



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

Raianne da Cruz Lopes de Araújo

**Manejo com coberturas vegetais em área para cultivo de  
mangueira interfere na comunidade e atividade micorrízica do  
solo?**

Petrolina- PE

2019

**Raianne da Cruz Lopes de Araújo**

**Manejo com coberturas vegetais em área para cultivo de  
mangueira interfere na comunidade e atividade micorrízica do  
solo?**

Dissertação apresentada ao  
Curso de Pós-Graduação em  
Agronomia – Produção Vegetal  
do *Campus* de Ciências Agrárias  
da Universidade Federal do Vale  
do São Francisco, como parte  
dos requisitos para a obtenção do  
título de Mestre em Agronomia –  
Produção Vegetal.

Orientador: Dra. Adriana Mayumi  
Yano-Melo

Coorientador: Dra. Danielle Karla  
Alves da Silva

Petrolina- PE

2019

A658m Araújo, Raianne da Cruz Lopes de  
Manejo com coberturas vegetais em área para cultivo de mangueira interfere na comunidade e atividade micorrízica do solo? / Raianne da Cruz Lopes de Araújo. – Petrolina, 2019.  
96 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina - PE, 2019.

Orientadora: Dra. Adriana Mayumi Yano-Melo.

Referências.

1. Mangueira. 2. Monocultivo. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.34

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Raianne da Cruz Lopes de Araújo

Manejo com coberturas vegetais em área para cultivo de mangueira interfere  
na comunidade e atividade micorrízica do solo?

Dissertação apresentada como  
requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em  
Agronomia – Produção Vegetal,  
pela Universidade Federal do  
Vale do São Francisco.

Aprovada em: 29 de 03 de 2019.

Banca Examinadora

Adriana Mayumi Yano-Melo  
Adriana Mayumi Yano-Melo, D.Sc., Univasf

Danielle Karla Alves da Silva  
Danielle Karla Alves da Silva, D.Sc., UFPB

Maryluce A. da Silva Campos  
Maryluce Albuquerque da Silva Campos, D.Sc., UPE

Bruno Coutinho Moreira  
Bruno Coutinho Moreira, D.Sc., Univasf

*Aos meus pais, minha irmã e sobrinha; a todos que  
de alguma forma contribuíram nessa caminhada*

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e força, por em meio às adversidades mostrar que sempre há um novo dia, por ser bom e por permitir e me conduzir na realização desse trabalho.

À minha família, por aceitar minhas escolhas e mesmo diante da distância mostrar ser fonte de amor e compreensão. Em especial aos meus pais, Maria da Cruz e José Silvano, os mais fortes exemplos de simplicidade e respeito, e minha irmã Raissa Araújo, obrigado pelo amor incondicional de vocês.

Ao meu padrinho Pedro Auri, pela ajuda incondicional e por sempre estar ao meu lado.

À minha querida avó Francisca Lopes, por todas as demonstrações de afeto e confiança, obrigado por contribuir em minha educação.

À minha orientadora, prof. Dra. Adriana Mayumi Yano-Melo pela oportunidade de trabalhar ao lado de uma mulher forte e por me mostrar esse novo mundo, desde o início com incentivos, muito obrigado pela confiança.

À minha co-orientadora, Dra. Danielle Karla Alves da Silva, pela amizade e por todos os ensinamentos, compreensão, disponibilidade e companheirismo.

À Dra. Vilma Santos por sua importante colaboração na realização das análises de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG) desenvolvidas no estudo.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe), pelo apoio financeiro ao projeto e concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), o apoio logístico e disponibilidade deste curso de mestrado.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia - Produção vegetal, pela realização em um excelente curso.

Aos professores do programa de Pós-graduação em Agronomia-Produção vegetal e a todos os meus colegas de curso, foi um prazer conhecer e conviver com todos vocês.

A todos do laboratório de microbiologia da Univasf, Daniela Alves, Edimário Neres, Esther Novick, Mayane Lima, Poliana Martins, Vinícius Barbosa, Wellerson Nascimento, Aline Passos, Lilian Araújo, Luiz Dantas, Karen

Menezes, Maria Eugênia Rodrigues, Roberta de Oliveira, Tamires Sousa, Valdirene Pedone e Vilma Maria Santos, obrigado por toda ajuda, companheirismo, diversão e excelentes momentos compartilhados.

A todos do laboratório de Micorrizas da UFPE, pelo acolhimento e por toda ajuda prestada.

Aos meus professores da graduação do IFMA- Campus Codó, Glayde Veras, Graciliano Paiva e Wady Castro.

Agradeço em especial aos meus novos amigos Vilma Maria Santos, Indra Elena Escobar, Joana Suassuna, Jenilton Gomes e Shayne Moura, que felicidade conhecer vocês. As minhas queridas amigas Francisca Raissa Nogueira, Luciana Sanches e Valéria Melo pelo "*vai dar tudo certo!*".

A todos aqueles que fizeram e fazem parte desse trabalho.

**Muito obrigada!**

## RESUMO

A manga é uma das frutíferas mais produzidas e exportadas pelo Brasil e a região Nordeste apresenta condições edafoclimáticas que possibilitam o desenvolvimento dessa cultura. O advento da irrigação permitiu que a região do Vale do São Francisco (VSF) se tornasse um dos maiores polos de produção desta fruta. Devido à expansão da cultura buscaram-se práticas agrícolas, como o manejo do solo e uso de coberturas vegetais, visando melhorias na qualidade do solo. Neste sentido, diversas combinações de espécies vegetais podem ser testadas trazendo efeitos diferenciados à comunidade microbiana. Dentre os grupos de micro-organismos funcionais, os simbiotes possuem grande destaque, em especial os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que proporcionam diversos benefícios às plantas associadas. O objetivo deste trabalho foi determinar se a atividade e comunidade autóctone de Fungos Micorrízicos Arbusculares podem ser moduladas pelas combinações de espécies vegetais (monocultivo e consórcio) aplicadas à cultura da mangueira na região do VSF. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com oito tratamentos compostos por combinações de espécies de leguminosas e gramíneas: **CV1**= Guandu, **CV2**= Milheto, **CV3**= Guandu/Milheto, **CV4**= Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária, **CV5**= Milheto/Milho/Sorgo + Guandu, **CV6**= Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto, **CN**= Caatinga nativa e **VE**= Vegetação espontânea. As coletas de solos na área experimental foram realizadas após dois meses do corte das coberturas vegetais (**T1**), oito meses após o corte das coberturas vegetais e seis meses de cultivo de mangueira (**T2**) e 14 meses do corte das coberturas vegetais e doze meses de cultivo de mangueira (**T3**). Foram analisados os parâmetros da atividade micorrízica como colonização micorrízica, proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG), número de propágulos infectivos de FMA no solo (NMP) e de glomerosporos. Para análise da estrutura e comunidade de FMA foram mensuradas a abundância relativa, diversidade de Shannon (H'), Riqueza de espécies e o escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Houve efeito de interação entre as coberturas vegetais e os períodos de coleta para a colonização micorrízica, com a maior taxa de colonização observada após 12 meses do cultivo de mangueira em área incorporada com corte de cobertura vegetal de consórcio de espécies Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto (CV6). Constatou-se que o número de glomerosporos foi maior nos tratamentos CV1, CV2, CV3, CV4 e CV5 quando comparado aos demais tratamentos. Houve efeito isolado do tipo de cobertura vegetal e dos períodos de coleta para os teores de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG); e de modo geral, observou-se que a introdução das mudas de mangueira aumentou os teores de PSRG. Quando se considerou os tipos de cobertura, maiores teores foram observados no tratamento com Caatinga nativa e Vegetação espontânea, para ambas as frações analisadas. Foram identificadas 35 espécies de FMA, distribuídas em dez gêneros, com destaque para os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* que apresentaram maior número de espécies. Além das espécies identificadas nas amostras de campo, o uso de culturas armadilha permitiu a recuperação de mais 15 espécies de FMA. A composição da comunidade de FMA diferiu em relação ao período de coleta e não em relação ao tipo de cobertura utilizado, e apesar da análise ter selecionado alguns parâmetros do solo para explicar essa

diferença (p. ex. P, K, Na, C e pH), os valores de correlação foram muito baixos (<20%) não permitindo fazer inferências sobre atributos do solo que influenciaram as comunidades desse local. Esse resultado indica que possivelmente, outros fatores não avaliados possam estar exercendo maior influência nas comunidades de FMA. De modo geral, a utilização de consórcio de leguminosas com gramíneas propicia aumento na diversidade de FMA e favorece a colonização micorrízica, sendo sugerido o pré-cultivo de Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária como opção de cobertura vegetal em áreas de plantio de mangueira. O monocultivo de mangueira ao longo do tempo reduz a diversidade de FMA, indicando que pode haver seleção de espécies desse grupo de fungos, sugerindo-se a adoção de medidas que possam mitigar este efeito.

**Palavras chave:** Glomeromycota, consórcio vegetal, monocultivo, diversidade, *Mangifera indica*.

## ABSTRACT

The mango is one of the most produced and exported fruit by Brazil and the Northeast region presents edaphoclimatic conditions that allow the development of this culture. The advent of irrigation allowed the region of the São Francisco Valley (SFV) to become one of the major poles of production of this fruit. Due to the expansion of the crop, agricultural practices are being sought, such as soil management and the use of vegetation cover, aiming at improvements in soil quality. In this sense, diverse combinations of plant species can be tested bringing different effects to the microbial community. Among the groups of functional microorganisms, the symbionts have great prominence, especially arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which provide several benefits to the associated plants. The objective of this work was to determine if the activity and autochthonous community of Arbuscular Mycorrhizal Fungi can be modulated by the combinations of plant species (monoculture and consortium) applied to the mango culture in the SFV region. The experimental design was a randomized block with eight treatments composed of combinations of legume and grass species: **CV1**= Guandu, **CV2**= Millet, **CV3**= Guandu/ Millet, **CV4**= Millet/Sorghum + Guandu/Crotalaria, **CV5**= Millet/Corn/Sorghum + Guandu, **CV6**= Guandu/Crotalaria/Pork bean + Millet, **CN**= Native Caatinga and **VE**= Spontaneous vegetation. Soil samples were collected in the experimental area after two months of cutting the vegetation cover (**T1**), eight months after the cut of the vegetation cover and six months of mango tree cultivation (**T2**) and 14 months of the cut of the vegetation cover and twelve months of mango tree culture (**T3**). The parameters of mycorrhizal activity such as mycorrhizal colonization, glomalin related soil proteins (PSRG), number of AMF infective propagules in the soil (MPN) and glomerospores were analyzed. For analysis of AMF structure and community, relative abundance, diversity of Shannon (H'), species richness and non-metric multidimensional scaling (NMDS) were measured. There was an interaction effect between the plant cocktails and the collection periods for mycorrhizal colonization, with the highest colonization rate observed after 12 months of mango tree cultivation in an area with a vegetation cover cut of a consortium of pigeon pea/crotalaria/pork bean + millet (CV6). It was verified that the number of glomerospores was higher in the treatment with CV1, CV2, CV3, CV4 and CV5 when compared to other treatments. There was an isolated effect of the type of vegetation cover and the collection periods for the glomalin-related soil protein content (GRSP); and in general, it was observed that the introduction of the mango tree seedlings increased the GRSP contents. When considering the types of cover, higher levels were observed in the treatment with native Caatinga and spontaneous vegetation, for both fractions analyzed. Thirty-five AMF species were identified, distributed in ten genera, with emphasis on the genera *Acaulospora* and *Glomus*, which presented the highest number of species. In addition to the species identified in the field samples, the use of trap cultures allowed the recovery of another 15 AMF species. The composition of the AMF community differed in relation to the sampling period and in relation to the type of plant cover used, and although the analysis selected some soil parameters to explain this difference (e.g. P, K, Na, C and pH), the correlation values were very low (<20%), and it was not possible to make inferences about soil attributes that

influenced the communities at that site. This result indicates that possibly other factors not evaluated may be exerting greater influence in the AMF communities. In general, the use of grass legume consortium provides an increase in AMF diversity and favors mycorrhizal colonization and thus we suggest the pre-cultivation of millet/sorghum + pigeon pea/crotalaria as a vegetation cover option in planting areas of mango tree. The mango monoculture over time reduces the diversity of AMF, indicating that there may be selection of species of this group of fungi, suggesting the adoption of measures that can mitigate this effect.

**Key words:** Glomeromycota, plant consortium, monoculture, diversity, *Mangifera indica*.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa continental da produção mundial de <i>Mangifera indica</i> L. no ano de 2016, expressa em toneladas.....	18
<b>Figura 2.</b> Estruturas dos fungos micorrízicos arbusculares (hifas, vesículas e arbúsculo) em raízes colonizadas de milho ( <i>Zea mays</i> ) (40x).....	21
<b>Figura 3.</b> Dados meteorológicos (temperatura máxima, mínima e precipitação), durante os anos 2016-2017, destacando-se os meses das coletas de solo.....	35
<b>Figura 4.</b> Número mais provável de propágulos infectivos de FMA do solo em área submetida a coberturas vegetais, e após 6 e 12 meses do plantio de mangueira.....	44
<b>Figura 5.</b> Número de Glomerosporos em área submetida a coquetéis vegetais e após 6 e 12 meses de transplante de mudas de mangueira.....	45
<b>Figura 6.</b> Teores de Proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) em solos sob coberturas vegetais e mangueira ao longo do tempo. <b>A-</b> Fração Total ao longo dos tempos de amostragem, <b>B-</b> Fração Total nos tratamentos com coberturas vegetais, <b>C-</b> Fração facilmente extraível ao longo dos tempos de amostragem e <b>D-</b> Fração facilmente extraível nos tratamentos com coberturas vegetais.....	46
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Venn da riqueza de espécies de FMA em solo, com cultivo de mangueira e diferentes coberturas vegetais, encontrada a partir da extração direta de solo do campo e de culturas armadilha.....	54
<b>Figura 8.</b> Análise de escalonamento não-métrico (NMDS) das comunidades de FMA correlacionados com os atributos do solo (Envfit) em área de pomar de mangueira sob influência de diferentes coberturas vegetais.....	58

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos do solo antes da implantação do pomar de mangueira submetido a coberturas vegetais.....	36
<b>Tabela 2.</b> Distribuição dos monocultivos e consórcios de espécies de coberturas vegetais utilizadas no experimento.....	37
<b>Tabela 3.</b> Colonização micorrízica nas raízes de plantas submetidas a diferentes coberturas vegetais, e após 6 e 12 meses de transplante de mudas de mangueira.....	43
<b>Tabela 4.</b> Abundância relativa (AR) das espécies de FMA encontradas nos períodos de coletas e tratamentos de cobertura vegetal submetidos ao cultivo da mangueira.....	48
<b>Tabela 5.</b> Abundância relativa (%) das espécies de FMA encontradas em culturas armadilhas de solos provindos de coberturas vegetais e cultivo de mangueira.....	52
<b>Tabela 6.</b> Índices de diversidade ( $H'$ ), equitabilidade ( $J'$ ) e riqueza ( $S$ ) de fungos micorrízicos arbusculares das amostras de campo em áreas de mangueira pré-cultivadas com coberturas vegetais ao longo do tempo.....	55
<b>Tabela 7.</b> Espécies indicadoras de FMA em área de cultivo de mangueira pré-cultivada com coberturas vegetais.....	57
<b>Tabela 8.</b> Análise de permutação multivariada (PERMANOVA) em relação aos períodos de coleta, em cultivo de mangueira sob diferentes tratamentos de coberturas vegetais.....	58

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Cultura da Mangueira .....	17
2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	20
2.2.1 Caracterização geral .....	20
2.2.2 Fatores que afetam a ocorrência e composição da comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares .....	24
2.3 Manejo do solo .....	27
2.3.1 Coberturas vegetais .....	30
2.3.2 Efeitos do uso de coberturas vegetais sobre os Fungos Micorrízicos Arbusculares .....	32
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1 Descrição da área de estudo .....	34
3.2 Amostragem .....	37
<b>3.3 Parâmetros micorrízicos analisados.....</b>	<b>38</b>
3.3.1 Colonização micorrízica .....	38
3.3.2 Número mais provável de propágulos.....	38
3.3.3 Extração de proteínas de solo relacionadas à glomalina (PSRG)....	38
3.3.4 Extração de glomerosporos e identificação das espécies de FMA ..	39
3.3.5 Culturas armadilhas .....	39
3.3.6 Índices ecológicos.....	40
3.4 Análises estatísticas .....	40
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
4.1 Efeito das coberturas vegetais em pomar de mangueira sobre os parâmetros micorrízicos.....	42
4.2 Índices de diversidade dos FMA em pomar de mangueira submetidos a coberturas vegetais .....	47
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>6. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>69</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>96</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é o principal bioma existente na região Nordeste, exclusivamente brasileiro, ocupando aproximadamente 844.453 km<sup>2</sup> (IBGE, 2014). Apresenta clima semiárido e vegetação arbórea arbustiva, quase sempre decíduas e xerófilas, com elevado grau de endemismo, e é considerado importante centro de biodiversidade (RODAL; NASCIMENTO, 2002; PRADO, 2003; SANTOS et al., 2015).

Inserido na região semiárida do Nordeste, o Submédio Vale do São Francisco é caracterizado pela presença do Bioma Caatinga, considerado de grande fragilidade, principalmente, pela ação antrópica (PEREIRA-FILHO et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016). Nesta região a mudança de Caatinga nativa para cultivos de mangueira, juntamente com outras culturas, foi impulsionado pelo manejo da irrigação, que proporciona um controle maior da produção para o período mais conveniente ao mercado nacional e internacional.

O cultivo intensivo do solo pode resultar em alterações e mudanças das características e qualidade do solo, as quais se relacionam diretamente com a biota edáfica e suas atividades, afetando sua sustentabilidade (CUNHA et al., 2016; SMITH et al., 2014). O manejo aplicado às culturas pode afetar a comunidade microbiana do solo, e dentre esses micro-organismos encontram-se os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), classificados no filo Glomeromycota (TEDERSOO et al., 2018). Esses fungos caracterizam-se por formar simbiose mutualista com as plantas, sendo o efeito benéfico decorrente desta associação bem documentado e atribuído, principalmente, à melhoria da absorção de fósforo do solo (SMITH; READ, 2008).

Práticas como a utilização de adubação verde e coberturas vegetais podem contribuir para o aumento da diversidade de FMA. Neste sentido, a escolha das espécies vegetais a serem utilizadas é importante, pois estas podem promover alterações quantitativas e qualitativas na comunidade de FMA autóctones (BENEDETTI et al., 2005; ROCHA et al., 2017).

A larga utilização de espécies de plantas leguminosas decorre, principalmente, dos benefícios proporcionados ao balanço de nitrogênio no solo,

devido à interação com bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), e consequente incremento do C no solo (BAYER et al., 2011; CASTRO NETO et al., 2017).

Espécies de leguminosas, como Crotalária (*Crotalaria juncea* L.), Guandu (*Cajanus cajan* L.) e Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* [L.] DC.), e gramíneas, como milheto (*Penisetum americanum* L. = *Cenchrus americanus* [L.] Morrone.), Sorgo (*Sorghum vulgare* = *Sorghum bicolor* [L.] Moench.) e milho (*Zea mays* L.), são muito utilizadas com a finalidade de manutenção e aumento de matéria orgânica do solo, com consequente sequestro do C na região semiárida do Brasil (MENDES et al., 2011; GIONGO et al., 2011; CUNHA et al., 2016).

Considerando que a ocorrência e a atividade dos FMA podem ser afetadas pelas plantas utilizadas como cobertura vegetal, selecionar as combinações mais favoráveis de espécies vegetais para melhoria da diversidade de FMA nas áreas de cultivo de mangueira poderá trazer melhoria na qualidade edáfica e processos mediados por estes fungos.

Nossa hipótese é que as combinações de espécies vegetais (gramíneas e leguminosas) em consórcio aumentam a atividade dos FMA em comparação aos monocultivos da gramínea e/ou leguminosa. Neste sentido, os objetivos do presente estudo foram: a) Determinar se a comunidade e a atividade de fungos micorrízicos arbusculares autóctones podem ser moduladas pelas combinações de espécies de vegetais; b) Selecionar coberturas vegetais promissoras para melhoria da atividade micorrízica em área de mangueira; c) Quantificar a atividade micorrízica (colonização micorrízica, número de glomerosporos e proteínas do solo relacionadas à glomalina) em cultivo de mangueira após manejo com diferentes coberturas vegetais; d) Verificar o efeito do manejo sobre a estrutura e composição da comunidade de FMA. Adicionalmente, estudos desse tipo podem contribuir para ampliar o conhecimento sobre possíveis novos táxons de Glomeromycota para Ciência que ocorrem em áreas naturais e manejadas no semiárido que ainda são pouco estudadas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Cultura da Mangueira

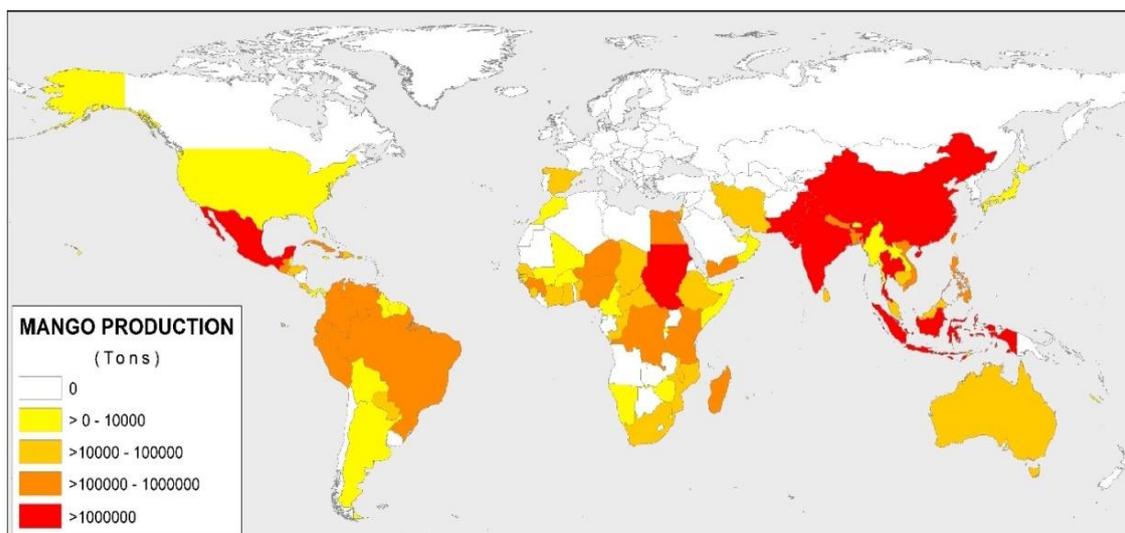
A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical amplamente cultivada no mundo e nas mais diversas condições climáticas. Considerada “Rei dos frutos” seu consumo vem aumentando nas últimas décadas e entre os fatores responsáveis para o crescente aumento da produção e comercialização podemos citar a disponibilidade de frutos durante todo o ano, diminuição das barreiras para a exportação em mercados internacionais e o melhoramento genético das cultivares com maior resistência ao transporte (TORRES-LÉON et al., 2016; PARAB et al., 2018).

Pertencente à Família Anacardiaceae, a mangueira é do gênero *Mangifera*, constituído por cerca de 60 espécies, das quais a *M. indica* possui maior importância econômica (SANTOS-SEREJO, 2005; DONADIO; FERREIRA, 2002; OLDONI et al., 2018). As cultivares de mangueira diferenciam-se em relação a altura das árvores, variando de 10 a 15 m de altura, densidade da folhagem, com ramos espessos e tronco forte, morfologia das folhas - linear-oblonga a lanceolada-elíptica, lâminas de folhas com cerca de 25 cm de comprimento e 8 cm de largura. Seus frutos possuem semente única, ovóide ou quadrilateral, envolvida em endocarpo fibroso firme e com cores variáveis após o amadurecimento (SHAH et al., 2010). Seus frutos possuem características morfológicas diferentes a depender da variedade cultivada, tais como: tamanho, forma, coloração, presença de fibras, aroma e sabor (SILVA, 1996; SILVA et al., 2015), os quais são fatores importantes para a comercialização.

A mangueira é uma espécie vegetal rústica, eficiente na absorção de nutrientes, se desenvolvendo bem em solos de baixa fertilidade e durante períodos secos (LAWSON et al., 2019). Devido a essa alta adaptação pode ser implantada em diferentes tipos de solo, porém quando se destina à produção comercial recomenda-se a escolha de solos areno-argilosos, soltos, profundos e que apresentem fertilidade, de acordo com as exigências da cultura (MATOS, 2000).

Por apresentar alta capacidade adaptativa, a mangueira pode ser cultivada sob condições tropicais e subtropicais, estando presente em todos os continentes habitados (Figura 1), com grande percentual de produção na Ásia (75,4%), nas Américas (13,3%), África (11,2%) e Oceania (0,1%). Dentre os maiores produtores, a Índia lidera a produção com 13,4 milhões de toneladas, seguidas da China com 3,6 milhões de toneladas e Tailândia com 2,2 milhões de toneladas por ano, sendo o Brasil o sétimo no ranking de produção (FAO, 2016).

No Brasil, a produção de manga apresenta-se como atividade de elevada importância, registrando-se em 2017 a produção de cerca de 1.087.081 milhões de toneladas em uma área de 63.900 hectares (IBGE, 2018), ocupando o segundo lugar na exportação entre as frutas produzidas no país (FAO, 2016; FAO, 2017).



**Figura 1.** Mapa continental da produção mundial de *Mangifera indica* L. no ano de 2016, expressa em toneladas.

Fonte: FAO, 2016.

Dentre as variedades mais cultivadas no Brasil encontram-se a Espada, Rosa, Haden, Keitt, Kent, Tommy Atkins, Palmer, Van Dyke e Ubá (FARAONI et al., 2009), majoritariamente produzida nas regiões Sudeste e Nordeste, que juntas somam 98,8% da produção nacional (FÁVERO, 2008; IBGE, 2017). O Nordeste se destaca nesse segmento, com a região do Vale do São Francisco apresentando altas taxas de produção e comercialização de frutas no mercado

interno e externo, sendo responsável por mais de 85% das exportações brasileiras (ALICEWEB, 2017; FAO, 2017).

Em 2017, a área plantada aumentou 5,5%, com aproximadamente 27.000 ha de áreas destinadas à colheita da manga e com possibilidade de nova expansão ter ocorrido em 2018, em virtude dos resultados obtidos com a atividade, com destaque para a exportação (CEPEA, 2017).

No submédio Vale do São Francisco, a cultura da mangueira é estabelecida principalmente nas áreas irrigadas, abrangendo os estados de Bahia e Pernambuco, e polo de produção nas cidades de Juazeiro-BA/Petrolina-PE, sendo essa atividade fonte de geração de emprego e renda para a região (SILVA et al., 2011; RIBEIRO; BAIARDI, 2016).

As características do bioma Caatinga como a baixa precipitação, altas temperaturas e insolação intensa, são bem administradas nos cultivos da mangueira no Vale do São Francisco, com manejos de irrigação e floração, permitindo que se obtenha mais de um ciclo de produção e colheitas durante todo o ano (LEITE; ALVES, 2010). Aliado a isso, são utilizados outros manejos como podas específicas, aplicação de reguladores de crescimento sintéticos (paclobutrazol) e estresse hídrico, fatores estes responsáveis pelo processo de maturação de ramos e indução floral (COSTA et al., 2008; BASSOI, 2012; OLIVEIRA et al., 2017; GALÁN SAUCO, 2017). Essas práticas resultam em produção de frutas de excelente qualidade e com grande aceitação nos mercados nacional e internacional com os mais altos padrões de qualidade e variedade em relação às características físico-químicas (SEAGRI, 2004; SILVA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015; SOUZA et al., 2016).

A conversão das florestas nativas em áreas cultivadas pode ocasionar no solo mudanças nos teores de matéria orgânica (CUNHA et al., 2016). Essas mudanças acarretam em alterações dos padrões de ciclagem de nutrientes, da produção de biomassa, no carbono orgânico do solo, decomposição e absorção de nutrientes e na sustentabilidade local (SMITH et al., 2014; SANTOS et al., 2019). Consciente da importância do solo para a qualidade ambiental e dos agrossistemas, é importante buscar práticas de manejos do solo mais sustentáveis como o uso de coberturas vegetais, e buscar entender os efeitos dessas práticas sobre as comunidades microbianas do solo, especialmente, a

comunidade dos FMA, considerado um importante componente do sistema solo-planta (GOMIDE et al., 2009; MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2018).

## **2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares**

### **2.2.1 Caracterização geral**

Os fungos compreendem um grupo de micro-organismos eucarióticos com grande diversidade e que desempenham papéis fundamentais em solos naturais e agrícolas. Esses organismos participam dos processos de decomposição, além de atuarem como simbioses e patógenos (PHILIPPOT et al., 2013; PAUL, 2015).

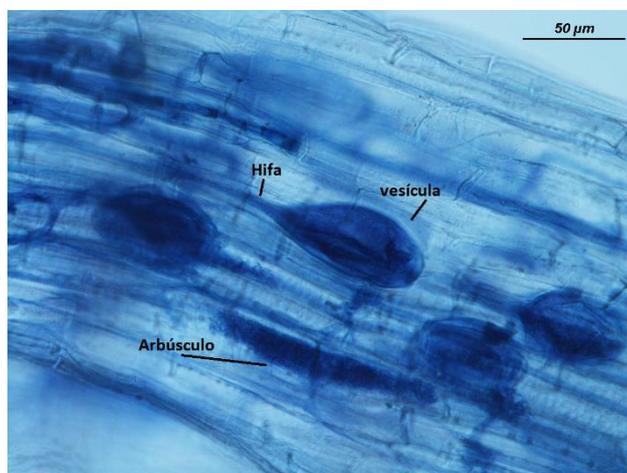
A simbiose micorrízica é uma interação ecológica amplamente difundida nos ecossistemas terrestres, formada pela associação simbiótica mutualista entre fungo e planta; nessa associação, a planta fornece a produtos oriundos da fotossíntese, e em troca recebem nutrientes e água (WALDER et al., 2012). Essa associação pode ser dividida em sete tipos (arbuscular, ectomicorriza, ectendomicorriza, arbutóide, monotropóide, ericóide e orquidóide), com maior destaque para a endomicorriza arbuscular, que é formada pela associação entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e a maioria das espécies vegetais, incluindo as de interesse econômico.

Os FMA são organismos ancestrais e os registros fósseis desses fungos e da simbiose micorrízica arbuscular no ambiente terrestre datam do período Ordoviciano, há cerca de 400 milhões de anos (REDECKER et al., 2000; SIQUEIRA et al., 2010), sendo provável que esses micro-organismos tenham sido responsáveis pela transição das plantas do ambiente aquático para o terrestre (SMITH; READ, 2008; VAN DER HEIJDEN et al., 2015).

Os FMA são classificados no filo Glomeromycota (TEDERSOO et al., 2018), e divididos em três classes (Glomeromycetes, Archaeosporomycetes e Paraglomeromycetes), cinco ordens (Diversisporales, Gigasporales, Glomerales, Archaeosporales e Paraglomerales), 16 famílias, 45 gêneros e cerca de 320 espécies descritas (OEHL et al., 2011; GOTO et al., 2012; BLASZKOWSKI; CHWAT, 2013; MARINHO et al., 2014; OEHL et al., 2014; ÖPIK; DAVISON, 2016; BLASZKOWSKI et al., 2017; BŁASZKOWSKI et al., 2018a; BŁASZKOWSKI et al., 2018b; SYMANCZIK et al., 2018; JOBIM et al., 2019; <http://www.mycobank.org>).

De ocorrência generalizada, são encontrados naturalmente no solo com produção de esporos de origem assexuada denominados de glomerosporos (GOTO; MAIA, 2006), estruturas de reprodução e resistência que carregam toda a informação genética, caracterizados por serem multinucleados e com grande variação no número de núcleos entre os esporos (MARLEAU et al., 2011). Além de glomerosporos, os FMA também possuem outras formas de propágulos infectivos no solo, e.g. hifas e fragmentos de raízes colonizadas (VÁLYI et al., 2016; VELÁZQUEZ et al., 2018).

Essa associação é caracterizada pela produção de arbúsculos no interior da célula vegetal (SMITH; READ, 2008), além de outras estruturas como hifas intra e extrarradiculares, vesículas ou células auxiliares (apenas em Gigasporales) (Figura 2). O processo de germinação dos esporos pode iniciar sem a formação da simbiose, mas por serem biotróficos obrigatórios, necessitam de uma planta viva para completar seu ciclo de vida (SIQUEIRA et al., 2012; MUELLER; BOHANNAN, 2015).



**Figura 2.** Estruturas dos fungos micorrízicos arbusculares (hifas, vesículas e arbúsculo) em raízes colonizadas de milho (*Zea mays*) (40x).  
FONTE: Daniele M.A. Assis

A sinalização entre fungo e hospedeiro ocorre com a liberação de exsudatos pelas raízes, formado por compostos que induzem e estimulam o crescimento das hifas dos FMA, como alguns compostos secundários e estrigolactonas (LAMBAIS; RAMOS, 2010; KRETZSCHMAR et al., 2012; MARTIN et al., 2016). O início da simbiose é marcado morfologicamente pela formação do apressório, sendo o primeiro contato físico entre fungo e planta,

marcando o local de entrada do FMA na planta hospedeira (GIANINAZZI-PEARSON, 1996; NUNES, 2018). O mecanismo exato de ativação das atividades funcionais dos FMA ainda não foi totalmente esclarecido, porém sabe-se que fatores climáticos e ambientais exercem forte relação com a atividade desse micro-organismo no solo (CAMPOS et al., 2015).

Após a sinalização e contato, as hifas produzem apressórios que penetram as raízes, formando hifas inter e intracelulares; esse processo antecede à formação de arbúsculos dentro da célula vegetal, de forma a efetivar a simbiose. Segundo MacLean et al. (2017), o arbúsculo é o local de maior troca bidirecional entre os simbioses e o estabelecimento da interação está associado a uma série de mudanças fundamentais das células do hospedeiros, com a ativação de centenas de genes (MtPt4-transportador de fosfato; MtCbf1 e MtCbf2), alterações metabólicas e fisiológicas para acomodação do FMA, com ativação do metabolismo oxidativo (HOGEKAMP; KÜSTER, 2013; CALABRESE et al., 2017).

Dentre os benefícios propiciados pelos FMA, a melhoria da nutrição mineral dos vegetais é uma das principais, com destaque para os nutrientes como fósforo, zinco e cobre, proporcionada pelo aumento na área de exploração do solo pelas raízes (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2007; SMITH; READ, 2008; GIOVANNETTI et al., 2017). Além dos benefícios nutricionais, os FMA possibilitam maior tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (GIANINAZZI et al., 2010), tais como estresse hídrico (SMITH et al., 2010; ZHANG et al., 2018), toxidez de solos por metais pesados (FERROL et al., 2016; WANG et al., 2017a; AMIR et al., 2019), tolerância a patógenos do solo (FIORILLI et al., 2018) e a salinidade (YANO-MELO; SAGGIN; MAIA, 2003; LÚCIO et al., 2013; HASHEM et al., 2014; AMANIFAR et al., 2019).

Outro benefício proporcionado pelos FMA é a estruturação do solo, uma vez que esses fungos contribuem na formação e na estabilidade dos agregados do solo, devido à ação mecânica das hifas, e também pela produção de uma glicoproteína – Proteínas do solo relacionadas à Glomalina (PSRG), que contém aproximadamente 60% de carboidratos, ferro e nitrogênio ligados a açúcares/oligossacarídeos (RILLIG, 2004; PURIN; KLAUBERG FILHO, 2010; LEIFHEIT et al., 2014, 2015; RILLING et al., 2015), constituintes importantes na estabilidade do solo.

Devido às suas características, as PSRG têm sido consideradas indicadores para monitoramento da qualidade do solo, sendo mais abundantes na profundidade de 0 – 20 cm de solo, onde são reguladas pela quantidade de nutrientes, pH e Carbono Orgânico (WANG et al., 2017b).

Amplamente distribuídos, os FMA ocorrem na maioria dos ecossistemas e agrossistemas, nas mais variadas condições, promovendo inúmeros efeitos em comunidades de plantas, com forte relação na manutenção da vegetação (CASTILLO et al., 2018), por atuarem diretamente no aumento da absorção de nutrientes, principalmente fósforo (KARANDASHOV; BUCHER, 2005; SMITH et al., 2011; VOLPE et al., 2016; POWELL; RILLING, 2018).

Em ambientes florestais, as comunidades de FMA podem influenciar o estabelecimento das plantas e a composição da comunidade vegetal (VOGELSANG et al., 2006; KLIRONOMOS et al., 2011; HORN et al., 2017; KOZIOL; BEVER, 2018). Por não possuírem especificidade de hospedeiros, associam-se a grande número de plantas, de hábitos variados e em diferentes estágios fenológicos (van der HEIJDEN; HORTON, 2009; VAN GEEL et al., 2018).

A rede de hifas no solo - micélio extrarradicular, é importante no estabelecimento inicial das plantas e nas interações entre os vegetais, podendo estar conectada e colonizando uma única ou diferentes espécies de plantas ao mesmo tempo (BLASZKOWSKI, 1994; SELOSSE et al., 2006). Desta forma, atuam na prevenção da lixiviação e ciclagem dos nutrientes (BENDER; CONEN; van der HEIJEN, 2015), na dispersão de outros organismos como fungos e bactérias (HIJRI et al., 2002; TURRINI et al., 2018; AGNOLUCCI et al., 2019), e na estabilidade dos agregados do solo (FOKOM et al., 2012; VASCONCELLOS et al., 2016).

Os FMA exercem grande importância ecológica, sendo muito utilizados como indicadores de qualidade do solo, por serem influenciados por fatores ambientais, espécies vegetais e pelo manejo utilizado na área (BRUNDRETT, 1991; LÓPEZ-MERINO et al., 2016; WILLIAMS et al., 2017). Esses fungos participam ainda de processos de recuperação de áreas degradadas, por possuírem relação com os ciclos de P, N e C, sob a influência da matéria orgânica local (VERESOGLOU; CHEN; RILLIG, 2012; ALEKLETT; WALLANDER, 2012).

A composição e abundância da comunidade vegetal afeta a composição e diversidade das comunidades de FMA (MARTINEZ-GARCÍA et al., 2015; DAVISON et al., 2016). Dessa forma, mudanças em um organismo afetará o outro, neste sentido, Neuenkamp et al. (2018) observaram que mudanças na comunidade vegetal trazem modificação na comunidade microbiana, onde a riqueza de espécies das comunidades de plantas e FMA diminui significativamente durante a sucessão de uma pastagem aberta para uma floresta de pinheiro jovem.

Dentre as técnicas utilizadas para indicar a presença e a atividade dos FMA estão: número de glomerosporos (quantificação), colonização micorrízica das raízes, número mais provável de propágulos infectivos do solo e quantificação de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG). A identificação dos táxons de FMA é realizada por morfologia e biometria dos glomerosporos, permitindo aumentar o conhecimento sobre a diversidade de espécies, buscando entender seu papel no ambiente (SIEVERDING et al., 2015; BLASZKOWSKI et al., 2015, 2018). O avanço das análises moleculares, com o isolamento de regiões do rDNA nuclear (SILVA et al., 2006; KRÜGER et al., 2009), tem possibilitado o estudo de novos táxons e proposição de modificações nas classificações deste grupo de fungos.

Por outro lado, existem diversas limitações nos estudos desses micro-organismos, devido ao biotrofismo obrigatório (BONFANTE; GENRE, 2010) e pela diversidade de espécies, evidenciada por sequências de DNA ambientais de diversas regiões, as quais mostram a presença de novos dados que não correspondem com as espécies descritas até o momento (ÖPIK et al., 2010, 2014), mostrando a necessidade de mais estudos.

### 2.2.2 Fatores que afetam a ocorrência e composição da comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares

A diversidade dos FMA pode ser afetada pela comunidade vegetal e por fatores bióticos e abióticos (SIQUEIRA; KLAUBERG FILHO, 2000; CHAUDHARY et al., 2008; PEREIRA et al., 2018), que interferem na colonização radicular e na densidade dos esporos no solo (ABDELHALIM et al.,

2014). Uma vez que a vegetação disponível está diretamente relacionada à atividade dos FMA, devido à variação na susceptibilidade das plantas à colonização micorrízica, ocorrem modificações nas comunidades e até seleções de determinadas espécies de FMA no ambiente (WERNER; KIERS, 2015).

Como resultado da forte relação entre fungo-planta, estresses bióticos, causados por patógenos e pragas de plantas, dependendo do grau de severidade, podem acarretar em redução da área foliar, comprometendo a taxa fotossintética (CHENG et al., 2016), gerando limitações nas trocas de nutrientes entre os simbiontes e diminuição da produção de hifas extrarradiculares dos FMA (UNGER et al., 2017), indicando que a simbiose e a colonização micorrízica são mais eficientes quando as taxas de fotossíntese alcançam seu nível ótimo (FUZY et al., 2014).

As diferentes estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) influenciam a fenologia, o desenvolvimento da planta e o armazenamento de fotossintatos (TAIZ et al., 2017), conseqüentemente variações na riqueza, diversidade de espécies e colonização micorrízica podem ser encontradas (BENCHERIF et al., 2016), indicando a importância da espécie vegetal e da sazonalidade para algumas espécies de FMA (MORTON et al., 2004; HU et al., 2018).

Ressalta-se que a fertilidade do solo é um dos fatores mais importantes que afetam a micorrização. A disponibilidade de altos teores de fósforo pode ocasionar diminuição da atividade micorrízica no solo, como colonização e produção de propágulos e, em alguns casos, inibindo a simbiose entre fungo-planta (KONVALINKOVÁ; JANSA, 2016; ORTAS; BYKOVA, 2018). De Beenhouwer et al. (2015) observaram mudanças na diversidade dos FMA em plantas de *Coffea arabica* L. com o aumento nos teores de P utilizados no solo, sugerindo que a diminuição na oferta de carboidratos disponibilizados aos FMA provocaria competição entre as espécies de fungos resultando em modificações em sua comunidade (LIU et al., 2012).

A resposta dos FMA aos teores de nutrientes do solo pode variar em relação às fontes e quantidades disponibilizadas. Bassin et al. (2017) em estudo sobre o efeito do Ozônio (O<sub>3</sub>) e o Nitrogênio (N) sobre uma pastagem nativa da Europa, observaram que em elevados níveis de O<sub>3</sub>, ocorria redução nas taxas de colonização micorrízica, possivelmente por redução do Carbono (C)

presentes nas plantas, enquanto que a disponibilidade de N estimulava a colonização micorrízica, com equilíbrio nos níveis de C para os simbioss. Altos teores de N total no solo afetam positivamente a abundância relativa de algumas espécies de FMA, *i.e.* *Glomus* e *Rhizoglomus*, mas podem ter efeito contrário para espécies dos gêneros *Diversispora* e *Gigaspora* (WANG et al., 2018).

Os propágulos de FMA sofrem grande influência dos processos de degradação do solo e da vegetação (CHANGON; BRADLEY; KLYRONOMOS, 2015), que podem ser de natureza biótica (ABDEL-FATTAH et al., 2010) e abiótica (CASAZZA et al., 2017), e estudos de como as comunidades reagem a esses fatores em escala global e regional podem possibilitar indicações sustentáveis para o ambiente.

Distúrbios do solo, adubações químicas e limitação da disponibilidade de plantas (monoculturas) podem afetar a diversidade de FMA nos agrossistemas (DRUILLE et al., 2013; SÄLE et al., 2015; WILLIAMS et al., 2017). A intensidade com que os manejos são empregados no solo podem ocasionar mudanças mais drásticas na comunidade dos FMA, reportando-se que espécies do gênero *Scutellospora* seriam mais sensíveis ao maior aporte de insumos em comparação a *Ambispora* e *Glomus* (CARBALLAR-HERNÁNDEZ et al., 2017).

Muitos trabalhos relatam o efeito do uso de coberturas vegetais sobre a diversidade e a comunidade dos FMA (PÉREZ-LUNA et al., 2012; MEYER; WOOLDRIDGE; DAMES, 2015; HIMMELSTEIN et al., 2016; HIGO et al., 2018; CHAUDHARY et al., 2018; OEHL; KOCH, 2018; HONTORIA et al., 2019). No entanto, estudos comparativos da utilização de sistemas de consórcios e monocultivos de gramíneas e leguminosas ainda são escassos, especialmente no semiárido brasileiro. Embora seja demonstrado que o uso de diferentes espécies vegetais de gramíneas e leguminosas podem alterar a atividade microbiana do solo, afetando o ciclo dos nutrientes, a matéria orgânica (MO) e as propriedades físicas e químicas do solo (FREITAS et al., 2017), pouca ênfase tem sido dada ao estudo de comunidades de FMA.

A compreensão dos efeitos causados pela modificação das características físicas e químicas do solo, pelo uso de fertilizantes e corretivos agrícolas, e a remoção de vegetação para a implantação de cultivos é importante em relação aos FMA, pois esses são importantes para a biodiversidade dos ecossistemas (JOHNSON et al., 2012). O restabelecimento da riqueza dos FMA

autóctones, em solos com baixa fertilidade pode, portanto, representar uma interessante alternativa às práticas convencionais de fertilização, visando uma agricultura mais sustentável (BERRUTI et al., 2017).

### **2.3 Manejo do solo**

As atividades antropogênicas ocasionam grandes impactos aos ecossistemas em todo o mundo, principalmente, pela gestão inadequada dos recursos naturais (ROCHA-JUNIOR et al., 2017), causando grande perda da biodiversidade. Neste sentido, temos como principal exemplo a degradação e, conseqüente, diminuição da qualidade do solo pelo uso intensivo da agricultura, alterando a produtividade e a capacidade de regeneração das áreas (WARDLE et al., 2011; TRESCH et al., 2019).

A qualidade do solo, por sua vez, pode ser definida como a capacidade do solo em funcionar e sustentar a vida de plantas e animais em ambientes naturais e gerenciados, podendo ser inferida por indicadores físicos, químicos e biológicos (KARLEN et al., 1997; PAUL OBADE; LAL, 2016), possibilitando a identificação dos impactos ocasionados por práticas de manejo e pelo uso de diferentes culturas (LIMA et al., 2013; ZOBECK et al., 2015; RAIESI; KABIRI, 2016).

Desse modo, visando melhorar a qualidade do solo das áreas para a implantação de cultivos agrícolas, os manejos empregados têm se tornado altamente necessários, satisfazendo a crescente demanda global da agricultura na produção de alimentos (BOSCARO et al., 2018), com práticas mais complexas e que sofrem grandes variações devido as diferentes condições de clima, solo e sistema empregado (ERANKI et al., 2019).

Formado por práticas e técnicas aplicadas ao sistema solo-planta, o manejo do solo pode melhorar o desenvolvimento das culturas trazendo benefícios às características físicas, químicas e biológicas, gerenciando a utilização de insumos, técnicas mecânicas e culturais (ALFONSI, 2015), que são classificadas em convencionais ou conservacionistas (STAVI; BEL; ZAADY, 2016).

Entretanto, mesmo diante de todos os benefícios proporcionados, essas práticas aplicadas de forma intensiva conferem efeitos negativos ao ambiente

agrícola, como a degradação do solo, mudanças na diversidade genética das culturas, contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e mudanças nas comunidades microbianas do solo, ocasionando modificações das paisagens naturais e dos agrossistemas (ZHEN et al., 2014; CANDIDO et al., 2015; KEESSTRA et al., 2018; LIZAGA et al., 2019).

Práticas como o uso intensivo de fertilizantes químicos, que aumentam a produtividade das culturas, devido a fácil assimilação pelas plantas (SHIM et al., 2018), o preparo do solo fornecendo condições ideais para a germinação ou brotação rápida e uniforme das sementes e mudas (FERREIRA; SILVA, 2011), como também, o uso de herbicidas, para o controle de ervas daninhas (MALONE; FOSTER, 2019) e a irrigação artificial com alta utilização energética (WHITE, 2014), tornou a agricultura convencional a maior contribuinte de gases de efeito estufa (GEE), gerando 56% dessas emissões lançadas (CCAFS, 2015).

Estudos mostram ainda, que o manejo do solo empregados no sistema convencional é um dos principais fatores que afetam a rede de poros e as propriedades hidráulicas do solo, principalmente, pelo revolvimento do perfil do solo nas técnicas de aração e gradagem, com redução da densidade das partículas e da capacidade de suportar cargas, com crescente aumento do risco de erosão (MERTEN et al., 2015; ALMEIDA et al., 2018; MORAES et al., 2019).

Dada a importância, o uso consciente do solo tem se tornado um tema de grande relevância devido, principalmente, ao aumento das atividades antrópicas (ARAÚJO et al., 2007; ANDRADE et al., 2013; BORGES et al., 2019). Dentre os principais desafios do manejo sustentável estão à falta de visibilidade dos efeitos positivos em termos de pesquisas, do objetivo da produção agrícola e as condições de acesso de dados aos produtores (KMOCH et al., 2018; BAI et al., 2018).

Devido a isso, estudos em todo o mundo têm fornecido suporte com estratégias que preservem a qualidade dos ecossistemas, com manejos que aumentem e/ou mantenham a produtividade das culturas (BÜNEMANN et al., 2018; SELVAKUMAR et al., 2018; VOGEL et al., 2019). Técnicas como o plantio direto e a ausência de fertilização nitrogenada, que podem trazer benefícios às atividades dos micro-organismos do solo, levando à taxas similares de absorção de C, N e da biomassa (VERZEAUX et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018; NANDAN et al., 2019).

No Brasil, a adoção de sistemas de conservação do solo tem sido uma alternativa aos métodos de manejo convencional com a minimização de problemas de perda de solo, do escoamento superficial da água e preservação da umidade, com redução da perturbação estrutural do solo (TURMEL et al., 2015; ZACCHEO et al., 2016; SIGNOR et al., 2018). Dessa maneira, o gerenciamento da matéria orgânica, por sistemas de manejos que permitam aumentos de resíduos vegetais, trazem melhorias às propriedades do solo, em especial a estrutura desse ambiente, favorecendo a relação entre os micro-organismos presentes e as atividades de produção agrícola (FASINMIRIN; REICHERT, 2011; ASCARI et al., 2018).

No Vale do São Francisco a conversão de floresta seca em pomar de mangueira irrigada vem gerando expressivos rendimentos, porém a retirada da cobertura florestal torna o ecossistema frágil e propício a processos de degradação, sendo o equilíbrio entre a vegetação e os componentes biológicos do solo essencial para garantir fertilidade com base na ciclagem e solubilização de minerais (MIRANDA; SILVA; SAGGIN JUNIOR, 2010; CANDIDO et al., 2015).

A ciclagem de nutrientes por decomposição de resíduos orgânicos é fundamental, pois a transformação de compostos complexos em substratos mais simples possibilita o crescimento vegetal e a execução de funções celulares (CAMPBELL et al., 1992; MALTAIS-LANDRY; SCOW; BRENNAN, 2014). Neste sentido, temos os sistemas de manejos que podem manter a proteção do solo pelo acúmulo de resíduos orgânicos (LAL; PIMENTEL, 2009; STEFANOSKI et al., 2013; MITCHELL et al., 2017), tais como a adubação verde pelo uso de coberturas vegetais.

Esse manejo possibilita recuperar a fertilidade do solo, pelo aumento da CTC, da disponibilidade de macro e micronutrientes, pela formação e estabilidade de agregados, infiltração e aeração do solo, controle de nematoides, e no caso das leguminosas, incorporação de nitrogênio por meio da fixação biológica promovida por bactérias (IGUE, 1984; JABRAN; ULLAH; AKBAR, 2015; JABRAN et al., 2016).

A dinâmica da matéria orgânica (MO) em sistemas de manejo do solo vem sendo muito estudada, principalmente em pomares de frutíferas (ANGELOTTI et al., 2011; PIMENTEL et al., 2011; GIONGO et al., 2011; CUNHA et al., 2016; BRANDÃO et al., 2017). Entretanto, o efeito da adição de compostos orgânicos,

com o uso da adubação verde e coberturas vegetais, em pomares de mangueira sobre a comunidade microbiana, mais especificamente, sobre os FMA, são insuficientes para a região semiárida.

Os micro-organismos que habitam a rizosfera das plantas de coberturas podem sofrer modificações em suas comunidades de acordo com o sistema empregado (MONOHARAN et al., 2017). Com isso, manejos menos agressivos que visem melhorar a biodiversidade dos ambientes agrícolas estão sendo adotados nessa região com a finalidade de melhorar a qualidade dos alimentos produzidos, diminuindo gastos com adubações e ainda podem proporcionar ambiente favorável a microbiota devido ao aumento da matéria orgânica (FARIA; SOARES; LEÃO, 2004; FARIA; COSTA; FARIA, 2007; GIONGO et al., 2016; BRANDÃO et al., 2017).

### 2.3.1 Coberturas vegetais

A necessidade de sistemas agrícolas sustentáveis tem impulsionado a busca por práticas de manejos que favoreçam a produtividade das culturas e não comprometam a qualidade do solo. O uso de coberturas vegetais em consórcios com a produção de culturas economicamente importantes é uma prática conservacionista que vem crescendo em todo o país pela diminuição no uso de insumos nas lavouras (JOHNSON et al., 2016). Fornecendo proteção ao solo contra os agentes erosivos, atuando na ciclagem de nutrientes e auxiliando no controle da vegetação espontânea (JOHNSON et al., 2016; BÜCHI et al., 2018).

A utilização dessa prática de manejo em agrossistemas tem como objetivo melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente pela disponibilidade de resíduos vegetais para a incorporação, resultando no fornecimento de nutrientes e no aumento do teor da matéria orgânica do solo (MCHUNU et al., 2011; CAPÓ-BAUÇÀ et al., 2019).

Os resíduos vegetais deixados na superfície do solo para incorporação impedem a degradação estrutural do solo, diminuindo e absorvendo a pressão da compactação ocasionada por rodas de máquinas agrícolas formando uma barreira física (BLANCO-CANQUI; LAL, 2009; CASTIONI et al., 2018; CHERUBIN et al., 2018). Por outro lado, a remoção total dos resíduos reduz a disponibilidade de nutrientes e a atividade biológica do solo, com efeito negativo

sobre sua estrutura e qualidade física (TORMENA et al., 2017; CASTIONI et al., 2018).

Segundo Lisboa et al. (2019), a retirada da palhada em uma plantação de cana-de-açúcar resultou no aumento da densidade das partículas do solo, principalmente na profundidade de 0-20 cm, considerada a área de maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, maior absorção de nutrientes e interações com os micro-organismos do solo (CONG et al., 2014; ALI; REINEKING; MÜNKEMÜLLER, 2017; LI et al., 2018).

Neste sentido, tendo em vista a melhoria da qualidade edáfica, a seleção das plantas utilizadas como coberturas vegetais devem seguir critérios importantes, visando à capacidade de produção de fitomassa e de acúmulo de nutrientes, mais especificamente o carbono (C) e nitrogênio (N), com adaptação para a região de implantação da área (ESPINDOLA et al., 2006; VALICHESKI et al., 2012; FORTE et al., 2018).

Entre as principais espécies vegetais utilizadas como coberturas do solo destacam-se as gramíneas e leguminosas pela alta produção de resíduos e pelo provimento de nitrogênio atmosférico fixado pelas bactérias (REMIGI et al., 2016; MCCORMICK, 2018). Entretanto, outros benefícios podem ser atribuídos ao uso dessas duas espécies vegetais no solo devido as suas características morfológicas, como diminuição da resistência a penetração dos solos pelas raízes, maior tempo de permanência das palhadas sobre o solo, gerando resultados significativos na diminuição da perda d'água por evapotranspiração e consequente aumento da umidade do solo (POU et al., 2011; BLANCO-CANQUI et al., 2015; GARCIA et al., 2018), além de ocasionar supressão das plantas espontâneas, possíveis hospedeiras de patógenos e pragas (MIGLÉCZ et al., 2015; RANAIVOSON et al., 2017).

A utilização de espécies vegetais como as leguminosas reduzem o efeito da densidade e o pH dos solos, com forte relação entre as comunidades de micro-organismos do solo, as propriedades físico-químicas e a produtividade das culturas (TAO et al., 2017). Além disto, a exsudação radicular facilita e aumenta a nodulação e a fixação de N pelas bactérias, com posterior disponibilidade desse nutriente às culturas comerciais (LOUARN et al., 2015; LI et al., 2016; THILAKARATHNA et al., 2016).

Segundo Goud et al. (2016), as espécies de gramíneas utilizadas em coberturas vegetais, em consórcio ou monocultivo, têm efeitos notáveis na estrutura dos solos, beneficiando a estabilidade dos agregados, principalmente pelo excesso de raízes finas.

Neste sentido, as tecnologias da agricultura de conservação como o sistema de plantio direto, rotação de culturas e adubação verde com o uso de gramíneas e leguminosas podem proporcionar condições adequadas para o estabelecimento e desenvolvimento de micro-organismos do solo, principalmente, pelo gerenciamento dos resíduos culturais e pela ausência do preparo do solo, gerando melhorias das propriedades biológicas, classificadas como bons indicadores da qualidade do solo e do sistema empregado (BARBOSA et al., 2019; GURA MNKENI, 2019).

No Brasil as espécies de plantas de coberturas utilizadas frequentemente são as gramíneas - *Zea mays*, *Cenchrus americanum*, *Sorghum bicolor* e as leguminosas *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* e *Canavalia ensiformis*, devido à tolerância à seca, com alta adaptação aos diferentes tipos de solos e as condições edafoclimáticas (CAZETTA; ORNASIERI FILHO; GIROTTO, 2005; PEREIRA; SOARES; MIRANDA, 2016; SEIDEL et al., 2017; BRANDÃO et al., 2017; SANTOS et al., 2018; CARVALHO et al., 2019).

A utilização de coberturas vegetais na região semiárida, traz a possibilidade de aumentar o rendimento das culturas devido à diminuição da perda de água e aumento da umidade do solo (REN et al., 2016). Logo, o uso de coberturas vegetais em pomares de frutíferas, como a mangueira, é de extrema importância, podendo essa prática trazer melhorias nas relações de fertilidade do solo e produtividade das plantas, com aumento da atividade de micro-organismos no solo.

### 2.3.2 Efeitos do uso de coberturas vegetais sobre os Fungos Micorrízicos Arbusculares

As interações ecológicas entre as plantas e os micro-organismos do solo podem ser divididas em patogênicas, saprofíticas e benéficas; sendo importantes para os ambientes naturais e os agrossistemas, estando fortemente relacionadas com a possibilidade de proteção e biofertilização dos solos (KUZYAKOV; XU, 2013; VAN DER HEIJEN; HARTMANN, 2016).

O uso de coberturas vegetais podem fornecer nutrientes e proteção aos micro-organismos associados aos sistemas radiculares, garantindo sobrevivência e maior desenvolvimento das comunidades; por outro lado, devido ao alto potencial de degradação de poluentes orgânicos, os micro-organismos podem auxiliar na redução da toxidez dos solos, beneficiando o crescimento das plantas (KHAN et al., 2013; REHMAN et al., 2018; HE et al., 2019).

A utilização de coberturas vegetais pode trazer mudanças na abundância e na estrutura das comunidades microbianas, incluindo os FMA (BENITEZ et al., 2016; TURRINI et al., 2016; HONTORIA et al., 2019). Devido às diferenças morfológicas entre as raízes das plantas, pode ocorrer variação nas fontes de C disponibilizada influenciando diretamente a comunidade de micro-organismos da rizosfera (HARTMANN et al., 2009; WANG et al., 2017c).

O cultivo de coberturas vegetais vem demonstrando ser uma eficiente estratégia de recuperação de espécies nativas de FMA, pela disponibilidade de hospedeiros e de resíduos vegetais, trazendo benefícios durante a simbiose como a ciclagem e a disponibilização de nutrientes ao solo e de fotossintatos aos fungos (CARDOSO; KUYPER, 2006; ROSNER et al., 2018). Porém, os efeitos da adubação orgânica sobre a associação micorrízica são muito variáveis e dependem do tipo de adubação vegetal fornecida, sendo reportados efeitos sinérgicos e antagônicos (GRYNDLER et al., 2006; LARKIN et al., 2013; AGUILAR et al., 2017; HACK et al., 2019). Alguns trabalhos demonstram aumentos na densidade de esporos e propágulos de FMA após a incorporação de adubos oriundos de resíduos vegetais, devido ao favorecimento da aeração e desenvolvimento das raízes (NJERU et al., 2015; VERZEAUX et al., 2017; MARTÍNEZ et al., 2018).

Evidências experimentais mostram ainda que a adubação verde pelo uso de coquetéis vegetais estimula o crescimento e a ramificação das hifas dos FMA no solo, por formar nicho ecológico mais adequado para o crescimento do fungo (REYES; PRAGER; MOSQUERA, 2018). O aumento na ramificação das hifas pode favorecer a fase intrarradicular, sendo este desenvolvimento dependente da espécie de planta e de FMA nativos (DETHERRIDGE et al., 2016).

Além de aumentar o desenvolvimento dos fungos, a adubação verde é considerada uma prática importante com potencial de reduzir a dependência por fertilizantes minerais e para manter a matéria orgânica do solo (GARLAND et al.,

2017; LIMA et al., 2018), melhorando o desenvolvimento das culturas pela disponibilidade de nutrientes e carbono, fonte de energia para os microrganismos heterotróficos do solo (ANDRIAMANANJARA et al., 2016; TAO et al., 2017).

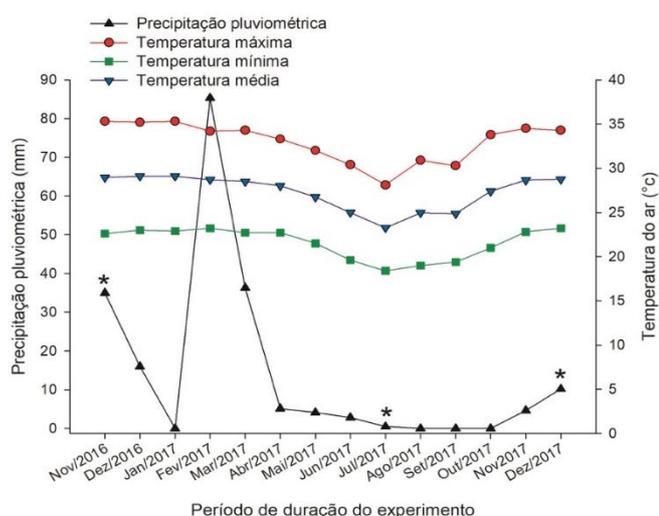
SINGH et al. (2018) verificaram que a incorporação de compostos produzidos pela decomposição dos vegetais promoveu aumento dos teores de proteínas do solo relacionada à glomalina, produzidas pelos FMA e presentes no micélio extrarradicular e paredes de glomerosporos. Esse aumento na deposição de material na superfície do solo resulta em aumento no número de esporos e de propágulos infectivos de FMA (VERZEAUX et al., 2017).

Os resultados dos parâmetros micorrízicos em relação ao aumento da oferta de espécies vegetais não são totalmente compreendidos e o efeito do uso de coberturas vegetais em consórcios com frutíferas importantes, como a mangueira, pode indicar fontes sustentáveis de insumos, neste sentido, são necessários estudos que possibilitem melhor compreensão da relação da espécie vegetal x FMA.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição da área de estudo**

O estudo foi realizado no campo experimental do *Campus* de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), com localização geográfica a 09° 19' 00,8" latitude Sul, 40° 33' 41,7" longitude oeste e altitude de 400,3 m, no município de Petrolina- PE. O clima da região é denominado como tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como semiárido quente, com maior parte do ano seco, alta taxa de evapotranspiração e precipitação anual inferior a 500 mm, concentrada nos meses de janeiro a abril. Durante a realização das coletas as temperaturas mínimas e máximas foram respectivamente 18 e 35 °C, com a precipitação não ultrapassando 85 mm acumulada (Figura 3).



**Figura 3.** Dados meteorológicos (temperatura máxima, mínima e precipitação), durante os anos 2016-2017, destacando-se os meses das coletas de solo.

\* Meses de coleta

Fonte: LABMET-UNIVASF

O solo da área foi classificado como Argissolo Amarelo eutrocoeso (= *Ultisol with a sandy cohesive dystrophic horizon*) típico de textura arenosa (SILVA et al., 2017), a composição química dos solos dos tratamentos de coberturas vegetais e dos períodos de coleta está apresentada na Tabela 1.

Antes da implantação da área com as coberturas vegetais realizou-se o preparo do solo com uma aração e uma gradagem na profundidade de 20 cm. Com o intuito de melhorar a fertilidade do solo foi realizada a aplicação de 20 litros  $cova^{-1}$  de esterco bovino curtido como adubação de plantio das mangueiras e semeadas 6 linhas de plantas de cobertura na entrelinha, com o espaçamento de 60 cm, sendo a primeira localizada a 100 cm da base do caule da mangueira.

Para suprimir a necessidade hídrica das plantas foi montado o sistema de irrigação com microaspersores para as mudas de mangueiras e gotejadores nas entre linhas para as coberturas vegetais. Para o cálculo da lâmina de irrigação utilizou-se a evapotranspiração corrigida da irrigação localizada, gerada pelo produto da evapotranspiração da cultura e o coeficiente de irrigação localizada, com referência a evapotranspiração para o município de Petrolina, PE (SOUZA et al., 2014).

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo antes da implantação do pomar de mangueira submetido a coberturas vegetais

Fatores	Propriedades químicas do solo				
	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K cmolc/dm <sup>3</sup>	Na cmolc/dm <sup>3</sup>	C g/dm <sup>-3</sup>	pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)
<i>Cobertura vegetal</i>					
CV1	41,7	0,3	0,03	7,93	7,04
CV2	44,9	0,4	0,04	8,85	7,07
CV3	45,7	0,4	0,04	8,34	6,80
CV4	47,0	0,4	0,05	8,87	6,75
CV5	47,7	0,4	0,05	8,94	7,07
CV6	50,5	0,5	0,05	9,38	7,03
CN	50,9	0,8	0,06	9,48	6,94
VE	65,5	0,8	0,06	10,73	7,29
<i>Tempo de amostragem</i>					
T1	59,8	0,65	0,05	8,96	7,30
T2	43,5	0,38	0,04	9,12	6,78
T3	44,4	0,53	0,05	9,12	6,92

**CV1=** Guandu; **CV2=** Milheto; **CV3=** Guandu/Milheto; **CV4=** Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária; **CV5=** Milheto/Milho/Sorgo + Guandu; **CV6=** Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto; **CN=**Caatinga nativa e **VE=** Vegetação espontânea. Coletas **T1=** dois meses do corte das coberturas vegetais; **T2=** oito meses após o corte das coberturas vegetais e seis meses de cultivo de mangueira; **T3=** 14 meses do corte das coberturas vegetais e doze meses de cultivo de mangueira. Dados utilizados para as análises de multivariada.

**Fonte:** O autor

Foram testadas espécies pertencentes à família Fabaceae (leguminosas) - *Crotalaria juncea* L. – crotalária (600 g parcela<sup>-1</sup>), *Canavalia ensiformes* (L.) DC – feijão-de-porco (120 g parcela<sup>-1</sup>) e *Cajanus cajan* (L.) Huth – feijão guandu (480 g parcela<sup>-1</sup>); e espécies pertencentes à família Poaceae (gramíneas) - *Zea mays* L. – milho (360 g parcela<sup>-1</sup>), *Cenchrus americanum* (L.) Morrone – milheto (1320 g parcela<sup>-1</sup>) e *Sorghum bicolor* (L.) Moench – sorgo (600 g parcela<sup>-1</sup>). As plantas utilizadas foram semeadas em setembro de 2016, as mesmas foram cortadas quando atingiram o estágio de pleno florescimento (75 dias após a semeadura - DAS) e os resíduos permaneceram na superfície do solo para incorporação, esse processo ocorreu apenas uma vez. O transplântio das mudas de mangueira cv. Palmer (hipobioto = manga rosa) provenientes de viveiro comercial foi realizado no espaçamento de 5,0 x 4,0 m, 60 dias após o corte das plantas de cobertura.

O experimento foi conduzido em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), em esquema fatorial 3x8, correspondendo a três épocas de coletas e oito

coberturas vegetais, com quatro repetições. As plantas de cobertura foram dispostas em sistema de monocultivo ou consórcio de gramíneas e leguminosas, descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Distribuição dos monocultivos e consórcios de espécies de coberturas vegetais utilizadas no experimento

<b>Coberturas vegetais</b>	<b>Espécies de plantas utilizadas</b>
CV1	Guandu
CV2	Milheto
CV3	Guandu/Milheto***
CV4	Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalaria****
CV5	Milheto/Milho + Sorgo/Guandu
CV6	Guandu/Crotalaria/ feijão-de-porco + Milheto
CN*	<i>Cnidocolus quercifolius</i> Pohl, <i>Croton blanchetianus</i> Baill., <i>Erythroxylum pugens</i> Schulz, <i>Poincianella microphylla</i> (Mart. Ex Don) Queiroz e <i>Pseudobombax simplicifolium</i> Robins
VE**	<i>Ricinus communis</i> L., <i>Cenchrus ciliaries</i> L., <i>Waltheria indica</i> L., <i>Kallstroemia tribuloides</i> (Mart.) Steud., <i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky, <i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC., <i>Hexasepalum teres</i> (Walter) J. H. Kirkbr, <i>Richardia scabra</i> L., <i>Mollugo verticillata</i> L., <i>Datura stramonium</i> L., <i>Macroptilium martii</i> (Benth.) Maréchal & Baudet, <i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples e <i>Boerhavia difusa</i> L.

\*Dias et al. (2015). \*\*Ribeiro (2017).\*\*\*/ sementes plantadas juntas. \*\*\*\*+ sementes plantadas separadamente

### 3.2 Amostragem

Foram realizadas três coletas de solo em pomar para cultivo de mangueira submetido à diferentes tratamentos de coberturas vegetais, com intuito de verificar a influência destes fatores na atividade e comunidade dos FMA. As coletas foram realizadas em novembro/2016, julho/2017 e dezembro/2017, correspondendo respectivamente aos períodos de: **T1**: dois meses após o corte das coberturas vegetais; **T2**: oito meses após o corte das coberturas vegetais/seis meses de cultivo de mangueira; **T3**: 14 meses do corte das coberturas vegetais/doze meses de cultivo de mangueira. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, sendo mantido sob refrigeração uma alíquota de aproximadamente 100 g de solo, e levadas ao laboratório de Microbiologia da Univasf para posteriores análises de PSRG.

Para as análises químicas utilizadas na avaliação dos índices ecológicos, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com abertura de malha de 2 mm. O pH do solo foi determinado em solução solo:

água (1:2,5) (EMBRAPA, 1997). O fósforo, o potássio e o sódio (P, K e Na) foram extraídos com solução Mehlich I, sendo o P quantificado por espectrofotometria e o Na e o K por fotometria de chama (SILVA, 2009). O carbono orgânico total (COT) foi mensurado por oxidação do carbono por via úmida (WALKLEY-BLACK), adaptado por TEDESCO et al. (1995).

### **3.3 Parâmetros micorrízicos analisados**

#### **3.3.1 Colonização micorrízica**

A análise da colonização micorrízica foi realizada com a separação das raízes mais finas da mangueira (0,5 g) provenientes do solo do campo, sendo essas lavadas, diafanizadas com KOH (10%) e coradas com azul de tripano (0,05%) seguindo o método de Phillips e Hayman (1970) e quantificadas pelo método de interseção dos quadrantes (GIOVANETTI; MOSSE, 1980).

#### **3.3.2 Número mais provável de propágulos**

A avaliação do número mais provável de propágulos infectivos de FMA no solo foi realizada segundo a metodologia descrita em Feldmann e Idzack (1994). Para realizar essa técnica o solo do campo foi submetido a sucessivas diluições, utilizando areia esterilizada como diluente e o milho (*Zea mays*) como planta hospedeira. Após trinta dias de cultivo as raízes foram coletadas, lavadas, coradas e avaliadas quanto à presença e ausência de colonização micorrízica e os resultados expressos em propágulos por cm<sup>3</sup> de solo.

#### **3.3.3 Extração de proteínas de solo relacionadas à glomalina (PSRG)**

A fração facilmente extraível (PSRG-FFE) foi extraída de 0,25 g de solo seco ao ar a partir da adição de 2,0 mL de solução tampão de citrato de sódio (20 mM; pH 7,0), seguido de autoclavagem por 30 min a 121 °C e posterior centrifugação a 10.000 g por 3 minutos (WRIGHT; UPADHAYA, 1998). Para a fração total (PSRG-FT) foi realizado o mesmo processo, no entanto, utilizando-se o tampão de citrato de sódio (50 mM; pH 8,0), submetidos a autoclavagem por 60 minutos a 121 °C (WRIGHT; UPADHAYA, 1998). O sobrenadante foi utilizado para determinação da dosagem protéica, onde foram transferidos 50 µl

para tubos de ensaio com adição de 1,0 mL do reagente de Bradford; seguida de agitação em vortex e leitura a 595 nm em espectrofotômetro.

#### 3.3.4 Extração de glomerosporos e identificação das espécies de FMA

Foram utilizadas 50 g de solo oriundas das amostras de campo para realização da técnica de extração de glomerosporos pelos métodos do peneiramento úmido em malhas de 840 e 45  $\mu\text{m}$  (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e centrifugação em água e sacarose 50% (JENKINS, 1964 - modificado). Após a extração, os glomerosporos foram quantificados em placa canaletada com auxílio de estereomicroscópio.

Para a identificação das espécies de FMA, após a quantificação, os glomerosporos foram separados por características morfológicas (tamanho, cor, etc.) e montados em lâminas contendo PVLG (álcool polivinílico em lactoglicerol) e PVLG+ reagente de Melzer (1:1 v/v). As lâminas foram observadas com auxílio de microscópio ótico e as espécies identificadas pela morfologia dos glomerosporos, com auxílio de manuais de identificação de FMA (SCHENCK; PÉREZ, 1990; BLASZKOWSKI, 2012), consultas ao site “International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi” (<https://invam.wvu.edu/>) e literatura pertinente.

#### 3.3.5 Culturas armadilhas

As culturas armadilhas foram montadas em vasos com capacidade para 1 kg, utilizando-se amostras do solo do campo (700 mL), tendo o milho (*Zea mays*) como plantas iscas. As culturas foram mantidas por um ciclo de quatro meses em casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia do *Campus* de Ciências Agrárias (CCA) - Univasf. As culturas foram montadas para cada amostra de campo separadamente, totalizando 32 potes por coleta (96 potes no total).

### 3.3.6 Índices ecológicos

Os índices ecológicos avaliados foram: índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) =  $-\sum (P_i \ln[P_i])$ ; onde  $P_i = n_i/N$ ,  $n_i$  = número de indivíduos na espécie  $i$ , e  $N$  = número total de indivíduos em todas espécies (SHANNON; WEAVER, 1949), índice de equitabilidade de Pielou ( $J$ ) =  $H'/\log(S)$  em que  $H'$  é o valor obtido pelo índice de Shannon e  $S$  é o número total de espécies (PIELOU, 1975), e o índice de dominância de Simpson ( $C$ ) foi calculado pela equação  $C = \sum (n_i(n_i - 1) / (N(N - 1)))$ . A riqueza de espécies foi determinada pelo número de espécies identificadas em cada amostra, e pelo total de espécies de cada tratamento. Os índices foram calculados com auxílio do programa Primer 6.0 (CLARKE; GORLEY, 2006).

### 3.4 Análises estatísticas

Os resultados da colonização micorrízica, número de glomerosporos, proteínas do solo relacionadas à glomalina (FFE e FT) e diversidade de FMA foram submetidos ao teste normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias-Bartlett, antes de serem submetidos à análise de variância (ANOVA). Após a ANOVA, as médias foram comparadas usando o teste de Scott-Knott com a probabilidade de erro de 5%. As análises univariadas foram realizadas utilizando o pacote Expdes.pt (FERREIRA et al., 2018).

Os dados de abundância relativa das comunidades de FMA foram utilizados para as análises de espécie indicadora e análises multivariadas. A espécie indicadora foi determinada para tratamentos e coletas, sendo uma espécie considerada indicadora quando  $IV \geq 25\%$  e  $p < 0,05$  (teste de Monte Carlo a 5% de probabilidade) (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). A análise de espécie indicadora foi feita usando o pacote "indicspecies" (DE CACERES; LEGENDRE, 2009).

A análise de permutação multivariada (Permanova) foi realizada para tratamentos e coletas, e os tratamentos e/ou coletas foram considerados significativamente diferentes quando  $p < 0,008$ , seguindo a correção de

Bonferroni para comparações múltiplas. A análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) das comunidades de FMA baseada na distância de Bray-Curtis, e também foi feita a análise de *Envfit* para correlacionar com as variáveis exploratórias (atributos do solo) realizadas utilizando o pacote 'Vegan' (OKSANEN et al., 2018). Os diagramas de Venn foram construídos utilizando o site <http://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn>.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no sistema R (R Core Team, 2018).

## 4. RESULTADOS

### *4.1 Efeito das coberturas vegetais em pomar de mangueira sobre os parâmetros micorrízicos*

Houve interação entre os fatores para a colonização micorrízica, com a maior taxa de colonização observada em CV6 a partir de seis meses do plantio da manga ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3).

Com exceção dos tratamentos CV2, CV6 e CN, os percentuais de colonização micorrízica nos demais tratamentos não diferiu ao longo do tempo de amostragem. Enquanto que, no tratamento CV6 houve um aumento na colonização micorrízica; nas áreas com cobertura vegetal dos tratamentos CV2 e CN observa-se que o cultivo inicial (6 meses) com mangueira incrementou a colonização micorrízica, porém após 12 meses de cultivo os percentuais foram reduzidos (Tabela 3), podendo ser uma possível mudança na composição da comunidade de FMA.

Com relação aos períodos de coleta, na primeira coleta verifica-se que a composição da cobertura vegetal afetou a colonização micorrízica, com as maiores taxas de colonização micorrízica observadas nos tratamentos CV3, CV5 e VE (Tabela 3). Com a introdução do plantio de manga (T2), em geral, houve aumento nos percentuais de colonização micorrízica, oscilando entre 75 a 89,5%, não sendo observada diferença significativa entre os tratamentos de cobertura vegetal. Entretanto, após 12 meses de cultivo de mangueira (T3) os maiores percentuais de colonização micorrízica são observados nos tratamentos CV4, CV5 e CV6 ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3), sugerindo que o cultivo com a combinação destas coberturas pode ter propiciado o estabelecimento de comunidade de FMA mais efetiva na colonização radicular.

**Tabela 3.** Colonização micorrízica nas raízes de plantas submetidas a diferentes coberturas vegetais, e após 6 e 12 meses de transplante de mudas de mangueira

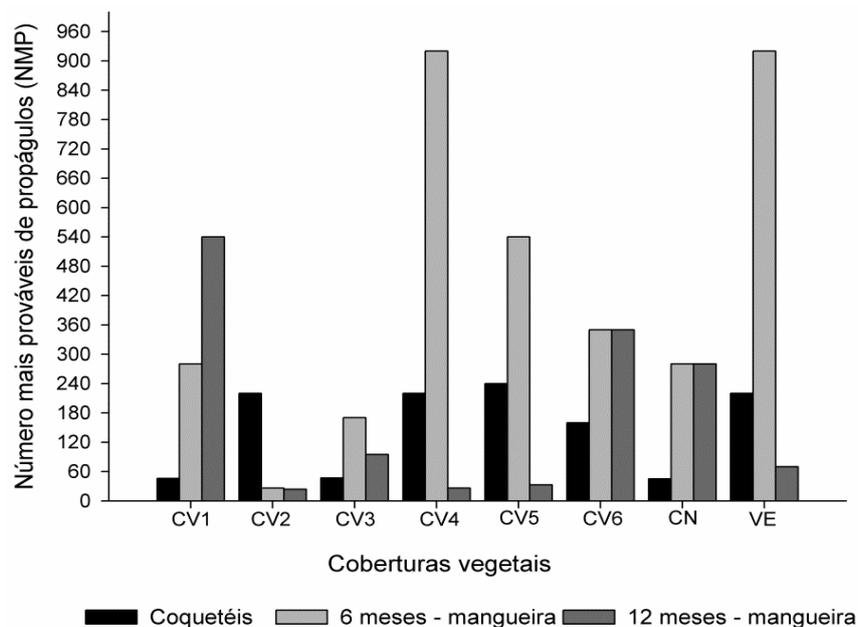
<b>Coberturas vegetais</b>	<b>Colonização micorrízica (%)</b>		
	<i>2 meses - Cobertura Vegetal</i>	<i>6 meses - Mangueira</i>	<i>12 meses - Mangueira</i>
<b>CV1</b>	74,25 bA	81,00 aA	68,50 bA
<b>CV2</b>	66,50 bB	87,25 aA	70,50 bB
<b>CV3</b>	80,25 aA	81,75 aA	72,25 bA
<b>CV4</b>	66,75 bA	74,75 aA	80,25 aA
<b>CV5</b>	77,25 aA	79,50 aA	81,25 aA
<b>CV6</b>	69,25 bB	89,25 aA	89,50 aA
<b>CN</b>	69,00 bB	86,75 aA	69,25 bB
<b>VE</b>	88,00 aA	78,75 aA	75,50 bA

CV1= Guandu; CV2= Milheto; CV3= Guandu/Milheto; CV4=; Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária; CV5=; Milheto/Milho/Sorgo + Guandu; CV6= Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto; CN=Caatinga nativa e VE= Vegetação espontânea.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (5%).

Fonte: O autor

O número mais provável (NMP) de propágulos infectivos de FMA variou em função dos tempos de amostragem e dos tratamentos com cobertura vegetal. Em geral, a introdução de mangueira (6 meses) na área experimental levou ao aumento no NMP de propágulos infectivos de FMA em todos os tratamentos de cobertura vegetal, excetuando CV2 que reduziu acentuadamente (Figura 4). Este aumento foi contínuo em CV1, observando-se o dobro do valor de NMP de propágulos infectivos de FMA após 12 meses de cultivo de mangueira em relação ao período inicial (6 meses). Nos tratamentos CV6 e CN observou-se estabilização nos valores de NMP de propágulos infectivos de FMA; porém nos tratamentos CV3, CV4, CV5 e VE constatou-se redução nesses valores com o avanço do tempo de cultivo de mangueira (Figura 4), sendo necessário mais ciclos para reavaliar os efeitos das coberturas vegetais.

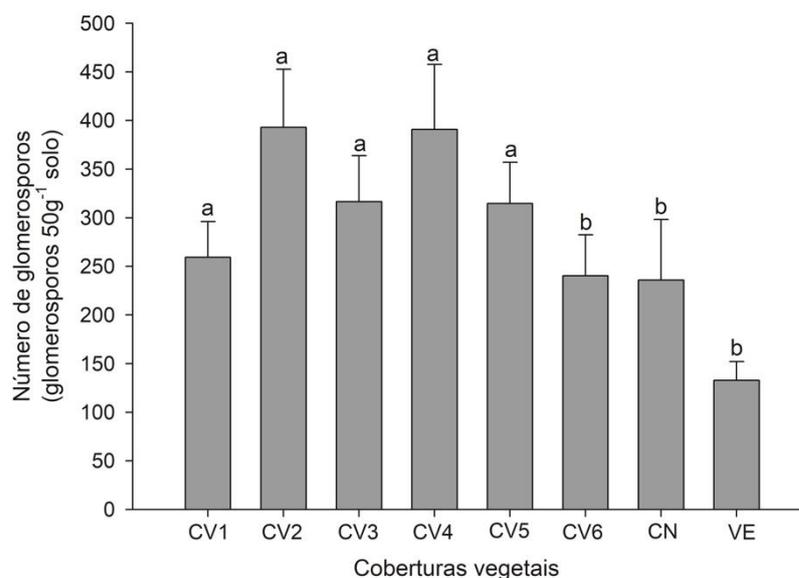


**Figura 4.** Número mais provável de propágulos infectivos de FMA do solo em área submetida a coberturas vegetais, e após 6 e 12 meses do plantio de mangueira.

CV1= Guandu; CV2= Milheto; CV3= Guandu+Milheto; CV4= Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária; CV5= Milheto/Milho/Sorgo + Guandu CV6= Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto; CN=Caatinga nativa e VE= Vegetação espontânea.

**Fonte:** O autor

Houve efeito isolado do tipo de cobertura no número de glomerosporos ( $p < 0,05$ ), com o maior número de glomerosporos observado nos tratamentos CV1, CV2, CV3, CV4 e CV5 quando comparado aos tratamentos CV6, CN e VE (Figura 5). Neste caso, nota-se que o consórcio de leguminosa (Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco) com adição de gramínea (Milheto) não diferiu significativamente da cobertura vegetal encontrada na Caatinga nativa (CN) e na vegetação espontânea (VE) em relação ao número de glomerosporos.



**Figura 5.** Número de Glomerosporos em área submetida a coberturas vegetais e após 6 e 12 meses de transplântio de mudas de mangueira.

CV1= Guandu; CV2= Milheto; CV3= Guandu+Milheto; CV4= Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária; CV5= Milheto/Milho/Sorgo + Guandu; CV6= Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto; CN=Caatinga nativa e VE= Vegetação espontânea.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%), barras indicam o desvio padrão.

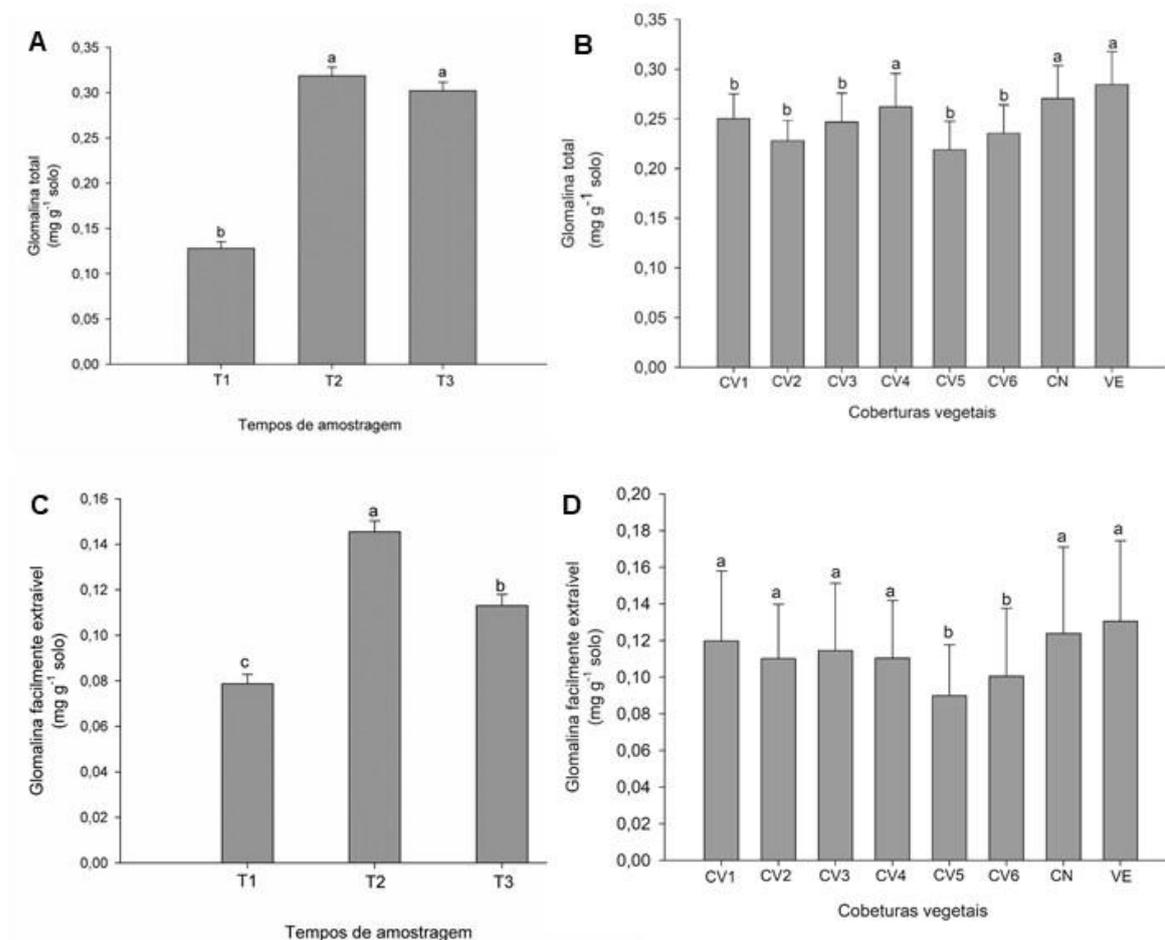
**Fonte:** O autor

Não houve interação entre os períodos de coletas e as coberturas vegetais para os teores de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG-FFE e PSRG-FT), mas efeito isolado de cada um dos fatores.

Em geral, os menores valores de PSRG (FFE e FT) foram encontrados após dois meses do corte das coberturas vegetais, observando-se aumento nos teores das frações de PSRG com o cultivo inicial de mangueira (Figura 6A e C;  $p < 0,05$ ). Enquanto que os valores médios de PSRG-FT não diferem entre 6 e 12 meses de cultivo de mangueira, constata-se redução significativa nos teores de PSRG-FFE aos 12 meses de cultivo.

Considerando as diferenças entre os tratamentos de coberturas vegetais observou-se que os maiores teores de PSRG-FT são encontrados nos solos que receberam cobertura vegetal dos tratamentos CV4, CN e VE, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 6B). Para a fração facilmente extraível de PSRG, os menores teores foram encontrados em solo com cobertura vegetal dos tratamentos CV5 e CV6 (Figura 6D;  $p < 0,05$ ); salienta-se que estes

tratamentos também proporcionaram menores valores na fração total de PSRG (Figura 6B e 6D).



**Figura 6.** Teores de Proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) em solos sob coberturas vegetais e mangueira ao longo do tempo. **A-** Fração Total ao longo dos tempos de amostragem, **B-** Fração Total nos tratamentos com coberturas vegetais, **C-** Fração facilmente extraível ao longo dos tempos de amostragem e **D-** Fração facilmente extraível nos tratamentos com coberturas vegetais.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Fonte:** O autor

#### 4.2 Índices de diversidade dos FMA em pomar de mangueira submetidos a coberturas vegetais

A partir das amostras de campo, 35 táxons de FMA foram identificados, distribuídos nas três classes e cinco ordens de Glomeromycota, representando nove famílias (Glomeraceae - 16 espécies, Acaulosporaceae - 13 espécies, Ambisporaceae - 1 espécie, Gigasporaceae - 1 espécie, Intraornatosporaceae - 1 espécie, Racocetraceae - 1 espécie, Entrophosporaceae - 1 espécie, Paraglomeraceae - 1 espécie e Diversisporaceae - 1 espécie) (Tabela 4).

O gênero de FMA com maior número de táxons foi *Acaulospora* com 13 espécies, seguido por *Glomus* e *Rhizoglomus* com quatro táxons, *Septoglomus* com três e *Sclerocystis* com dois táxons cada. *Ambispora*, *Claroideoglomus*, *Cetraspora*, *Corymbiglomus*, *Dominikia*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Kamienskia* e *Paraglomus* foram representados por apenas um táxon cada (Tabela 4).

*Acaulospora scrobiculata*, *Ambispora* sp.1, *Funneliformis mosseae*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus* sp. 1, *Sclerosystis sinuosa* e *Septoglomus constrictum* foram as espécies comuns a todas as coletas e tratamentos. Entretanto, algumas espécies foram exclusivas de alguns tratamentos: *Acaulospora rehmsii* (CV1); *Glomus microcarpum*, *Kamienskia bistrata* e *Paraglomus pernambucanum* (CV3); *Acaulospora foveata*, *Acaulospora herrerae* e *Corymbiglomus corymbiforme* (CV5); *Dominikia* sp. e *Septoglomus deserticola* (CV4) e *Acaulospora papillosa* (CV6). A abundância relativa (AR%) da espécie *Acaulospora scrobiculata* aumentou ao longo do tempo, enquanto que a abundância das espécies *Glomus* sp.1 e *F. mosseae* diminuiu (Tabela 4). Maior riqueza de espécies foi observada na coleta realizada 6 meses após a introdução das mudas de mangueira (Tabela 4).

**Tabela 4.** Abundância relativa (AR) das espécies de FMA encontradas nos períodos de coletas e tratamentos de cobertura vegetal submetidos ao cultivo da mangueira

Espécies	Cobertura vegetal-T1								6 meses-mangueira-T2								12 meses-mangueira-T3								
	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	
	AR(%)																								
<b>Glomeromycetes</b>																									
<b>Diversisporales</b>																									
<b>Acaulosporaceae</b>																									
<i>Acaulospora excavata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,09	0,10	0,05	0,03	0,17	0,01	-	0,16	0,01	-	0,02	-
<i>A. foveata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. herrerae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. mellea</i>	-	-	0,01	-	0,01	-	-	-	-	-	0,02	-	0,01	-	-	-	0,01	0,01	0,01	-	-	0,01	-	-	-
<i>A. morrowiae</i>	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	0,05	0,01	-	-	0,02	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. papillosa</i>	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. paulinae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. reducta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. rehmi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. scrobiculata</i>	0,05	0,8	1,37	0,36	1,52	1,71	0,01	0,01	1,98	2,08	1,89	4,45	4,08	0,95	1,53	0,98	3,60	2,02	2,11	4,68	1,63	1,44	2,26	0,79	
<i>A. sieverdingii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. spinosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,02	0,01	0,08	0,02	0,07	0,50	0,01	0,13	-	-	-	-	-	
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Diversisporaceae</b>																									
<i>Corymbiglomus corymbiforme</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gigasporales</b>																									
<b>Gigasporaceae</b>																									
<i>Gigaspora margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	-

Espécies	Cobertura vegetal-T1								6 meses-mangueira-T2								12 meses-mangueira-T3										
	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE			
	AR(%)																										
<b>Racocetraceae</b>																											
<i>Cetraspora pellucida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	0,03	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,05	-
<b>Glomerales</b>																											
<b>Entrophosporaceae</b>																											
<i>Claroideoglopus etunicatum</i>	-	0,01	0,02	0,04	0,02	-	0,01	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Glomeraceae</b>																											
<i>Dominikia sp.</i>	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Funnelformis mosseae</i>	0,16	0,74	0,94	0,63	0,99	1,23	0,19	0,23	0,05	0,24	0,13	0,30	0,24	0,20	0,13	0,13	0,13	0,25	0,30	0,31	0,21	0,16	0,06	0,13			
<i>Glomus macrocarpum</i>	0,60	1,05	0,72	0,52	0,52	0,65	0,47	1,01	0,27	0,44	0,73	0,63	0,57	0,63	0,66	0,43	0,84	1,16	0,82	1,09	0,35	0,65	0,66	0,17			
<i>G. microcarpum</i>	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus sp.1</i>	1,02	1,38	0,82	0,77	0,47	0,88	1,70	0,22	0,14	0,68	0,97	1,08	0,14	0,57	0,67	0,14	0,10	0,79	0,23	0,27	0,21	0,07	0,20	0,02			
<i>Glomus sp.2</i>	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,04	0,04	0,01	-	-	-	0,01	-	-	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05			
<i>Kamienskia bistrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizoglopus aggregatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,01	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-	
<i>R. arabicum</i>	0,01	0,02	0,10	0,02	-	-	0,02	-	0,09	0,08	0,10	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,13	0,15	0,16	0,01	0,04	-	0,02	-			
<i>R. intraradices</i>	-	0,08	0,01	-	0,01	0,15	0,03	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. irregulare</i>	0,06	0,02	0,01	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Septoglopus constrictum</i>	0,12	0,40	0,19	0,38	0,24	0,30	0,08	0,04	0,12	0,49	0,05	0,27	0,12	0,27	0,16	0,09	0,34	0,21	0,04	0,34	0,07	0,14	0,09	0,07			
<i>Septoglopus deserticola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Septoglopus titan</i>	0,09	0,06	0,06	0,09	-	0,02	-	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02	0,05	0,03	-	0,04	0,05	0,02	0,08	0,01	0,05	0,02	0,02			
<i>Sclerocystis coremioides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. sinuosa</i>	0,04	0,04	0,07	0,11	0,14	0,06	0,05	0,07	0,01	0,08	0,10	0,06	0,06	0,12	0,23	0,04	0,05	0,05	0,13	0,09	0,05	0,02	0,10	0,06			
<b>Archeosporomycetes</b>																											
<b>Archaeosporales</b>																											

Espécies	Cobertura vegetal-T1								6 meses-mangueira-T2								12 meses-mangueira-T3							
	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CN	VE
	AR(%)																							
<b>Archaeosporaceae</b>																								
<i>Ambispora sp.1</i>	0,40	0,41	0,42	0,37	0,77	0,45	0,09	0,28	0,35	0,66	0,34	0,27	0,38	0,10	0,09	0,09	0,45	0,40	0,32	0,38	0,09	0,12	1,29	0,02
<b>Paraglomeromycetes</b>																								
<b>Paraglomerales</b>																								
<b>Paraglomeraceae</b>																								
<i>Paraglomus pernambucanum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Riqueza de espécies/tratamento</b>	11	12	16	10	10	10	10	9	11	13	17	18	18	13	13	10	16	14	16	12	11	12	12	9
<b>Riqueza de espécies/coletas</b>	18								26								21							
<b>Riqueza total</b>	35																							

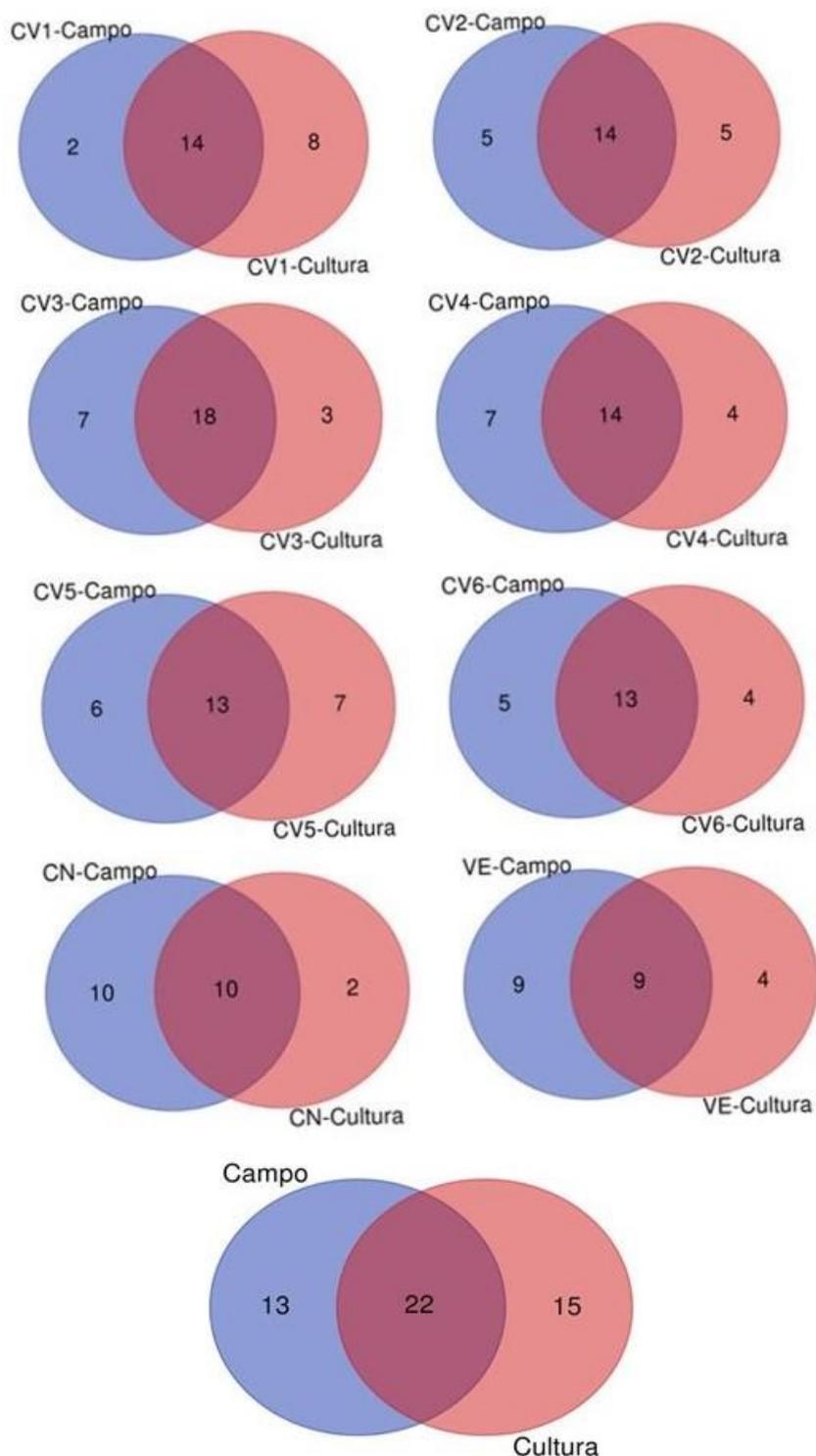
CV1= Guandu; CV2= Milheto; CV3= Guandu+Milheto; CV4= Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária; CV5= Milheto/Milho/Sorgo + Guandu; CV6= Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto; CN=Caatinga nativa e VE= Vegetação espontânea.

As culturas armadilhas permitiram adicionar 15 táxons, proporcionando melhor conhecimento da riqueza de espécies da área sob as coberturas vegetais (Tabela 5, Figura 7). Considerando cada tratamento individualmente, nas culturas armadilhas observou-se que o incremento de espécies variou de 10 a 45% (Figura 7); e quando consideramos o total de espécies observamos um acréscimo de 50% na riqueza total com as culturas armadilhas. A riqueza de espécies de FMA obtida com o uso de culturas armadilhas diferiu entre as coberturas vegetais (Figura 7), sendo importantes para ampliar a riqueza de espécies de FMA, principalmente nos tratamentos CV1 e CV5, possibilitando a adição de oito espécies de FMA, além das encontradas nas amostras de campo.

As espécies recuperadas a partir das culturas armadilhas foram: *Acaulospora spinulifera*, *Acaulospora splendida*, *Acaulospora longula*, *Acaulospora tuberculata*, *Acaulospora elegans*, *Acaulospora punctata*, *Cetraspora* sp1., *Diversispora* sp1., *Funneliformis geosporum*, *Glomus glomerulatum*, *Glomus heterosporum*, *Dominikia compressa*, *Paraglomus* sp1., *Paradentiscutata bahiana* e *Scutellospora calospora*.



<b>Entrophosporaceae</b>																									
<i>Claroideogломus etunicatum</i>	0,09	0,02	0,01	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,43	0,05	0,02	0,07	0,04	0,01	-
<b>Glomeraceae</b>																									
<i>Dominikia compressa</i>	-	-	0,62	-	-	-	-	-	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Funneliformis geosporum</i>	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. mosseae</i>	1,06	0,92	2,25	1,91	2,53	2,73	0,34	0,17	0,26	0,50	0,40	0,35	0,67	0,26	0,17	0,33	0	0,06	0,22	1,02	0,15	0,22	0,13	0,35	
<i>Glomus glomerulatum</i>	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. heterosporum</i>	-	1,81	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. macrocarpum</i>	1,16	1,25	2,18	2,52	1,81	2,02	0,39	0,98	0,61	1,30	1,86	1,53	0,86	0,81	1,59	1,72	0,57	0,83	0,97	2,45	1,05	0,48	0,22	0,81	
<i>Glomus sp. 1</i>	0,28	0,27	0,05	0,51	0,21	0,55	2,03	0,16	0,37	0,43	0,09	0,06	0,12	0,87	0,99	0,39	0,01	0,06	0,06	0,13	0,07	0,15	0,09	0,10	
<i>Glomus sp. 2</i>	0,02	0,05	-	0,01	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,02	0,01	-	-	-	
<i>Rhizogломus aggregatum</i>	0,02	0,95	0,15	0,11	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. arabicum</i>	-	0,02	0,82	0,34	0,20	0,15	0,06	-	0,06	0,04	0,22	0,06	0,01	0,10	-	-	-	0,02	-	-	0,01	-	-	-	
<i>R. intraradices</i>	-	0,11	-	-	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	-	0,31	-	0,07	0,01	-	-	0,17	-	-	-	-	0,01	-	-	
<i>R. irregulare</i>	-	0,01	0,09	0,02	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,02	-	-	-	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-	
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	0,11	0,15	0,31	0,56	0,15	0,32	0,09	0,21	0,11	0,11	0,21	0,23	0,13	0,09	0,12	0,17	0,04	0,11	0,16	0,28	0,11	0,40	0,24	0,13	
<i>Septogломus constrictum</i>	0,31	1,98	1,22	1,31	1,48	2,13	0,24	0,07	0,29	0,17	0,06	0,48	0,15	0,45	0,31	0,13	0,34	0,27	0,17	0,27	0,09	0,75	0,12	0,12	
<i>S. titan</i>	0,09	0,22	0,24	0,40	0,13	0,28	0,05	-	0,11	0,10	0,07	0,20	0,01	0,09	0,05	-	0,05	0,04	0,02	0,11	-	-	0,01	0,02	
<b>Archaeosporomycetes</b>																									
<b>Archaeosporales</b>																									
<b>Ambisporaceae</b>																									
<i>Ambispora sp.</i>	0,57	0,05	0,18	0,64	0,56	0,40	0,02	0,31	0,59	0,07	0,35	0,04	0,10	0,18	-	0,02	0,06	0,01	0,02	0,01	0,07	0,01	-	0,12	
<b>Paraglomeromycetes</b>																									
<b>Paraglomerales</b>																									
<b>Paraglomeraceae</b>																									
<i>Paragломus sp.</i>	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Riqueza por tratamento</b>	15	17	18	13	14	12	10	9	13	12	12	11	12	14	9	10	12	13	16	16	13	11	8	9	
<b>Riqueza por coleta</b>	29						21						23												
<b>Riqueza total</b>	37																								



**Figura 7.** Diagrama de Venn da riqueza de espécies de FMA em solo, com cultivo de mangueira e diferentes coberturas vegetais, encontrada a partir da extração direta de solo do campo e de culturas armadilha.

CV1= Guandu; CV2= Milheto; CV3= Guandu+Milheto; CV4= Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária; CV5= Milheto/Milho/Sorgo + Guandu CV6= Guandu/Crotalária/Feijão-de-porco + Milheto; CN=Caatinga nativa e VE= Vegetação espontânea. Coleta 1= C1; Coleta 2= C2; Coleta 3= C3 e Cultura armadilha= CA.

**Fonte:** O autor

As coberturas vegetais com CV1, CV5, CN e VE proporcionaram menor diversidade ( $H'$ ) em relação as demais áreas; constatando-se ainda menor riqueza em solos com cobertura vegetal dos tratamentos CV5, CV6, CN e VE (Tabela 6).

Constatou-se que a diversidade de coberturas vegetais do primeiro tempo de amostragem refletiu na maior diversidade de espécies de FMA, com manutenção após seis meses do plantio de mangueira, mas com redução significativa após 12 meses de cultivo. A maior riqueza de espécies de FMA foi observada em T2 na fase de transição da área de cultivo com coberturas vegetais pra plantio de manga. Houve redução da equitabilidade em T2, a qual se mantém com o avanço do tempo de cultivo de mangueira (Tabela 6).

**Tabela 6.** Índices de diversidade ( $H'$ ), equitabilidade ( $J'$ ) e riqueza ( $S$ ) de fungos micorrízicos arbusculares das amostras de campo em áreas de mangueira pré-cultivadas com coberturas vegetais ao longo do tempo.

<b>Fatores</b>	<b>Shannon (<math>H'</math>)</b>	<b>Pielou (<math>J'</math>)</b>	<b>Riqueza (<math>S</math>)</b>
<b>Cobertura vegetal</b>			
CV1	1,28 b	0,59 a	8,75 a
CV2	1,57 a	0,71 a	9,00 a
CV3	1,53 a	0,68 a	9,83 a
CV4	1,39 a	0,65 a	8,83 a
CV5	1,22 b	0,63 a	7,75 b
CV6	1,49 a	0,72 a	8,08 b
CN	1,31 b	0,70 a	7,16 b
VE	1,20 b	0,68 a	6,25 b
<b>Tempos de amostragem</b>			
T1	1,49 a	0,73 a	7,91 b
T2	1,44 a	0,67 b	8,94 a
T3	1,21 b	0,62 b	7,78 b

**Fonte:** O autor

A análise de espécie indicadora permitiu identificar 21 espécies indicadoras de alguns dos tratamentos, sendo oito espécies relacionadas aos períodos de coleta e 13 relacionadas aos tratamentos de coberturas vegetais (Tabela 7). Algumas espécies foram ao mesmo tempo relacionadas com os períodos de coleta e com os tratamentos de coberturas vegetais: *Rhizoglossum intraradices* foi indicadora de primeira coleta (CV) e dos tratamentos CV1+CV2+CV3; *Rhizoglossum irregulare* foi indicadora de primeira coleta (CV) e do tratamento

CV1; *Claroideoglopus etunicatum* foi indicadora da primeira coleta (CV-T1) e dos tratamentos CV1+CV2; *Acaulospora tuberculata* foi indicadora da segunda coleta (MG6-T2) e do tratamento CV4; *Acaulospora sieverdingii* foi indicadora da segunda coleta (MG6-T2) e dos tratamentos CV4+CV5. *Rhizoglopus aggregatum* foi indicadora da terceira coleta (MG12-T3) e dos tratamentos CV5, CV6 e CN. *Acaulospora spinosa* e *Acaulospora excavata* foram indicadoras das coletas realizadas aos 6 e 12 meses após o plantio das mudas de mangueira. *Ac. spinosa* também foi indicadora dos tratamentos CV5+CV6.

Não houve interação entre os fatores (coberturas vegetais e as coletas) na análise de permutação multivariada (PERMANOVA) com os dados das comunidades de FMA (F: 0,8004,  $p > 0,05$ ), mas houve efeito isolado apenas dos períodos de coletas (F: 7,6674,  $p < 0,05$ ) (Tabela 8). Os resultados da análise PERMANOVA mostraram que a comunidade de FMA diferiu entre os períodos de coleta e a coleta antes da implantação da cultura da manga apresentou comunidade distinta da observada após a introdução da cultura da manga (Tabela 8). A análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) baseada na comunidade e correlacionada com os atributos do solo pela análise Envfit evidenciou que as comunidades de FMA se correlacionaram com P ( $R^2=0,203$ ;  $p < 0,05$ ), K ( $R^2=0,133$ ;  $p < 0,05$ ), pH ( $R^2=0,02$ ;  $p < 0,05$ ); no entanto, apesar de significativas as correlações foram baixas (Figura 8).

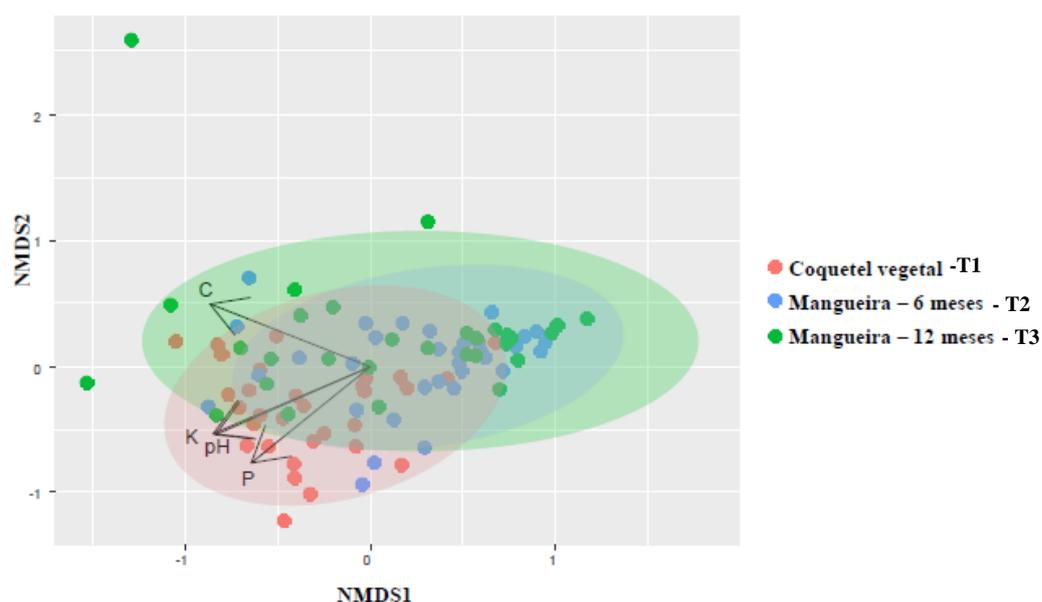
**Tabela 7.** Espécies indicadoras de FMA em área de cultivo de mangueira pré-cultivada com coberturas vegetais

<b>Espécies FMA</b>	<b>Fatores</b>		
	<b>Períodos de coleta</b>		
	<b>Grupo</b>	<b>IV%</b>	<b>p</b>
<b>Coberturas vegetais (T1)</b>			
<i>Rhizoglyphus intraradices</i>	CV	52,1	0,001
<i>Claroideoglyphus etunicatum</i>	CV	48,6	0,001
<i>Rhizoglyphus irregulare</i>	CV	38,2	0,014
<b>6 meses após o plantio da manga (T2)</b>			
<i>Acaulospora sieverdingii</i>	MG6	39,5	0,016
<i>Acaulospora tuberculata</i>	MG6	35,4	0,028
<b>12 meses após o plantio da manga (T3)</b>			
<i>Rhizoglyphus aggregatum</i>	MG12	39,5	0,016
<b>Coleta 2 + 3</b>			
<i>Acaulospora spinosa</i>	MG6+MG12	50,0	0,012
<i>Acaulospora excavata</i>	MG6+MG12	48,4	0,009
<b>Tratamentos de coberturas vegetais</b>			
	<b>Grupo</b>	<b>IV%</b>	<b>p</b>
<b>CV1: Milheto</b>			
<i>Rhizoglyphus irregulare</i>	CV1	62,4	0,001
<b>CV4: Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária</b>			
<i>Acaulospora tuberculata</i>	CV4	57,7	0,003
<b>CV6: Guandu/Crotalária/Feijão de porco + milheto</b>			
<i>Rhizoglyphus aggregatum</i>	CV6	47,0	0,037
<b>CV1 + CV2: Guandu</b>			
<i>Claroideoglyphus etunicatum</i>	CV1+CV2	49,3	0,012
<b>CV4 + CV5: Milheto/milho + Sorgo/Guandu</b>			
<i>Acaulospora sieverdingii</i>	CV4+CV5	45,6	0,017
<b>CV5 + CV6</b>			
<i>Acaulospora spinosa</i>	CV5+CV6	60,9	0,006
<b>CV5 + VE: vegetação espontânea</b>			
<i>Cetraspora pellucida</i>	CV5+VE	44,5	0,050
<b>CV1 + CV2 + CV3: Milheto+Guandu</b>			
<i>Rhizoglyphus intraradices</i>	CV1+CV2+CV3	49,1	0,038
<b>CV1 + CV4 + CV5</b>			
<i>Acaulospora morrowiae</i>	CV1+CV4+CV5	45,1	0,043
<b>CV5 + CV6 + CN: Caatinga Nativa</b>			
<i>Rhizoglyphus aggregatum</i>	CV5+CV6+CN	57,3	0,004
<b>CV1 + CV4 + CV6 + CN</b>			
<i>Claroideoglyphus etunicatum</i>	CV1+CV4+CV6+CN	49,3	0,012
<b>CV1 + CV2 + CV3 + CV4 + CV5 + CV6 + CN</b>			
<i>Glomus sp.1</i>	CV1+CV2+CV3+CV4+C V5+CV6+CN	45,6	0,017
<b>CV1 + CV2 + CV4 + CV5 + CV6 + CN + VE</b>			
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	CV1+CV2+CV4+CV5+C V6+CN+VE	60,9	0,006

IV: Valor de indicação; p: significância a 5% de probabilidade pelo teste de Monte Carlo.

**Tabela 8.** Análise de permutação multivariada (PERMANOVA) em relação aos períodos de coleta, em cultivo de mangaueira sob diferentes tratamentos de coberturas vegetais.

Comparações	F	P
CV vs MG6	12,528	0,003
CV vs MG12	9,535	0,003
MG6 vs MG12	1,582	0,477



**Figura 8.** Análise de escalonamento não-métrico (NMDS) das comunidades de FMA correlacionados com os atributos do solo (Envfit) em área de pomar de mangaueira sob influência de diferentes coberturas vegetais.

## 5. DISCUSSÃO

No presente estudo, o consócio de três espécies de leguminosas e uma gramínea proporcionou maior percentual de colonização micorrízica (média 89,25%) na rizosfera da cultura da mangueira em campo, após seis e 12 meses. Esse resultado é consistente com as respostas encontradas por Njira et al. (2017), que observaram aumento significativo da colonização micorrízica das raízes de milho (*Z. mays*), quando a área foi pré-cultivada com cobertura vegetal de consócio de Guandu (*Cajanus cajan*) e Caupi (*Vigna unguiculata*), comparado aos demais monocultivos e consórcios de espécies de leguminosas e gramíneas. Esses autores atribuem o aumento da colonização micorrízica ao aumento da disponibilidade de nutrientes oriundos dos resíduos de leguminosas.

Da mesma forma, Bowles et al. (2017) registraram incremento no percentual de colonização micorrízica de culturas comerciais (tomate – *Solanum lycopersicum* L. e milho – *Zea mays*), variando de 17,4 a 30,5%, devido ao pré-cultivo com leguminosas (guandu – *C. cajan*, soja – *Glycine max* [L.] Merr. e feijão – *Phaseolus* sp.), indicando que o uso dessas espécies como coberturas vegetais podem melhorar a qualidade biológica do solo, principalmente após pousio de áreas agrícolas ou de perturbação do solo. O efeito do pré-cultivo com leguminosas na colonização micorrízica foi bem evidente, especialmente no tratamento CV6, possibilitando a persistência de alto percentual de colonização micorrízica (cerca de 90%), mesmo após 12 meses de cultivo de mangueira.

Embora o consócio de leguminosas com milheto (CV6) tenha proporcionado maior colonização micorrízica, este estímulo não ocorreu com o número de glomerosporos encontrado no solo, visto que este tratamento não propiciou aumento significativo na esporulação em relação à vegetação espontânea (VE) e Caatinga (CN).

Considerando os parâmetros micorrízicos avaliados, os consórcios de coberturas vegetais mais favoráveis e indicados para aumentar o número de propágulos de FMA e colonização radicular devem possuir em sua constituição o milheto e guandu, comum nos tratamentos CV4, CV5 e CV6. Benefícios do uso de milheto e guandu como coberturas vegetais em sistema de aléias (plantio em fileiras de leguminosas intercaladas por culturas agrícolas) no cultivo de duas leguminosas perenes (Gliricídia - *Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp. e Leucena—*Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit.) foram reportados,

resultando em maiores taxas colonização micorrízica e número de propágulos infectivos de FMA (BALAKRISHNA et al., 2017).

Embora o feijão Guandu seja uma espécie responsiva à micorrização, no campo a taxa de colonização micorrízica nas raízes pode variar em função do genótipo utilizado, visto que tais genótipos podem estabelecer associações preferenciais com espécies de FMA presentes em cada rizosfera (CARVALHO et al., 2010).

A família Fabaceae, que agrupa a espécie *C. cajan* - feijão guandu, está bem representada na Caatinga (FORZZA et al., 2010) e várias espécies foram estudadas em relação a associação simbiótica com FMA (CÓRDULA et al., 2014), fato que demonstra o potencial de uso destes representantes como coberturas vegetais no pré-cultivo.

Representantes de Fabaceae, além de outras famílias - *Euphorbiaceae*, *Poaceae*, *Malvaceae*, *Zygophyllaceae*, *Fabaceae*, *Rubiaceae*, *Molluginaceae*, *Solanaceae*, *Convolvulaceae* e *Nyctaginaceae*, constituíam a cobertura da vegetação espontânea da área de estudo, sendo possível verificar alto percentual de colonização micorrízica em T1 (88%). Tal fato demonstra que, embora a vegetação espontânea seja às vezes referenciada como plantas daninhas, este tipo de vegetação pode contribuir para a diversidade biológica dos solos dentro de agrossistemas, possibilitando aumentar a formação de propágulos de FMA constituído por raízes colonizadas, como sugerido por Brito, Carvalho e Goss (2013). A vegetação espontânea pode ainda exercer papel de hospedeiro intermediário e promover melhorias às futuras culturas, como proposto para diversas frutíferas, e.g. maçã (NEILSEN et al., 2014) e uva (PADINI et al., 2002). Embora a eliminação da vegetação espontânea seja tradicionalmente destinada a aumentar o crescimento e a produtividades de pomares, o efeito desse tipo de manejo, em longo prazo, sobre os micro-organismos e estado nutricional do solo ainda são negligenciados (ZHANG et al., 2018).

Deve-se salientar que não necessariamente exista uma relação equilibrada entre os valores de colonização, NMP e número de glomerosporos, esse fato foi observado em nosso estudo, principalmente nos tratamentos com CV6, CN e VE – baixo número de glomerosporos e alto percentual de colonização. Resultados obtidos por Hernandez et al. (2015) em experimento com monocultivo e consórcio da cultura da mangueira com arbusto nativo da

África (*Piliostigma reticulatum* [DC] Hochst), em região com clima semiárido, demonstrou que aumento significativo da colonização micorrízica nas raízes de ambas as espécies - mangueira e *P. reticulatum* ocorria quando as culturas estavam consorciadas, porém maior esporulação era observada em monocultivos.

Diferenças no número de glomerosporos no campo podem estar relacionadas à composição da comunidade de FMA, visto que a infectividade, persistência e formação de propágulos variam em função dos grupos de FMA presente no solo (KLIRONOMOS; HART, 2002). Segundo Silva et al. (2014), geralmente as menores taxas de esporulação ocorrem em áreas com alta estabilidade e, conseqüentemente, menor estresse ambiental. Em nosso estudo, os maiores valores para número de glomerosporos oscilaram entre 5 e 8 glomerosporos  $g^{-1}$  solo, sendo estes valores maiores do que os normalmente encontrados na Caatinga (MAIA et al., 2010; SOUSA et al., 2014; PEREIRA et al., 2018), o que poderia sugerir que as coberturas vegetais testadas promoveriam um ambiente menos estável e com maior estresse ambiental. Entretanto, tal resultado deve ser analisado com cautela, devendo ser considerada as condições ambientais – solo, temperatura, luminosidade, a composição da comunidade de FMA e sua biologia. Ademais, outros parâmetros biológicos podem auxiliar no melhor entendimento da qualidade ambiental.

Dentre os parâmetros micorrízicos, o NMP de propágulos infectivos de FMA, com exceção do tratamento CV2, aumentou consideravelmente com o estabelecimento inicial da mangueira, este fato pode estar relacionado a resposta da comunidade de FMA presentes nas demais coberturas vegetais à introdução de uma espécie de vegetal ao ambiente. Outras mudanças, como remoção da vegetação e o uso do solo, também podem trazer modificações no número de propágulos infectivos no solo, visto que comunidade de FMA apresenta diferentes tolerâncias a tais alterações (PEREIRA et al., 2018).

Em relação às proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG-FFE e FT), observa-se que após seis meses do plantio de mangueira houve aumento nos teores de PSRG de ambas as frações. Esse resultado pode estar diretamente relacionado com o aumento nos percentuais de colonização micorrízica e do NMP de propágulos infectivos de FMA no solo, pois segundo Rillig (2004), a atividade dos FMA no ambiente exerce forte relação na produção de PSRG, seja ela a fração facilmente extraível ou total.

Xu et al. (2017) estudando os efeitos de três tipos de uso de solo (Campo arável, Floresta nativa e Pastagem) observaram que os teores de PSRG (FFE e FT) e a abundância de espécies de FMA foram menores em solo cultivado (Arável), em comparação as outras áreas, devido as atividades agrícolas empregadas na área. Este fato pode explicar parcialmente os maiores teores FT-PSRG encontrado nos solos com CN e VE; porém na FFE-PSRG verifica-se que mesmo as áreas com coberturas vegetais acumularam maior teor, excetuando CV5 e CV6. O pH e o teor de carbono orgânico total do solo são fatores que afetam o acúmulo de PSRG, principalmente na camada superficial – cerca de 20 cm (WANG et al., 2017b), porém o pH do solo estudado variou de 6,75 a 7,29, não sendo, neste caso, o fator determinante para diferenças nos teores de PSRG. Considerando que os teores de PSRG são correlacionados com C e N do solo (RILLIG et al., 2003) é provável que o uso de combinações de leguminosas e gramíneas como coberturas vegetais expliquem os resultados encontrados neste trabalho, visto que as espécies de plantas pertencentes a estes grupos podem ser utilizadas como fonte de C e N ao solo.

Os fatores que controlam a produção de PSRG pelos FMA em diferentes ambientes não estão totalmente esclarecidos e fatores como clima, biota do solo, concentrações de nutrientes e, possivelmente, a diversidade de FMA e de espécies vegetais hospedeiras podem influenciar na deposição dessa proteína no solo (RILLIG et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2009; SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2013).

A utilização de diferentes coberturas vegetais proporcionou melhoria nos parâmetros micorrízicos - colonização micorrízica, número de esporos, produção de micélio extrarradicular e de PSRG, com o tratamento com gramíneas proporcionando os melhores resultados no cultivo subsequente de milho e girassol (GARCÍA-GONZALEZ et al., 2016). Além das gramíneas, a combinação com leguminosas mostrou-se efetiva em melhorar as características biológicas do solo, relacionadas com a atividade micorrízica.

O uso de composições de cobertura vegetal possibilitou encontrarmos diferenças na diversidade e na riqueza de espécies de FMA. Embora a riqueza de espécies de FMA no tratamento CV1 tenha sido alta, a exemplo de CV2, CV3 e CV4, o uso de guandu como cobertura vegetal não resultou em significativo valor de diversidade de FMA. Neste estudo, os tratamentos CV2, CV3, CV4 e CV6 propiciaram maiores índices de diversidade de espécies de FMA,

demonstrando que diferentes composições de cobertura podem favorecer esses índices ecológicos. Ao contrário, Hontoria et al. (2019) não encontraram influência do tipo de cobertura vegetal (cevada – *Hordeum vulgare* L. e ervilhaca - *Vicia sativa* L.) sobre os índices de riqueza e diversidade de espécies de FMA na rizosfera da cultura subsequente - milho.

Abdelhalim et al. (2014) analisando a diversidade e composição de espécies de FMA em diferentes culturas vegetais no Sudão, observaram que a correlação negativa entre o teor de P disponível e o número de esporos de FMA no solo pode ser anulada pela influência das coberturas vegetais, mostrando que a espécie de planta possui grande influência sobre esses fungos simbiotes. Em nosso estudo, a variação encontrada no número de glomerosporos não pode ser explicada totalmente pelo teor de P no solo, visto que os valores eram relativamente alto em nosso estudo (variando de 42 – 65 mg.dm<sup>-3</sup> de P sem o uso de adubação química), confirmando a influência das coberturas vegetais sobre esta variável e também sobre a riqueza e diversidade de espécies de FMA.

A riqueza de espécies de FMA em áreas semiáridas e áridas variaram de 3 a 32 espécies de FMA (BASHAN et al., 2000; YANG et al., 2010; ALGUACIL et al., 2012; CARNEIRO et al., 2012; PAGANO et al., 2013). Em nosso estudo este número foi superior, sendo possível a identificação de 35 espécies de FMA a partir de amostras diretas do campo e mais 15 espécies com o uso de culturas armadilha, totalizando o registro de 50 espécies de FMA.

O incremento no número de espécies identificadas com o uso de culturas armadilha evidencia que essa técnica é importante, especialmente em regiões semiáridas, para que haja uma avaliação mais completa da riqueza local, considerando que muitas espécies não estavam esporulando no momento da coleta. Por outro lado, o uso da técnica em solos provindos de plantio direto de culturas de milho, milho/soja e milho/aveia, cultivados no norte do Paraná, possibilitou incremento de apenas quatro espécies de FMA que não haviam sido detectadas diretamente no campo (BARTZ et al., 2008) e; em solo provindo de área de campo rupestre, a técnica de culturas armadilha propiciou a identificação de apenas três espécies de FMA não encontrada no campo (COSTA et al., 2016). Estes resultados reforçam a importância do uso de culturas armadilha para análise de diversidade de espécies de FMA em áreas áridas e semiáridas, conforme proposto por Stutz & Morton (1996).

*Acaulospora*, *Glomus* e *Rhizoglomus* foram os gêneros mais abundantes entre as coletas e as coberturas vegetais, corroborando com estudos realizados em áreas áridas e semiáridas do Nordeste (MELLO et al., 2012; DANTAS et al., 2015; ASSIS et al., 2018).

As espécies *Acaulospora scrobiculata*, *Ambispora* sp1., *Funneliformis mosseae*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus* sp1., *Septoglomus constrictum* e *Sclerocystis sinuosa* ocorreram de forma generalizada nas amostras de campo no presente estudo. As mesmas espécies foram igualmente generalistas, de acordo com Pontes et al. (2017), os quais avaliaram o efeito do uso de cobertura de fibra de coco e esterco bovino no cultivo do feijão-caupi.

Por outro lado, as espécies *Acaulospora excavata*, *Acaulospora spinosa*, *Gigaspora margarita*, *Cestrapora pellucida* e *Rhizoglomus aggregatum* foram encontradas apenas após a introdução das mudas de mangueira, mostrando que de certa forma a rizosfera da frutífera propiciou a esporulação dessas espécies nas amostras de campo. Estes resultados podem estar atrelados a interação entre os simbiontes (*Mangifera indica* e os FMA), onde foram relatados aumentos da colonização micorrízica, densidade de esporos e da riqueza dos FMA em associação com essa espécie vegetal (MOHANDAS, 2012; DOBO; ASEFA; ASFAW, 2018).

Embora o uso de culturas armadilha tenha propiciado a identificação de mais 15 espécies de FMA, nove espécies (*Acaulospora foveata*, *Acaulospora herrerae*, *Acaulospora papillosa*, *Acaulospora paulinea*, *Acaulospora sieverdingii*, *Corymbiglomus corymbiforme*, *Kamienskia bistrata*, *Septoglomus deserticola* e *Sclerocystis coremioides*) não foram detectadas nas amostras provenientes das culturas armadilha. A supressão da esporulação dessas espécies de FMA pode ocorrer devido à competição por sítio de colonização na raiz, adaptação às condições de casa de vegetação e vaso de cultivo (CUENCAS et al., 2003; BŁASZKOWSKI; CZERNIAWSKA, 2011), composição do substrato e as espécies vegetais utilizadas para propagação de FMA em culturas armadilhas (YAO et al., 2010). Estes resultados indicam que o uso de cultura armadilha como técnica adicional ao estudo de diversidade de espécies de FMA, pode contribuir para uma análise mais fidedigna do campo, e escolhas adequadas de espécies vegetais e condições de cultivo podem ser determinantes. Recentemente, Silva et al. (2017) sugeriram que o uso de espécies vegetais que ocorrem na área de estudo podem ser mais favoráveis à

recuperação de esporos e identificação de espécies de FMA, como observado para análise de áreas de restingas continentais e insulares utilizando *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. e *Canavalia rosea* (Sw.) DC. como planta isca em culturas armadilhas.

O uso de milho como planta isca nas culturas armadilhas das coberturas vegetais utilizadas em nosso estudo possibilitou a recuperação de espécies dos gêneros *Acaulospora*, *Cetraspora*, *Diversispora*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Dominikia*, *Paraglomus*, *Paradentiscutata* e *Scutellospora* após um ciclo em casa de vegetação. Ao contrário, Trejo-Aguilar et al. (2013) necessitaram de mais ciclos para a recuperação de espécies de FMA em culturas armadilhas. Essas diferenças podem ser decorrentes, em parte, das estratégias das espécies de FMA, que podem ter colonização radicular mais rápida, a exemplo das espécies glomóides, fato a ser considerado para que a verdadeira diversidade de FMA presente em determinado ambiente não seja subestimada (HART; READER, 2002). Embora em nosso estudo tenha sido avaliado apenas um ciclo de cultura armadilha, o uso de sucessivos ciclos pode possibilitar a detecção de espécies de FMA com estratégias de colonização mais tardias (OEHL et al., 2009).

*Acaulospora* foi o gênero com maior número de espécies encontradas (BENEDITTI et al., 2005; SANTOS; SCORIZA; FERREIRA, 2013; PEREIRA et al., 2018), indicando grande adaptabilidade desse táxon. O domínio de espécies desse gênero na Caatinga é especialmente relacionado a grande capacidade adaptativa e resistência a estresses naturais (climáticos e ambientais) que esses organismos estão sujeitos nesse bioma (TEIXEIRA-RIOS et al., 2013; SOUSA et al., 2013; CEOLA, 2015).

Outro aspecto relevante foi a predominância de espécies (19) que apresentam esporos do tipo glomóide (*Corymbiglomus*, *Claroideoglomus*, *Dominikia*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Kamienskia*, *Paraglomus*, *Rhizoglomus*, *Sclerocystis* e *Septoglomus*). Em outras regiões semiáridas, a ocorrência frequente de representantes do gênero *Glomus sensu lato* em solos de sistemas com cobertura vegetal também foi registrada, sugerindo sua prevalência em solos agrícolas (HONTORIA et al., 2019).

O maior número de espécies que produzem esporos glomóides pode estar atrelado à predominância em raízes e solos aráveis, por serem mais adaptados a ambientes perturbados, além de terem alta taxa de esporulação, colonizando por fragmentos de hifas e raízes colonizadas, com capacidade de

reconstruir uma rede micelial após a ruptura mecânica (GIOVANNETTI; AZZOLINI; CITERNESI, 1999; OEHL et al., 2003; ZHAO et al., 2017).

Em geral, espécies que apresentam esporos do tipo glomóide se caracterizam por apresentarem pequenos esporos e com rápida esporulação, possibilitando maior sobrevivência em ecossistemas que sofreram transformações devido aos manejos do solo empregados e modificação da vegetação nativa. Essas modificações podem, inicialmente, resultar em aumento na diversidade de espécies de FMA, como observado nas áreas com diferentes composições de espécies como as coberturas vegetais utilizadas em nosso trabalho, excetuando os tratamentos CV1 e CV5, quando comparadas à Caatinga nativa (CN) e com vegetação espontânea (VE). Em área cultivada com *Coffea arabica* em consórcio com adubos verdes, Prates-Junior et al. (2019) também observaram alta diversidade de espécies de FMA quando comparada ao sistema convencional e a área de fragmentos florestais de uma área de Mata Atlântica. Estes resultados indicam que determinadas combinações de espécies vegetais podem ser utilizadas para estimular a comunidade de FMA, gerando aumento na diversidade morfológica de espécies.

A maioria das espécies indicadoras pertencia aos gêneros *Rhizoglossum* e *Acaulospora*. *Rhizoglossum* é um gênero comumente utilizado em inoculantes e que esporulam abundante dentro das raízes, espécies desse gênero como as registradas (*i.e.* *Rhizoglossum irregulare* e *Rhizoglossum intraradices*) nesse estudo são amplamente utilizadas na agricultura. Vukicevich et al. (2019) também observaram que *Rhizoglossum irregulare* foi indicadora do tratamento com gramíneas e herbáceas em experimentos com diferentes coberturas vegetais.

Espécies do gênero *Acaulospora* são consideradas estresse-tolerantes segundo a classificação CSR (CHAGNON et al., 2013). Dentre estas, *Acaulospora scrobiculata* é uma espécie considerada generalista e amplamente distribuída, sendo encontrada em diversas regiões do Brasil (SILVA et al., 2015; STÜRMER; STÜRMER; PASQUALINI, 2013). Em estudo sobre a diversidade de FMA ao longo de um gradiente ambiental no semiárido brasileiro, *Acaulospora scrobiculata* foi considerada espécie indicadora para área de floresta seca (SILVA et al., 2014). Estes resultados explicam, parcialmente, a razão de *A. scrobiculata* ser considerada espécie indicadora de diversas coberturas vegetais

(CV1 + CV2 + CV4 + CV5 + CV6 + CN + VE), apontando a necessidade de melhor entendimento sobre a biologia da espécie.

Em relação à vegetação, levando em consideração a aplicação dos coquetéis vegetais, as coletas realizadas seis e doze meses após o cultivo da manga beneficiaram o surgimento de alguns gêneros como *Gigaspora*, *Racocetra* e *Intraornatospora*.

Segundo Pontes et al. (2017), algumas espécies de FMA podem ser consideradas especialistas de determinados ambientes, sendo extremamente sensível as mudanças no uso do solo e nos manejos empregados. No presente estudo, *Corymbioglomus corymbiforme* foi uma espécie que ocorreu apenas em um tratamento e um período de coleta. Esses resultados mostram a importância de aprofundarmos o entendimento sobre os efeitos das práticas de uso do solo na diversidade das espécies de FMA.

Verifica-se ainda que a diversidade de espécies de FMA diminuiu após 12 meses de cultivo da mangueira, indicando que pode estar havendo seleção de espécies e que o monocultivo a longo prazo pode ocasionar menor diversidade desses fungos. Resultados semelhantes foram observados por Menezes et al. (2016), os quais verificaram diminuição da comunidade de FMA ao longo de tempo em sistema de consórcio de *Clitoria ternatea* e *Cenchrus ciliaris*.

Diferenças na composição das comunidades de FMA foram observadas apenas para as coletas, mostrando que as coberturas vegetais não ocasionam efeito significativo na estrutura da comunidade. Resultado semelhante foi obtido por Higo et al. (2019), que observaram que o uso de coberturas vegetais formadas por Azevém (*Lolium multiflorum* L.), Ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e Mostarda marrom (*Brassica juncea* (L.) Czern.) (leguminosa/gramínea/não-micótrfica) não causaram alterações significativas na estrutura da comunidade de FMA nas culturas subsequentes de milho e soja.

Adicionalmente, observou-se que a introdução da cultura da mangueira ocasionou mudança nas comunidades de FMA quando comparada com a coleta realizada antes da introdução do cultivo de mangueira. Resultado distinto foi encontrado por González-Cortes et al. (2012), que observaram modificações mínimas na comunidade de FMA com a mudança no uso da terra, após conversão de florestas temperadas em plantações de abacate. Esses resultados indicam que as mudanças da comunidade de FMA com a introdução da mangueira, possivelmente decorre de suas características como crescimento,

fenologia, arquitetura de raiz e suas interações com os atributos químicos e físicos do solo.

A análise de NMDS baseada na comunidade e correlacionada com os atributos do solo evidenciou que as comunidades de FMA tiveram correlação baixa com os atributos P, K e pH da área. Resultados semelhantes foram observados por Rodriguez-Echeverría et al. (2017) em uma floresta seca, onde atributos químicos do solo como C e N tiveram maior significância em relação ao pH e o K. Ao contrário dos resultados encontrados no presente estudo, HIGO et al. (2018) demonstraram que o fósforo teve forte relação com a estrutura e formação das comunidades de FMA em área com cultivo de sucessão de coberturas vegetais na cultura da soja. Entretanto, a aplicação de adubação fosfatada por dois anos nesta área eliminou o efeito do cultivo de coberturas sobre a atividade micorrízica. Nossos resultados indicam que as espécies vegetais podem ser mais determinantes para a estrutura da comunidade de FMA do que os atributos químicos do solo.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

De modo geral, as diferentes coberturas vegetais utilizadas em pré-cultivo de mangueira modulam a atividade micorrízica, com aumento no percentual de colonização micorrízica, no número de glomerosporos e no teor de proteínas do solo relacionadas à glomalina – facilmente extraível. Notadamente, os períodos de coleta afetam de forma mais efetiva os teores de PSRG de ambas as frações, como evidenciado após a introdução das mudas de mangueira.

*Acaulospora*, *Glomus* e *Rhizoglomus* foram os gêneros com maior número de espécies, e também foram os que apresentaram a maior parte das espécies selecionadas como indicadoras dos tratamentos. A estrutura da comunidade de FMA não é afetada pelos tratamentos de coberturas vegetais, mas é influenciada pelo período de coleta. Com a introdução do cultivo de mangueira modificando a comunidade de FMA, e apresentando diminuição da diversidade obtida pelo índice de Shannon, indicando seleção de espécies em longo prazo.

Os atributos de solo selecionados como estruturadores da comunidade de FMA são P, pH e K. No entanto, os valores de correlação desses atributos foram baixos, evidenciando que algum atributo não avaliado possa ser mais determinante na estruturação dessas comunidades.

Ao final deste estudo, é possível sugerir o pré-cultivo de Milheto/Sorgo + Guandu/Crotalária como opção de cobertura vegetal em áreas de plantio de mangueira, pois propicia aumento na diversidade de FMA e atividade micorrízica. A redução da diversidade de FMA com o cultivo de mangueira a longo prazo, indicando que pode haver seleção de espécies desse grupo de fungos, sugerindo-se a adoção de medidas que possam mitigar este efeito.

A hipótese de que coberturas vegetais em consórcio aumentam a atividade micorrízica foi parcialmente confirmada em nosso estudo, pois variáveis como número de glomerosporos e PSRG (FT e FFE) são mais influenciadas pelas escolhas das combinações de espécies vegetais, ao contrário da colonização micorrízica que apresenta menores valores em coberturas vegetais com monocultivo de gramínea (milheto) ou leguminosa (guandu).

## 7. REFERÊNCIAS

ABDEL-FATTAH, G. M. et al. An ecological view of arbuscular mycorrhizal status in some Egyptian plants. **Journal of Environmental Sciences**, v. 37, p. 123-136, 2010.

ABDELHALIM, T. S. et al. Species composition and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in White Nile state, Central Sudan. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 60, n. 3, p. 377-391, 2014.

AGNOLUCCI, M. et al. Bacteria associated with a commercial mycorrhizal inoculum: community composition and multifunctional activity as assessed by Illumina sequencing and culture-dependent tools. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1956, 2019. doi: 10.3389/fpls.2018.01956

AGUILAR, R. et al. Organic fertilizers alter the composition of pathogens and arbuscular mycorrhizal fungi in maize roots. **Journal of Phytopathology**, v. 165, n. 7-8, p. 448-454, 2017.

ALEKLETT, K.; WALLANDER, H. Effects of organic amendments with various nitrogen levels on arbuscular mycorrhizal fungal growth. **Applied Soil Ecology**, v. 60, p. 71-76, 2012.

ALFONSI, R. R. **Manejo e conservação**. Embrapa, 2015. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_30\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_30_711200516717.html)> Acesso em: 04 de Setembro 2018.

ALGUACIL, M. M. et al. Perennial plant species from semiarid gypsum soils support higher AMF diversity in roots than the annual *Bromus rubens*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 49, p. 132-138, 2012.

ALI, H. E.; REINEKING, B.; MÜNKEMÜLLER, T. Effects of plant functional traits on soil stability: intraspecific variability matters. **Plant and Soil**, v. 411, n. 1-2, p. 359-375, 2017.

ALICEWEB. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/html>>. Acesso em: 21 de Dezembro de 2017.

ALMEIDA, W. S. et al. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 130-138, 2018.

AMANIFAR, S. et al. Alleviation of salt stress and changes in glycyrrhizin accumulation by arbuscular mycorrhiza in liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) grown under salinity stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 160, p. 25-34, 2019.

AMIR, H. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and sewage sludge enhance growth and adaptation of *Metrosideros laurifolia* on ultramafic soil in New Caledonia: A field experiment. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 334-343, 2019.

ANDRADE, R. G. et al. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 21, n. 3, p. 234-243, 2013.

- ANDRIAMANANJARA, A. et al. Land cover impacts on aboveground and soil carbon stocks in Malagasy rainforest. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 1-15, 2016.
- ANGELOTTI, F.; FERNANDES JUNIOR, P. I.; SA, I. B. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1097-1111, 2011.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- ASCARI, J. P. et al. Quality of Soil in the function of biological fertilization and plant covering. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 15, p. 733-741, 2018.
- ASSIS, D. M. A. et al. Assemblages of arbuscular mycorrhizal fungi in tropical humid and dry forests in the Northeast of Brazil. **Botany**, v. 96, n. 12, p. 859-871, 2018.
- BAI, Z. et al. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 265, p. 1-7, 2018.
- BALAKRISHNA, A. N. et al. Influence of alley cropping system on AM fungi, microbial biomass C and yield of finger millet, peanut and pigeon pea. **Agroforestry Systems**, v. 91, n. 3, p. 487-493, 2017.
- BARBOSA, M. A. et al. Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. **Science of The Total Environment**, v. 657, p. 457-465, 2019.
- BARTZ, M. L. C. et al. Comparação entre as técnicas de amostragem direta em campo e cultura-armadilha para mensuração da diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares. **Hoehnea**, v. 35, p. 159-164, 2008.
- BASHAN, Y. et al. Assessment of VA mycorrhizal inoculum potential in relation to the establishment of cactus seedlings under mesquite nurse-trees in the Sonoran Desert. **Applied Soil Ecology**, v. 14, n. 2, p. 165-175, 2000.
- BASSIN, S. et al. Ozone and Nitrogen Effects on Juvenile Subalpine Plants: Complex Interactions with Species and Colonization by Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF). **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228, n. 1, p. 30, 2017.
- BASSOI, L.H. **Oportunidade para irrigação com déficit no semiárido**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO. Fortaleza: Anais, 2012.
- BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, p. 55-118, 2011.
- BEENHOUWER, M. et al. Changing soil characteristics alter the arbuscular mycorrhizal fungi communities of Arabica coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia across a management intensity gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 91, p. 133-139, 2015.
- BENCHERIF, K. et al. Soil and seasons affect arbuscular mycorrhizal fungi associated with Tamarix rhizosphere in arid and semi-arid steppes. **Applied Soil Ecology**, v. 107, p. 182-190, 2016.

- BENDER, S. F.; CONEN, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G.A. Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N<sub>2</sub>O production in experimental grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 80, p. 283-292, 2015.
- BENEDETTI, T. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 44–51, 2005.
- BENITEZ, M.; TAHERI, W. I.; LEHMAN, R. M. Selection of fungi by candidate cover crops. **Applied soil ecology**, v. 103, p. 72-82, 2016.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. v. VIII. **Nutrição Mineral de Plantas. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, v. 1, p. 53-88, 2007.
- BERRUTI, A.; LUMINI, E.; BIANCIOTTO, V. AMF components from a microbial inoculum fail to colonize roots and lack soil persistence in an arable maize field. **Symbiosis**, v. 72, n. 1, p. 73-80, 2017.
- BLANCO-CANQUI, H. et al. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2449-2474, 2015.
- BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 28, n. 3, p. 139-163, 2009.
- BŁASZKOWSKI, J. Arbuscular fungi and mycorrhizae (Glomales) of the Hel Peninsula, Poland. **Mycorrhiza**, v. 5, n. 1, p. 71-88, 1994.
- BŁASZKOWSKI, J. et al. A new family, Pervetustaceae with a new genus, *Pervetustus*, and *P. simplex* sp. nov. (Paraglomerales), and a new genus, *Innospora* with *I. majewskii* comb. nov. (Paraglomeraceae) in the Glomeromycotina. **Nova Hedwigia**, v. 105, n. 3-4, p. 397-410, 2017.
- BŁASZKOWSKI, J. **Glomeromycota**. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 2012.
- BŁASZKOWSKI, J. et al. *Halonatospora* gen. nov. with *H. pansihalos* comb. nov. and *Glomus bareae* sp. nov. (*Glomeromycota*; Glomeraceae). **Botany**, v. 96, n. 11, p. 737-748, 2018b.
- BŁASZKOWSKI, J.; CHWAT, G. *Septoglosum deserticola* emended and new combinations in the emended definition of the family Diversisporaceae. **Acta Mycologica**, v. 48, n. 1, p. 89-103, 2013.
- BŁASZKOWSKI, J. et al. Two new genera, *Dominikia* and *Kamienskia*, and *D. disticha* sp. nov. in Glomeromycota. **Nova Hedwigia**, v. 100, n. 1-2, p. 225-238, 2015.
- BŁASZKOWSKI, J. et al. A new genus, *Oehlia* with *Oehlia diaphana* comb. nov. and an emended description of *Rhizoglosum vesiculiferum* comb. nov. in the Glomeromycotina. **Nova Hedwigia**, v. 107, n. 3-4, p. 501-518, 2018a.
- BLASZKOWSKI, J.; CZERNIAWSKA, B. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) associated with roots of *Ammophila arenaria* growing in maritime dunes of Bornholm (Denmark). **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 80, n. 1, p. 63-76, 2011.
- BONFANTE, P.; GENRE, A. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. **Nature Communications**, v. 1, p. 48, 2010.

- BORGES, J. A.R. et al. X-ray computed tomography for assessing the effect of tillage systems on topsoil morphological attributes. **Soil and Tillage Research**, v. 189, p. 25-35, 2019.
- BOSCARO, D. et al. Evaluation of the energy and greenhouse gases impacts of grass harvested on riverbanks for feeding anaerobic digestion plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4099-4109, 2018.
- BOWLES, T. M. et al. Ecological intensification and arbuscular mycorrhizas: a meta-analysis of tillage and cover crop effects. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 6, p. 1785-1793, 2017.
- BRANDÃO, S. S. et al. Coquetéis vegetais e sistemas de manejo alterando a qualidade do solo e produtividade da mangueira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, p.1079-1089, 2017.
- BRITO, I.; CARVALHO, M.; GOSS, M. J. Soil and weed management for enhancing arbuscular mycorrhiza colonization of wheat. **Soil Use and Management**, v. 29, n. 4, p. 540-546, 2013.
- BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, p. 171-313, 1991.
- BÜCHI, L. et al. Importance of cover crops in alleviating negative effects of reduced soil tillage and promoting soil fertility in a winter wheat cropping system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 92-104, 2018.
- BÜNEMANN, E. K. et al. Soil quality—A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018.
- CALABRESE, S. et al. Transcriptome analysis of the *Populus trichocarpa*–*Rhizophagus irregularis* mycorrhizal symbiosis: regulation of plant and fungal transportomes under nitrogen starvation. **Plant and Cell Physiology**, v. 58, n. 6, p. 1003-1017, 2017.
- CAMPBELL, C. A. et al. Effect of crop rotations on microbial biomass, specific respiratory activity and mineralizable nitrogen in a black chernozemic soil. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 72, n. 4, p. 417-427, 1992.
- CAMPOS, A. B. et al. Seleção de fungicidas visando à preservação de fungos micorrízicos arbusculares nativos no cultivo do feijoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 9, p. 898–902, 2015.
- CÂNDIDO, G. D. A. et al. Sustainability assessment of agroecological production units: A comparative study of IDEA and MESMIS methods. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 99-120, 2015.
- CAPÓ-BAUÇÀ, S. et al. Long-term establishment of natural green cover provides agroecosystem services by improving soil quality in a Mediterranean vineyard. **Ecological Engineering**, v. 127, p. 285-291, 2019.
- CARBALLAR-HERNÁNDEZ, S. et al. Native communities of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Capsicum annuum* L. respond to soil properties and agronomic management under field conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 245, p. 43-51, 2017.
- CARDOSO, I. M.; KUYPER, T. W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 116, n. 1-2, p. 72-84, 2006.

- CARNEIRO, R. F. V. et al. Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 648-657, 2012.
- CARVALHO, A. A. et al. Spatial dependence of attributes of rainfed maize under distinct soil cover conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 33-39, 2019.
- CARVALHO, D. T. et al. Associação Micorrízica em Plantas Forrageiras e seu Efeito no Crescimento de Duas Variedades de *Cajanus cajan*, Cultivados em Argissolo e Neossolo. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 31-34, 2010.
- CASAZZA, G. et al. The abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi are linked to the soil chemistry of screes and to slope in the Alpic paleo-endemic *Berardia subacaulis*. **PLoS One**, v. 12, n. 2, p. e0171866, 2017.
- CASTILLO, B. T. et al. Impacts of experimentally accelerated forest succession on belowground plant and fungal communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 125, p. 44-53, 2018.
- CASTIONI, G. A. et al. Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi-approach assessment. **Soil and Tillage Research**, v. 184, p. 301-309, 2018.
- CASTRO NETO, F. et al. Balanço de Carbono–Viabilidade Econômica de Dois Sistemas Agroflorestais em Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00092114, 2017.
- CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 4, 2005.
- CCAFS. **Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security**. 2015. Disponível em: <<https://ccaafs.cgiar.org/>>. Acesso em: 21 de Dezembro de 2017.
- CEOLA, G. **Biogeografia e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em cenários contrastantes de uso do solo e de regime hídrico**. 2015. 166p. Tese Doutorado (Doutorado em Biociências). Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.
- CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. 2017. Disponível em: [www.hfbrasil.org.br/br/acessar/completo/anuario-2017-2018.aspx](http://www.hfbrasil.org.br/br/acessar/completo/anuario-2017-2018.aspx). Acesso em: 10 de Novembro de 2018.
- CHAGNON, P. et al. A trait-based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. **Trends in plant science**, v. 18, n. 9, p. 484-491, 2013.
- CHAGNON, P. L.; BRADLEY, R. L.; KLIRONOMOS, J. N. Trait-based partner selection drives mycorrhizal network assembly. **Oikos**, v. 124, n. 12, p. 1609-1616, 2015.
- CHAUDHARY, V. B. et al. Macroecology of microbes–biogeography of the Glomeromycota. Pp. 529-563. In: **Mycorrhiza**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- CHAUDHARY, V. B.; SANDALL, E. L.; LAZARSKI, M. V. Urban mycorrhizas: predicting arbuscular mycorrhizal abundance in green roofs. **Fungal Ecology**, p. 1-8, 2018.

- CHENG, D. et al. Photoinhibition and photoinhibition-like damage to the photosynthetic apparatus in tobacco leaves induced by *pseudomonas syringae* pv. *Tabaci* under light and dark conditions. **BMC plant biology**, v. 16, n. 1, p. 29, 2016.
- CHERUBIN, M. R. et al. Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. **Scientia Agrícola**, v. 75, n. 3, p. 255-272, 2018.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Primer**. Primer-E, Plymouth, 2006.
- CONG, W. et al. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 5, p. 1163-1170, 2014.
- COSTA, A.N. et al. **Recomendações técnicas para a produção de manga**. Vitória: Incaper, 56p, 2008.
- COSTA, H. A. O. et al. Species richness and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in *Syngonanthus elegans*, an endemic and threatened species from the Cerrado domain in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 3, p. 326-336, 2016.
- CÓRDULA, E.; MORIM, M. P.; ALVES, M. Morfologia de frutos e sementes de Fabaceae ocorrentes em uma área prioritária para a conservação da Caatinga em Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 65, n. 2, p. 505-516, 2014.
- CUENCA, G. et al. Mycorrhizal response of *Clusia pusilla* growing in two different soils in the field. **Trees**, v. 17, n. 3, p. 200-206, 2003.
- CUNHA, T. J. F. et al. Humified fraction of organic matter due to plant mixture cultivation. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 578-586, 2016.
- DANTAS, B. L. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in an organic orchard of semi-arid land of Ceará, Brazil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1480-1486, 2015.
- DAVISON, J. et al. Hierarchical assembly rules in arbuscular mycorrhizal (AM) fungal communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 97, p. 63-70, 2016.
- DE CACERES, M.; LEGENDRE, P. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. **Ecology**, v. 90, n. 12, p. 3566-3574, 2009. <https://doi.org/10.1890/08-1823.1>
- DE THERIDGE, A. P. et al. The legacy effect of cover crops on soil fungal populations in a cereal rotation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 228, p. 49-61, 2016.
- DIAS. et al. Estrutura da comunidade arbustivo-arbórea da Caatinga no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE. In: **Congresso Nacional de Botânica**, 2015, Santos - SP. 66º Congresso Nacional de Botânica, 2015.
- DOBO, B.; ASEFA, F.; ASFAW, Z. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi under different plant and soil properties in Sidama, southern Ethiopia. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 1, p. 91-101, 2018.
- DONADIO, L. C.; FERREIRA, F. R. Mangueira. In: Bruckner, C. H. **Melhoramento de Fruteiras Tropicais**. Cap. 12. Editora da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG. p. 351-372, 2002.
- DRUILLE, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and indirectly affected by glyphosate application. **Applied Soil Ecology**, v. 72, p. 143-149, 2013.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**, 1999.

ERANKI, P. L.; DEVKOTA, J.; LANDIS, A. E. Carbon footprint of corn-soy-oats rotations in the US Midwest using data from real biological farm management practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 210, p. 170-180, 2019.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415-420, 2006.

FAO. **Food And Agriculture Organization of the United Nations I, 2016.**

Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 03 de julho 2018.

FAO. **Food And Agriculture Organization of the United Nations, 2016.**

Disponível em: <[www.fao.org/home/en/](http://www.fao.org/home/en/)>. Acesso em: 21 de Dezembro de 2017.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017.**

Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 10 de Novembro de 2017.

FAO. **Food And Agriculture Organization of the United Nations.** Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/data>>. Acesso em: 13 de março de 2017.

FAO. **Food And Agriculture Organization of the United Nations.** Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/data>. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.

FARAONI, A.S.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C. Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Atributos químicos de um argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 299-307, 2007.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Green manuring grapevine with legumes in the submiddle São Francisco River Valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 641-648, 2004.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soil and Tillage Research**, v. 113, n. 1, p. 1-10, 2011.

FAVERO, L. A. et al. A cultura da manga no São Francisco: posicionamento, limites, oportunidades e ações estratégicas. **Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza**, 2008.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: **Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. R package version 1.2.0. 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 5 de maio de 2018.

FERREIRA, R. G. et al. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, 2011.

- FERROL, N. et al. The heavy metal paradox in arbuscular mycorrhizas: from mechanisms to biotechnological applications. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 22, p. 6253–6265, 2016.
- FIORILLI, V. et al. Omics approaches revealed how arbuscular mycorrhizal symbiosis enhances yield and resistance to leaf pathogen in wheat. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 9625, 2018.
- FOKOM, R. et al. Glomalin related soil protein, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use variation in the humid forest zone of south Cameroon. **Soil and Tillage Research**, v. 120, p. 69-75, 2012.
- FORTE, C. T. et al. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 13, n. 1, p. 5504, 2018.
- FORZZA, R. C. et al. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil-Vol. 1**. Rio de Janeiro, JBRJ, 2010.
- FREITAS, A. D. S. et al. Nitrogen fixation of Poaceae and Leguminosae in a green manure experiment in the Brazilian semiarid region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 11, p. 1474, 2017.
- FÜZY, A. et al. Mycorrhizal symbiosis effects on growth of chalk false-brome (*Brachypodium pinnatum*) are dependent on the environmental light regime. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 5, p. 1-6, 2014.
- GARCIA, L. et al. Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 251, p. 158-170, 2018.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, I. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal activity responses to winter cover crops in a sunflower and maize cropping system. **Applied Soil Ecology**, v. 102, p. 10-18, 2016.
- GARLAND, G. et al. Plant-mediated rhizospheric interactions in maize-pigeon pea intercropping enhance soil aggregation and organic phosphorus storage. **Plant and Soil**, v. 415, n. 1-2, p. 37-55, 2017.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.
- GIANINAZZI, S. et al. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. **Mycorrhiza**, v. 20, n. 8, p. 519-530, 2010.
- GIANINAZZI-PEARSON, V. Plant cell responses to arbuscular mycorrhizal fungi: getting to the roots of the symbiosis. **The Plant Cell**, v. 8, n. 10, p. 1871, 1996.
- GIONGO, V. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 611-618, 2011.
- GIONGO, V. et al. Sistemas de manejo do solo para cultivo sustentável do melão no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 537-547, 2016.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An Evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GIOVANNETTI, M.; AZZOLINI, D.; CITERNESI, A. S. Anastomosis formation and nuclear and protoplasmic exchange in arbuscular mycorrhizal fungi. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 65, n. 12, p. 5571-5575, 1999.

GIOVANNETTI, M. et al. Fungal and Plant Tools for the Uptake of Nutrients in Arbuscular Mycorrhizas: A Molecular View. Pp. 107-128. In: **Mycorrhizal Mediation of Soil**, 2017.

GOMIDE, P. H. O. et al. Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1483-1490, 2009.

GONZÁLEZ-CORTÉS, J. C. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities and land use change: the conversion of temperate forests to avocado plantations and maize fields in central Mexico. **Fungal Ecology**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2012.

GOTO, B. T. et al. Intraornatosporaceae (Gigasporales), a new family with two new genera and two new species. **Mycotaxon**, v. 119, n. 1, p. 117-132, 2012.

GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**, v. 96, n. 4, p. 129-132, 2006.

GOULD, I. J. et al. Plant diversity and root traits benefit physical properties key to soil function in grasslands. **Ecology Letters**, v. 19, n. 9, p. 1140-1149, 2016.

GRYNDLER, M. et al. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. **Mycorrhiza**, v. 16, n. 3, p. 159-166, 2006.

GURA, I.; MNKENI, P. N. S. Crop rotation and residue management effects under no till on the soil quality of a Haplic Cambisol in Alice, Eastern Cape, South Africa. **Geoderma**, v. 337, p. 927-934, 2019.

HACK, C. M. et al. Arbuscular mycorrhiza mediated effects on growth, mineral nutrition and biological nitrogen fixation of *Melilotus alba* Med. in a subtropical grassland soil. **Applied Soil Ecology**, v. 134, p. 38-44, 2019.

HART, M. M.; READER, R. J. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 153, n. 2, p. 335-344, 2002.

HARTMANN, A. et al. Plant-driven selection of microbes. **Plant and Soil**, v. 321, n. 1-2, p. 235-257, 2009.

HE, M. et al. Plant-microbial synergism: An effective approach for the remediation of shale-gas fracturing flowback and produced water. **Journal of Hazardous Materials**, v. 363, p. 170-178, 2019.

HERNANDEZ, R. R. et al. The native shrub, *Piliostigma reticulatum*, as an ecological "resource island" for mango trees in the Sahel. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 204, p. 51-61, 2015.

HIGO, M. et al. Can phosphorus application and cover cropping alter arbuscular mycorrhizal fungal communities and soybean performance after a five-year phosphorus-unfertilized crop rotational system? **Peer J**, v. 6, p. e4606, 2018.

- HIGO, M. et al. Cover cropping can be a stronger determinant than host crop identity for arbuscular mycorrhizal fungal communities colonizing maize and soybean. **PeerJ**, v. 7, p. e6403, 2019.
- HIJRI, M. et al. Identification and isolation of two ascomycete fungi from spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Scutellospora castanea*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, n. 9, p. 4567-4573, 2002.
- HIMMELSTEIN, J. et al. Factors Associated with Leguminous Green Manure Incorporation and Fusarium Wilt Suppression in Watermelon. **Plant Disease**, v. 100, n. 9, p. 1910-1920, 2016.
- HOGEKAMP, C.; KÜSTER, H. A roadmap of cell-type specific gene expression during sequential stages of the arbuscular mycorrhiza symbiosis. **BMC Genomics**, v. 14, n. 1, p. 306, 2013.
- HONTORIA, C. et al. The cover crop determines the AMF community composition in soil and in roots of maize after a ten-year continuous crop rotation. **Science of The Total Environment**, v. 660, p. 913-922, 2019.
- HORN, S. et al. Linking the community structure of arbuscular mycorrhizal fungi and plants: a story of interdependence? **The ISME Journal**, v. 11, n. 6, p. 1400, 2017.
- HU, W. et al. Mycobiome of Cysts of the Soybean Cyst Nematode Under Long Term Crop Rotation. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 386, 2018.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – **SIDRA**. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 de Novembro de 2017.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – **SIDRA**. 2017. Disponível em: <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=5457&z=t&o=11&i=P>. Acesso em: 20 de Novembro de 2017.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – **SIDRA**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 03 de Setembro de 2018
- IGUE, K. et al. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. **FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, p. 232-267, 1984.
- JABRAN, K. et al. Economic assessment of different mulches in conventional and water-saving rice production systems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 9, p. 9156-9163, 2016.
- JABRAN, K.; ULLAH, E.; AKBAR, N. Mulching improves crop growth, grain length, head rice and milling recovery of basmati rice grown in water-saving production systems. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 17, n. 5, 2015.
- JENKINS, W. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, 1964.
- JOBIM, K. et al. New sporocarpic taxa in the phylum *Glomeromycota*: *Sclerocarpum amazonicum* gen. et sp. nov. in the family Glomeraceae (Glomerales) and *Diversispora sporocarpia* sp. nov. in the Diversisporaceae (Diversisporales). **Mycological Progress**, v. 18, n. 3, p. 369-384, 2019.
- JOHNSON, D. et al. The importance of individuals: intraspecific diversity of mycorrhizal plants and fungi in ecosystems. **New Phytologist**, v. 194, n. 3, p. 614-628, 2012.

- JOHNSON, J. M. F et al. Corn stover harvest changes soil hydrology and soil aggregation. **Soil and Tillage Research**, v. 161, p. 106-115, 2016.
- KARANDASHOV, V.; BUCHER, M. Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. **Trends in Plant Science**, v. 10, n. 1, p. 22-29, 2005.
- KARLEN, D. L. et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.
- KEESSTRA, S. et al. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 997-1009, 2018.
- KHAN, S. et al. Plant–bacteria partnerships for the remediation of hydrocarbon contaminated soils. **Chemosphere**, v. 90, n. 4, p. 1317-1332, 2013.
- KLIRONOMOS, J. et al. Forces that structure plant communities: quantifying the importance of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, v. 189, n. 2, p. 366-370, 2011.
- KLIRONOMOS, J. N.; HART, M. M. Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. **Mycorrhiza**, v. 12, n. 4, p. 181-184, 2002.
- KMOCH, L. et al. Using Local Agroecological Knowledge in Climate Change Adaptation: A Study of Tree-Based Options in Northern Morocco. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3719, 2018.
- KONVALINKOVÁ, T.; JANSÁ, J. Lights off for arbuscular mycorrhiza: on its symbiotic functioning under light deprivation. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 782, 2016.
- KOZIOL, L.; BEVER, J. D. Mycorrhizal feedbacks generate positive frequency dependence accelerating grassland succession. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 2, p.622-632, 2019.
- KRETZSCHMAR, T. et al. A petubia ABC protein controls strigolactone-dependent symbiotic signaling and branching. **Nature**, v. 483, n. 7389, p. 341, 2012.
- KRÜGER, M. et al. DNA-based species level detection of Glomeromycota: one PCR primer set for all arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 183, n. 1, p. 212-223, 2009.
- KUZYAKOV, Y.; XU, X. Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. **New Phytologist**, v. 198, n. 3, p. 656-669, 2013.
- LAL, R.; PIMENTEL, D. Biofuels: beware crop residues. **Science**, v. 326, n. 5958, p. 1345-1346, 2009.
- LAMBAIS, M. R.; RAMOS, A. C. Signaling and signal transduction in arbuscular mycorrhizae. **Mycorrhiza**, v. 30, p. 119-132, 2010.
- LARKIN, R. P. et al. Green manures and plant disease management. **CAB Reviews**, v. 8, n. 37, p. 1-10, 2013.
- LAWSON, T. et al. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 189-196, 2019.

- LEIFHEIT, E. F. et al. Multiple factors influence the role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregation—a meta-analysis. **Plant and Soil**, v. 374, n. 1-2, p. 523-537, 2014.
- LEIFHEIT, E. F.; VERBRUGGEN, E.; RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce decomposition of woody plant litter while increasing soil aggregation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 81, p. 323-328, 2015.
- LEITE, A. A. M.; ALVES, P. L. A. modernização da agricultura no semiárido brasileiro: o caso da fruticultura irrigada do vale do São Francisco. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 30, 2010.
- LI, B. et al. Root exudates drive interspecific facilitation by enhancing nodulation and N<sub>2</sub> fixation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 23, p. 6496-6501, 2016.
- LI, Z. et al. Plant belowground diversity and species segregation by depth in a semi-arid grassland. **Écoscience**, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2018.
- LIMA, A. C. R. et al. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 194-200, 2013.
- LIMA, J. R. S. et al. Effect of biochar on physicochemical properties of a sandy soil and maize growth in a greenhouse experiment. **Geoderma**, v. 319, p. 14-23, 2018.
- LISBOA, I. P. et al. Applying Soil Management Assessment Framework (SMAF) on short-term sugarcane straw removal in Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 175-184, 2019.
- LIU, Y. et al. Direct and indirect influences of 8 yr of nitrogen and phosphorus fertilization on Glomeromycota in an alpine meadow ecosystem. **New Phytologist**, v. 194, n. 2, p. 523-535, 2012.
- LIZAGA, I. et al. Linking land use changes to variation in soil properties in a Mediterranean mountain agroecosystem. **Catena**, v. 172, p. 516-527, 2019.
- LÓPEZ-MERINO, L. et al. Glomalin accumulated in seagrass sediments reveals past alterations in soil quality due to land-use change. **Global and Planetary Change**, v. 133, p. 87-95, 2016.
- LOUARN, G. et al. The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and white clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. **Plant and Soil**, v. 389, n. 1-2, p. 289-305, 2015.
- LÚCIO, W. S. et al. Growth and physiological responses of melon plants inoculated with mycorrhizal fungi under salt stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013.
- MACLEAN, A. M. et al. Plant signaling and metabolic pathways enabling arbuscular mycorrhizal symbiosis. **The Plant Cell**, v. 29, n. 10, p. 2319-2335, 2017.
- MAIA, L. C. et al. Fungos micorrízicos arbusculares no bioma Caatinga. Pp. 311-339. In: J.O. Siqueira, F.A. de Souza, E.J.B.N. Cardoso, S.M. Tsai (eds.). **Micorrizas, 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras, ed. UFLA, 2010.
- MALONE, M.; FOSTER, E. A mixed-methods approach to determine how conservation management programs and techniques have affected herbicide use and distribution in the environment over time. **Science of The Total Environment**, v. 660, p. 145-157, 2019.

MALTAIS-LANDRY, G.; SCOW, K.; BRENNAN, E. Soil phosphorus mobilization in the rhizosphere of cover crops has little effect on phosphorus cycling in California agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 78, p. 255-262, 2014.

MANOHARAN, L. et al. Agricultural management practices influence AMF diversity and community composition with cascading effects on plant productivity. **Applied Soil Ecology**, v. 115, p. 53-59, 2017.

MARINHO, F. et al. *Bulbospora minima*, a new genus and a new species in the Glomeromycetes from semi-arid Northeast Brazil. **Sydowia**, v. 66, n. 2, p. 313-323, 2014.

MARLEAU, J. et al. Spore development and nuclear inheritance in arbuscular mycorrhizal fungi. **BMC Evolutionary Biology**, v. 11, n. 1, p. 51, 2011.

MARTIN, F. et al. Unearthing the roots of ectomycorrhizal symbiosis. **Nature Reviews Microbiology**, v. 14, p. 760-773, 2016.

MARTÍNEZ, M. M. et al. Use of organic amendments in table grape: effect on plant root system and soil quality indicators. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 18, n. 1, p. 100-112, 2018.

MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B. et al. Host identity is a dominant driver of mycorrhizal fungal community composition during ecosystem development. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1565-1576, 2015.

MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B. et al. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 263, p. 7-17, 2018.

MATOS, A. P. **Manga: produção - aspectos técnicos**. Brasília. DF, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 63, 2000.

MCCORMICK, S. Rhizobial strain-dependent restriction of nitrogen fixation in a legume-Rhizobium symbiosis. **The Plant Journal**, v. 93, n. 1, p. 3-4, 2018.

MCHUNU, C. N. et al. No-till impact on soil and soil organic carbon erosion under crop residue scarcity in Africa. **Soil Science Society of America Journal**, v. 75, n. 4, p. 1503-1512, 2011.

MELLO, C. M. A. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in an area of Caatinga, PE, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 938-943, 2012.

MENDES, A. M. S. et al. Processo de decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais no cultivo de mangueiras no Semiárido Brasileiro. **Embrapa Semiárido-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2011.

MENEZES, K. M. S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in buffelgrass pasture under intercropping and shading systems in Brazilian semiarid conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 230, p. 55-67, 2016.

MERTEN, G. H. et al. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 85-93, 2015.

MEYER, A. H.; WOOLDRIDGE, J.; DAMES, J. F. Effect of conventional and organic orchard floor management practices on arbuscular mycorrhizal fungi in a 'Cripp's Pink'/M7 apple orchard soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 213, p. 114-120, 2015.

- MIGLÉCZ, T. et al. Establishment of three cover crop mixtures in vineyards. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 117-123, 2015.
- MIRANDA, E. M.; SILVA, E. M. R; SAGGIN JUNIOR, O. J. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 13 – 22, 2010.
- MITCHELL, J. P. et al. Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 325-335, 2017.
- MOHANDAS, S. Arbuscular mycorrhizal fungi benefit mango (*Mangifera indica* L.) plant growth in the field. **Scientia horticulturae**, v. 143, p. 43-48, 2012.
- MORAES, M. T. et al. Soil load support capacity increases with time without soil mobilization as a result of age-hardening phenomenon. **Soil and Tillage Research**, v. 186, p. 128-134, 2019.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. UFLA, Lavras, 2006.
- MORTON, J. B. et al. Mutualistic arbuscular endomycorrhizal fungi. In: **Biodiversity of Fungi**. Pp. 317-336, 2004.
- MUELLER, R. C.; BOHANNAN, B. J. M. Shifts in the phylogenetic structure of arbuscular mycorrhizal fungi in response to experimental nitrogen and carbon dioxide additions. **Oecologia**, v. 179, n. 1, p. 175-185, 2015.
- MYCOBANK. 2018. Disponível em: <[www.mycobank.org](http://www.mycobank.org)>. Acesso em: 2 de Setembro de 2018.
- NANDAN, R. et al. Impact of conservation tillage in rice-based cropping systems on soil aggregation, carbon pools and nutrients. **Geoderma**, v. 340, p. 104-114, 2019.
- NEILSEN, G. et al. Suitable orchard floor management strategies in organic apple orchards that augment soil organic matter and maintain tree performance. **Plant and soil**, v. 378, n. 1-2, p. 325-335, 2014.
- NEUENKAMP, L. et al. The role of plant mycorrhizal type and status in modulating the relationship between plant and arbuscular mycorrhizal fungal communities. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1236-1247, 2018.
- NJERU, E. M. et al. Contrasting effects of cover crops on 'hot spot' arbuscular mycorrhizal fungal communities in organic tomato. **Biology and fertility of soils**, v. 51, n. 2, p. 151-166, 2015.
- NJIRA, K. O. et al. Pigeon pea and cowpea-based cropping systems improve vesicular arbuscular mycorrhizal fungal colonisation of subsequent maize on the alfisols in central malawi. **International Journal of Microbiology**, v. 2017, 2017.
- NUNES, J. L. S. Anatomic and Morphologic Relations Developed Between Plants Roots and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AFM) During The Establishment of Mycorrhizal Symbiosis: A Review. **Open Access Journal of Agriculture Research**, v. 2018, n. 02, 2018.
- OBADE, V. P.; LAL, R. A standardized soil quality index for diverse field conditions. **Science of the Total Environment**, v. 541, p. 424-434, 2016.

- OEHL, F. et al. Distinct sporulation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities from different agroecosystems in long-term microcosms. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 134, n. 3-4, p. 257-268, 2009.
- OEHL, F. et al. *Palaeospora spainii* a new arbuscular mycorrhizal fungus from Swiss agricultural soils. **Nova Hedwigia**, v. 101, n. 1-2, p. 1-14, 2014.
- OEHL, F. et al. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 5, p. 2816-2824, 2003.
- OEHL, F. et al. *Palaeospora spainii*, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Swiss agricultural soils. **Nova Hedwigia**, v. 101, n. 1-2, p. 89-102, 2015.
- OEHL, F.; KOCH, B. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in no-till and conventionally tilled vineyards. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 56-60, 2018.
- OEHL, F.; SIEVERDING, E.; PALENZUELA, J.; INEICHEN, K. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, p.191-199, 2011.
- OKSANEN, J. et al. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.5-2. 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 5 de maio de 2018.
- OLDONI, F. C. A. et al. Boron fertilizing management on fruit production and quality of mango cv. Palmer in semiarid. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, 2018.
- OLIVEIRA, G. P. et al. Paclobutrazol and branch tip pruning on the flowering induction and quality of mango tree fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 7-14, 2017.
- OLIVEIRA, J. M. et al. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 1, p. 105-116, 2018.
- OLIVEIRA, J. R. G. et al. Role of autoctone community of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the development of native plant species in revegetated restinga dunes from coastal region of Paraíba State. **Brazilian Journal of Botany**, v. 32, n. 4, p. 663-670, 2009.
- OLIVEIRA, M. B. et al. Paclobutrazol e poda de ponta no manejo de mangueiras 'Palmer' na região semiárida do Brasil. **Acta Horticulture**, v. 1075, n. 16, p. 149-156, 2015.
- ÖPIK, M. et al. New insights into vegetation patterns and processes. **New Phytologist**, v. 201, n. 2, p. 383-387, 2014.
- ÖPIK, M. et al. The online database MaarjAM reveals global and ecosystemic distribution patterns in arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*). **New Phytologist**, v. 188, n. 1, p. 223-241, 2010.
- ÖPIK, M.; DAIVISON, J. Uniting species- and community-oriented approaches to understand arbuscular mycorrhizal fungal diversity. **Fungal Ecology**, v. 24, p. 106-113, 2016.
- ORTAS, I.; BYKOVA, A. The Effect of Mycorrhiza Inoculation and Phosphorus Application on Phosphorus Efficiency of Wheat Plants. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 49, n. 10, p. 1199-1207, 2018.

- OULEDALI, S. et al. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on the control of stomata functioning by abscisic acid (ABA) in drought-stressed olive plants. **South African Journal of Botany**, v. 121, p. 152-158, 2019.
- PAGANO, M. C.; ZANDAVALLI, R. B.; ARAÚJO, F. S. Biodiversity of arbuscular mycorrhizas in three vegetational types from the semiarid of Ceará State, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 67, p. 37-46, 2013.
- PARAB, A. C. et al. Efficacy of different attractants for management of fruit flies infesting mango in Konkan region. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, V. 6, n. 5, p. 1909-1912, 2018.
- PARDINI, A. et al. Cover crop species and their management in vineyards and olive groves. **Advances in horticultural science**, v. 16, n. 3-4, p. 225-224, 2002.
- PAUL OBADE, V.; LAL, R. A standardized soil quality index for diverse field conditions. **Science of the total environment**, v. 541, p. 424-434, 2016.
- PAUL, E. A. The nature and dynamics of soil organic matter: plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 98, p. 109-126, 2015.
- PEREIRA, C. M. R. et al. Management practices may lead to loss of arbuscular mycorrhizal fungal diversity in protected areas of the Brazilian Atlantic Forest. **Fungal Ecology**, v. 34, p. 50-58, 2018.
- PEREIRA, J. E. S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.13, n.1, e5497, 2018.
- PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; MIRANDA, F. R. Decomposition and nutrient release of leguminous green manure species in the Jaguaribe-Apodi region, Ceará, Brazil. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 970-975, 2016.
- PEREIRA-FILHO, A. et al. Nutrients dynamics in soil solution at the outset of no-till implementation with the use of plant cocktails in Brazilian semi-arid. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 4, p. 234-246, 2016.
- PÉREZ-LUNA, Y. C. et al. Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. **Gayana. Botánica**, v. 69, n. 1, p. 46-56, 2012.
- PHILIPPOT, L. et al. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 11, p. 789, 2013.
- PHILLIPS, 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, n. 1, p. 158-161, 1970.
- PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York, John Wiley & Sons. p. 165, 1975.
- PIMENTEL, M. S. et al. Sazonalidade de resposta de bioindicadores edáficos utilizando adubação verde no semi-árido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 829-836, 2011.
- PONTES, J. S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazil's Caatinga and experimental agroecosystems. **Biotropica**, v. 49, n. 3, p. 413-427, 2017.

- POU, A. et al. Cover cropping in *Vitis vinifera* L. cv. Manto Negro vineyards under Mediterranean conditions: Effects on plant vigour, yield and grape quality. **Oeno One**, v. 45, n. 4, p. 223-234, 2011.
- POWELL, J. R.; RILLIG, M. C. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi and ecosystem function. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1059-1075, 2018.
- PRADO, D. E. As caatingas na America do sul. In: Leal, I.R., Tabarelli, M., Silva, J.M.C. (eds.) **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE. p. 3-73, 2003.
- PRATES–JÚNIOR, P. et al. Agroecological coffee management increases arbuscular mycorrhizal fungi diversity. **PloS one**, v. 14, n. 1, p. e0209093, 2019.
- PURIN, S.; KLAUBERG FILHO, O. Glomalina: Nova abordagem para entendermos a biologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, p. 383-414, 2010.
- R CORE TEAM. 2018. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 3 de maio de 2018.
- RAIESI, F.; KABIRI, V. Identification of soil quality indicators for assessing the effect of different tillage practices through a soil quality index in a semi-arid environment. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 198-207, 2016.
- RANAIVOSON, L. et al. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 4, p. 26, 2017.
- REDECKER, D. et al. E. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, v. 289, n. 5486, p. 1920-1921, 2000.
- REHMAN, K. et al. Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 349, p. 242-251, 2018.
- REMIGI, P. et al. Symbiosis within symbiosis: evolving nitrogen-fixing legume symbionts. **Trends in Microbiology**, v. 24, n. 1, p. 63-75, 2016.
- REN, X. et al. Effect of different mulches under rainfall concentration system on corn production in the semi-arid areas of the loess plateau. **Scientific Reports**, v. 6, p. 19019, 2016.
- REYES, O. E. S.; PRAGER, M. S.; MOSQUERA, M. P. Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz-soya (*Zea mays* L.-*Glycine max* L.). **Idesia (Arica)**, v. 36, n. 2, p. 217-224, 2018.
- RIBEIRO, E.B. **Dinâmica da matéria orgânica e fluxos de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> em solo sob cultivo de mangueira associado com adubação verde no Semiarido**. 2018. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, 2018.
- RIBEIRO, K. et al. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 1048-1057, 2016.

- RIBEIRO, M. Clotilde, M.; BAIARDI, A. Benefícios do sistema de Produção Integrada na Fruticultura (PIF), em perímetros irrigados: o caso do polo Petrolina/Juazeiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, n. 1, p. 21-38, 2016.
- RILLIG, M. C. et al. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. **Plant and Soil**, v. 253, n. 2, p. 293-299, 2003.
- RILLIG, M. C. et al. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**, v. 233, n. 2, p. 167-177, 2001.
- RILLIG, M. C. et al. Plant root and mycorrhizal fungal traits for understanding soil aggregation. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1385-1388, 2015.
- RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 84, n. 4, p. 355-363, 2004.
- ROCHA JUNIOR, P. R. et al. Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of the Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2017.
- ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C. A. T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 255, p. 363-371, 2017.
- RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. Levantamento florístico da floresta serrana da reserva biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 4, p. 481-500, 2002.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi communities from tropical Africa reveal strong ecological structure. **New Phytologist**, v. 213, n. 1, p. 380-390, 2017.
- ROSNER, K. et al. Long-term Soil Tillage and Cover Cropping Affected Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Nutrient Concentrations, and Yield in Sunflower. **Agronomy Journal**, 2018.
- SÄLE, V. et al. Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 84, p. 38-52, 2015.
- SANTOS, C. A. et al. Changes in soil carbon stocks after land-use change from native vegetation to pastures in the Atlantic forest region of Brazil. **Geoderma**, v. 337, p. 394-401, 2019.
- SANTOS, C. A. et al. Germinação de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016.
- SANTOS, R. S.; SCORIZA, R. N.; FERREIRA, J. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in different forest covers in Vitória da Conquista, Bahia state, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 344-350, 2013.
- SANTOS, T. L. et al. Cleaner fruit production with green manure: The case of Brazilian melons. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 260-270, 2018.
- SANTOS-SEREJO, J.A. **Classificação e descrição botânica**. In: PEREIRA, M.E.C.; FONSECA, N.; SOUZA, F.V.D. (Eds.). Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 1, p. 15-17, 2005.
- SCHENCK, N.C.; PEREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville: **Synergistic Publications**, 1990.

- SECRETARIA DE AGRICULTURA- SEAGRI. **Fruticultura**. 2004. Disponível em URL: <<http://www.seagri.ba.gov.br/agrosintese>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2017.
- SEIDEL, E. P. et al. Physical properties of soil and productivity of maize intercropped with different cover plants. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 39, p. 2940-2945, 2017.
- SELOSSE, M. A. et al. Mycorrhizal networks: des liaisons dangereuses? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 11, p. 621-628, 2006.
- SELVAKUMAR, G. et al. Hairy vetch, compost and chemical fertilizer management effects on red pepper yield, quality, and soil microbial population. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 59, n. 5, p. 607-614, 2018.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, Ill. Univ. Illinois Press, v. 1, p. 17, 1949.
- SHIM, K. B. et al. Performance of Mixed Cropping of Barley and Hairy Vetch as Green Manure Crops for Following Corn Production. **Korean Journal of Environmental Agriculture**, v. 37, n. 3, p. 160-165, 2018.
- SIEVERDING, E. et al. Rhizogloimus, a new genus of the Glomeraceae. **Mycotaxon**, v. 129, n. 2, p. 373-386, 2015.
- SIGNOR, D. et al. Quantity and quality of soil organic matter as a sustainability index under different land uses in Eastern Amazon. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 3, p. 225-232, 2018.
- SILVA, A.C. Botânica da mangueira. IN.: SÃO JOSÉ, A. R. et al. **Manga: tecnologia da produção e mercado**. Vitória da Conquista- BA: DZF/UESB, p. 7-15, 1996.
- SILVA, C. F. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área degradada por extração de argila e revegetada com eucalipto e acácia. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 749-761, 2012.
- SILVA, D. F. P. et al. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. **Ceres**, v. 56, n. 6, 2015.
- SILVA, D. K. A. et al. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi on a vegetation gradient in tropical coastal dunes. **Applied Soil Ecology**, v. 96, p. 7-17, 2015.
- SILVA, F. B. et al. 13518-Glomalina facilmente extraível nas faixas de diferentes espécies cultivadas em sucessão em um sistema agroflorestal no Cerrado. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2009.
- SILVA, G., A. et al. Phylogenetic analysis of Glomeromycota by partial LSU rDNA sequences. **Mycorrhiza**, v. 16, n. 3, p. 183-189, 2006.
- SILVA, I. R. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along an environmental gradient in the Brazilian semiarid. **Applied Soil Ecology**, v. 84, p. 166-175, 2014.
- SILVA, I. R. **Fungos micorrízicos arbusculares em restingas continentais e insulares do Brasil**. 2017. 183p. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2017.

- SILVA, J. de S. et al. Análise do comportamento dos preços de manga exportada do Brasil: análise no domínio do tempo. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO REGIONAL DA SOBER, 6., 2011, Petrolina. Nordeste: desafios do desenvolvimento para a inclusão social. Petrolina: Embrapa Semiárido: FACAPE: UNIVASF: Instituto Federal do Sertão Pernambucano, 2011.
- SILVA, K. A. et al. Levantamento de solos utilizando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina-PE. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 175-180, 2017.
- SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG-FILHO, O. **Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. Tópicos em Ciência do Solo**. UFV, Viçosa, Brasil, p. 235-264, 2000.
- SIQUEIRA, J. O. et al. (Org.) **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Ed. UFLA, p. 716, 2010.
- SMITH, F. A.; SMITH, S. E. What is the significance of the arbuscular mycorrhizal colonization of many economically important crop plants? **Plant and Soil**, v. 348, n. 1-2, p. 63-79, 2011.
- SMITH, S. E. et al. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 326, n. 1-2, p. 3-20, 2010.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3ª ed. Academic Press, London, UR, 789 p, 2008.
- SMITH, S. F. et al. Residue and Water Management Effects on Aggregate Stability and Aggregate-Associated Carbon and Nitrogen in a Wheat–Soybean, Double-Crop System. **Soil Science Society of America Journal**, v. 78, n. 4, p. 1378-1391, 2014.
- SOUSA, C. S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 137-148, 2014.
- SOUSA, C. S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi within agroforestry and traditional land use systems in semi-arid Northeast Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 307-314, 2013.
- SOUZA, E. B.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; ANDRADE, I. G. V.; SILVA, A. R. **Probabilidade de ocorrência da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) para o município de Petrolina-PE**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, v. 43, 2014, Campo Grande, p. 4, 2014.
- SOUZA, S. F. et al. Competitividade e parcela de mercado das exportações brasileiras de manga: uma análise do modelo Constant Market Share. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, n. 1, p. 39-48, 2016.
- STAVI, I.; BEL, G.; ZAADY, E. Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 36, n. 2, p. 32, 2016.
- STEFANOSKI, D. C. et al. Soil use and management and its impact on physical quality/Usos e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1310, 2013.
- STÜRMER, S. L.; STÜRMER, R.; PASQUALINI, D. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in

- three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. **Fungal Ecology**, v. 6, n. 1, p. 27-36, 2013.
- STUTZ, J. C.; MORTON, J. B. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. **Canadian Journal of Botany**, v. 74, n. 12, p. 1883-1889, 1996.
- SYMANCZIK, S. et al. A new genus, *Desertispora*, and a new species, *Diversispora sabulosa*, in the family Diversisporaceae (order Diversisporales, subphylum Glomeromycotina). **Mycological progress**, v. 17, n. 4, p. 437-449, 2018.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p
- TAO, J. et al. Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 101, n. 3, p. 1289-1299, 2017.
- TEDERSOO, L. et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal diversity**, v. 90, n. 1, p. 135-159, 2018.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 174, 1995.
- TEIXEIRA-RIOS, T. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid, limestone mining-impacted area of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 688-693, 2013.
- THILAKARATHNA, M. S. et al. Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 4, p. 58, 2016.
- TORMENA, C. A. et al. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality. **Soil and Tillage Research**, v. 166, p. 122-130, 2017.
- TORRES-LEÓN, C. et al. Mango seed: functional and nutritional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 55, p. 109-117, 2016.
- TREJO-AGUILAR, D. et al. Loss of arbuscular mycorrhizal fungal diversity in trap cultures during long-term subculturing. **IMA fungus**, v. 4, n. 2, p. 161-167, 2013.
- TRESCH, S. et al. Litter decomposition driven by soil fauna, plant diversity and soil management in urban gardens. **Science of The Total Environment**, v. 658, p. 1614-1629, 2019.
- TURMEL, M. S. et al. Crop residue management and soil health: A systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 134, p. 6-16, 2015.
- TURRINI, A. et al. Changes in the composition of native root arbuscular mycorrhizal fungal communities during a short-term cover crop-maize succession. **Biology and Fertility of Soils**, v. 52, n. 5, p. 643-653, 2016.
- TURRINI, A. et al. Functional complementarity of arbuscular mycorrhizal fungi and associated microbiota: the challenge of translational research. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1407, 2018.
- UNGER, S. et al. Relationship between mycorrhizal responsiveness and root traits in European sand dune species. **Rhizosphere**, v. 3, p. 160-169, 2017.

- VALICHESKI, R. R. et al. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 9, 2012.
- VÁLYI, K. et al. Community assembly and coexistence in communities of arbuscular mycorrhizal fungi. **The ISME journal**, v. 10, n. 10, p. 2341, 2016.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A. et al. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1406-1423, 2015.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; HORTON, T. R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 6, p. 1139-1150, 2009.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; HARTMANN, M. Networking in the Plant Microbiome. **PLoS Biology**, v. 14, n. 2, p. e1002378, 2016.
- VAN GEEL, M. et al. A filtragem abiótica, em vez de biótica, dá forma às comunidades de fungos micorrízicos arbusculares das pastagens seminaturais europeias. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1262-1272, 2018.
- VASCONCELLOS, R. L. F. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein as potential indicators of soil quality in a recuperation gradient of the Atlantic forest in Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2016.
- VELÁZQUEZ, M. S. et al. Colonization dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in *Ilex paraguariensis* crops: Seasonality and influence of management practices. **Journal of King Saud University-Science**, 2018.
- VERESOGLOU, S. D.; CHEN, B.; RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 46, p. 53-62, 2012.
- VERZEAUX, J. et al. In winter wheat, no-till increases mycorrhizal colonization thus reducing the need for nitrogen fertilization. **Agronomy**, v. 6, n. 2, p. 38, 2016.
- VERZEAUX, J. et al. Spore density of arbuscular mycorrhizal fungi is fostered by six years of a no-till system and is correlated with environmental parameters in a silty loam soil. **Agronomy**, v. 7, n. 2, p. 38, 2017.
- VOGEL, H. J et al. Assessment of Soil Functions Affected by Soil Management. In: **Atlas of Ecosystem Services**. Springer, Cham, p. 77-82, 2019.
- VOGELSANG, K. M.; REYNOLDS, H. L.; BEVER, J. D. Mycorrhizal fungal identity and richness determine the diversity and productivity of a tallgrass prairie system. **New Phytologist**, v. 172, n. 3, p. 554-562, 2006.
- VOLPE, V. et al. The phosphate transporters LjPT4 and MtPT4 mediate early root responses to phosphate status in non mycorrhizal roots. **Plant, cell & environment**, v. 39, n. 3, p. 660-671, 2016.
- VUKICEVICH, E. et al. Changes in arbuscular mycorrhizal fungi between young and old *Vitis* roots. **Symbiosis**, p. 1-10, 2019.
- WALDER, F. et al. Mycorrhizal networks: common goods of plants shared under unequal terms of trade. **Plant physiology**, v. 159, n. 2, p. 789-797, 2012.
- WANG, Q. et al. Differences in root-associated bacterial communities among fine root branching orders of poplar (*Populusx euramericana* (Dode) Guinier.). **Plant and Soil**, v. 421, n. 1-2, p. 123-135, 2017c.

- WANG, W. et al. Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Molecular Plant**, v. 10, n. 9, p. 1147-1158, 2017a.
- WANG, W. et al. Glomalin contributed more to carbon, nutrients in deeper soils, and differently associated with climates and soil properties in vertical profiles. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 13003, 2017b.
- WANG, X. Z. et al. NP fertilization did not reduce AMF abundance or diversity but alter AMF composition in an alpine grassland infested by a root hemiparasitic plant. **Plant Diversity**, v. 40, n. 3, p. 117-126, 2018.
- WARDLE, D. A. et al. Terrestrial ecosystem responses to species gains and losses. **Science**, v. 332, n. 6035, p. 1273-1277, 2011.
- WERNER, G.; KIERS, E. T. Partner selection in the mycorrhizal mutualism. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1437-1442, 2015.
- WHITE, P. A. The growing business of cover crops. **National Wildlife Federation**, August, 2014.
- WILLIAMS, A. et al. Long-term agricultural fertilization alters arbuscular mycorrhizal fungal community composition and barley (*Hordeum vulgare*) mycorrhizal carbon and phosphorus exchange. **New Phytologist**, v. 213, n. 2, p. 874-885, 2017.
- WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 198, n. 1, p. 97-107, 1998.
- XU, M. et al. Land use alters arbuscular mycorrhizal fungal communities and their potential role in carbon sequestration on the Tibetan Plateau. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 3067, 2017.
- YANG, C. et al. Diversity and functionality of arbuscular mycorrhizal fungi in three plant communities in semiarid Grasslands National Park, Canada. **Microbial ecology**, v. 59, n. 4, p. 724-733, 2010.
- YANO-MELO, A. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; MAIA, L. C. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 95, n. 1, p. 343-348, 2003.
- YAO, Q. et al. Evaluation of the potential of trap plants to detect arbuscular mycorrhizal fungi using polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis analysis. **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 205-211, 2010.
- ZACCHEO, P. V. C. et al. Green manure in fruticulture: Aspects on soil quality and use in agriculture. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 17, p. 1469-1474, 2016.
- ZHANG, F; ZOU, Y. N.; WU, Q. S. Quantitative estimation of water uptake by mycorrhizal extraradical hyphae in citrus under drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 229, p. 132-136, 2018.
- ZHANG, Y. et al. Irrigation and weed control alter soil microbiology and nutrient availability in North Carolina Sandhill peach orchards. **Science of The Total Environment**, v. 615, p. 517-525, 2018.
- ZHAO, H. et al. Species diversity and drivers of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a semi-arid mountain in China. **PeerJ**, v. 5, p. e4155, 2017.

ZHEN, Z. et al. Effects of manure compost application on soil microbial community diversity and soil microenvironments in a temperate cropland in China. **PloS One**, v. 9, n. 10, p. e108555, 2014.

ZOBECK, T. M. et al. Soil quality index comparisons using Fort Cobb, Oklahoma, watershed-scale land management data. **Soil Science Society of America Journal**, v. 79, n. 1, p. 224-238, 2015.

## APÊNDICE I

Tabela 9. Classificação atual do Filo Glomeromycota

Classes (3)	Ordens (5)	Famílias (16)	Gêneros (45)		
Archaeosporomycetes	Archaeosporales	Ambisporaceae	<i>Ambispora</i> (= <i>appendiscispora</i> )		
		Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i> <i>Intraspora</i> <i>Palaeospora</i>		
		Geosiphonaceae	<i>Geosiphon</i>		
Paraglomeromycetes	Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Innospora</i> <i>Paraglomus</i>		
		Pervetustaceae	<i>Pervetustus</i>		
Glomeromycetes	Diversisporales	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i> <i>Kuklospora</i>		
		Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>		
		Sacculosporaceae	<i>Sacculospora</i>		
		Diversisporaceae	<i>Corymbiglomus</i> <i>Diversispora</i> <i>Desertispora</i> <i>Otopora</i> <i>Redeckera</i> <i>Tricispora</i>		
			Glomerales	Glomeraceae	<i>Dominikia</i> <i>Funneliformis</i> <i>Glomus</i> <i>Halonatospora</i> <i>Kamienskia</i> <i>Oehlia</i> <i>Rhizoglomus</i> <i>Septoglomus</i> <i>Sclerocarpum</i> <i>Sclerocystis</i> <i>Simiglomus</i> <i>Funneliglomus</i>
					Entrophosporaceae
Gigasporales	Racocetraceae				<i>Cetraspora</i> <i>Racocetra</i>

Dentiscutataceae	<i>Dentiscutata</i> <i>Fuscutata</i> <i>Quatunica</i>
Intraornatosporaceae	<i>Intraornatospora</i> <i>Paradentiscutata</i>
Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>
Scutellosporaceae	<i>Bulbospora</i> <i>Orbispora</i> <i>Scutellospora</i>

Fontes: BŁASZKOWSKI; CHWAT, 2013; BŁASZKOWSKI et al., 2014; GOTO et al., 2012; GOTO; JOBIM, 2014; MARINHO et al., 2014; OEHL et al., 2011; SIEVERDING et al., 2014; ÖPIK; DAVISON, 2016; BLASZKOWSK et al., 2017; BŁASZKOWSKI et al., 2018a; BŁASZKOWSKI et al., 2018b; SYMANCZIK et al., 2018; JOBIM et al., 2019.

## APÊNDICE II

**Tabela 10.** Análise de variância da taxa de colonização micorrízica em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a diferentes coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	0,28447	0,04064	1,6993	0,1235 <sup>ns</sup>
Tempo de amostragem (T)	2	0,28874	0,14437	6,0367	0,0038 <sup>**</sup>
CV x T	14	0,79307	0,79307	0,05665	0,0094 <sup>**</sup>
Resíduo	69	1,65017	0,02392		
Total	95	3,03409			
-----					
Coeficiente de variação (%)	17,10				

\*\* : Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.

**Tabela 11.** Análise de variância dos teores de Proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) fração facilmente extraível em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	0,014149	0,002021	4,754	0,0002 <sup>***</sup>
Tempo de amostragem (T)	2	0,071429	0,035715	83,993	0,0000 <sup>***</sup>
CV x T	14	0,004922	0,000352	0,827	0,6381 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,029340	0,000425		
Total		0,135277			
-----					
Coeficiente de variação (%)	18,34				

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.001$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.

**Tabela 12.** Análise de variância dos teores de Proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) fração total em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	12,351	1,76443	4,5499	0,0003 <sup>***</sup>
Tempo de amostragem (T)	2	0,235	0,11769	0,3035	0,0073 <sup>**</sup>
CV x T	14	6,423	0,45878	1,1831	0,3079 <sup>ns</sup>
Resíduo	69	26,758	0,38779		
Total	95	46,727			
-----					
Coeficiente de variação (%)	11,44				

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.001$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.

**Tabela 13.** Análise de variância do Número de Glomerosporos em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	0,02491	0,003559	3,719	0,0018**
Tempo de amostragem (T)	2	0,48024	0,240122	250,919	0,0642 <sup>ns</sup>
CV x T	14	0,01329	0,000949	0,992	0,4711 <sup>ns</sup>
Resíduo	69	0,06603	0,000957		
Total	95	0,62192			
<hr/>					
Coeficiente de variação (%)	14,09				

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.001$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.

**Tabela 14.** Análise de variância da riqueza de espécies de FMA em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	109,167	15,595	4,0170	0,0009***
Tempo de amostragem (T)	2	25,771	12,885	3,3190	0,0417*
CV x T	14	83,396	5,957	1,5350	0,1207 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	279,5	3,882		
Total	95	497,833			
<hr/>					
Coeficiente de variação (%)	24,02				

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.001$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.

**Tabela 15.** Análise de variância do Índice de equitabilidade de Pielou (J') de espécies de FMA em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	0,1788	0,0255	1,1750	0,3281 <sup>ns</sup>
Tempo de amostragem (T)	2	0,1937	0,0968	4,4540	0,0150*
CV x T	14	0,1985	0,0141	0,6520	0,8117 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	1,5658	0,0217		
Total	95	2,1369			
<hr/>					
Coeficiente de variação (%)	22,01				

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.001$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.

**Tabela 16.** Análise de variância do Índice de diversidade de Shannon (H') de espécies de FMA em pomar de mangueira cv. Palmer submetido a coberturas vegetais em três períodos de coletas.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Coberturas vegetais (CV)	7	1,7251	0,2464	2,2110	0,0430*
Tempo de amostragem (T)	2	1,4017	0,7008	6,2880	0,0030**
CV x T	14	1,9720	0,1409	1,2640	0,2513 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	8,0250	0,1115		
Total	95	13,1238			

Coeficiente de variação (%) 24,37

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.001$ ); \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ ); ns: não significativo.