possuem pouca aeração, o que reduz a presença ou até elimina os FMA, uma vez que os mesmos são aeróbios (CAPRONI, 2001). Segundo Moreira e Siqueira (2006), em solos com teores ótimos de umidade, ou seja, próximo a capacidade de campo, onde é favorecido o crescimento das plantas, ocorre um aumento na taxa de germinação de esporos, contribuindo para que ocorra uma alta taxa de colonização e uma maior abundância de hifas no solo. Ainda segundo os autores, em períodos de estresse hídrico no solo, os esporos, que são estruturas de resistência, tendem a ser mais abundantes, e a alternância entre ciclos de umedecimento e secagem, parece favorecer a esporulação dos FMA.

2.4.3 Manejo Cultural

Tendo em vista a maior ocorrência de FMA na camada “arável” do solo, por ser onde se encontra a maior porção de raízes das plantas, o manejo tem influência direta na comunidade fúngica. Tanto tratamentos culturais que alteram as propriedades físicas (aração, irrigação e gradagem), como aquelas que alteram as características químicas (adubação, calagem e aplicação de defensivos), influenciam na dinâmica das comunidades de esporos de FMA.

O preparo do solo tem demonstrado exercer forte influência em FMA. Estudos têm mostrado que, áreas onde se pratica o cultivo mínimo e o plantio direto, apresentam maior riqueza e abundância de esporos e colonização micorrízica nas plantas, em comparação com manejo de revolvimento intensivo do solo (McGONIGLE & MILLER, 1993). Em estudo para avaliar os impactos de quatro diferentes manejos (uso da aiveca, gradagem, subsolagem e controle) sobre a diversidade e estrutura da comunidade de FMA no solo e na colonização das

culturas do milho, feijão e sorgo, Alguacil *et al.* (2008) observaram que a comunidade foi significativamente afetada pelos diferentes manejos, e que a diversidade e colonização de FMA foi baixa em todos os sistemas agrícolas avaliados, sugerindo ainda, que as práticas avaliadas podem selecionar fungos com habilidades específicas para cada tipo de preparo do solo. Esse comportamento, também foi observado por Oehl *et al.* (2003), avaliando o impacto da intensidade do uso da terra na comunidade de FMA em sete áreas, diferenciadas em "alta, média e baixa adição de insumos e práticas culturais". Estes autores observaram correlação direta entre o aumento na intensidade de uso da terra com a diminuição na riqueza de espécies de FMA, favorecendo espécies fúngicas que esporulam rapidamente.

A aplicação de fertilizantes é outro fator, dentre os manejos culturais adotados em campo, que influenciam na composição de na diversidade de FMA, podendo diminuir ou aumentar a população de esporos no solo. Em solos tropicais o fósforo é frequentemente o elemento mais limitante para a produção agrícola. Mas a aplicação de altas doses de adubos fosfatados reduz a população de FMA, porém fertilizantes fosfatados de liberação lenta, como fosfatos de rocha e farinhas de ossos têm menor efeito adverso sobre FMA, em comparação com o superfosfato (SREENIVASA & BAGYARAJ, 1989). A aplicação de doses elevadas de adubos nitrogenados também pode reduzir as populações de FMA (HAYMAN, 1975). Porém em doses controladas, os nutrientes aplicados podem favorecer a colonização radicular e a esporulação dos FMA, favorecendo a simbiose e contribuindo para a sustentabilidade de sistemas agrícolas (DOUDS JR. & SCHENCK, 1990; GRYNDLER *et al.*, 2009).

2.5 Contribuições dos FMA em agroecossistemas e fruteiras tropicais

Para um uso sustentável do solo é necessário que se minimize ao máximo a degradação causada pelo manejo inadequado, onde as práticas adotadas conservem e estimulem os recursos que compõem o ecossistema solo. O papel desempenhado pelos FMA em agroecossistemas vem sendo considerado e acompanhado desde a década de 70, devido ao seu potencial em minimizar o uso de insumos, principalmente fertilizantes e agrotóxicos, beneficiando o crescimento de espécies vegetais de interesse agrônômico (MIRANDA & MIRANDA, 1997).

Conhecer e compreender a estrutura e a dinâmica interna de comunidades de FMA em agroecossistemas tropicais, onde a baixa fertilidade natural dos solos exige um manejo sustentável da microbiota nativa, é pré-requisito necessário para que se possam

identificar os efeitos benéficos específicos que cada espécie de FMA pode promover a seus hospedeiros (TCHABI *et al.*, 2008).

Os efeitos das associações micorrízicas nos sistemas agrícolas são potencialmente benéficos, com apenas alguns poucos relatos de ação negativa no crescimento de plantas em campo (BONFANTE-FASOLO & SPANU, 1991; DANIELI-SIVA *et al.*, 2009). Porém são crescentes as evidências de que fungos micorrízicos contribuem para a produtividade das culturas e são importantes no modo como as culturas respondem a aplicação de fertilizantes, sendo possível fazer estimativas sobre o potencial de economia na aplicação de fertilizantes se uma determinada cultura é inoculada com o fungo (SMITH & READ, 2008).

Porém, a importância dada à sustentabilidade de sistemas agrícolas nos últimos anos, tem redefinido os conceitos e princípios da utilização e pesquisa sobre FMA, levando em consideração todas as relações que envolvem o sistema solo-fungo-planta. Isso porque, estudos mais recentes, objetivam não somente avaliar os benefícios do sistema no crescimento das plantas, e sim uma avaliação mais complexa da simbiose, integrando conhecimentos de biologia do solo e sistemas sustentáveis de produção (MATOS *et al.*, 1999).

Neste contexto, a utilização de FMA em agroecossistemas deve ser adotada, observando-se uma série de fatores-chave como: a capacidade de resposta das culturas a serem cultivadas, as populações de fungos micorrízicos indígenas presentes, especialmente com relação a sua capacidade de infecção e eficácia; os possíveis efeitos de manejo do solo (por exemplo, plantio direto, e aplicação de P e N) sobre essas populações, e as características do solo, observando como eles afetam a disponibilidade de nutrientes e a sobrevivência fúngica (TISDALL, 1994).

Os efeitos positivos da associação micorrízica com culturas de interesse florestal/agronômico já são bastante conhecidos e difundidos, principalmente nos estágios iniciais de crescimento e estabelecimento de plântulas e mudas. Dentre as fruteiras tropicais cultivadas no país, destacam-se estudos entre interações de FMA, com gravioleiras (CHU *et al.*, 2001), cajueiros (WEBER *et al.*, 2004), bananeiras (ELSEN *et al.*, 2008), mamoeiros (VEGA-FRUTIS & GUEVARA, 2009) e aceroleiras (SILVA *et al.*, 1998; COSTA *et al.*, 2001).

As fruteiras, por serem em sua maioria culturas perenes, destacam-se como grupo de plantas onde as micorrizas merecem especial atenção, no que se refere aos efeitos benéficos da simbiose, uma vez que podem perdurar por mais tempo. O fato de o aumento na zona de exploração das raízes fornecerem maior suprimento de nutrientes à planta, principalmente os poucos móveis, permite-se fazer uso de fontes orgânicas de menor

solubilidade, reduzindo a aplicação de insumos químicos. Trabalhos demonstram que a inoculação de FMA é tecnicamente viável em fruteiras, principalmente na fase de produção de mudas em sistema de micropropagação, onde se obtém um maior desenvolvimento da planta, maior taxa de sobrevivência, homogeneização das mudas e menor tempo de cultivo até o plantio em campo (BORGES *et al.*, 2003).

2.5.1 FMA em coqueiro

Em coqueiro (*Cocos nucifera L.*) existem poucas informações disponíveis sobre a interação com FMA, porém há indicações de que a planta é responsiva aos fungos. Thomas & Ghai (1987) encontram altas taxas de colonização de raízes de coqueiros por FMA, variando entre 56 e 95% de colonização. Os autores demonstraram também, que coqueiros de porte alto, geralmente são mais susceptíveis a colonização e apresentam maiores abundâncias de esporos nas proximidades das raízes que as variedades anãs.

Já Muthukumar & Prakash (2009), avaliando a colonização micorrízica em agroecossistemas na Índia, encontraram uma taxa de colonização média de raízes de coqueiro da ordem de 50,03 %. Na comparação com outras culturas avaliadas, o coqueiro apresentou a segunda menor taxa de colonização, que variou entre 36,05% em guandu (*Cajanus cajan*) até 83,99 % no milho (*Zea mays*). Essa taxa de colonização pode estar associada a diversos fatores e portanto, são necessários novos estudos sobre a relação entre os FMA e o coqueiro, para que se possam obter mais dados sobre os benefícios da simbiose para sistemas de cultivo desta fruteira.

Em outro estudo para avaliar a associação entre a colonização micorrízica e a tolerância a seca em diferentes cultivares, Thomas *et al.* (1993) observaram uma correlação positiva entre a colonização radicular e a tolerância a seca, medida pela resistência estomatal, além de que genótipos mais tolerantes a seca, apresentaram maior proporção de colonização micorrízica em comparação aos genótipos mais sensíveis.

Desse modo, levando em consideração que 90% dos cultivos de coqueiro estão localizados no Nordeste do Brasil, região que historicamente apresenta períodos de déficit hídrico, vê-se importância nos estudos com FMA na cultura do coqueiro.

2.5.2 FMA em gravioleira

A gravioleira (*Annona muricata L.*) é uma fruteira responsiva a associação com FMA. Os benefícios para as plantas também ocorre pela tolerância aos patógenos, conforme demonstrado por Brandão *et al.* (2004). Os autores verificaram aumento na altura e na produção de biomassa de gravioleiras inoculadas com FMA e em presença de nematóides causadores da morte súbita da planta, em comparação com tratamento sem inoculação fúngica. Também observaram que espécies de FMA apresentaram uma maior esporulação, fornecendo assim uma maior tolerância a planta frente aos danos causados por fitonematóide.

Mudas de gravioleira inoculadas com FMA apresentam maiores taxas de crescimento e de absorção de nutrientes, comparadas a mudas não inoculadas, evidenciando também que algumas espécies de FMA são mais eficientes que outras no crescimento e absorção de nutrientes pela planta (CHU *et al.*, 2001). Esses autores demonstram que mudas de gravioleira inoculadas com *Gigaspora margarita* em solo fumigado, apresentaram crescimento superior a 1.000%, em comparação a mudas não inoculadas.

2.5.3 FMA em cajueiros

O cajueiro (*Annona occidentale L.*) é uma cultura de importância econômica e social no Nordeste brasileiro, onde geralmente, são encontradas altas temperaturas e solos de baixa fertilidade. A eficiência simbiótica entre alguns isolados de FMA e mudas de cajueiro no Brasil, foi avaliada por Weber *et al.* (2004), que consideraram ser vantajosa a inoculação de mudas de cajueiro anão precoce. Em outro estudo realizado no sul da Índia, Ananthakrishnan *et al.* (2004), identificaram 23 espécies de FMA associados a raízes de cajueiro, sendo prevalentes as espécies do gênero *Glomus*.

Contudo, o cajueiro cultivado em temperaturas de 38°C teve menor colonização micorrízica por Haugen & Smith (1992), quando comparado com plantas crescidas numa temperatura menor na Austrália. Os autores atribuíram a ineficiência micorrízica em alta temperatura à diminuição do metabolismo da própria planta. Esta informação é particularmente importante para o manejo do solo na fase de estabelecimento de novos plantios no Nordeste brasileiro, onde as temperaturas do solo podem superar tal valor.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição e caracterização da área de estudo

Comunidades de FMA foram avaliadas em agroecossistemas da Fazenda Alberto Antônio, situada no município de Trairi, litoral norte do estado do Ceará (**Figura 2**), cujas coordenadas geográficas são: 3°16'40'' S e 39°16'08'' W. Destacam-se nesse município da faixa litorânea as unidades geomorfológicas: planície litorânea, composta pela faixa de praia e um cordão de dunas em toda a extensão do litoral com uma largura média de 4 km, glacis pré-litorâneos que representam a área de maior extensão e que abriga a base da economia agropecuária municipal e a depressão sertaneja ao sul, oeste e sudeste onde se verifica a presença de inselbergs com altitudes inferiores a 120m (IBGE, 2009).

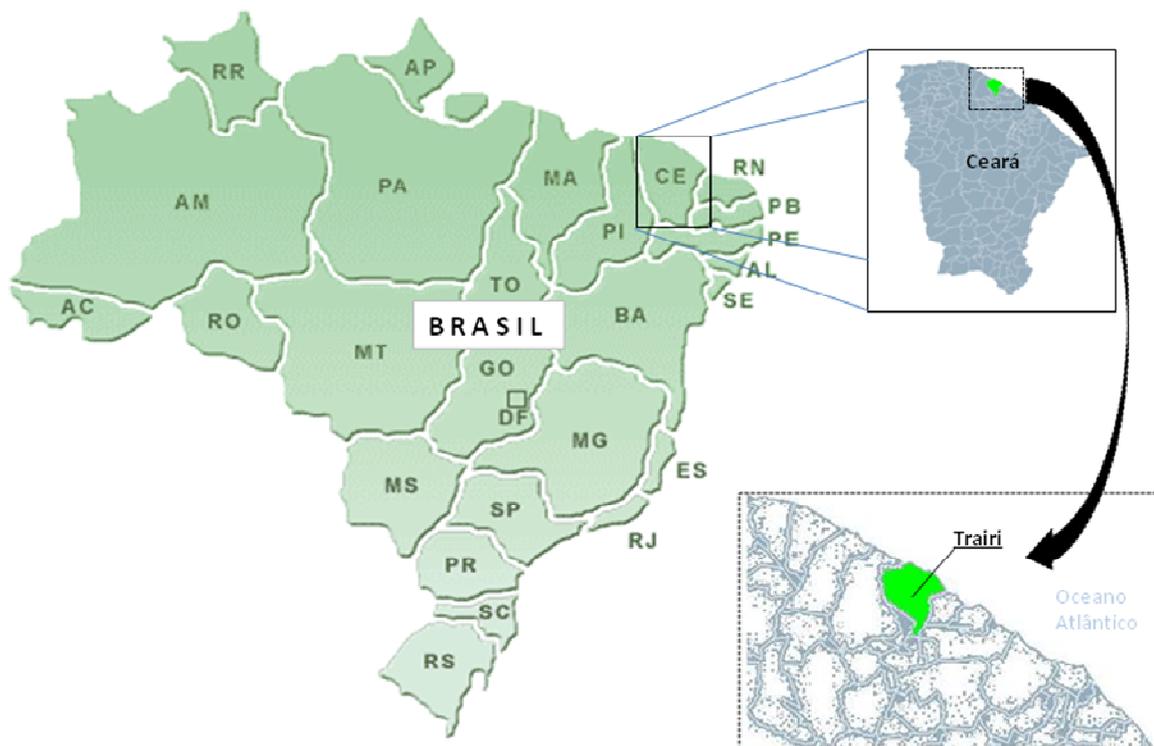


Figura 2. Localização do município de Trairi/CE.

Na faixa litorânea predominam os Neossolos Quartzarênicos e avançando para o interior ocorrem Argissolos Amarelo e Vermelho-Amarelo, além de Planossolos Nátricos e Háplicos nas proximidades dos corpos fluviais (IBGE, 2009), sendo que trabalhos de

caracterização, com abertura de trincheiras e descrições morfológicas, foram realizados, confirmando a ocorrência de Argissolos na área do estudo (**Figura 3**).

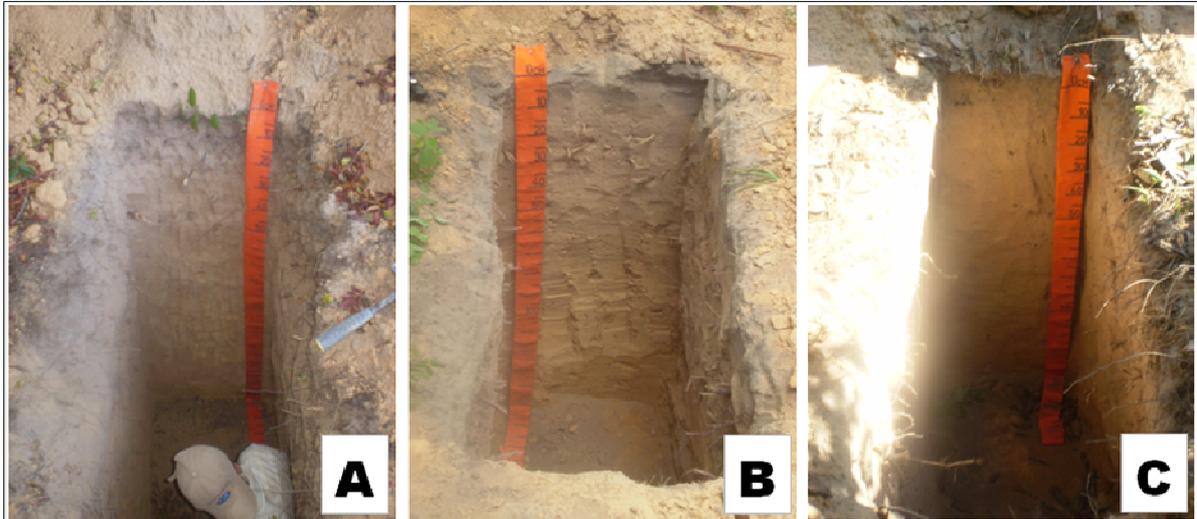


Figura 3. Trincheiras abertas nas áreas de estudo para caracterização do solo. **A.** Solo sob mata, **B.** Solo sob cultivo de coqueiros, **C.** Solo sob cultivo de gravioleiras.

O clima da região, pela classificação de Köppen é do tipo Aw', sendo Tropical quente, com características de temperaturas elevadas, sempre acima de 20°C, com chuvas concentradas no verão e outono. O município apresenta um regime pluviométrico médio de 1.321 mm ao ano, concentrados no período de Janeiro a Abril (**Figura 4**) e a temperatura média fica em torno de 28°C, com alto índice de insolação, o que consequentemente provoca um elevado índice de evapotranspiração.

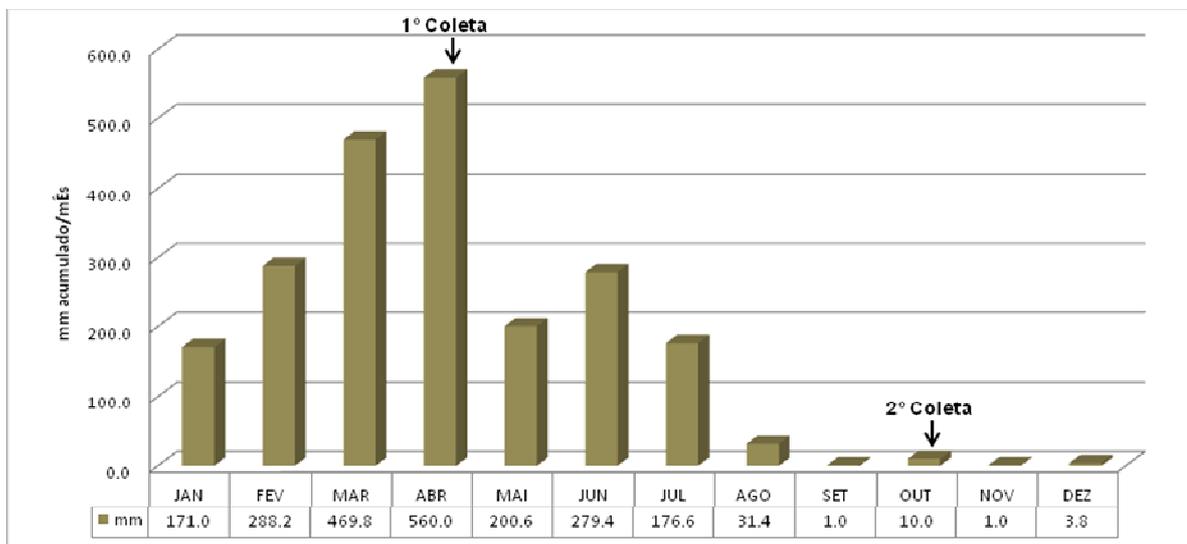


Figura 4 – Pluviosidade mensal no município de Trairi-CE no ano de 2009 (Fonte: FUNCEME).

Apesar de apresentar um regime pluviométrico acima de 1.000 mm, o município se encontra no domínio climático semiárido, por obedecer ao mesmo período e apresentar a sazonalidade característica dessas regiões, com déficit hídrico durante 08 a 09 meses do ano (**Figura 5**). A vegetação é composta por espécies típicas da caatinga, e pela proximidade com o litoral, ocorrem também algumas espécies típicas de vegetação de dunas como o murici (*Byrsonima sp.*) (SOARES, 2007).

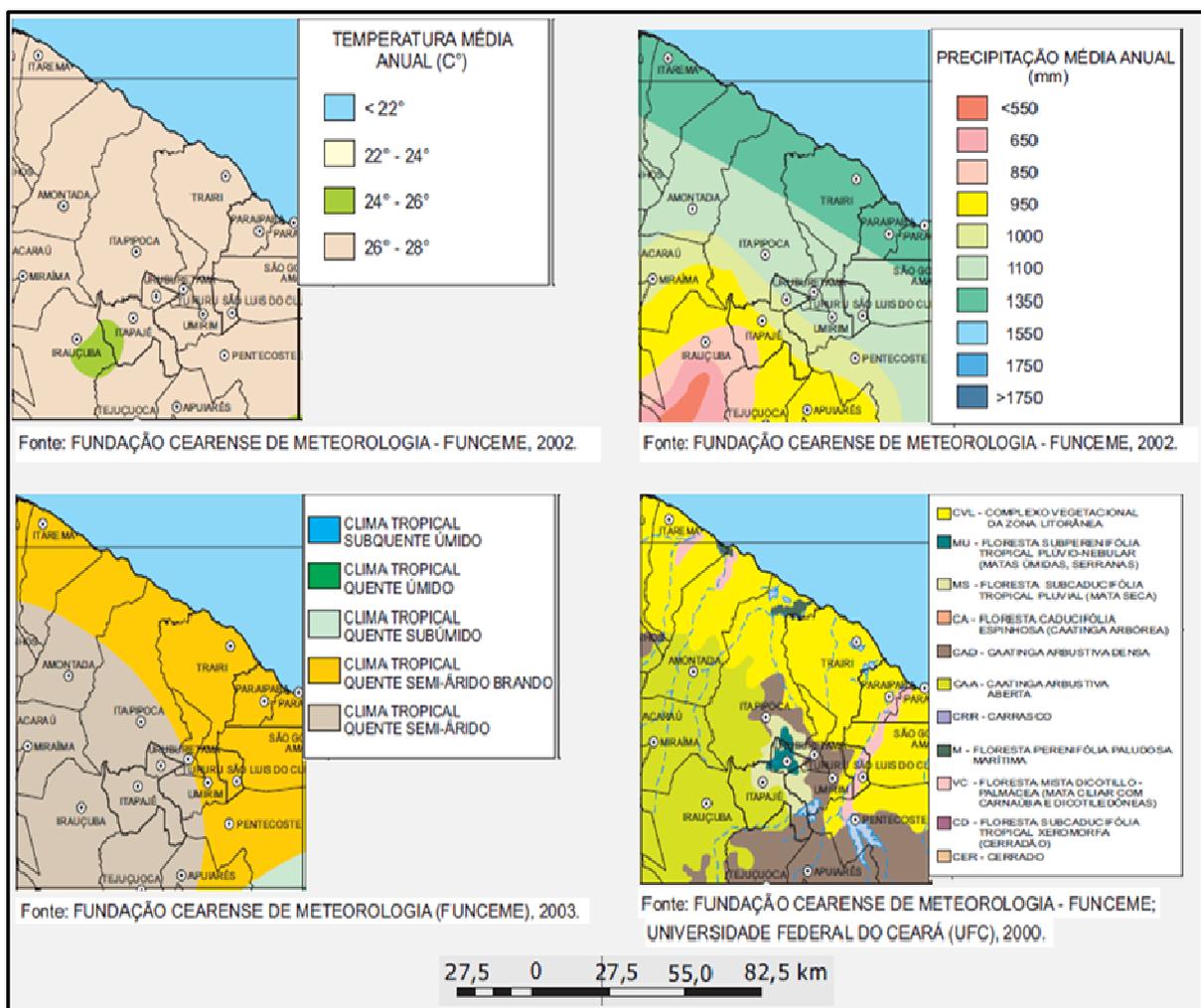


Figura 5. Características climáticas e vegetacionais do município de Trairi e região. Fonte : Ipece. Adaptado.

Os sistemas avaliados envolveram quatro culturas perenes: cajueiro (*Anacardium occidentale*) com idade de implantação de 06 anos (CN) e 15 anos (CV), coqueiro (*Cocos nucifera*) (CC), gravioleira (*Annona muricata*) (GR); mais uma faixa de mata nativa (MN), adjacente aos pomares.

3.1.2 Detalhamento das áreas de estudo

➤ **CN** – Pomar de cajueiros novos com 05-06 anos

(SUL 3°20'21.04'' / OESTE 39°19'38.25'').

As plantas do pomar foram obtidas a partir da germinação de sementes do cajueiro BR-76, sendo o plantio das mudas efetuado em 2003 – 2004, no espaçamento 07x07m numa área de 7 ha (**Figura 6**). Plantio não irrigado.

A adubação dos cajueiros consiste na aplicação única anual (abril) de 400 g por planta de uma mistura formulada com os seguintes adubos: 133g de superfosfato simples, 133g de pó de rocha (MB4), 50g de uréia, 50g de cloreto de potássio e 33g de FTE (BR12), após limpeza do pomar e coroamento das plantas.



Figura 6. Pomar de cajueiros com 05 - 06 anos (CN).

➤ **CV** – Pomar de cajueiros velhos com 15-17 anos

(SUL 3°19'52.54'' / OESTE 39°18'49.63'')

As plantas foram igualmente obtidas pela germinação de sementes de BR-76 e o plantio ocorreu em 1994 – 1995, no espaçamento 07 x 07m, em 0,28 hectares (**Figura 7**). A adubação dos cajueiros consiste na aplicação única anual (abril) de 600 g por planta de uma mistura formulada com os seguintes adubos: 200g de superfosfato simples, 200g de pó de

rocha (MB4), 75g de uréia, 75g de cloreto de potássio e 50g de FTE (BR12) após limpeza do pomar e coroamento das plantas.



Figura 7. Pomar de cajueiros com 15-17 anos (CV).

➤ **CC – Pomar de coqueiros**

(SUL 3°19'52.60'' / OESTE 39°19'00.37'')

As plantas foram obtidas pela germinação de cocos semente e as mudas plantadas em 1997 e 1998, no espaçamento 07 x 07 m, totalizando 2.3 ha (**Figura 8**). Plantio irrigado, aplicando-se até 450 l de água por dia ensolarado durante o período seco na região (julho a janeiro).

A adubação dos coqueiros consiste na aplicação durante a época chuvosa (abril) de aproximadamente 500 g por planta de uma mistura formulada com os seguintes adubos: 80g de uréia, 80g de cloreto de potássio, 300g de superfosfato simples e 40g de FTE (BR12) após limpeza do pomar e coroamento das plantas. Na época seca (a partir de julho) faz-se fertirrigação, aplicando-se por dia até 150 g de uréia mais 120 g de cloreto de potássio (fracionado em quatro aplicações).



Figura 8. Pomar de coqueiros (CC).

➤ **GR** – Pomar de gravioleiras

(SUL 3°19'52.54'' / OESTE 39°18'57.10'')

As plantas foram obtidas pelo plantio de mudas de sementes em 1994-1995, no espaçamento 07 x 07m, totalizando uma área de 0,88 hectares (**Figura 9**). Plantio irrigado, aplicando-se até 450 l de água por dia ensolarado durante o período seco na região (julho a janeiro).

A adubação das gravioleiras é igual a dos coqueiros e consiste na aplicação durante a época chuvosa (abril) de aproximadamente 500 g por planta de uma mistura formulada com os seguintes adubos: 80g de uréia, 80g de cloreto de potássio, 300g de superfosfato simples e 40g de FTE (BR12) após limpeza do pomar e coroamento das plantas. Na época seca (a partir de julho) faz-se fertirrigação, aplicando-se por dia até 150 g de uréia mais 120 g de cloreto de potássio (fracionado em quatro aplicações).



Figura 9. Pomar de gravioleiras (GR).

➤ **MN** – Área de mata nativa

(SUL 3°19'52.70'' / OESTE 39°19'04.11'')

Faixa de aproximadamente 20 m de largura por 1000m de comprimento, onde se tem árvores lenhosas, vegetação arbustiva e vegetação rasteira nativa da região e comum na Caatinga e faixa litorânea (**Figura 10**). Está localizada ao lado do pomar com coqueiros e segundo o proprietário da fazenda, a área não foi perturbada nos últimos 30 anos.



Figura 10. Vista parcial da área de mata nativa (MN).

3.2 Coleta das amostras de solo e raízes

Amostras compostas de solo foram coletadas sistematicamente da rizosfera de frutíferas (*A. occidentale*, *C. nucifera* e *A. murica*) e aleatoriamente na área de mata em abril e outubro de 2009, representando o período chuvoso e seco, respectivamente. Cada área foi dividida em 03 talhões, de onde se retiraram com auxílio de um trado as amostras compostas de 50 sub-amostras, na camada de 0 a 20 cm da superfície, fazendo-se o percurso em ziguezague. Nos sistemas com frutíferas, as amostras foram colhidas na área de projeção das copas das árvores, e na área nativa, elas foram coletadas de forma aleatória, buscando-se locais próximos às espécies prevalentes e evitando-se as margens da faixa de mata.

Após a coleta no campo, as amostras secas de solo foram passadas em peneira com 02 mm de abertura de malha, colocadas em sacos plásticos identificados, conduzidas ao laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram conservadas sob refrigeração, para posterior processamento e análises.

Raízes finas das espécies estudadas foram coletadas em talhões de cada área cultivada com frutíferas, somente em outubro de 2009. Seguida da sua condução ao laboratório, onde as porções das raízes finas de cada frutífera foram conservadas em frascos contendo solução alcoólica (600 mL de álcool comercial + 350 mL de água destilada + 50 mL de ácido acético), até o processamento e avaliação da colonização por FMA.

3.3 Análises dos parâmetros químicos do solo

Porções das amostras do solo coletadas nas áreas cultivadas e na mata foram secas em estufa com ventilação forçada e regulada na temperatura de 60°C, processadas e subordinadas as análises de pH em água (1:2,5) e matéria orgânica (via úmida, com dicromato) e extraídos P, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn (Merlich 1), e Ca e Mg (solução KCl 1 mol) e os nutrientes foram dosados seguindo os procedimentos de Silva (1999).

3.4 Extração dos esporos de FMA

A extração dos esporos foi realizada pela técnica de decantação e peneiramento úmido proposto por Gerdemann & Nicolson (1963) e centrifugação em sacarose a 50%, proposto por Jenkins (1964). Após a extração, os esporos foram vertidos em placas de Petri, para contagem, separação e identificação das espécies.

A contagem dos esporos foi feita, utilizando uma lupa, sendo que os esporos foram inicialmente separados de acordo com suas características como: cor, formato, tamanho, superfície e outras ornamentações.

Uma vez quantificadas as populações totais, os esporos de FMA foram separados e os vários tipos transferidos individualmente para microtubos (Ependorfs), considerando que, cada um poderia vir a ser uma espécie diferente. Após isto, foram montadas lâminas com PVLG (álcool polivinílico-lactoglicerol) e com PVLG + Melzer, seguindo-se os procedimentos descritos por Morton (1988).

A identificação foi feita com auxílio de microscópio ótico, anotando-se as características morfológicas dos esporos, as características das paredes e o tipo de hifa esporígena, além de outras características peculiares a cada espécie, seguindo-se chaves especializadas de identificação (SHENCK & PEREZ, 1988), descrições de espécies contidas no banco de dados do *International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM, 2010) e descrições originais.

3.5 Avaliação da colonização radicular

O procedimento de clareamento e coloração utilizado foi de acordo com Philips & Hayman (1970), modificado pela clarificação das raízes em solução KOH a 10%, durante 12 min. em autoclave, e em solução H₂O₂ a 1,25% durante 05 min., pela acidificação com solução a 1% de HCl, durante 5 min, e coloração com azul de anilina em solução lactoglicérica (875 mL de ácido láctico, 63 mL de glicerina, 0,5 g do corante e 62 mL de água destilada), durante a noite, para posterior avaliação de 60 segmentos de aproximadamente 01 cm de cada frutífera, montados em lâminas de vidro e cobertos com solução lacto-glicérica e lamínulas, para observar ao microscópio (100 a 400 vezes), verificando-se a presença de micélio, vesículas e outras estruturas dos fungos no interior das raízes. A intensidade da colonização micorrízica foi calculada de acordo com Trouvelot *et al.* (1986).

3.6 Análise dos dados

A avaliação dos dados obtidos no campo, foram feitas por duas linhas que se completam, utilizando-se índices ecológicos e tratamentos estatísticos.

3.6.1 Índices ecológicos

Neste trabalho os índices ecológicos foram utilizados, para expressar a riqueza de espécies, dominância, equitatividade, diversidade e similaridade das comunidades de FMA, seguindo-se Magurran, (2004) e Dandan & Ziwhei (2007), utilizado os programas EstimateS (COLWELL, 2006) e Biostat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007) de acordo com as características de cada área, sendo os quais:

- **Abundância relativa de esporos (AR)** – mede a porcentagem de esporos por espécie na amostra sendo calculado pela fórmula:

$$RA = \frac{\text{nº de esporos da espécie (gênero)}}{\text{nº total de esporos na amostra}} \times 100\%$$

- **Frequência relativa (FR)** – Indica a frequência de ocorrência de cada espécie, é medida pela fórmula:

$$FR = \frac{\text{nº de áreas onde a espécie ocorre}}{\text{nº total de áreas avaliadas}} \times 100\%$$

- **Densidade média de esporos (DS)** – É o número médio de esporos obtidos em 100 ml/solo de cada área.
- **Índice de diversidade e equitatividade de Shannon (H') e (J')** - Mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com S espécies e N indivíduos. Quanto menor o valor do índice, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais alta, quanto maior o valor do índice, sendo calculado por meio da fórmula:

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

em que:

$P_i = n_i/N$; n_i = Abundância de i espécies; e N = Abundância total de espécies.

Como medida de heterogeneidade, o índice de Shannon leva em conta o grau de equitatividade da abundância das espécies. Apesar disso, é possível calcular a equitatividade separadamente, pela fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H_{max}}$$

Onde, a diversidade máxima (H_{max}) poderia ser encontrada em uma situação onde todas as espécies possuíssem abundâncias iguais.

- **Riqueza de Espécies (RE)** – O número de espécies detectadas em cada amostra.
- **Índice de Simpson (D)** - É um índice que reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie. É utilizado para avaliar a dominância, sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$D = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

em que:

n_i = número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados;

Quanto maior o valor de D menor será a diversidade na comunidade.

- **Índice de Bray-Curtis (C_N)** – Mede a similaridade/dissimilaridade. Derivado do coeficiente de Sørensen, sendo por vezes também denominado de Índice quantitativo de Sørensen (MAGURRAN, 2004), é calculado através da fórmula :

$$C_N = \frac{2_j N}{(N_a + N_b)}$$

Onde,

N_a = Número total de indivíduos na área A;

N_b = Número total de indivíduos na área B e

$2 jN$ = A soma da menor das duas abundâncias para espécies encontradas em ambas as áreas.

Para melhor visualização e avaliação da similaridade, em relação às características de abundância e riqueza de espécies entre as áreas e nos dois períodos avaliados, foi realizada a análise de agrupamento (Average Group/índice de Bray-Curtis), através do programa BioDiversity Pro (MC ALEECE, 1997).

3.6.2 Análise estatística

- As populações totais de esporos de FMA na rizosfera das plantas e as intensidades de colonização micorrízica arbuscular em frutíferas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias feitas pelo teste de Tukey a 5% no programa Microsoft Excel 2007. Para avaliar a variação na densidade de esporos e riqueza de espécies optou-se por utilizar a ANOVA com amostras pareadas quando da análise entre as áreas no mesmo período e amostras independentes quando da avaliação entre as épocas.
- **Análise de correlação de Pearson** – empregada para avaliar a existência de correlação entre a variação na densidade de esporos e riqueza de espécies, e variáveis físico/químicas do solo, seguindo-se Dandan & Ziwhei (2007).

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Foram recuperados 8.664 esporos e identificados 35 diferentes morfotipos de FMA nas 30 amostras de solo, das cinco áreas e dos dois períodos (chuvoso e seco) do ano de 2009.

Tendo em vista dificuldades encontradas na identificação dos esporos, dos 35 morfotipos detectados, foi possível identificar 17 em nível de espécie. A distribuição entre gêneros pode ser observada na **Figura 11** e as características morfológicas dos esporos de cada espécie encontram-se na **Tabela 4**.

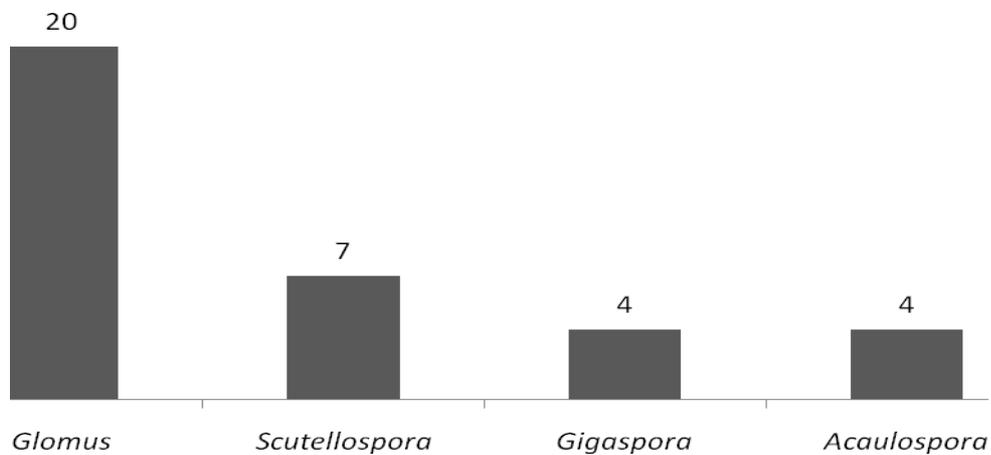


Figura 11. Nº de morfotipos de esporos de FMA detectados de acordo com o gênero.

As espécies de FMA e os respectivos sistemas em que foram detectados encontram-se sumarizados na **Tabela 5**.

Na área de mata foram encontrados 2.318 esporos e 21 espécies, na área com cajueiros novos um total de 1.783 esporos e 21 espécies, no cajueiro velho 1.534 esporos e 22 espécies, no coqueiral 1.218 esporos e 20 espécies, e nas gravioleiras 1.814 esporos e 19 espécies.

Segundo Morton (1993), a identificação de esporos de FMA coletados diretamente no campo, geralmente é uma tarefa difícil de ser executada, tendo em vista que os esporos muitas vezes encontram-se com as paredes degradadas ou parasitados, eliminando características necessárias a sua correta identificação. A técnica geralmente utilizada para minimizar esse problema, é o cultivo de FMA em potes, com culturas “armadilha”, que permitem a reprodução dos esporos de tal forma que possam ser identificados, além de possibilitar a esporulação de espécies que não apareceram no campo.

Tabela 4. Descrição morfo-anatômica de esporos de FMA em diferentes agroecossistemas e uma mata nativa no litoral do Ceará.

<i>Nº.</i>	<i>Gênero</i>	<i>Cor</i>	<i>Tamanho</i>	<i>Formato</i>	<i>Superfície</i>	<i>Características morfológicas</i>	<i>Espécie</i>
01	<i>Glomus</i>	Ocre brilhante	125 x 75µm	Oval – alongado	Rugoso		<i>Glomus sp1</i>
02	<i>Glomus</i>	Amarelo claro	100 x 50 µm	Oval (milho)	Liso		<i>G. rubiforme</i>
03	<i>Glomus</i>	Laranja	75 – 125 µm	Redondo	Liso		<i>Glomus sp2</i>
04	<i>Glomus</i>	Amarelo claro	50 – 100 µm	Redondo	Rugoso		<i>Glomus sp3</i>
05	<i>Gigaspora</i>	Amarelo claro – brilhante	125 - 250 µm	Redondo	Liso		<i>G. gigantean</i>
06	<i>Acaulospora</i>	Amarelo claro - fosco	175 µm	Redondo	Liso (pouco rugoso)	1 GW	<i>A. mellea</i>
07	<i>Scutellospora</i>	Creme, clara	250 µm	Redondo	Embaçado	2 paredes finas)	<i>S. pellucida</i>
08	<i>Glomus</i>	Amarelo escuro	75 - 125 µm	Oval	Rugoso		<i>Glomus sp4</i>
09	<i>Scutellospora</i>	Amarela / creme	250 µm	Redondo	Embaçado	1 GW, Melzer: (parede externa)	<i>S. aurigloba</i>
10	<i>Glomus</i>	Esbranquiçado	100 µm	Redondo	Rugoso		<i>Glomus sp5</i>
11	<i>Acaulospora</i>	Hialino - cinza	75 – 150 µm	Redondo	Rugoso		<i>A. scrobiculata</i>
12	<i>Glomus</i>	Hialino	50 – 125 µm	Redondo	Vitreo-rugoso	marrom claro	<i>Glomus sp6</i>
13	<i>Acaulospora</i>	Hialina , cinza	100 µm	Redondo	Vitreo – liso		<i>A. elegans</i>
14	<i>Glomus</i>	Esporocarpos, marrom/hialino	100 µm	Redondo	Liso	Forma esporocarpos	<i>G. sinuosum</i>
15	<i>Glomus</i>	Amarelo claro / hialino	100 µm	Redondo	Rugoso		<i>Glomus sp7</i>
16	<i>Glomus</i>	Marrom claro / laranja	50 - 100 µm	Alongado	Liso		<i>Glomus sp8</i>
17	<i>Glomus</i>	Marrom, parede grossa	50 - 100 µm	Redondo	Liso	Parede grossa	<i>G. macrocarpum</i>
18	<i>Glomus</i>	Marrom	25 – 50 µm	Redondo	Liso		<i>Glomus sp9</i>

Continua...

<i>Nº.</i>	<i>Gênero</i>	<i>Cor</i>	<i>Tamanho</i>	<i>Formato / Similaridade</i>	<i>Superfície</i>	<i>Características morfológicas</i>	<i>Espécie</i>
19	<i>Gigaspora</i>	Alaranjado	250 – 375 µm	Redondo	Liso		<i>G. margarita</i>
20	<i>Glomus</i>	Amarelo esc. / marrom	25 - 75 µm	Redondo	Liso		<i>Glomus sp10</i>
21	<i>Glomus</i>	Parede grossa – marrom escuro	50 - 100 µm	Redondo	Liso-rugoso	Parede grossa-pequeno	<i>G. clarum</i>
22	<i>Glomus</i>	Marrom	75 x 125 µm	Alongado	Rugoso		<i>Glomus sp11</i>
23	<i>Glomus</i>	Amarelo/marrom	50 - 100 µm	Oval	Rugoso	Camada interna	<i>Glomus sp12</i>
24	<i>Glomus</i>	Marrom claro	50 – 100 µm	Desuniforme	Rugoso	Papilas, 2 paredes	<i>G. geosporum</i>
25	<i>Acaulospora</i>	Marrom	250 µm	Redondo	Liso		<i>A. foveata</i>
26	<i>Scutellospora</i>	Avermelhado	250 µm	Redondo	Liso	Velho, parasit.	<i>Scutellospora sp1</i>
27	<i>Glomus</i>	Marrom escuro – avermelhado	100 µm	Redondo-oval	Rugoso		<i>G. constrictum</i>
28	<i>Glomus</i>	Amarelo claro	50 - 100 µm	Redondo-oval	Liso/craqueado	Velho, parasit.	<i>Glomus sp13</i>
29	<i>Glomus</i>	Marrom escuro	150 µm	Redondo	Rugoso	Parede e hifa grossa	<i>Glomus sp14</i>
30	<i>Gigaspora</i>	Amarelo claro	300 µm	Redondo	Tranparente-liso	2 ou 3 paredes	<i>Gigaspora sp1</i>
31	<i>Scutellospora</i>	Hialino / escudo marrom	150 µm	Redondo	Embaçado	2 paredes, GW2 camadas	<i>S. fulgida</i> <i>S. aff. cerradensis</i>
32	<i>Gigaspora</i>	Amarelo claro	300 – 375 µm	Alongado-oval	Transparente-liso		<i>Gigaspora sp2</i>
33	<i>Scutellospora</i>	Hialino	50 – 100 µm	Alongado	Vítreo	parasitado	<i>Scutellospora sp2</i>
34	<i>Scutellospora</i>	Preto, escuro	250 µm	Redondo	Liso		<i>S. gregaria</i>
35	<i>Scutellospora</i>	Marrom escuro	125 – 150 µm	Redondo	Embaçado-não é translucido	(papilas, 2 paredes)	<i>S. verrucosa</i>

Tabela 5. Espécies de FMA e sistemas onde foram encontrados, considerando o período chuvoso e o período seco.

ESPÉCIE	MN	CN	CV	CC	GR
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerdemann	+	+	+	+	-
<i>Acaulospora foveata</i> Trape & Janos	-	-	+	+	+
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	+	-	+	-	-
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	+	+	+	+	+
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	+	+	+	-	-
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	+	-	+	-	-
<i>Gigaspora</i> sp 1	-	+	-	-	-
<i>Gigaspora</i> sp 2	-	-	-	+	-
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	+	+	+	+	+
<i>Glomus constrictum</i> Trappe	-	+	+	-	-
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	+	+	+	+	+
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	+	+	-	+	-
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck	+	+	+	+	+
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	+	+	-	+	-
<i>Glomus</i> sp 1	-	+	-	+	+
<i>Glomus</i> sp 2	+	+	-	-	+
<i>Glomus</i> sp 3	+	+	+	+	-
<i>Glomus</i> sp 4	+	-	+	+	+
<i>Glomus</i> sp 5	-	-	-	+	-
<i>Glomus</i> sp 6	+	-	+	-	+
<i>Glomus</i> sp 7	-	+	-	+	-
<i>Glomus</i> sp 8	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp 9	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp 10	+	-	+	+	+
<i>Glomus</i> sp 11	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp 12	-	-	-	-	+
<i>Glomus</i> sp 13	-	+	+	-	+
<i>Glomus</i> sp 14	-	+	-	-	-
<i>Scutellospora aurigloba</i> (Hall) Walker & Sanders	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora fulgida</i> Koske & Walker	-	-	+	-	+
<i>Scutellospora gregaria</i> (Schenck & Nicol.) Walker & Sanders	-	-	-	-	+
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Walker & Sanders	-	-	+	-	-
<i>Scutellospora verrucosa</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	+	-	-	-	-
<i>Scutellospora</i> sp 1	+	-	-	+	-
<i>Scutellospora</i> sp 2	-	-	+	-	+

“+” Presença; “-“ Ausência. (MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira).

Entretanto, nem todas as espécies podem ser reproduzidas por esta técnica, e o aparecimento de espécies novas em culturas armadilhas, podem não necessariamente refletir a

abundância da população original, extrapolando a realidade das condições de campo (MORTON, 1993).

A presença prevalente de espécies do gênero *Glomus*, está de acordo com outros estudos realizados em regiões áridas e semi-áridas, onde a presença de esporos pequenos do gênero *Glomus* esteve relacionada com este tipo de clima (STUTZ *et al.*, 2000; TAO & ZHIWEI, 2005; DANDAN & ZHIWEI, 2007). Também outros estudos realizados em agroecossistemas de regiões áridas e tropicais demonstraram a prevalência desse gênero (TCHABI *et al.*, 2008).

Das espécies dos fungos identificados na camada de solo (0 a 20 cm da superfície), *A. scrobiculata* Trappe, *G. clarum* Nicol. & Schenck, *G. geosporum* (Nicol. & Gerd.) Walker, *G. rubiforme* (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck, *Glomus* sp. 8, 9, 11 e *S. aurigloba* (Hall) Walker & Sanders ocorreram em todas as áreas avaliadas, outras 4 espécies estavam presentes em quatro das áreas, 08 em três áreas, 07 em duas áreas e outras 08 espécies ocorreram somente em uma área.

Salienta-se que das oito espécies que ocorreram exclusivamente em um sistema, apenas uma foi na mata, sugerindo colonização preferencial, que pode ter relação com a seletividade de monoculturas em espécies de FMA. Cesaro *et al.* (2008) descrevem este comportamento em raízes de batata, onde *G.intraradices*, apresentou colonização preferencial específica pela batata, frente a outras espécies presentes no solo. Vega-Frutis & Guevara (2009), demonstram que até mesmo o dimorfismo sexual entre plantas de mamão (*Carica papaya* L.), pode selecionar diferentes espécies, de acordo com a fisiologia da planta.

Considerando que outro fator descrito na literatura que pode afetar a ocorrência de seleção de espécies de FMA em agroecossistemas é o manejo e a adubação, como descrito por Oehl *et al.* (2003), e no caso deste estudo as culturas de coqueiro e gravioleiras possuem os mesmos manejos tanto culturais como de adubação e irrigação, fica evidente a influência das espécie hospedeira na seletividade de espécies de FMA.

4.1 Densidade média de esporos (DS)

Na coleta realizada no período chuvoso (Abril/2009), foram recuperados ao todo 2.977 esporos dentre as 15 amostras de solo avaliadas (03 por área). O número total de esporos por 100 ml/solo variou de 130 no coqueiral até 313, observado na área de mata. A maior DS foi observada na área de mata nativa (**Tabela 6**), que apresentou média de 303 esporos em 100 ml/solo, sendo que a menor foi observada na área de cultivo de coqueiros

com 162 esporos por 100 ml/solo. As áreas cultivadas não apresentaram diferenças significativas na DS, pelo teste de Tukey a 5%, diferindo apenas a área de mata nativa, que apresentou valores superiores comparados aos outros sistemas.

Tabela 6 - Densidade média de esporos de FMA em 100 ml/ solo no período chuvoso nas diferentes áreas estudadas (Fazenda Alberto Antonio, Trairi - CE).

Espécie	MN	CN	CV	CC	GR
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerdemann	5.00				
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos					0.33
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	1.00				
<i>Acaulospora Scrabiculata</i> Trappe	3.00	4.67			
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe		4.67	0.33		
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	1.67		0.33		
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	62.00			16.33	
<i>Glomus constrictum</i> Trappe		11.00	12.33		
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	88.00	25.67	56.33	18.33	
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne		37.67		10.67	
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck	9.00	5.33	17.67		25.67
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck		27.67		6.33	
<i>Glomus sp.1</i>		9.33		10.67	
<i>Glomus sp.2</i>					48.00
<i>Glomus sp.3</i>	32.33	14.33		17.00	
<i>Glomus sp.4</i>				23.33	7.33
<i>Glomus sp.5</i>				1.33	
<i>Glomus sp.6</i>			12.00		16.33
<i>Glomus sp.7</i>		9.33			
<i>Glomus sp.8</i>	15.33		8.67		
<i>Glomus sp.9</i>	31.33		22.67	21.33	
<i>Glomus sp.10</i>	51.67		23.00	16.67	80.67
<i>Glomus sp.11</i>		22.33	11.67	19.33	3.00
<i>Glomus sp.12</i>					5.67
<i>Scutellospora aurigloba</i> (Hall) Walker & Sanders			1.33	1.00	
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Walker & Sanders			1.33		
<i>Scutellospora sp.1</i>	3.00				
Número médio de esporos de FMA / área	303.33a	172.00b	167.67b	162.33b	187.00b

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Graviroleira. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

No período seco (Outubro/2009), foram recuperados ao todo 5.687 esporos dentre as 15 amostras de solo avaliadas (03 por área). O número total de esporos por 100 ml/solo variou de 222 no coqueiral até 510, observado no sistema CN. A maior DS foi observada na área de mata nativa com 469 esporos em 100 ml/solo, enquanto a menor DS ocorreu no coqueiral, 243 esporos por 100 ml/solo. Observa-se que esse sistema apresentou diferença significativa em relação aos sistemas MN, CN e GR (**Tabela 7**).

Na área de Mata nativa a densidade de esporos variou de 292 a 305 por 100/ml de solo coletado no período úmido e de 443 a 484 no período seco. No Cajueiro novo a densidade de esporos dos fungos nos períodos, úmido e seco, foi de 160 a 182 e de 374 a 510, no cajueiro velho os valores variaram de 158 a 186 no período chuvoso e 286 a 396 no período seco. Na área cultivada com coqueiro, os valores obtidos, foram de 130 a 189 no período úmido e de 222 a 268 no período seco. Na área de Graviola, no período úmido obteve-se de 176 a 202, e no período seco de 387 a 456 (**Figura 12**).

No período seco, houve uma maior variação entre os sistemas avaliados, e as áreas de CV (DS= 342,67) e CC (DS= 243,67) apresentaram diferenças significativas (Tukey 5%) em relação à mata nativa (DS= 469,33), que por sua vez não diferiu dos sistemas CN (DS= 422,33) e GR (DS= 417,67). A comparação entre as DS obtidas entre os sistemas e nos dois períodos avaliados pode ser observada na **Figura 13**.

Os resultados relativos a populações de esporos de FMA demonstram que as práticas agrícolas parecem ter exercido influência negativa durante o período chuvoso na DS FMA, enquanto no período seco houve menor influência. Nessa época (seca) em dois sistemas cultivados (CN e GR), não foram detectadas diferenças na densidade de esporos em relação à mata (**Figura 13**).

É importante ressaltar que a variação na densidade de esporos de FMA entre ambientes naturais e cultivados apresenta uma variação muito grande. Azcón-Aguilar *et al.* (2003), detectaram variação significativa na abundância de esporos da ordem de 49 a 151 esporos/100g solo, em espécies nativas da Espanha. Mohammad *et al.* (2003) estudando as populações de FMA em 12 diferentes agroecossistemas com culturas perenes e anuais em um ambiente semi árido, encontraram uma variação na densidade de esporos entre 05 a 70 esporos em 100g de solo. Segundo os autores esses valores são relativamente baixos, sendo comum em ambientes áridos e semiáridos.

Tabela 7 - Densidade média de esporos de FMA em 100 ml/ solo no período seco nas diferentes áreas estudadas (Fazenda Alberto Antonio, Trairi - CE).

Espécie	MN	CN	CV	CC	GR
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerdemann		45.00	18.33	36.00	
<i>Acaulospora foveata</i> Trape & Janos			5.00	0.67	
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck			8.33		
<i>Acaulospora Scrobiculata</i> Trappe	5.33	19.00	1.00	1.00	11.00
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	0.67	1.00			
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	0.33				
<i>Gigaspora sp.1</i>		0.67			
<i>Gigaspora sp.2</i>				0.33	
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	73.67	43.33	88.33	23.33	41.67
<i>Glomus constrictum</i> Trappe		17.00	3.67		
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	70.00	37.67	29.00	26.67	33.00
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	50.00	85.00		26.00	
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck	20.67	14.00		17.67	24.33
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	17.67				
<i>Glomus sp.1</i>				8.67	18.33
<i>Glomus sp.2</i>	11.33	26.67			35.00
<i>Glomus sp.3</i>			17.33	15.67	
<i>Glomus sp.4</i>	11.00		32.67		
<i>Glomus sp.6</i>	20.00				110.00
<i>Glomus sp.7</i>		22.33		17.00	
<i>Glomus sp.8</i>	45.33	17.00	30.00	18.67	26.33
<i>Glomus sp.9</i>	50.67	24.67	39.00	21.00	27.00
<i>Glomus sp.10</i>	64.67		28.67	13.67	17.33
<i>Glomus sp.11</i>	18.67	41.33	11.33	16.00	
<i>Glomus sp.12</i>					31.33
<i>Glomus sp.13</i>		24.67	20.00		15.00
<i>Glomus sp.14</i>		1.33			
<i>Scutellospora aurigloba</i> (Hall) Walker & Sanders	0.67	1.33	2.33	1.00	1.00
<i>Scutellospora fulgida</i> Koske & Walker		0.33	0.33		16.00
<i>Scutellospora gregaria</i> (Schenck & Nicol.) Walker & Sanders					0.67
<i>Scutellospora sp1</i>	2.33			0.33	
<i>Scutellospora sp2</i>			7.33		9.67
<i>Scutellospora verrucosa</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	6.33				
Número médio de esporos de FMA/área	469.33a	422.33a	342.67ab	243.67b	417.67a

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

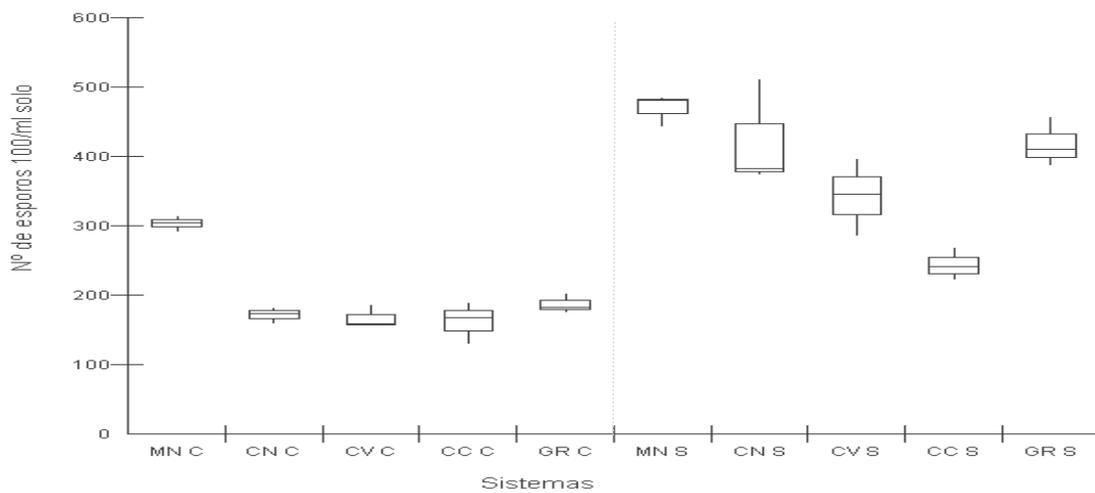


Figura 12. Valores medianos e interquartis de esporos de FMA em 100 ml/solo nos períodos chuvoso e seco. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira. Siglas seguidas de C= Período chuvoso e S= Período seco.

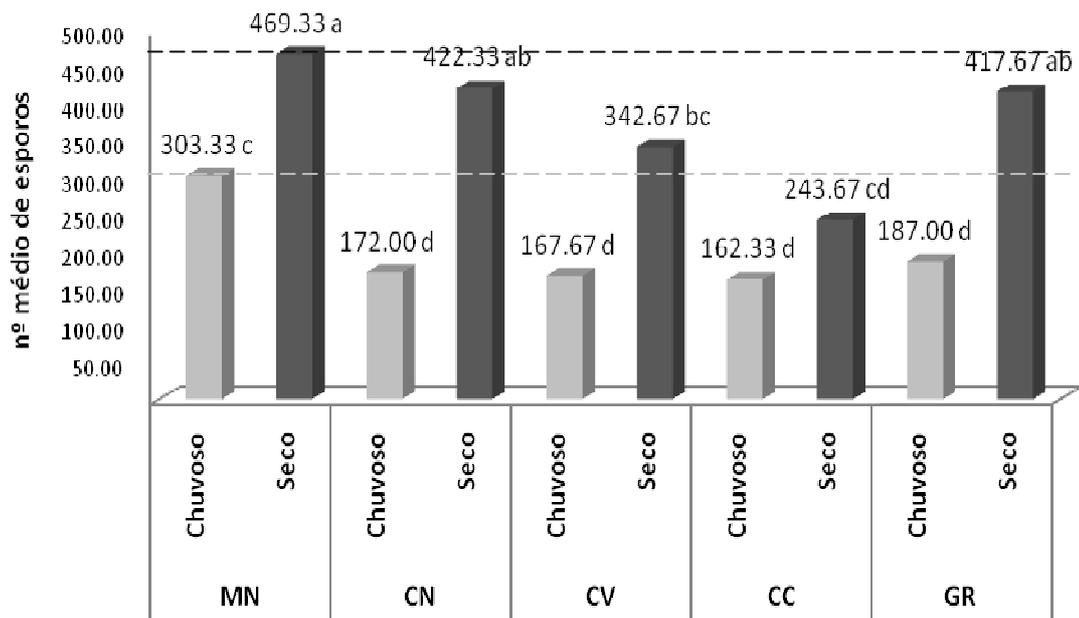


Figura 13. Densidade média de esporos obtida nas cinco áreas e nos períodos chuvoso e seco. Médias de três amostras. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Por outro lado, Tao & Ziwei (2005), detectaram valores extremamente elevados na densidade de esporos de FMA em ecossistema árido, com média de 2.096 oscilando entre 240 e 6.430 esporos em 100g/solo, sendo que espécies pequenas do gênero *Glomus* demonstraram serem as mais freqüentes (ocorreram em 69% das amostras de solo avaliadas). Dandan & Ziwei (2007), também encontraram valores elevados na densidade de esporos, em

duas diferentes áreas avaliadas em ambientes áridos na China. As médias para as áreas foram de 1423 (oscilando entre 85 – 5315) e 601 (oscilando entre 15 – 2805).

Portanto, a maior DS na mata nativa no período chuvoso, possivelmente está relacionada com a maior estabilidade do sistema e pode ser devida a inexistência de perturbações. Segundo Silveira (1992), monoculturas e cultivos intensivos tendem a diminuir a quantidade de FMA. Já no período seco, onde é gerado um estresse ambiental, pelo déficit hídrico, a DS de esporos de FMA apesar de maior, apresentou-se mais instável.

Observa-se também, que os sistemas avaliados apresentaram diferenças significativas entre os períodos avaliados, excetuando-se CC (**Figura 13**), o que demonstra haver forte influencia do clima, na dinâmica das comunidades de FMA no solo.

Santos-Gonzales *et al.* (2007), avaliando a variação sazonal na densidade de FMA em duas comunidades de plantas, utilizando a técnica da Reação em cadeia da polimerase (PCR), não encontraram variação significativa na composição da comunidade de FMA entre diferentes períodos do ano, porém a comunidade estudada por esses autores não apresentou um padrão claro de comportamento, observando-se diversas pequenas variações durante os períodos, atribuindo a isso os aspectos de mineralização de nutrientes do solo e às diferentes estações do ano.

Souza *et al.* (2003), avaliando a diversidade de FMA em duas diferentes áreas de Caatinga em Sergipe, detectou em uma área, comportamento similar ao obtido neste estudo, onde no período seco a densidade de esporos foi maior comparada ao período chuvoso (média de 3,51 e 1,70 por g/solo respectivamente), já na outra área avaliada não houve diferença significativa entre os períodos, sendo que os autores atribuem este comportamento as variações ambientais e características físico/químicas do solo. Caproni *et al.* (2007), avaliando a ocorrência de FMA em resíduos da mineração de Bauxita no Pará, em áreas com plantio misto e com *A. holosericea* e *Sesbania virgata*, detectaram densidade média de esporos em 100 ml/solo de 154 e 1071 respectivamente no período seco e 290 e 210 no período chuvoso.

A maior DS de FMA era esperada na época seca, em razão das plantas sob estresse apresentarem maior esporulação uma vez que os esporos são estruturas de resistência, e tendem a apresentar maior esporulação nos períodos de estiagem (Caproni *et al.*, 2000), uma vez que o próprio metabolismo da planta diminui, fazendo com que o fluxo de C da planta para o fungo seja menor. Moreira e Siqueira (2006) relataram que no período chuvoso há aumento no metabolismo das plantas, e conseqüentemente, na germinação de hifas fúngicas, responsáveis pela colonização radicular, tendo a missão de aportar os nutrientes do solo

requeridos pela planta, em troca do suprimento de C oferecido pela planta hospedeira, tornando a quantidade de esporos de FMA no solo menor.

Destaca-se que a menor variação na DS foi observada no sistema CC e pode estar relacionada ao maior aporte de água devido ao sistema de irrigação das plantas, mas que não ocorreu na cultura da gravioleira, igualmente irrigada. Esta prática minimiza o estresse hídrico do solo, fazendo com que os FMA não apresentem o comportamento descrito acima, tornando a comunidade mais estável.

4.2 Riqueza de espécies (RE)

A riqueza média de espécies no período chuvoso, não apresentou variação significativa, com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% (**Tabela 8**), exceto pela área de cultivo de gravioleira, onde a RE foi significativamente menor, em comparação com as outras áreas. Neste cultivo observou-se média de 6,67 espécies em 100 ml/solo, valor este, inferior ao observado nas outras áreas onde se obteve média de 10 espécies de FMA no CV e 11 nos sistema CN, CC e MN.

Tabela 8 - Riqueza de espécies de FMA observadas nas três repetições e valores médios observados em 100 ml/solo no período chuvoso.

Repetição	MN	CN	CV	CC	GR
Repetição 01	10	11	09	11	06
Repetição 02	12	11	10	11	06
Repetição 03	11	11	11	11	08
Valor médio da riqueza de espécies por área	11.00a	11.00a	10.00a	11.00a	06.67b

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

No período seco a RE também não diferiu entre os sistemas avaliados, quando da comparação de médias no teste de Tukey a 5% (**Tabela 9**). Observou-se maior riqueza de FMA no sistema CN com média de 16 espécies, enquanto MN, CV e GR apresentaram em média 15 espécies, e a menor riqueza ocorreu no coqueiral com 14 espécies. As pequenas diferenças no número de espécies de FMA presentes nas subáreas amostradas são evidências de certa uniformidade e estabilidade dos sistemas.

Considerando as áreas avaliadas, foram identificados 27 morfotipos de FMA no período chuvoso e 35 no período seco. Na área de mata, a riqueza variou entre 10 e 12 espécies no período chuvoso e 14 a 17 no período seco. No sistema com cajueiro novo no período chuvoso, não houve variação entre as repetições e todas as áreas apresentaram 11 espécies, já no período seco a variação foi de 14 a 18 espécies. No cajueiro velho variou de 9 a 11 no chuvoso e 15 a 16 no período seco. No coqueiro também não houve variação no período chuvoso, e todas apresentaram 11 espécies, já no período seco variou entre 14 e 15 espécies. Por fim na gravioleira foi detectada variação da ordem de 6 a 8 espécies no período chuvoso e de 15 a 16 no período seco (**Figura 14**).

Tabela 9 - Riqueza de espécies de FMA observadas nas três repetições e valores médios observados em 100 ml/solo no período seco.

Repetição	MN	CN	CV	CC	GR
Repetição 01	16	16	16	14	16
Repetição 02	17	14	15	14	16
Repetição 03	14	18	16	15	15
Valor médio da riqueza de espécies por área	15.67a	16.00a	15.67a	14.33a	15.67a

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

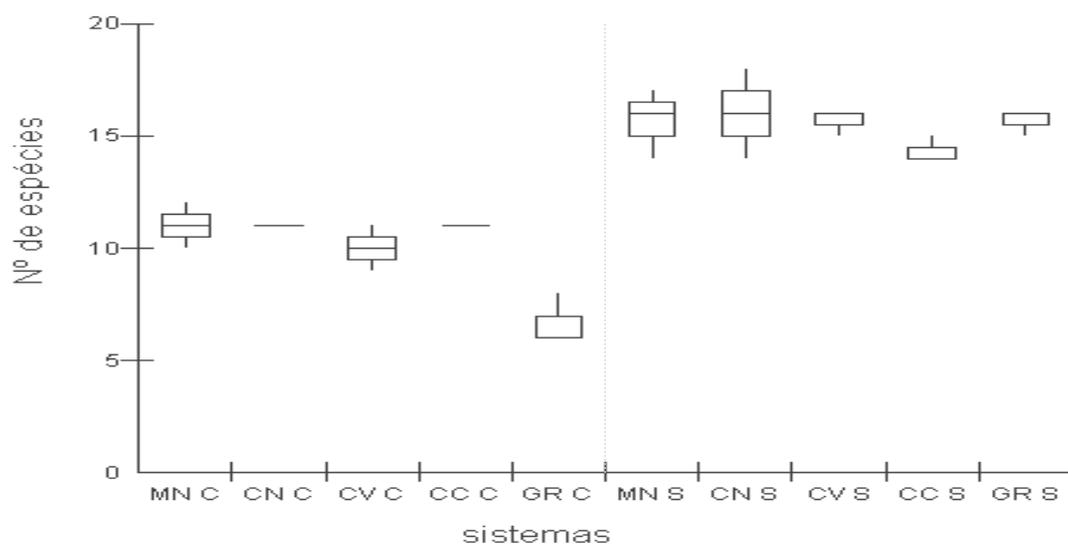


Figura 14. Médias e valores interquartis da riqueza de espécies de FMA em 100 ml/solo nos períodos chuvoso e seco. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira. Siglas seguidas de C= Período chuvoso e S= Período seco.

A variação na riqueza de espécies entre os períodos avaliados apresentou comportamento similar ao observado no padrão de densidade dos esporos (**Figura 15**), e todas as áreas apresentaram diferença significativa entre os períodos (mata nativa = 11.00 x 15.67; cajueiro novo = 11.00 x 16.00; cajueiro velho = 10.00 x 15.67; coqueiro 11.00 x 14.33 e gravioleira = 6.67 x 15.67), sendo que o solo cultivado com gravioleiras apresentou a maior variação entre os períodos, inclusive, diferindo significativamente das outras quatro áreas no período chuvoso.

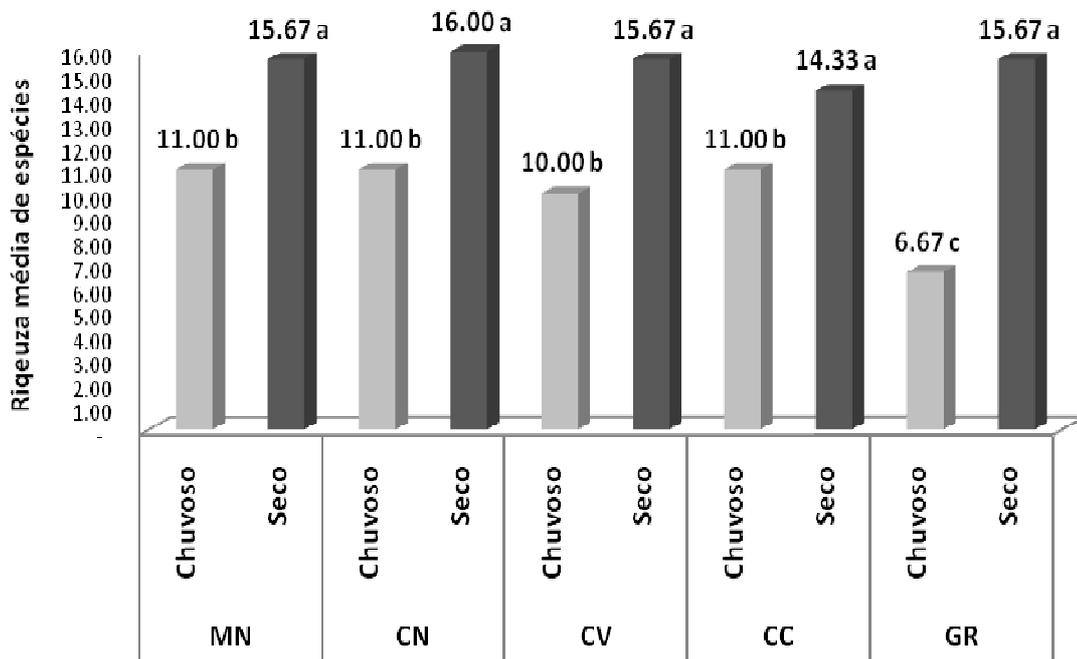


Figura 15. Riqueza média de esporos obtida nas cinco áreas e nos períodos chuvoso e seco. Médias de três amostras. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

A riqueza de espécies nas áreas avaliadas é semelhante às observadas em outros agroecossistemas e em ambientes naturais do semiárido. Souza *et al.* (2003), avaliando a diversidade de FMA em duas diferentes áreas de Caatinga em Sergipe, detectaram em uma das áreas, comportamento similar, onde no período seco a riqueza de espécies foi maior, com 15 espécies comparada ao período chuvoso com 13. Já na outra área avaliada a riqueza foi maior no período chuvoso (11 x 12). Os autores atribuíram como fator determinante para esta variação o nível de P no solo entre as duas áreas, uma vez que o clima parece não ter influenciado na riqueza.

Dandan & Ziwei (2007), encontraram em duas diferentes áreas avaliadas em ambientes áridos na China, uma riqueza de espécies, com média de 9.8 (entre 02 – 16) e 7.1 (entre 01 – 14). Silva *et al.* (2007), encontraram uma variação na riqueza de espécies em áreas cultivadas com Leucena (*Leucaena leucocephala* L.) e Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) no estado de Pernambuco da ordem de 08 a 14 espécies por área. Caproni *et al.* (2007) no Pará, em áreas de mineração de bauxita com plantio misto e com *A. holosericea* e *Sesbania virgata*, detectaram riqueza de espécies de 06 e 02 respectivamente no período seco e 05 e 04 no período chuvoso.

De acordo com Magurram (2004), em estudos sobre diversidade, geralmente o aumento no número de espécies encontradas está relacionado diretamente com o aumento da abundância, uma vez que com o aumento no número de indivíduos coletados, a inclusão de novas espécies tende a ser comum.

Portanto a menor densidade de esporos de FMA no período chuvoso pode ter sido a causa da menor riqueza de espécies neste período, pois com o aumento na densidade de esporos no período seco, novas espécies que não foram detectadas no período chuvoso foram observadas, além de que o fator climático, como descrito no caso da densidade média, permitiu que espécies que não estavam esporulando no período chuvoso, o fizessem no período seco.

Observa-se então, que a riqueza de espécies entre as áreas, no mesmo período, pouco variou (exceção GR período chuvoso), demonstrando que as práticas agrícolas adotadas nas áreas cultivadas não diminuíram significativamente o número de espécies encontradas em comparação com a área de mata nativa, sendo neste caso a pluviosidade a principal fonte responsável pela variação da riqueza de espécies dos sistemas avaliados, tendo em vista que também afeta a densidade de esporos.

4.3 Parâmetros químicos do solo

As variáveis químicas do solo foram relacionadas com a densidade média de esporos (DS) e a riqueza de espécies (RE), utilizando-se a correlação de Pearson (**Tabela 10**).

Observa-se, de modo geral, que os valores encontrados foram similares entre os períodos avaliados (**Tabela 11**), com exceção de alguns micronutrientes como o Cu, Fe e Zn, que apresentaram um aumento considerável nos teores no período seco. Os teores de P foram constantes nas áreas, exceto nas culturas do coqueiro e da gravioleira, onde na primeira houve queda na concentração deste elemento e na segunda um aumento. Tal discrepância no nível de

P está relacionada à adubação das culturas, pois a coleta de amostras foi feita após a adubação das plantas. Os valores de pH indicaram solo ligeiramente ácido, sendo observada variação nas áreas cultivadas (pH 6,0 a 6,6), e menor valor na mata (pH 5,7).

O coeficiente da correlação de Pearson é um número adimensional, sendo que o valor máximo que r pode assumir é 1 e o mínimo é -1, sendo que esses valores são obtidos, quando ocorrem uma relação linear entre as duas variáveis. Se o valor de r for positivo, infere-se que existe uma relação positiva. Quando o valor de r é negativo, ocorre o contrário, quando a variável y diminui a x aumenta (PAGANO & GAUVREAU, 2008).

Tabela 10. Valores r da correlação linear de Pearson entre variáveis de esporos de FMA (DS e RE) e variáveis físico-químicas do solo no período chuvoso e seco.

Período Chuvoso												
		pH	Ca	Mg	K	Na	M.O.	P	Cu	Fe	Mn	Zn
DENSIDADE	"r" =	-0.8864*	-0.3804	-0.3746	-0.1774	-0.4754	-0.2188	-0.3783	-0.4723	-0.5126	-0.6409	-0.5324
MÉDIA (DS)	(p) =	<u>0.0451</u>	0.5276	0.5344	0.7753	0.4183	0.7236	0.5300	0.4218	0.3771	0.2438	0.3556
-												
RIQUEZA DE	"r" =	-0.4197	-0.0570	-0.2210	-0.1987	0.3664	0.5278	0.2623	-0.0270	0.2450	-0.0475	-0.1490
ESPÉCIES	(p) =	0.4818	0.9275	0.7209	0.7487	0.5441	0.3606	0.6699	0.9656	0.3612	0.9395	0.8110

(*) 0.05 > p > 0.01; (**) 0.1 ≥ p > 0.05

Período Seco												
		pH	Ca	Mg	K	Na	M.O.	P	Cu	Fe	Mn	Zn
DENSIDADE	"r" =	-0.7928	-0.6099	-0.7854	-0.6111	-0.634	0.1514	-0.5623	-0.0151	-0.3454	-0.382	-0.8053**
MÉDIA (DS)	(p) =	0.1096	0.2747	0.1154	0.2737	0.2506	0.8075	0.3228	0.9808	0.5691	0.5258	<u>0.1000</u>
-												
RIQUEZA DE	"r" =	-0.6961	-0.7203	-0.8913*	-0.6589	-0.7695	0.1035	-0.5409	-0.0838	0.0227	-0.4341	-0.8797*
ESPÉCIES	(p) =	0.1916	0.1698	<u>0.0423</u>	0.2265	0.1281	0.8685	0.3465	0.8934	0.9711	0.4652	<u>0.0491</u>

(*) 0.05 > p > 0.01; (**) 0.1 ≥ p > 0.05

Dentre as variáveis analisadas no solo, pH, Mg e Zn, correlacionaram-se de com os parâmetros de DS e RE de FMA (Tabela 6). O pH apresentou correlação negativa com a DS no período chuvoso ($r = -0,8864$; $p = 0,0451$) e que pode ser devida a maior densidade média de esporos dos fungos no sistema MN, onde teve-se menor pH (5,7).

Tabela 11 - Atributos químicos do solo nas diferentes áreas avaliadas na Fazenda Alberto Antônio, Trairi- CE.

ÁREA	pH		Ca		Mg		K		Na		S.B		C.T.C.		M.O.		P		Cu		Fe		Mn		Zn	
	g/kg Água		mmolc/dm3 KCL		cmolc/Kg KCL		mmolc/dm3 Mehlich		mmolc/dm3 Mehlich		mmolc/dm3		mmolc/dm3		g/kg Dicromato		mg/dm3 Mehlich		mg/dm3 Mehlich		mg/dm3 Mehlich		mg/dm3 Mehlich		mg/dm3 Mehlich	
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
MN	5.7	5.7	10.0	7.8	4.1	3.4	1.1	0.7	2.8	2.5	17.9	14.4	35.2	14.4	16.6	16.0	2.4	2.2	0.2	3.2	22.3	50.7	4.1	5.2	0.6	3.3
CN	6.1	6.2	9.1	9.4	1.9	3.3	0.8	0.7	3.2	2.4	15.0	15.1	22.7	15.1	15.5	18.1	3.7	3.6	0.3	3.3	22.9	51.1	7.3	10.2	0.8	3.6
CV	6.0	6.0	10.6	8.3	6.5	4.2	1.1	0.8	2.8	2.6	20.8	15.8	35.7	15.8	17.1	16.9	22.9	31.8	0.4	3.4	56.5	79.4	16.3	11.6	3.0	6.2
GR	6.2	6.2	14.6	14.2	7.7	6.5	1.3	1.0	2.9	3.3	26.5	25.0	38.1	25.0	14.7	33.2	24.9	65.7	0.8	5.6	22.5	65.0	14.8	38.8	4.4	11.2
CC	6.2	6.6	22.7	15.8	11.5	9.2	1.6	1.0	3.8	3.5	39.5	29.5	50.3	29.5	21.2	18.5	334.1	55.4	1.8	3.9	49.1	57.9	29.6	28.8	8.5	17.4

C = Período chuvoso; S = Período seco

A germinação dos esporos está relacionada com o pH do solo e varia entre os gêneros de FMA. As espécies pertencentes ao gênero *Glomus* apresentam maior taxa de germinação, colonização radicular e ocorrência natural em condições de pH próximos do neutro ou alcalino, enquanto que espécies pertencentes à *Scutelospora*, *Acaulospora* e *Gigaspora* desenvolvem-se bem na faixa de pH ácido (SILVA *et al.*, 2008).

De acordo com Lambais & Cardoso (1989), a variação na faixa de pH do solo pode alterar a solubilidade de elementos como Al, Fe, Mn e Cu que, em níveis tóxicos, podem reduzir a germinação de esporos, reduzindo a esporulação de FMAs.

Tchabi *et al.* (2008) detectaram resultados inversos ao obtido neste estudo, relatando em trabalho realizado no oeste da África, considerando 24 áreas entre nativas e cultivadas, uma correlação positiva entre pH e densidade de esporos. Os autores atribuíram essa correlação positiva, a transformação de áreas nativas em agrícolas, onde a fertilização influenciou a alteração do pH, e consequentemente a comunidade de FMA.

No presente trabalho, apesar de ter sido detectada essa correlação negativa, a variação entre os valores de pH entre os sistemas no período chuvoso foi baixa, (5,7 – 6,2), denotando características de pH neutro/levemente ácido, sendo portanto esta variável pouco provável de ter sido responsável pela grande variação na DS entre o sistema MN e os sistemas cultivados.

O magnésio mostrou correlação negativa com a riqueza de espécies no período seco ($r = -0,8913$; $p = 0,0423$). Esse valor foi detectado, tendo em vista que neste período a maior riqueza de espécies foi encontrada no sistema CN (RE = 16), que apresentou os menores valores deste elemento ($1,9 \text{ mmol/dm}^3$) e inversamente, a menor riqueza foi observada no sistema cultivado com coqueiros (RE = 14,33) onde o teor de Mg foi maior, em comparação com outros sistemas avaliados neste período ($11,5 \text{ mmol/dm}^3$).

Já o zinco foi negativamente correlacionado no período seco tanto com a densidade de esporos ($r = -0,8053$ $p = 0,1000$) como com a riqueza de espécies ($r = -0,8797$ $p = 0,0491$). O maior teor de Zn no período seco foi detectado no sistema de cultivo de coqueiro, onde foram identificados os menores valores de DS e RE.

Essa correlação negativa entre FMA e Zn tem sido observada também em outros trabalhos, onde doses elevadas do elemento diminuem a densidade e a colonização radicular por FMA. Del Val *et al.* (1999), correlacionando doses crescentes de lodo de esgoto contaminado com metais pesados; entre eles o Zn, e número de esporos, observaram que diminuiu consideravelmente o número total de esporos de FMA no solo. Boyle & Paul

(1988), também detectaram correlação negativa entre a concentração de Zn no solo e a colonização de plantas por FMA, em solos tratados com esgoto urbano-industrial.

Já, Weissenhorn & Leyval (1994) não encontraram relação entre o nível de Zn e a população de FMA em solos cultivados e tratados com esgoto contaminado com metais pesados. Cavagnaro *et al.* (2009) também não encontraram diferenças significativas na colonização de dois diferentes genótipos de tomate por FMA, em resposta a diferentes doses de Zn aplicadas; detectaram porém, que o crescimento e a concentração de Zn na planta foram alterados. Segundo esses autores, é importante observar que a presença e a concentração deste elemento influenciam não somente no funcionamento das micorrizas, mas também em sua formação, sendo que a interação entre ambos se dá de maneira associada, uma vez que os FMA podem aumentar a absorção Zn pela planta em solos com baixas concentrações, e por outro lado, protegem a planta contra a acumulação excessiva de Zn em solos com alta concentração deste elemento.

As observações relativas ao comportamento entre populações de FMA e teores de Zn podem estar relacionadas com as diferentes capacidades que cada espécie possui em tolerar faixas de concentração deste elemento. Descrições prévias de FMA nativos, que apresentam alta tolerância a metais pesados, entre eles o Zn são conhecidas (DIAZ *et al.*, 1996; GILDON & TINKER, 1983) e demonstram o amplo espectro de tolerância a qual estas espécies de fungo pode suportar. Um bom exemplo dessas variações foi apresentado por Pawlowska & Charvat (2004), em um estudo para avaliar os efeitos do estresse causados por Zn em duas diferentes espécies de FMA (*Glomus etunicatum* e *Glomus intraradices*). Doses de 0.01 nM não apresentaram significância na germinação dos esporos, doses de 0.1 e 1.0 nM, causaram uma redução significativa em *G. etunicatum* e não interferiram na germinação de *G. intraradices* e ao ser aplicado em doses de 10 (nM), o Zn inibiu completamente a germinação de *G. etunicatum*, ao tempo que *G. intraradices* apresentou uma diminuição significativa na germinação, mas ainda com valores superiores a 60% de germinação.

Del Val *et al.* (1999), detectaram que a riqueza de espécies e o índice de Shannon aumentaram em doses intermediárias de contaminação por metais pesados, e que em altas doses os valores diminuíram, demonstrando que a variação na população de FMA oscilou de acordo com os níveis de toxidez por metais do solo. Considera-se, porém, que os teores de Zn observados nos sistemas avaliados neste trabalho, foram de forma geral baixos, não caracterizando toxidez, mesmo na cultura do coqueiro, onde foi detectado uma correlação negativa e o maior teor de Zn (17,4 mg/dm³).

4.4 Abundância (AR) e Frequência Relativa (FR)

A abundância relativa de esporos de FMA no período chuvoso, esquematizada na **Tabela 12**, demonstra haver dominância de algumas espécies desses fungos nas áreas avaliadas. Dandan & Zhiwei (2007), citam ser este parâmetro, indicador das diferentes habilidades das espécies esporularem, definindo como espécies dominantes, aquelas que apresentam valores de $AR > 3\%$. Tendo em vista os valores observados nas áreas avaliadas, na Mata, a espécie *G. geosporum* apresentou AR de 29,01 %, sendo que na área do cajueiro velho, a mesma espécie também, aparece como a de maior abundância relativa (AR 33,60 %).

Já na área do cajueiro novo, a espécie dominante foi a *G. macrocarpum*, representando 21,90%. No coqueiral, os valores demonstram ser esta, a área onde existe a menor dominância, uma vez que a espécie que apresentou a maior AR, obteve os menores valores dentre todas as outras áreas (*Glomus* sp. 4 - 14,37%), indicando haver uma distribuição mais uniforme das espécies. Na área com gravioleira, tendo em vista a menor riqueza de espécies observadas, foram observados altos valores de AR, sendo que a espécie *Glomus* sp. 10 aparece com 43,14%, representando quase metade de toda a comunidade observada nesta área. Em todas as áreas houve dominância de espécies pertencentes ao gênero *Glomus*.

Em termos de frequência relativa, observou-se a distribuição das espécies de forma aleatória, variando de 6,67% a 80% (**Tabela 12**). Esses valores refletem numa alta variabilidade dos FMA tanto nos sistemas com fruteiras como na mata, uma vez que nenhuma das espécies ocorreu em todas as áreas, e a maioria delas esteve presente em apenas um ou dois sistemas (**Figura 16**).

No período seco, baseado no valor de $AR > 3\%$ para espécies dominantes, foi constatada a presença de 10 espécies dominantes na mata, sendo que *G. clarum* apresentou o maior valor (AR= 15,70%). A mesma espécie também foi a mais dominante no sistema CV, com AR = 25,78 %, que ainda apresentou 09 espécies dominantes. No sistema CN foram observadas 13 espécies dominantes, com o maior índice para *G. macrocarpum* (AR=20,13), no sistema CC foram detectadas 12 espécies dominantes, onde *A. elegans*, apresentou o maior valor (AR = 14,77%) e no sistema GR também 12 espécies dominantes, sendo *Glomus* sp. 6 a que apresentou o maior valor (AR= 26,34), entre todas as espécies (**Tabela 13**).

Tabela 12 - Abundância e frequência relativa (F.R.) de esporos por espécie/área no período chuvoso.

Espécie	MN	CN	CV	CC	GR	F.R. (%)
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerdemann	1.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Acaulospora foveata</i> Trape & Janos	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.18%	6.67%
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Acaulospora Scrabiculata</i> Trappe	0.99%	2.71%	0.00%	0.00%	0.00%	40.00%
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	0.00%	2.71%	0.20%	0.00%	0.00%	26.67%
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	0.55%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	13.33%
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	20.44%	0.00%	0.00%	10.06%	0.00%	40.00%
<i>Glomus constrictum</i> Trappe	0.00%	6.40%	7.36%	0.00%	0.00%	40.00%
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	29.01%	14.92%	33.60%	11.29%	0.00%	80.00%
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	0.00%	21.90%	0.00%	6.57%	0.00%	40.00%
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck	2.97%	3.10%	10.54%	0.00%	13.73%	80.00%
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	0.00%	16.09%	0.00%	3.90%	0.00%	40.00%
<i>Glomus sp.1</i>	0.00%	5.43%	0.00%	6.57%	0.00%	40.00%
<i>Glomus sp.2</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	25.67%	20.00%
<i>Glomus sp.3</i>	10.66%	8.33%	0.00%	10.47%	0.00%	60.00%
<i>Glomus sp.4</i>	0.00%	0.00%	0.00%	14.37%	3.92%	40.00%
<i>Glomus sp.5</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.82%	0.00%	6.67%
<i>Glomus sp.6</i>	0.00%	0.00%	7.16%	0.00%	8.73%	40.00%
<i>Glomus sp.7</i>	0.00%	5.43%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Glomus sp.8</i>	5.05%	0.00%	5.17%	0.00%	0.00%	40.00%
<i>Glomus sp.9</i>	10.33%	0.00%	13.52%	13.14%	0.00%	60.00%
<i>Glomus sp.10</i>	17.03%	0.00%	13.72%	10.27%	43.14%	80.00%
<i>Glomus sp.11</i>	0.00%	12.98%	6.96%	11.91%	1.60%	66.67%
<i>Glomus sp.12</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.03%	20.00%
<i>Scutellospora aurigloba</i> (Hall) Walker & Sanders	0.00%	0.00%	0.80%	0.62%	0.00%	26.67%
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Walker & Sanders	0.00%	0.00%	0.80%	0.00%	0.00%	13.33%
<i>Scutellospora sp.1</i>	0.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.33%

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira.

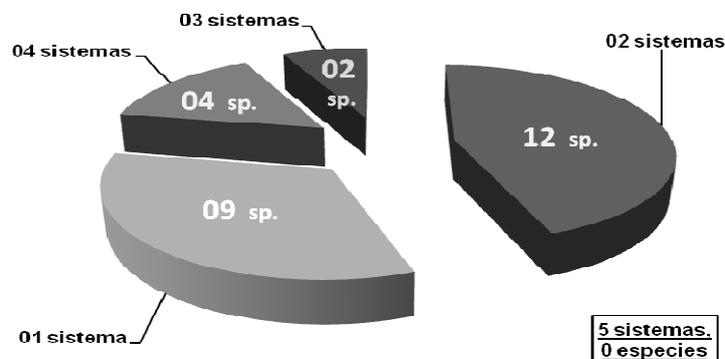


Figura 16 – Numero de ocorrência de espécies nos sistemas avaliados no período chuvoso.

A frequência relativa no período seco apresentou alta variabilidade na presença das espécies entre os sistemas avaliados, com valores variando entre FR= 6,67 % para espécies que ocorreram em apenas uma repetição em um sistema, podendo ser consideradas específicas, até FR= 100%, em espécies que foram detectadas em todas as repetições de todos os sistemas avaliados (**Tabela 13**), podendo ser consideradas espécies generalistas.

Tabela 13 - Abundância e frequência relativa (F.R.) de esporos por espécie/área no período seco.

Espécie	MN	CN	CV	CC	GR	F.R. (%)
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerdemann	0.00%	10.66%	5.35%	<u>14.77%</u>	0.00%	60.00%
<i>Acaulospora foveata</i> Trape & Janos	0.00%	0.00%	1.46%	0.27%	0.00%	26.67%
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	0.00%	0.00%	2.43%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Acaulospora Scrobiculata</i> Trappe	1.14%	4.50%	0.29%	0.41%	2.63%	86.67%
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	0.14%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.67%
<i>Gigaspora sp.1</i>	0.00%	0.16%	0.00%	0.00%	0.00%	13.33%
<i>Gigaspora sp.2</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	0.00%	6.67%
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	<u>15.70%</u>	10.26%	<u>25.78%</u>	9.58%	9.98%	100.00%
<i>Glomus constrictum</i> Trappe	0.00%	4.03%	1.07%	0.00%	0.00%	40.00%
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	14.91%	8.92%	8.46%	10.94%	7.90%	100.00%
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	10.65%	<u>20.13%</u>	0.00%	10.67%	0.00%	60.00%
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck	4.40%	3.31%	0.00%	7.25%	5.83%	66.67%
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	3.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Glomus sp.1</i>	0.00%	0.00%	0.00%	3.56%	4.39%	40.00%
<i>Glomus sp.2</i>	2.41%	6.31%	0.00%	0.00%	8.38%	60.00%
<i>Glomus sp.3</i>	0.00%	0.00%	5.06%	6.43%	0.00%	40.00%
<i>Glomus sp.4</i>	2.34%	0.00%	9.53%	0.00%	0.00%	40.00%
<i>Glomus sp.6</i>	4.26%	0.00%	0.00%	0.00%	<u>26.34%</u>	40.00%
<i>Glomus sp.7</i>	0.00%	5.29%	0.00%	6.98%	0.00%	40.00%
<i>Glomus sp.8</i>	9.66%	4.03%	8.75%	7.66%	6.30%	100.00%
<i>Glomus sp.9</i>	10.80%	5.84%	11.38%	8.62%	6.46%	100.00%
<i>Glomus sp.10</i>	13.78%	0.00%	8.37%	5.61%	4.15%	80.00%
<i>Glomus sp.11</i>	3.98%	9.79%	3.31%	6.57%	0.00%	80.00%
<i>Glomus sp.12</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.50%	20.00%
<i>Glomus sp.13</i>	0.00%	5.84%	5.84%	0.00%	3.59%	60.00%
<i>Glomus sp.14</i>	0.00%	0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	13.33%
<i>Scutellospora aurigloba</i> (Hall) Walker & Sanders	0.14%	0.32%	0.68%	0.41%	0.24%	73.33%
<i>Scutellospora fulgida</i> Koske & Walker	0.00%	0.08%	0.10%	0.00%	3.83%	33.33%
<i>Scutellospora gregaria</i> (Schenck & Nicol.) Walker & Sanders	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.16%	13.33%
<i>Scutellospora verrucosa</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	1.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
<i>Scutellospora sp.1</i>	0.50%	0.00%	0.00%	0.14%	0.00%	26.67%
<i>Scutellospora sp.2</i>	0.00%	0.00%	2.14%	0.00%	2.31%	40.00%

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

No período seco, a maioria das espécies esteve presente em apenas um ou dois sistemas (**Figura 17**), e novamente o gênero *Glomus* mostrou-se mais freqüente e abundante, sendo que as quatro espécies que apresentaram a maior FR (100%) pertencem a este gênero (*Glomus* sp. 8, *Glomus* sp. 9, *G. clarum* e *G. geosporum*). Porém vale ressaltar que as espécies *Acaulospora scrabiculata* e *Scutelospora aurigloba* apesar de não terem alcançado FR de 100%, estiveram presentes em todos os sistemas avaliados, com índices de FR de 86,67 % e 73,33% respectivamente.

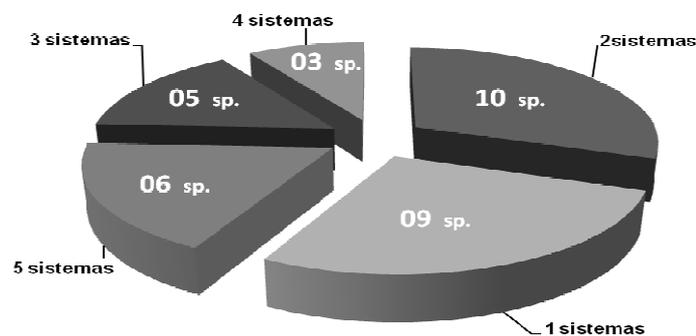


Figura 17– Número de ocorrência de espécies nos sistemas avaliados no período seco.

A variação na abundância relativa das comunidades de FMA, nos diferentes sistemas avaliados (**Figura 18**) é indicativa de que existe influência do clima nos padrões de abundância das comunidades de FMA. Segundo Magurram (2004), a representação de gráficos de abundância e/ou curva de dominância em estudos ecológicos, é um dos modos mais informativos para se visualizar tais variações. Quanto maior o comprimento da curva, maior a riqueza e quanto mais inclinada para a esquerda a linha estiver, menor é a equabilidade (MELO, 2008).

De acordo com a forma da curva, podem-se inferir determinadas características da comunidade, principalmente relativas aos padrões de equabilidade e dominância, uma vez que o gráfico demonstra com clareza quão dominante/rara determinada espécie é em relação ao restante da comunidade.

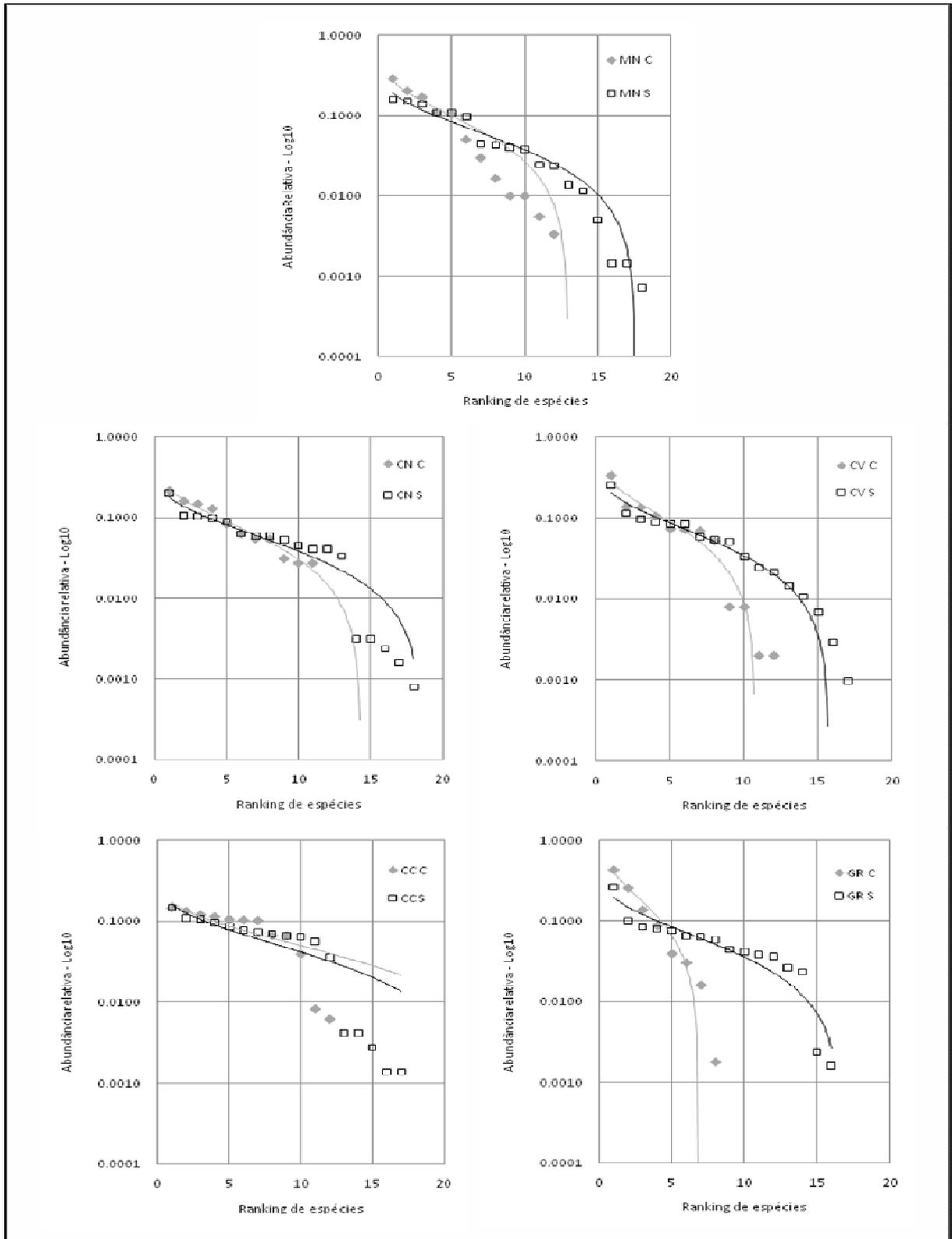


Figura 18. Gráficos de abundância ilustrando os padrões de distribuição das espécies de FMA nos diferentes sistemas avaliados. MN C= Mata nativa per. chuvoso, MN S= Mata nativa per. seco; CN C= Cajueiro novo per. chuvoso, CN S= Cajueiro novo per. seco; CV C= Cajueiro velho per. chuvoso, CV S= Cajueiro velho per. seco; CC C= Coqueiro per. chuvoso, CC S= Coqueiro per. seco; GR C= Graioleira per. chuvoso, GR S= Graioleira per. seco. Valores transformados em log.

Sieverding (1991), descreve que as variações climáticas, caracterizadas pelo excesso ou falta de água, ao longo do ano podem afetar a infectividade, o comprimento da raiz colonizada e o número de esporos de FMA no solo. Exceto pela área de cultivo do coqueiro, as outras, apresentam a linha de tendência do período chuvoso, posicionada abaixo da linha do período seco, demonstrando maior dominância e conseqüentemente menor equabilidade de espécies no período chuvoso.

Observa-se também que a cultura do coqueiro, apresentou linhas de tendência similares em ambos os períodos, além de que, apresentam linhas de tendência mais paralelas ao eixo X, denotando haver equabilidade entre as espécies que compoem a comunidade de FMA neste cultivo. Esse comportamento não foi observado em nenhuma das outras áreas avaliadas e pode estar relacionado a irrigação, pela maior estabilidade gerada pela ausência do estresse hídrico. Já a área cultivada com gravioleiras, apresentou no período chuvoso, de acordo com a **Figura 13**, alta dominância, pois a linha de tendência apresentou forte movimentação em direção ao eixo Y, e a baixa riqueza observada pode ter influenciado este padrão para esta comunidade. Considerando que o cultivo de gravioleiras é irrigado, e que o estresse hídrico pode não ter influenciado a dinâmica da comunidade de FMA, a alta dominância nesse sistema no período chuvoso pode estar relacionada à associação preferencial entre a espécie *Glomus* sp.10 e a gravioleira, uma vez que essa espécie representou mais de 40% dos esporos encontrados neste sistema (**Tabela 8**).

Comportamento similar ao observado no presente trabalho é descrito por Oehl *et al.* (2003), relatando que a diminuição na riqueza e abundância de espécies, está relacionada diretamente com o aumento na intensidade de manejo em áreas cultivadas e que este fator promove uma seleção de espécies que possuem capacidade de esporular rapidamente.

Pelo índice de frequência relativa de FMA nas áreas avaliadas (**Tabela 14**) observa-se a prevalência de espécies do gênero *Glomus*, sendo mais frequentes *Glomus geosporum* (80,00 e 100,00%), *Glomus* sp. 9 (60,00 e 100,00%), *Glomus* sp. 10 (80,00 e 80,00%), *Glomus rubiforme* (80,00 e 66,67%), *Glomus* sp. 11 (66,67 e 80,00%), *Glomus* sp. 8 (40,00 e 100,00%) e *Glomus clarum* (40,00 e 100,00%), no período chuvoso e seco, respectivamente. Por sua vez, espécies de *A. scrobiculata* e *S. aurigloba* despontaram como as mais frequentes nos períodos chuvoso e seco (40,00/86,67% e 26,67/73,33%) respectivamente.

Tao & Ziwei (2005), sugerem que a prevalência de espécies do gênero *Glomus* em ambientes áridos e semiáridos seria uma estratégia de adaptação das espécies, uma vez que o

menor tamanho dos esporos e a rápida esporulação favorecem as espécies deste gênero frente as adversidades deste tipo de ambiente.

Tabela 14. Índice de frequência relativa (F.R.) de esporos de FMA nos períodos chuvoso e seco

Espécie	FR %	
	C	S
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	80.00%	100.00%
<i>Glomus</i> sp 9	60.00%	100.00%
<i>Glomus</i> sp 10	80.00%	80.00%
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck	80.00%	66.67%
<i>Glomus</i> sp 11	66.67%	80.00%
<i>Glomus</i> sp 8	40.00%	100.00%
<i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck	40.00%	100.00%
<i>Acaulospora Scrobiculata</i> Trappe	40.00%	86.67%
<i>Scutellospora aurigloba</i> (Hall) Walker & Sanders	26.67%	73.33%
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	40.00%	60.00%
<i>Glomus</i> sp 3	60.00%	40.00%
<i>Glomus</i> sp 2	20.00%	60.00%
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerdemann	20.00%	60.00%
<i>Glomus</i> sp 1	40.00%	40.00%
<i>Glomus</i> sp 4	40.00%	40.00%
<i>Glomus</i> sp 6	40.00%	40.00%
<i>Glomus constrictum</i> Trappe	40.00%	40.00%
<i>Glomus</i> sp 13	0.00%	60.00%
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	40.00%	20.00%
<i>Glomus</i> sp 7	20.00%	40.00%
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	26.67%	20.00%
<i>Scutellospora</i> sp 1	13.33%	26.67%
<i>Scutellospora</i> sp2	0.00%	40.00%
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	20.00%	20.00%
<i>Glomus</i> sp 12	20.00%	20.00%
<i>Scutellospora fulgida</i> Koske & Walker	0.00%	33.33%
<i>Acaulospora foveata</i> Trape & Janos	6.67%	26.67%
<i>Scutellospora verrucosa</i> (Koske & Walker(Walker & Sanders	0.00%	20.00%
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	13.33%	6.67%
<i>Glomus</i> sp 14	0.00%	13.33%
<i>Gigaspora</i> sp 1	0.00%	13.33%
<i>Scutellospora gregaria</i> (Schenck & Nicol.) Walker & Sanders	0.00%	13.33%
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Walker & Sanders	13.33%	0.00%
<i>Gigaspora</i> sp 2	0.00%	6.67%
<i>Glomus</i> sp5	6.67%	0.00%

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

Oehl *et al.* (2005) também detectaram a prevalência do gênero *Glomus* em diferentes agroecossistemas, sugerindo que algumas espécies seriam generalistas, ou seja, ocorreriam em diversos ambientes simultaneamente. Dentre as espécies consideradas generalistas, pelos autores encontra-se *Glomus geosporum* e *Glomus rubiforme*, que também demonstraram esse comportamento no presente estudo. Bharadwaj *et al.* (2007), também descrevem o comportamento generalista de *G. geosporum*.

Dentre as espécies consideradas específicas encontradas nos agroecossistemas avaliados, *Gigaspora* sp1 e *Glomus* sp. 14 foram detectadas somente no CN, *S. pellucida*, ocorreu somente no CV, *Gigaspora* sp. 2 e *Glomus* sp. 5 somente no CC, *Glomus* sp. 12, *S. gregaria* somente no GR e a espécie *G. constrictum* apesar de ocorrer em duas áreas foi detectada apenas nos cajueiros. Estudos relativos à eficiência simbiótica entre essas relações preferenciais encontradas, despontam como de grande interesse, uma vez que de acordo com Caproni *et al.* (2003), a presença de esporos no solo não necessariamente significa alta eficiência na simbiose. Evidências desse comportamento podem ser hipotetizadas, tendo em vista que Chu *et al.* (2001), demonstraram em um estudo para avaliar eficiência simbiótica entre 4 espécies de FMA e gravioleras, que a espécie de maior eficiência nessa relação foi *G. margarita*, sendo que neste estudo essa espécie sequer foi detectada neste agroecossistema. Portanto, essas relações preferenciais detectadas neste estudo, podem até ser negativas para as plantas, uma vez que estas espécies podem estar ocupando um nicho, que poderiam ser ocupados por espécies que apesar de menos eficientes na colonização, seriam mais eficientes na interação benéfica para planta.

Destaca-se que, dos 35 morfotipos identificados no estudo apenas quatro obtiveram o valor de 100% no índice FR, sendo que este valor foi obtido no período seco, pois no período chuvoso, nenhuma espécie se fez presente concomitantemente em todos os sistemas avaliados e conseqüentemente, levando em consideração os dois períodos, nenhuma das espécies de FMA ocorrem em todas as áreas e em ambos os períodos.

Apenas duas espécies (*S. pellucida* e *Glomus* sp. 5) foram detectadas no período chuvoso e não foram identificadas no período seco. Já as espécies que foram detectadas no período seco e não foram detectadas no período chuvoso são oito (*Glomus* sp. 13, *Scutellospora* sp. 2, *Scutellospora fulgida*, *Scutellospora verrucosa*, *Glomus* sp. 14, *Gigaspora* sp. 1, *Scutellospora gregaria* e *Gigaspora* sp. 2).

Tendo em vista a maior abundância de espécies no período seco, era esperado que as espécies apresentassem maiores frequências de observação, tendo em vista as características ambientais eram propícias a esporulação de FMA.

4.5 Diversidade, Equitatividade e Dominância (H'), (J') e (D)

De acordo com Allen *et al.* (2003), a forma mais direta e comum de se medir a diversidade de FMA é usar a riqueza de espécies, que consiste simplesmente no número de espécies que temos numa determinada comunidade ou área de interesse. Apesar de popular e de fácil interpretação, na maioria dos estudos é muito difícil ou mesmo impossível contar todas as espécies numa determinada comunidade ou área. Para se ter certeza da riqueza de espécies numa área, dever-se-ia identificar todos os indivíduos, o que se torna difícil em comunidades preservadas ou com grande quantidade de microorganismos (Wilsey *et al.*, 2005).

No contexto de ecologia de comunidades e em várias aplicações da biologia da conservação, diversidade indica variedade de espécies, podendo ou não incluir informações sobre a importância relativa de cada espécie. Diversidade é um dos atributos mais fundamentais no estudo de comunidades e, para tal, uma ampla gama de métodos para sua mensuração está disponível. Entre eles destacam-se, pelo amplo uso, índices de diversidade como os de Shannon e Simpson que consistem de dois componentes, riqueza de espécies e equabilidade (MELO, 2008).

A diversidade (H') de esporos de FMA no período chuvoso foi maior na área cultivada com coqueiro, alcançando o valor $H' = 0.999$, seguida em ordem decrescente pelas áreas CN ($H'=0.946$), MN ($H'=0.877$), CV ($H'=0.854$), sendo que a menor diversidade foi observada na área com gravioleira ($H'=0.655$) (**Tabela 15**).

Tabela 15. Diversidade (H'), equitatividade (J') e Dominância (D) nas comunidades de FMA nos diferentes sistemas avaliados no período chuvoso na Fazenda Antonio Alberto, Trairi-CE.

Espécie	MN	CN	CV	CC	GR
Shannon (H') *	0.877	0.946	0.854	0.999	0.655
Shannon Hmax *	1.079	1.041	1.079	1.079	0.903
Shannon (J')	0.813	0.908	0.792	0.926	0.725
Simpson (D)	0.157	0.127	0.174	0.101	0.277

* log 10. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

Esses valores levam em consideração tanto a abundância como a riqueza de espécies de FMA de cada área, sendo que devido à área CC e CN apresentarem valores intermediários na abundância de esporos e maiores na riqueza de espécies obteve os maiores índices. Já a MN, apresentou a maior abundância de esporos de todas as áreas, porém, sua riqueza foi semelhante às áreas CC e CN, portanto no cálculo do índice, esse número na abundância foi “diluído” por não apresentar maior riqueza que nas outras áreas.

A equitatividade (J') dos sistemas apresentou valores semelhantes à diversidade, sendo que CC apresentou a maior equitatividade ($J' = 0.926$) seguida por CN ($J' = 0.908$), MN ($J' = 0.813$), CV ($H'=0.792$), e GR apresentou o menor índice ($J' = 0.725$). Esse índice avalia a distribuição das abundâncias entre a riqueza de espécies. A dominância das espécies de FMA foi inverso ao observado para diversidade (**Figura 19**), o que é natural.

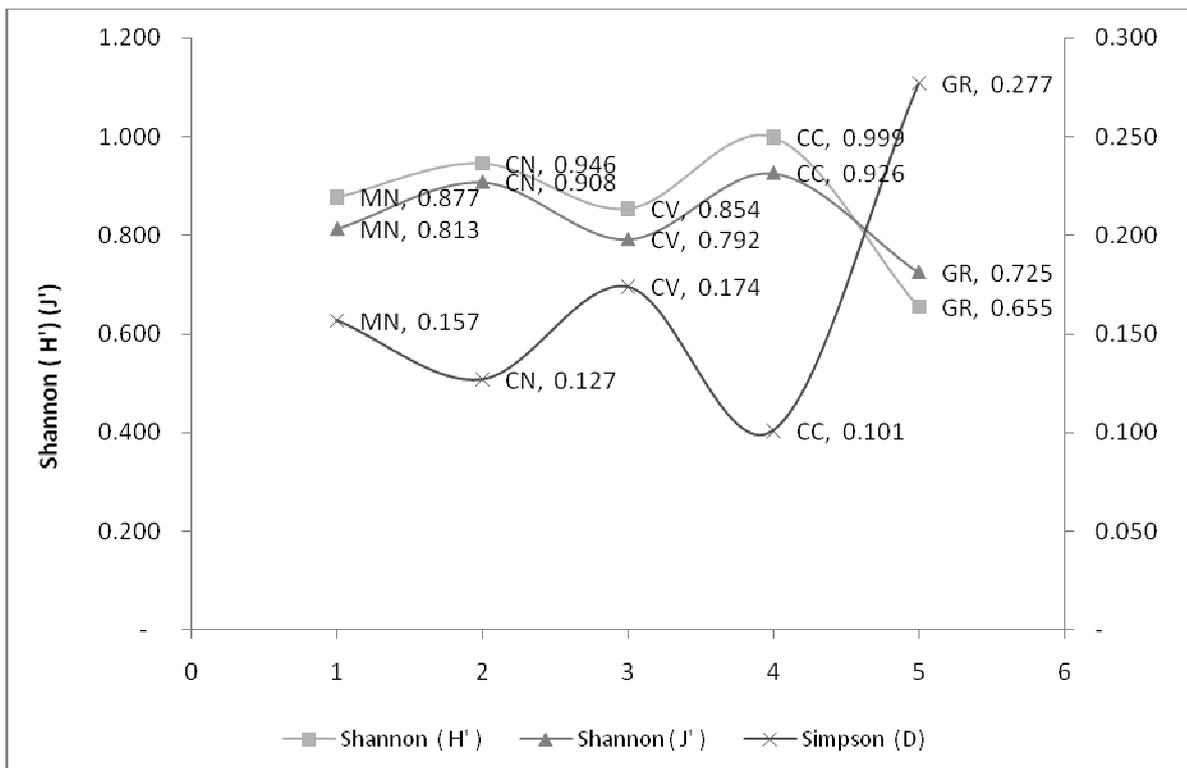


Figura 19. Representação gráfica dos valores de diversidade (H'), equitatividade (J') e dominância (D) nos sistemas avaliados no período chuvoso. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira.

No período seco a maior diversidade (H') de esporos de FMA foi observada na área com coqueiros, alcançando o valor $H' = 1.080$, seguida em ordem decrescente por CN ($H'=1.076$), GR ($H'=1.052$), MN ($H'=1.048$), e a menor diversidade foi observada no CV ($H'=1.032$) (**Tabela 16**).

Tendo em vista a relativa estabilidade no índice de diversidade, a equitatividade (J') apresentou-se de maneira similar (**Figura 20**), não apresentando grandes variações e com todos os valores inferiores ao índice H' .

Tabela 16. Diversidade (H'), equitatividade (J') e Dominância (D) nas comunidades de FMA nos diferentes sistemas avaliados no período seco na Fazenda Alberto Antônio, Trairi-CE.

Espécie	MN	CN	CV	CC	GR
Shannon (H') *	1.048	1.076	1.032	1.080	1.052
Shannon H_{max} *	1.255	1.255	1.230	1.230	1.204
Shannon (J')	0.835	0.857	0.839	0.878	0.874
Simpson (D)	0.105	0.098	0.119	0.087	0.115

* log 10. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

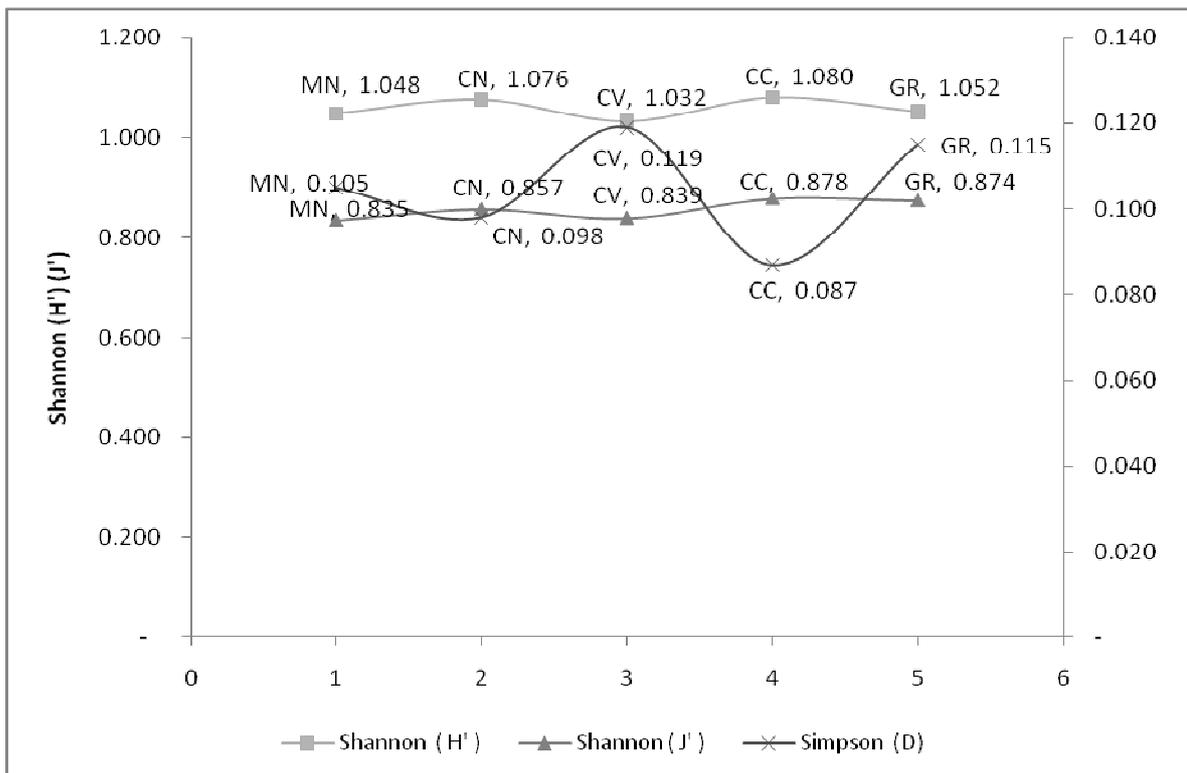


Figura 20. Representação gráfica dos valores de diversidade (H'), equitatividade (J') e dominância (D) nos sistemas avaliados no período seco. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira.

Já o índice de Simpson (D), que permitiu avaliar a dominância, mostrou-se variável no período seco, sendo que o maior índice foi verificado no sistema CV ($D= 0.119$),

e o menor CC ($D=0.087$), justamente os sistemas onde se obteve o menor e o maior índice de diversidade, respectivamente.

As comparações entre os índices de diversidade foram plotadas na **Figura 21**, e demonstram haver aumento no índice de diversidade de Shannon (H'), uma instabilidade no índice de equabilidade (J') entre as áreas e períodos e um decréscimo no índice de Simpson (D), que avalia a dominância na comunidade entre o período chuvoso e seco. Tendo em vista a maior abundância e riqueza de espécies observadas no período seco, era de se esperar que houvesse aumento no índice (H'), pois seu cálculo é baseado justamente nestes dois critérios.

No período chuvoso, o índice de diversidade (H') aponta que a área de mata nativa ($H'=0,877$) encontra-se em um nível intermediário em comparação com os agroecossistemas, pois dois sistemas obtiveram índices superiores CN ($H'=0,946$) e CC ($H'=0,999$) e dois sistemas índices inferiores CV ($H'=0,854$) e GR ($H'=0,655$).

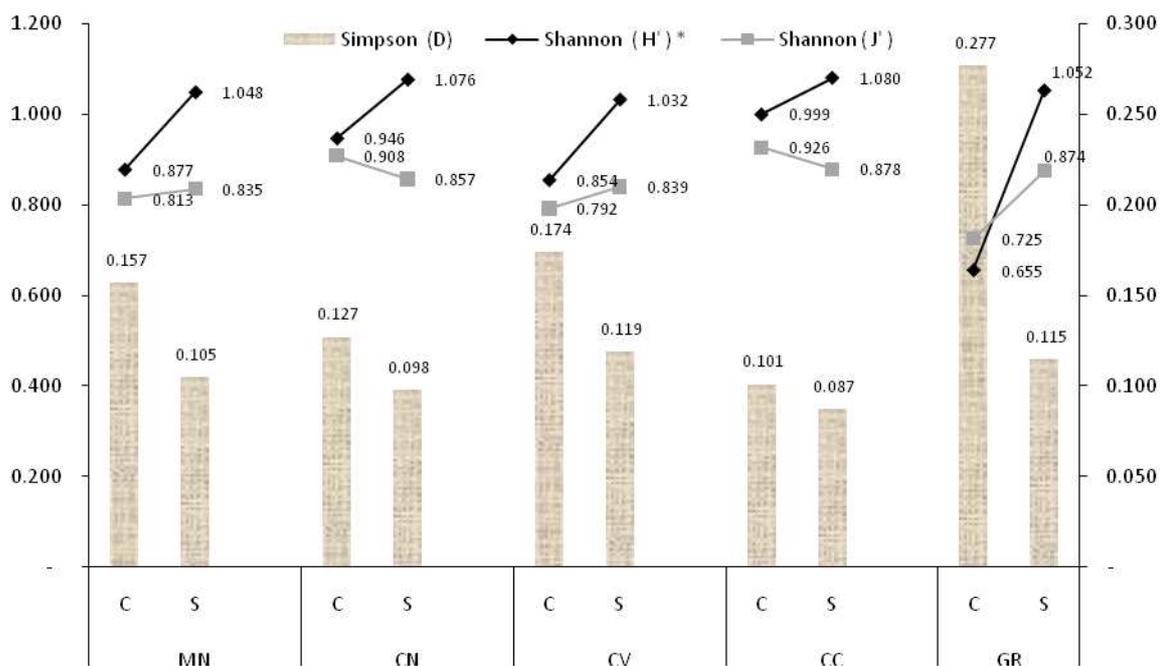


Figura 21. Variação dos índices de diversidade (H'), equabilidade (J') e dominância (D) entre os sistemas e períodos avaliados. C= período chuvoso; S= período seco. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

No período seco, três agroecossistemas apresentaram maior diversidade que a área de mata ($H'=1,048$), sendo CC ($H'=1,080$), CN ($H'=1,076$) e GR ($H'=1,052$), e apenas o sistema CV ($H'=1,032$) com valor inferior a mata.

O manejo adotado nas áreas avaliadas, (conforme descrito e detalhado no item 3.1.2) influenciou a comunidade de FMA, porém não os tornando menos diversos (**Tabelas**

15 e 16). No período chuvoso observa-se que a DS na área de mata apresentou valor significativamente maior que o dos agroecossistemas (**Tabela 7**), porém, a RE não acompanhou essa tendência (**Tabela 9**). Exceto pelo sistema de cultivo com gravioleiras, não houve diferenças significativas em relação aos outros sistemas cultivados. Já no período seco, apesar de apresentar novamente a maior DS, a área de mata não apresentou diferenças entre a riqueza de espécies, sendo esta uma provável causa do índice de diversidade da mata ter ficado abaixo dos sistemas CN, CC e GR.

Observa-se que no solo da área com gravioleiras, a comunidade de FMA apresentou a maior dominância de espécies no período chuvoso com $D=0,277$ enquanto no período seco, a maior dominância foi observada no solo cultivado com cajueiro velho $D=0,119$ (**Figura 21**). Destaca-se, ainda uma acentuada queda no índice de dominância entre o período chuvoso e seco, sendo que apenas a cultura de coqueiro indicou estabilidade.

Estes índices confirmam os resultados de que no período chuvoso, a menor densidade de esporos aliada a menor riqueza de espécies, tornou as comunidades de FMA menos diversas, e também corroboram os resultados que demonstram haver maior dominância neste período. Tchabi *et al.* (2008), demonstram que práticas agrícolas convencionais, reduzem significativamente a riqueza de espécies de FMA em savanas africanas. Oehl *et al.* (2005), demonstram que o aumento na intensidade do uso da terra, através do manejo agrícola, está relacionado com a diminuição da riqueza de espécies de FMA. Silva *et al.* (2008), também detectaram maior diversidade de FMA em campo nativo, em comparação com áreas cultivadas com eucalipto e pinus, no Rio Grande do sul.

Já Moreira & Siqueira (2006) relataram que solos de cerrado sob cultivo propiciaram aumento da densidade de esporos de FMA. Segundo Alguacil *et al.* (2008), as práticas agrícolas podem influenciar direta ou indiretamente na diversidade de FMA, selecionando diferentes tipos de fungos, de acordo com o manejo adotado e a cultura implantada. Isso implica que as atividades agrícolas não necessariamente reduzem a diversidade de FMA no solo.

A área com gravioleiras apresentou o menor índice de diversidade (H') no período chuvoso, devido à baixa riqueza de espécies, uma vez que sua abundância não diferiu significativamente das outras áreas cultivadas. Esse comportamento gerou uma alta dominância das espécies presentes nesse sistema, o que é claramente demonstrado através do índice de Simpson (D), que avalia a dominância de espécies e para o sistema GR, foi observado o maior valor ($D = 0.277$) (**Tabela 14**).

A dominância das espécies apresentou-se inversamente correlacionada com a diversidade, o que era esperado uma vez que são índices inversamente correlacionados, pois sistemas onde ocorre maior diversidade as espécies tendem a ter uma distribuição mais uniforme. Quanto menor for o valor de D, menor é a dominância de espécies no sistema, o que pode ser observado na área com coqueiros, pelo menor índice ($D=0.101$), seguido pelos sistemas CN ($D=0.127$), MN ($D=0.157$), CV ($D=0.174$).

Baseado nos três índices utilizados (H' , J' e D) o sistema cultivado com coqueiro indicou as melhores características ecológicas, na composição da comunidade de FMA, por possuir maior diversidade e menor dominância de espécies, sendo o inverso observado no sistema com gravioleira, onde se detectou o menor índice de diversidade e a maior dominância. O sistema com coqueiros, apesar de apresentar menor abundância entre os sistemas avaliados, foi o que obteve o maior índice de diversidade, devido à relativa riqueza de espécies proporcionalmente elevada.

4.6 Similaridade (SM)

A similaridade entre as áreas foi avaliada utilizando o índice de Bray-Curtis, que utiliza dados de abundância e riqueza de espécies, para gerar uma matriz de dados, em que é possível correlacionar os sistemas avaliados. No período chuvoso, tal índice demonstra haver baixa correlação entre as áreas, e a conseqüente geração de alta variabilidade na distribuição da diversidade entre as áreas. Observa-se na **Tabela 17**, que a similaridade foi alta para os sistemas MN e CV ($C_n=47.9052$) e o menor valor ocorreu entre CN e GR ($C_n= 4.6407$).

Tabela 17. Valores de similaridade entre os sistemas avaliados no período chuvoso.

	MN	CN	CV	CC	GR
MN	*	19.1281	47.9052	36.1787	23.3198
CN	*	*	31.7965	46.8533	<i>4.6407</i>
CV	*	*	*	41.8207	31.3935
CC	*	*	*	*	15.4586
GR	*	*	*	*	*

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

No período seco, foi verificada uma similaridade maior entre os sistemas CN e CC ($C_n= 59.7589$), e menor entre os sistemas CC e GR ($C_n= 39.8222$) (**Tabela 18**).

Tabela 18. Valores de similaridade entre os sistemas avaliados no período seco

	MN	CN	CV	CC	GR
MN	*	50.0931	55.2548	46.2829	45.8451
CN	*	*	44.443	59.7589	43.891
CV	*	*	*	51.6228	43.6638
CC	*	*	*	*	39.8222
GR	*	*	*	*	*

MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

Contudo, no período seco houve maior estabilidade no índice entre as comunidades de FMA, uma vez que as diferenças entre os sistemas foram menores.

Apesar de apresentar valores diferentes entre os períodos, o agrupamento foi idêntico (**Figura 22**), com GR em um grupo isolado, e os sistemas CC e CN em um e CV e MN em outro grupo.

Silva *et al.* (2008), utilizando dendrograma de similaridade, demonstraram que alterações na comunidade de FMA eram causadas pelo manejo e pela implantação de essências florestais, denotando que áreas menos perturbadas se distinguem de áreas cultivadas, no que tange a composição da comunidade de FMA. Benedetti *et al.* (2005), também demonstraram através da análise de agrupamento, os diferentes comportamentos das comunidades de FMA na cultura do milho, após a implantação de diferentes plantas de cobertura.

Os principais fatores pela ordem que foi gerado o agrupamento dos sistemas avaliados, referem-se principalmente a semelhança das áreas em suas abundâncias e riqueza de espécies. As áreas MN e CV formaram um grupo, pois em ambos os períodos estes sistemas apresentaram a mesma espécie dominante, *Glomus geosporum* no período chuvoso, e *Glomus clarum* no período seco. O fato de o cajueiro velho ter sido implantado a mais tempo, pode ter contribuído na similaridade entre os dois sistemas. Segundo Silva *et al.* (2008) áreas de cultivo mais velhas tendem a exercer uma pressão maior na seleção de espécies de FMA.

Considerando que a área de mata representa o sistema em equilíbrio, as espécies, *G. geosporum* e *G. clarum*, podem apresentar a melhor adaptação ao ambiente da região e, portanto mesmo com as práticas culturais adotadas no cajueiro velho, elas tendem a dominar entre as espécies de FMA.

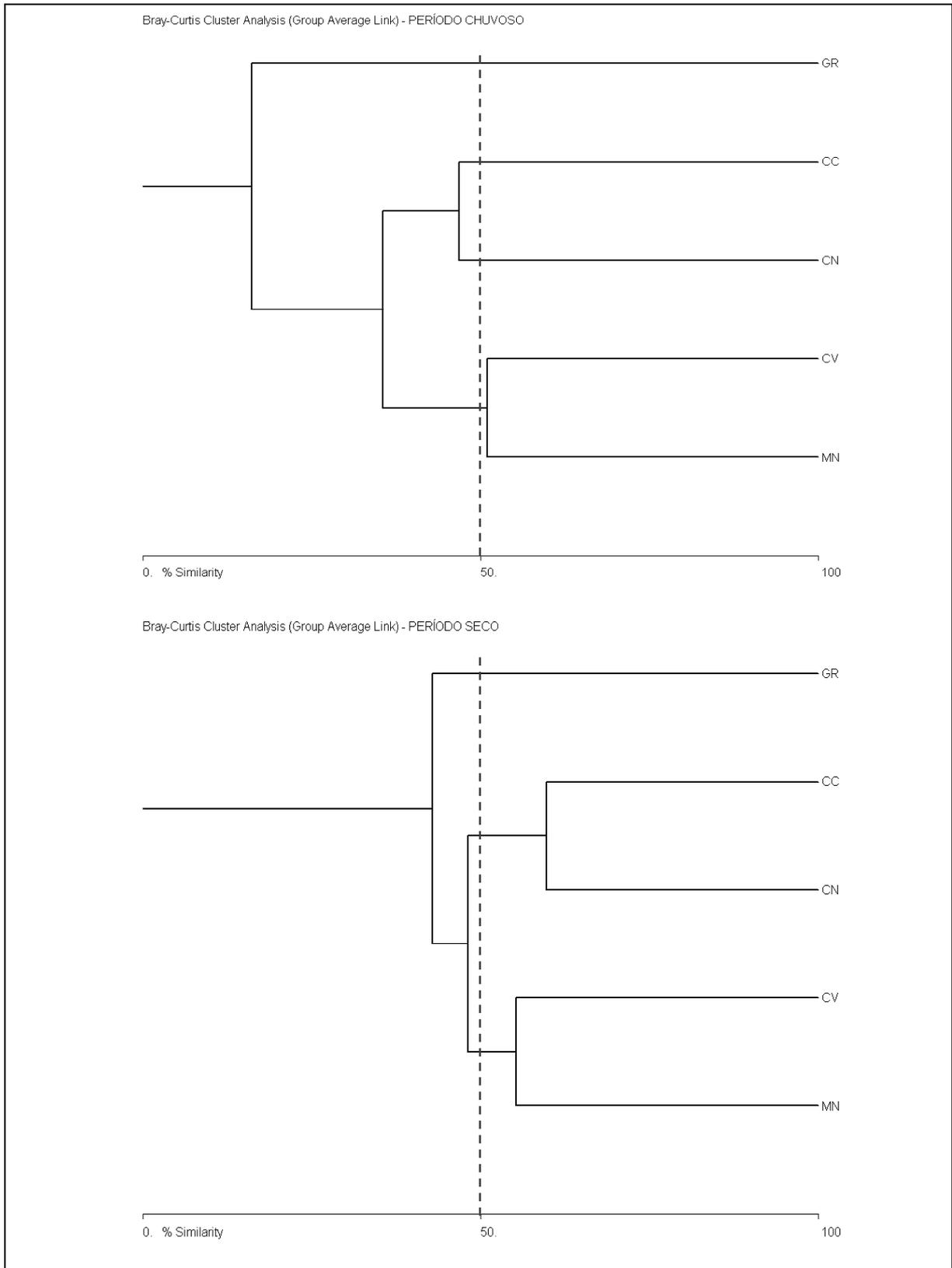


Figura 22. Similaridade entre os cinco diferentes sistemas avaliados nos períodos chuvoso e seco, estimados com base na análise de agrupamento ordenada pelo índice de Bray-Curtis. MN= Mata nativa; CN= Cajueiro novo; CV= Cajueiro velho; CC= Coqueiro; GR= Gravioleira

Já os sistemas com cajueiros novos e coqueiros, não apresentaram as mesmas espécies dominantes, porém demonstraram certa semelhança na ocorrência e abundância de espécies de FMA, ou seja, houve uma maior semelhança nas espécies que ocorreram simultaneamente nos dois sistemas, tanto em riqueza como em abundância comparados as outras áreas.

A área cultivada com gravioleira distanciou-se dos outros sistemas avaliados, pois as espécies dominantes presentes nesta área tiveram presença limitada ou estavam ausentes nas demais. No período chuvoso, houve dominância da espécie *Glomus* sp. 10, que representou mais de 40% da comunidade de FMA neste agroecossistema, e no período seco, a espécie dominante foi *Glomus* sp. 6, sendo que neste período esta espécie ocorreu simultaneamente somente na área de mata, e ainda com valores baixos (AR 4,26%).

4.7 Avaliação da colonização radicular por FMA

A colonização radicular de FMA foi avaliada apenas no período seco, época de maior facilidade para se encontrar raízes finas das fruteiras. No período chuvoso havia a presença de muitas invasoras nas áreas cultivadas, e do mesmo modo na mata havia alta diversidade de espécies vegetais, não permitindo identificar as plantas pelas raízes. Todas as fruteiras demonstraram ser susceptíveis a colonização por FMA (**Figura 23**).

Houve variação da colonização de FMA nas fruteiras (**Tabela 19**). A maior colonização das raízes por esses fungos foi constatada no sistema CV (93,33%), não diferindo de CN (66,66%) nem de GR (60,00%). A menor intensidade de colonização de FMA ocorreu em CC (36,66%), diferindo apenas de cajueiros velhos (CV).

Apesar de apresentar a maior diversidade de esporos de FMA em ambos os períodos, a cultura do coqueiro apresentou a menor intensidade de colonização. Esse resultado demonstra que neste caso, a diversidade de esporos de FMA no solo, não está relacionada com a colonização da planta. Este resultado corrobora com as observações feitas por Caproni *et al.*, (2003), em áreas de mineração e onde se observou que a densidade de propágulos e o número de esporos não se relacionaram com a capacidade infectiva, associando este comportamento às diferentes estratégias que cada espécie de fungo detém frente as características do solo e do hospedeiro.

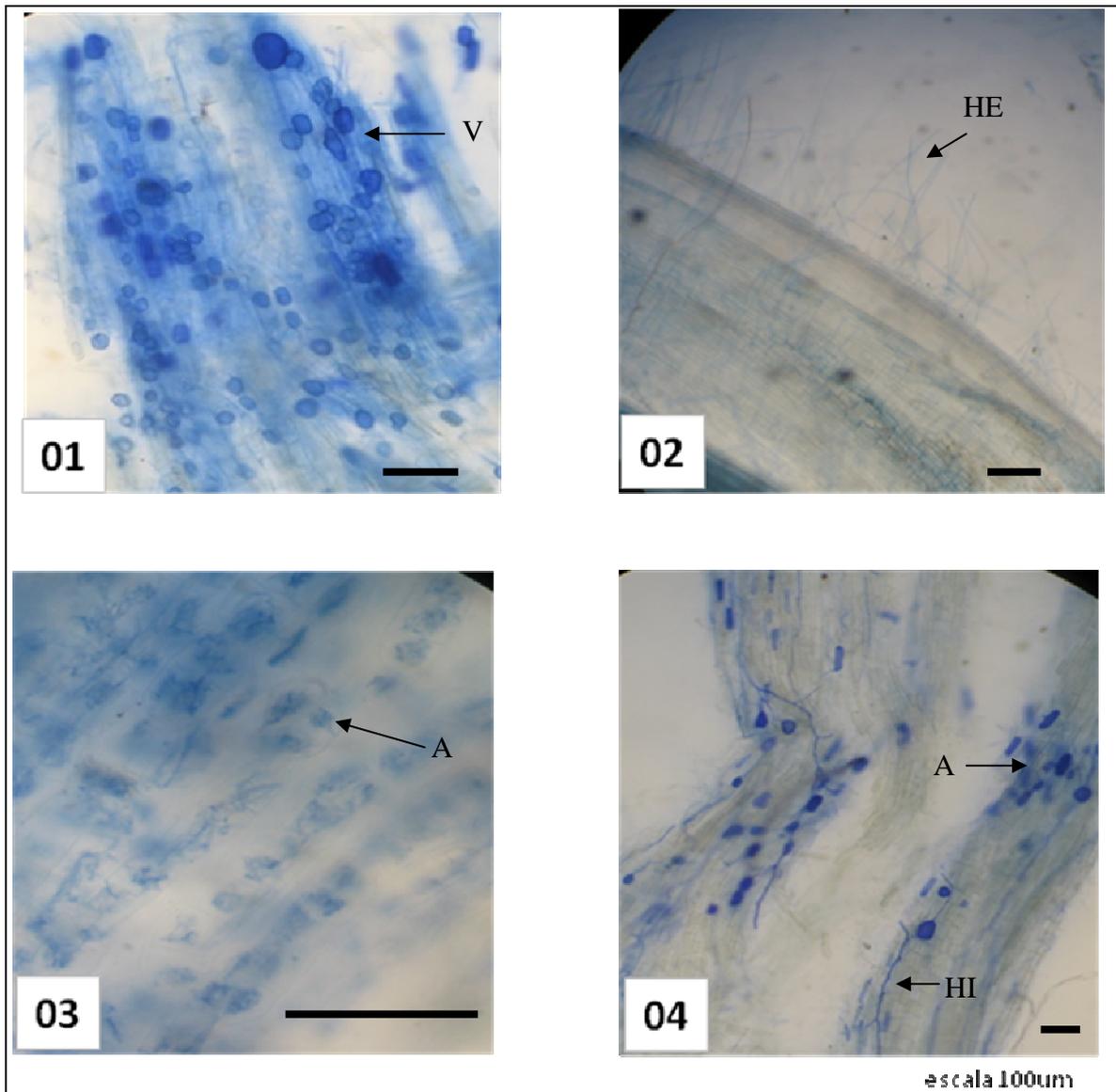


Figura 23. Colonização radicular por FMA nas fruteiras. 01-Cajueiro novo; 02-Cajueiro velho; 03-Gravioleira; 04-Coqueiro. V – Vesícula, A – Arbúsculo, HE – Hifa extradicial, HI – Hifa intercelular.

Muthukumar *et al.* (2009), observaram valores superiores de colonização micorrízica ao obtido neste estudo, estimando que a cultura do coqueiro, apresentou uma colonização radicular média de 50,03 %, com a presença média de arbúsculos e vesículas, da ordem de 9,70% e 8,97 % respectivamente. Destaca-se que são poucos os trabalhos dedicados a avaliar a influência dos FMA na cultura do coqueiro, sendo que a planta já demonstrou ser responsiva aos FMA (Thomas & Ghai, 1987; Thomas *et al.*, 1993).

Ambos os cajueiros (novos e velhos) apresentaram altas taxas de colonização. O cajueiro velho demonstrou ter grande associação com FMA, com taxas de 93,33 % e 37,11 % de colonização e intensidade respectivamente. Também foi detectada elevada presença de vesículas (73,33 %) e hifas externas (55,00%). Esse comportamento pode estar associado ao

tempo de implantação da cultura (15 anos), onde o maior tempo favoreceu o estabelecimento dos FMA.

Tabela 19. Colonização por FMA das raízes de *Anacardium occidentale*, *Cocos nucifera*, e *Annona muricata* na Fazenda Alberto Antônio, Trairí, Ceará, Brasil, no período seco (Outubro/2009).

Espécie vegetal	Sistema	Colonização por MA	NS	A	V	HE	CA	Intensidade
<i>A. occidentale</i>	CN	66,66 ab	+	5	31,66 b	28,33b	-	8,9 ab
<i>A. occidentale</i>	CV	93,33 a	+	-	73,33 a	55a	3,33	37,11 a
<i>C. nucifera</i>	CC	36,66 b	+	-	3,33 c	15b	-	2,46 b
<i>A. muricata</i>	GR	60 ab	+	3,33	16,66bc	31,66b	-	5,85 b

†Médias de três amostras. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. Desenvolvimento relativo das estruturas: + presença, - não detectado, Colonização: MA colonização radical %, NS hifa intercelular não septada, HE: Hifas extraradiciais, A: arbúsculos, V: vesículas, Intensidade: intensidade de colonização por MA %.

A gravioleira, com média de 60,00%, também apresentou valores consideráveis de colonização. Brandão *et al.* (2004), demonstraram colonização variável nas raízes da gravioleira (de 20 a 40%), atribuindo a presença de patógenos, como principal razão pela variação.

Destaca-se que a taxa de colonização de plantas, por FMA varia de acordo com a idade da planta, o clima e o manejo da cultura. Michel-Rosales & Valdes (1996), em um estudo para avaliar a colonização de plantas de lima (*Citrus aurantifolia* Swingle) por FMA, encontraram variações significativas, entre um curto espaço de tempo (duas semanas). Os autores avaliaram a colonização das plantas com duas coletas mensais, em pomares mantidos em regime de monocultura, observando que em janeiro, a colonização média foi de 40%. Já em fevereiro, o mesmo pomar apresentou colonização média de 18%, sendo que fatores como condições ambientais, nível de nutrientes e pH foram fatores que influenciaram esta variação.

5. CONCLUSÕES

1. As atividades agrícolas alteraram a composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera das espécies frutíferas estudadas em relação à mata nativa, porém não necessariamente diminuíram a diversidade.

2. Há evidências de que as fruteiras estudadas, em monocultura, selecionam espécies de fungos micorrízicos arbusculares, uma vez que foram detectadas espécies exclusivas de FMA para cada cultura.

3. As espécies do gênero *Glomus* foram as mais abundantes tanto na mata como nos 4 agroecossistemas estudados.

4. Exceto no sistema cultivado com coqueiros, houve diferença significativa na composição e na diversidade da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares entre o período chuvoso e seco, denotando que o clima semiárido influencia fortemente na dinâmica destes fungos.

5. O agroecossistema cultivado com coqueiro apresentou a maior biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares, tanto no período chuvoso como no período seco. Também foi o único sistema que não apresentou variação na densidade de esporos entre os períodos, sugerindo influência direta da irrigação, onde a manutenção das propriedades hídricas do solo próximo a capacidade de campo, estabiliza a atividade dos fungos, minimizando os efeitos da estiagem característica de ambientes semiáridos.

6. A diversidade de esporos de FMA no solo, não se correlacionou positivamente com a colonização radicular das plantas.

REFERÊNCIAS

- ALGUACIL, M.M.; LUMINI, E.; ROLDÁN, A.; SALINAS-GARCIA, R.; BONFANTE, P.; BIANCIOTTO, V. The impact of tillage practices on arbuscular mycorrhizal fungal diversity in subtropical crops. **Ecological Applications**, v. 18(2), p. 527–536, 2008.
- ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. **Mycological Research**, v.7, p.769–782,1996.
- ALLEN, M.F.; SWENSON, W.; QUEREJETA, J.I.; EGERTON-WARBURTON, L.M.; TRESEDER, K.K. Ecology of mycorrhizae: A conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. **Annual Review of Phytopathology**, v.41, p.271–303, 2003.
- ANANTHAKRISHNAN, R.; RAVIKUMAR, R.; GIRIJA, S.; GANAPATHI, A. Selection of efficient arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of cashew and their application in the cashew nursery. **Scientia Horticulturae**, v.100, p.369–375, 2004.
- AUGÉ, R.M. Water relations, drought, and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, v.11, p.3-42, 2001.
- AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. **Biostat**. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Versão 5.0. Belém. 2007.
- AZCÓN-AGUILAR, C.; PALANZUELA, J.; ROLDÁN, A.; BAUTISTA, S.; BAREA, J.M. Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened Mediterranean shrublands. **Applied Soil Ecology**, v.22, p.29–37, 2003.
- BENEDETTI, T.; ANTONIOLLI, Z.I.; GIRACCA, E.M.N.; STEFFEN, R.B. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após o uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p.44-51, 2005.
- BONFANTE-FASOLO, P.; SPANU, P. Pathogenic and endomycorrhizal associations. In. NORRIS, J.R.; READ, D.J.; VARMA, A.K. **Methods in microbiology: techniques for the study of mycorrhiza**. Academic Press, 450p., 1991.
- BORGES, A.N.; TRINDADE, A.V.; SOUZA, L.S.; SILVA, M.N.B. Cultivo orgânico de fruteiras tropicais – manejo do solo e da cultura. **Embrapa. Circular técnica nº 64**, p. 01 – 12, 2003.

BOYLE, M.; PAUL, E.A. Vesicular-arbuscular mycorrhizal associations with barley on sewage-amended plots. **Soil biology and biochemistry**, v.20, p.945–948. 1988.

BRANDÃO, J.A.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; PEDROSA, E.M.R.; MAIA, L.C. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e *Pratylenchus coffeae* na produção de mudas de gravioleira (*Annona muricata*). **Nematologia Brasileira**, v.28(1), p.27-33, 2004.

BHARADWAJ, D.P.; LUNDQUIST, P.; ALSTROM, S. Impact of plant species grown as monocultures on sporulation and root colonization by native arbuscular mycorrhizal fungi in potato. **Applied Soil Ecology**, v.35, p. 213–225, 2007.

BUNN, R.; LEKBERG, Y.; ZABINSKI, C. Arbuscular mycorrhizal fungi ameliorate temperature stress in thermophilic plants. **Ecology**, v.90(5), p.1378-1388, 2009.

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

CAPRONI, A.L. FRANCO, A.A.; GRANHA, J.R.D.O.; SOUCHIE, E.L. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetado com espécies arbóreas. **Acta Botanica Brasílica**, v.21(1), p.99-106, 2007.

CARAVACA, F.; BAREA, J.M.; PALENZUELA, J.; FIGUEROA, D.; ALGUACIL, M.M.; ROLDÁN, A. Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v.22, p.103-111, 2003.

CAVAGNARO, T.R.; DICKSON, S.; SMITH, F.A. Arbuscular mycorrhizas modify plant responses to soil zinc addition. **Plant Soil**, Springer Science. p. 07, 2009.

CESARO, P.; VAN TUINEM, D.; COPETTA, A.; CHATAGNIER, O. BERTA, G.; GIANINAZZI, S.; LINGUA, G. Preferential colonization of *Solanum tuberosum* L. roots by the fungus *Glomus intraradices* in arable soil of a potato farming area. **Applied and Environmental Microbiology**. v.74, p. 5776–5783, 2008.

CHU, E.Y.; MÖLLER, M.R.F.; CARVALHO, J.G. Efeito da inoculação micorrízica em mudas de gravioleiras em solos fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.671-680, 2001.

CONNEL, J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs – high diversity of trees and corals is maintained only in a non-equilibrium state. **Science**, v.199, p.1302-1310, 1978.

COLWELL, R.K. **EstimateS**: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Persistent URL < purl.oclc.org/estimate>. 2006.

COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, V.M.T.; MANSUR, R.J.; NOGUEIRA, C. Influência de fungos micorrizicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceloreiras (*Malpighia glabra* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36(6), p.893-901, 2001.

DANIELE-SILVA, A.; UHLMANN, A.; VICENTE-SILVA, J.; STUMER, S.L. How mycorrhizal associations and plant density influence intra- and inter-specific competition in two tropical tree species: *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. and *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. **Plant Soil**, 2009.

DANDAN, Z.; ZHIWEI, Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. **Applied Soil Ecology**, v.37, p.118-128, 2007.

DEL VAL, C.; BAREA, J.M.; AZCON-AGUILAR, C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungus populations in heavy-metal contaminated soils. **Applied and Environmental Microbiology**, v.65 n.02, p.718-723, 1999.

DIAZ, C.; AZCON-AGUILAR, C.; HONRUBIA, M. Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Zn and Pb) uptake and growth of *Lygeum spartum* and *Anthyllis cytisoides*. **Plant Soil**, v.180, p.241–249, 1996.

DOUDS, JR., D.D.; SCHENCK, N.C. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regiment. **Applied and Environmental Microbiology**, v.56 (2), p. 413-418, 1990.

DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 77-93, 1999.

EGERTON-WARBURTON, L.M.; QUEREJETA, J.I.; ALLEN, M.F. Common mycorrhizal networks provide a potential pathway for the transfer of hydraulically lifted water between plants. **Journal of Experimental Botany**, v.58(6), p.1473-1483, 2007.

ELSEN, A.; GERVACIO, D.; SWENNEN, R.; DE WAELE, D. AMF-induced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa* sp.: a systemic effect. **Mycorrhiza**, v.18, p.251-256, 2008.

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

GILDON, A.; TINKER, P.B. Interactions of vesicular arbuscular mycorrhizal infection and heavy metals in plants. The effects of heavy metals on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, v.95, p.247-261, 1983.

GRYNDLER, M.; HRSELOVA, H.; CAJTHAML, T.; HAVRANKOVA, M.; REZACOVA, V.; GRYNDLEROVA, H.; LARSEN, J. Influence of soil organic matter decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of asymbiotic hyphal growth and root colonization. **Mycorrhiza**, v.19, p.255-266, 2009.

HAUGEN, L.M.; SMITH, S.E. The effect of high temperature and fallow period on infection of mung bean and cashew roots by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. **Plant and Soil**, v.145, p.71-78, 1992.

HAYMAN, D.S. Occurrence of mycorrhiza in crops affected by soil fertility. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. **Endomycorrhizas**. Academic Press, London. p.409 – 509, 1975.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de solos do Brasil. < Disponível em <http://mapas.ibge.gov.br/website/solos>> acessado em 20/12/2009.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará < Disponível em <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/index.htm> > acesso em 15/02/2010.

INVAM – INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF VESICULAR ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGY. Disponível em: <invam.caf.wvu.edu>. Acesso em: 24/02/2010

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.

KIRIACHEK, S.G.; AZEVEDO, L.C.B.; PERES, L.E.P.; LAMBAIS, M.R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1-16, 2009.

KLAUBERG-FILHO, O.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.; SOARES, C.R.F.S.; SILVA, S. Ecologia, função e potencial de aplicação de fungos micorrízicos arbusculares em condições de excesso de metais pesados. In: **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4, p.85-144, 2005.

LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Germinação de esporos e crescimento do tubo germinativo de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em diferentes concentrações de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.151-154, 1989.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Science, 256p, 2004.

MATOS, R.M.B.; SILVA, E.M.R.; LIMA, E. **Fungos micorrízicos e nutrição de plantas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, Comunicado técnico. 36p., 1999.

MCALEECE, N.; LAMBSHEAD, P.J.D.; PATERSON, G.L.J.; GAGE, J.G. **Biodiversity professional**. Beta-Version. London, The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Sciences.1997.

MCGONIGLE, T.P., MILLER, M.H., EVANS, D.G., FAIRCHILD, G.L., SWAN J.A. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.115, p.495-501, 1990.

MCGONIGLE, T.P.; MILLER, M.H. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. **Journal of Soil Science Society American**. v.57, p.1002-1006, 1993.

MELO, A.S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotrop.**, v.8, n.3, p.21 – 27, 2008.

MICHEL-ROSALES, A.; VALDES, M. Arbuscular mycorrhizal colonization of lime in different agroecosystems of the dry tropics. **Mycorrhiza**, v.6, n.2, p.105-109, 1996.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In M. A. T. Vargas & M. Hungria. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Embrapa-CPAC, p. 67-123, 1997.

MOHAMMAD, M.J.; HAMADW, S.R.; MALKAWIZ, I. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. **Journal of Arid Environments**, v.53, p.409-417, 2003.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo** - 2ªed., Ed. UFLA, 729p, 2006.

MORTON, J.B.; Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature, and identification. **Mycotaxon**, v.32, p.267–324, 1988.

MORTON, J.B. Problems and solutions for the integration of glomalean taxonomy, systematic biology, and study of mycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**. v.2, p. 97-109, 1993.

MORTON, J.B.; BENTIVEGA, S.P.; BEVER, J.D. Discovery, measurement, and interpretation of diversity of arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes). **Canadian Journal of Botany**. v.73, p.25-32, 1995.

MUTHUKUMAR, T.; PRAKASH, S. Arbuscular mycorrhizal morphology in crops and associated weeds in tropical agro-ecosystems. **Mycoscience**, v.50, p.233–239, 2009.

NIELSEN, M. N.; WINDING, A. Microorganisms as Indicators of soil health. National Environmental Research Institute; Denmark. **Technical Report N°388**, 84p, 2002.

NÓBREGA, J.C.A.; LIMA, J.M.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.MOTTA, P.E.F. Fosfato e micorriza na estabilidade de agregados em amostras de latossolos cultivados e não cultivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1425-1435, 2001.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; MADER, P.; BOLLER, T.; WIEMKEM, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, p. 2816–2824, 2003.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; RIS, E.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. **New Phytologist**, v.165, p.273-283, 2005.

PAGANO, M.; GAUVREAU, K. **Princípios de Bioestatística**. São Paulo: Cengage Learning, 506 p. 2008.

PAWLOWSKA, T.E.; CHARVAT, I. Heavy-metal stress and developmental patterns of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, p. 6643–6649, 2004.

PHILIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**. v.55, p158-161, 1970.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O.; SANTOS, J.G.D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.413-424, 2006.

QUEREJETA, J.I.; EGERTON-WARBURTON, L.M.; ALLEN, M.F. Topographic position modulates the mycorrhizal response of oak trees to interannual rainfall variability. **Ecology**, v.90(3), p.649-662, 2009.

REMY, W.; TAYLOR, T. N.; HASS, H.; KERP, H. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.91, p.11841-11843, 1994.

RILLIG, M.C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**. v.84, p355-363, 2004.

RILLIG, M. C.; MAESTRE, F. T.; LAMIT, L. J. Microsite differences in fungal hyphal length, glomalin, and soil aggregate stability in semiarid Mediterranean steppes. **Soil Biology and Biochemistry**. v.35, p.1257–1260, 2003.

RILLIG, M.C.; MUMMEY, D.L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, v.171, p.41–53, 2006.

SANTOS-GONZALES, J.C., FINLAY, R.D., TEHLER, A. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities in roots in a seminatural grassland. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, n. 17, p. 5613–5623 , 2007.

SCHENCK, N.C., PÉREZ, Y. **Manual for identification of mycorrhizal fungi**. 2 ed. Gainesville, IFAS, University of Florida, 241p., 1988.

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

SCHÜßLER, A. Glomeromycota phylogeny. Disponível em :<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo>. Acesso em 23/02/2010.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 371p, 1991.

SILVA, E.M.R.; SUDO, A.; ALMEIDA, D.L.; MATOS, R.M.B.; PEREIRA, M.G.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, C.T.T. Ocorrência e Efetividade de Fungos Micorrízicos em Plantas Cultivadas. **Série Documentos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia CNPAB, 25p, 1998

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 370p. 1999.

SILVA, L.X.; FIGUEIREDO, M.V.B.; SILVA, G.A.; GOTO, B.T.; OLIVEIRA, J.P.; BURITY, H.A. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de plantio de leucena e sábia no estado de Pernambuco. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p. 427-435, 2007.

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

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.BN.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.257-282, 1992.

SILVEIRA, P. D. D. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I. S. D, AZEVEDO, J.A. (eds) **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna : EMBRAPA-CNPMA, p. 61-86, 1998.

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

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas e micorrizologia. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.) **Microrganismos de importância agrícola**. Lavras, p.1-4, 1996.

SMITH S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis** 3rd ed. Academic Press. London. 803 p, 2008.

SOARES KELTING, F. M. Diagnóstico geoambiental da bacia do litoral no Ceará. **Mercator**, v. 6, p. 107-166, 2007.

SOUZA, R. G.; MAIA, L. C.; MARGARETH, F. S. TRUFEM, S. F. B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.1, p.49-60, 2003.

SREENIVASA, M.N.; GAGYARAJ, D.J. Suitable form and level of phosphorous for mass production of the VA mychorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. **Zbl. Microbiology**. v.144, p.34-36, 1989.

St. JOHN, T.V.; COLEMAN, D.C. The role of mycorrhizae in plant ecology. **Canadian Journal of Botany**, v.61, p.1005-1014, 1983

STÜRMER, S.L.; SIQUEIRA, J.O. Diversidade de fungos Micorrízicos em ecossistemas brasileiros. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras, Ed. UFLA, 768 p. 2008.

STUTZ, J.C.; COPERMAN, R.; MARTIN, C.A.; MORTON, J.B. Patterns of species composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in arid regions of southwestern North America and Namibia, Africa. **Canadian Journal of Botany**. v.78, p.237-245, 2000.

TAO,L.; ZHIWEI, Z. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. **Applied Soil Ecology**. v.29, p.135-141, 2005.

TCHABI, A.; COYNE, D.; HOUNTONDI, F.; LAWOUIN, L.; WIEMKEM, A.; OEHL, F. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, v.18, p.181–195, 2008.

THOMAS, G.V.; GHAI, S.K. Genotype dependent variation in vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of coconut seedling. **Proceedings of Indian Academy Science. (Plant Science)**, v.97, p.289-294, 1987.

- THOMAS G.V.; RAJAGOPAL, V.; BOPAIAH, B.M. V A mycorrhizal association in relation to drought tolerance in coconut. **Journal of Plantation Crops**, (Suppl. 1), p.98-103, 1993.
- TISDALL, J. M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, v. 159, n. 1, p. 115-121, 1994.
- TROUVELOT, A.; KOUGH, J. L.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Mesure de taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: **Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae.**, p. 217-221, Eds. V. Gianinazzi-Pearson and Gianinazzi. INRA Press, Paris, 1986.
- TRUFEM, S.F.B.; BONONI, V.L.R. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em áreas de cerrado. **Richia**, v.12, p.165-187, 1985.
- VAN DER HEIDJEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M. MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKMEN, A.; SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v.396, p.69-72, 1998.
- VEGA-FRUITTS, R.; GUEVARA, R. Different arbuscular mycorrhizal interactions in male and female plants of wild *Carica papaya* L. **Plant Soil**. v.322, p.165–176, 2009.
- WEBER, O.B.; SOUZA, C.C.M.; GONDIN, D.M.F.; OLIVEIRA, F.N.S.; CRISÓSTOMO, L.A.; CAPRONI, A.L.; SAGGIN JUNIOR, O. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.5, p.477-483, 2004.
- WEISSEHORN, I.; LEYVAL, C. Differential tolerance to Cd and Zn of arbuscular mycorrhizal fungal spores isolated from heavy metal-polluted and unpolluted soils. **Plant Soil**, v. 167, p.189–196, 1994.
- WILSEY, B.J.; CHALCRAFT, D.R.; BOWLES, C.M.; WILLIG, M.R. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**, v.86(5), p.1178-1184, 2005.
- ZHU, H.H.; YAO, Q.; SUN, X.T.; HU, Y.L. Colonization, ALP activity and plant growth promotion of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi at low pH. **Soil Biology and Biochemistry**. v.39, p. 942–950, 2007.

ZUBEK, S.; TUMAU, K.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; STRASSER, R.J. Response of endangered plant species to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and soil bacteria. **Mycorrhiza**. v. 19, p.113–123, 2009.