



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA
CAMPUS PLANALTINA

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

**AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES (FMAs) EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

TATIANE DE SOUSA MATIAS

Planaltina-DF.

2016



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA
CAMPUS PLANALTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

TATIANE DE SOUSA MATIAS

**AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES (FMAs) EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, aprovado
como requisito parcial para obtenção do grau de
Tecnólogo em Agroecologia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília –
Campus Planaltina, DF, como parte das exigências para a
obtenção do grau de Tecnólogo em Agroecologia.

ORIENTADOR: Dr. CÍCERO DONIZETE PEREIRA
CO-ORIENTADOR: Prof. Msc. HAMILTON MARCOS GUEDES

Planaltina-DF.

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus, por permitir-me desenvolver o livro para lidar com as dificuldades e dificuldades da vida e por me permitir a oportunidade de ser feliz.

Aos meus pais, por sua dedicação e entrega de meu lado, sempre me apoiando e sempre disposto a me ajudar, mostrando-me que as dificuldades da vida não são insuperáveis, porque não existem. Tudo o que me resta é lutar, que me inspirem, com coragem e gratidão.

Aos meus professores, prof. Mar. Hamilton Marques Gomes, pela orientação de ensino no Colégio Estadual, pela orientação e disponibilidade em ajudar-me que hoje posso.

A Dr.ª Cássia Torres de Toledo Machado, pela oportunidade de ensino no Colégio Estadual, exemplo de profissionalismo e dedicação.

Agradeço também orientador Dr. César Augusto Pereira, que me fez compreender a importância da vida e da morte, um exemplo e exemplo, e quem também me deu a oportunidade de lidar com a vida e a morte com sabedoria.

Aos meus amigos, especialmente a minha esposa, por sua orientação de ensino no Colégio Estadual, pela orientação e disponibilidade em ajudar-me que hoje posso.

Aos meus amigos, especialmente a minha esposa, por sua orientação de ensino no Colégio Estadual, pela orientação e disponibilidade em ajudar-me que hoje posso.

Aos meus amigos, especialmente a minha esposa, por sua orientação de ensino no Colégio Estadual, pela orientação e disponibilidade em ajudar-me que hoje posso.

Aos meus pais Antônio Matias e Clebiana de Sousa Matias, como pequeno gesto de retribuição ao amor e apoio que sempre tiveram e têm para comigo,

Às minhas irmãs Thayná de Sousa Matias e Thais de Sousa Matias,

Aos meus avós, sobretudo à memória da minha eterna e amada avó paterna, Nair Matias, que estará sempre em meu coração e a quem devo agradecimentos por ter tido a oportunidade de passar momentos especiais a seu lado e,

Às minhas tias, tios e primos.

Porque família é tudo!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por prover-me diariamente forças para lidar com os obstáculos e dificuldades da vida e por ter permitido a consolidação desse sonho.

Aos meus pais, que acreditaram e estiveram do meu lado, incentivando, sugerindo e sempre dispostos a me ajudar, mostrando-me que as dificuldades são também importantes, porque nos edificam. Tudo o que sou devo a eles, que me educaram com ternura e grandioso amor.

Ao meu co-orientador prof. Msc. Hamilton Marcos Guedes, pela indicação de estágio na Embrapa Cerrados, pelos ensinamentos e disposição em ajudar no que fosse preciso.

À Dr^a Cynthia Torres de Toledo Machado, pela oportunidade de estágio na Embrapa Cerrados, exemplo de profissionalismo e dedicação.

Ao meu querido orientador Dr. Cícero Donizete Pereira, que foi de importantíssima ajuda, por todas as orientações, compreensão e paciência, a quem também devo inspiração ao capricho e carinho de executar este trabalho.

À Patrícia Rodrigues Coimbra Floriano, técnica responsável pelo Laboratório de Micorrizas da Embrapa Cerrados, pelo apoio nas análises realizadas, paciência e ensinamentos.

Ao Ornélio Guedes da Silva, técnico da Embrapa Cerrados, pela amostragem do solo, imprescindível para realização das análises.

Ao Dr. Agostinho Dirceu Didonet, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, pelas fotos e informações.

Ao Juaci Vitória Malaquias, Analista da Embrapa Cerrados, pelos ensinamentos, esclarecimentos e análises estatísticas dos resultados.

À Embrapa Cerrados, pela bolsa e estrutura necessária ao desenvolvimento das atividades deste trabalho.

À Katiele Francisca de Jesus, amiga e irmã concedida a mim por Deus e que me acompanhou durante todo o curso, agradeço pelo companheirismo, cuidado e sugestões.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, *Campus Planaltina*, DF, e a todos os professores do curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, que com empenho contribuem para a valorização do curso, bem como para a formação de profissionais habilitados a difundir a Agroecologia como um novo paradigma aplicável à agricultura atual.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a construção e finalização desta pesquisa.

RESUMO

Os fundos estruturais setoriais (FSE) são de grande importância estratégica e impulsiona por consequência a atividade mais diversificada das organizações, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento do setor produtivo e econômico. No entanto, a implementação dos FSE é um processo complexo, pois envolve a definição de prioridades, a elaboração de projetos e a execução das atividades. Este trabalho tem como objetivo analisar a implementação dos FSE no Brasil, com foco na área de infraestrutura. Para isso, foram analisados os dados do Relatório de Gestão dos FSE de 2014 e 2015, bem como os dados do Relatório de Gestão dos FSE de 2016 e 2017. Os resultados mostram que a implementação dos FSE tem sido um processo contínuo, com avanços em várias áreas, como a execução de projetos, a contratação de recursos humanos e a aquisição de equipamentos. No entanto, ainda existem desafios, como a falta de recursos financeiros e a necessidade de maior transparência na gestão dos fundos.

É preciso que nos coloquemos no lugar do outro. Ninguém gosta de ser explorado. Quando a natureza é explorada, ela se fecha, se recusa, assim como acontece conosco. Quando a exploramos, cada vez mais dificilmente temos aquilo que desejamos, ao contrário, se agirmos no sentido de gratidão, gerando mais recursos no lugar, mais receberemos em troca, assim como nos lembra Francisco de Assis, "é dando que se recebe".

(Fabiana Peneireiro, 2011).

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são de grande importância ambiental e econômica por constituírem a simbiose mais abundante nos agrossistemas, conferindo principalmente o incremento no crescimento da planta hospedeira e melhorias nas condições do solo. Apesar disso, poucos estudos sobre a dinâmica desses fungos em Sistemas Agroflorestais (SAFs) são conhecidos. No presente trabalho foi avaliada a atividade dos FMAs por meio da contagem de esporos, potencial de inóculo micorrízico (PIM) e dos teores de glomalina facilmente extraível (GFE), durante os cultivos intercalares de milho e feijão, em um SAF nos anos de 2014 e 2015. No ano de 2014, não houve efeito dos tratamentos na esporulação micorrízica e no teor de GFE. Em 2015, a produção média de esporos aumentou em relação ao ano anterior e as parcelas cultivadas com milho tenderam apresentar maior densidade de esporos. Neste ano o teor GFE foi maior na mata de referência em relação aos teores do SAF que não diferiram entre os tratamentos. O PIM foi uniforme entre os tratamentos no ano de 2015, mas superior aos valores obtidos em 2014. Nos respectivos anos, as parcelas sob vegetação espontânea apresentaram maior potencial de inóculo micorrízico que àquelas sob pousio. De forma geral, a atividade das micorrizas arbusculares no SAF avaliada no ano de 2015 em relação à de 2014, teve um acréscimo médio de 123% no número de esporos, 14,29% na colonização radicular e 18,57% para teor GFE.

Palavras-chave: simbiose micorrízica; densidade de esporos; potencial de inóculo micorrízico; glomalina facilmente extraível.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are of major environmental and economic importance. They are the most observed symbiosis in agricultural systems, increasing the growth of the host plant and improving soil conditions. Nevertheless, few studies of the dynamics of these fungi in Agroforestry Systems (AFS) are known. The present work evaluated the activity of AMF in terms of number of spores, mycorrhizal inoculum potential (PIM), and the levels of easily extractable glomalin (EEG) in an AFS of interim crops of corn and beans in 2014 and 2015. In 2014, there was no effect of treatments on mycorrhizal sporulation and EEG. The average production of spores in 2015 was greater than the average of 2014. The plots cultivated with corn presented a tendency of highest density of spores. EEG level of the reference forest was higher than the level of the AFS. However, the AFS treatments did not differ among them. PIM was higher than the values obtained in 2014, but uniform among treatments. In both years, the plots in spontaneous vegetation showed a higher potential of mycorrhizal inoculum than those in fallow. In general, the activity of AMF in the AFS had an average increase of 123% in the number of spores, 14.29% in root colonization, and 18.57% for EEG content.

Keywords: mycorrhizal symbiosis; spore density; mycorrhizal inoculum potential; easily extractable glomalin.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estruturas formadas pelos fungos micorrízicos arbusculares. A) Arbúsculos no interior da célula radicular; B) Hifas extra-radiculares; C) Hifas intra-radiculares; D) Apressório representando o ponto de entrada da hifa na raiz; E) Vesículas no interior da raiz; F) Esporos de FMAs; G) Esporo fúngico da espécie <i>Scutellospora cerradensis</i>	20
Figura 2. Sistema Agroflorestal em Santo Antônio de Goiás, GO. A) Vista parcial em julho de 2013; B) Vista parcial em janeiro de 2016. Fotos: Agostinho Dirceu Didonet.	25
Figura 3. Croqui do delineamento das parcelas entre as árvores (Fonte: STONE et al., 2015, p. 954).	26
Figura 4. Extração e contagem de esporos de FMAs. A) Extração de esporos de uma amostra de solo (Fonte: SAGGIN JÚNIOR et al., 2011, p. 12); B) Placa canaletada para contagem de esporos.....	28
Figura 5. Determinação do potencial de inóculo micorrízico. A) Bioensaio com sorgo. Embrapa Cerrados, abril de 2015; B) Raízes de sorgo em solução de hidróxido de potássio para clareamento; C) Raízes de sorgo clarificadas; D) Raízes de sorgo em placas de Petri com solução azul de metila para coloração.	29
Figura 6. Esquema ilustrativo da avaliação da colonização micorrízica em placa de Petri pelo método da interseção das linhas cruzadas (Fonte: BAGYARAJ & STÜRMER, 2010, p. 213).	30
Figura 7. Densidade média de esporos (nº/50 mL de solo) por tratamento do SAF (2014 e 2015) e da área de mata em 2015. Médias seguidas de mesma letra para o mesmo ano não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	33
Figura 8. Teores médios de glomalina facilmente extraível (mg.g⁻¹ de solo) por tratamento do SAF (2014 e 2015) e da área de mata em 2015. Médias seguidas de mesma letra para o mesmo ano não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	36
Figura 9. Potencial de inóculo micorrízico por tratamento do SAF (2014 e 2015) e da área de mata em 2015. Médias seguidas de mesma letra para o mesmo ano não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	38

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Vantagens e desvantagens dos Sistemas Agroflorestais.....	16
Tabela 2. Classificação dos Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	19
Tabela 3. Croqui do SAF, Santo Antônio de Goiás-GO, 2016.	26
Tabela 4. Diluições para curva de referência com BSA.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	13
2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs).....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Área de estudo e delineamento experimental.....	25
3.2. Coleta de amostras.....	28
3.3. Determinação da densidade de esporos.....	28
3.4. Determinação do Potencial de Inóculo Micorrízico (PIM).....	29
3.5. Determinação dos teores de Glomalina Facilmente Extraível (GFE).....	30
3.6. Transformação dos dados e análises estatísticas.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Atividade dos FMAs nas culturas de milho e feijão em sucessão a plantas de cobertura manejadas nas entrelinhas de espécies arbóreas.....	32
4.1.1. Densidade média de esporos.....	32
4.1.2. Teores médios de glomalina facilmente extraível.....	35
4.1.3. Potencial de inóculo micorrízico.....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
6. REFERÊNCIAS.....	41
7. ANEXOS.....	48

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos e a conscientização sobre a limitação dos recursos naturais e do esgotamento de suas potencialidades, tem ampliado a busca por alternativas de produção sustentáveis. No ano de 2003, cerca de 20% do solo em todo o mundo encontrava-se degradado e, especialmente nos tropicais, esse fenômeno tem-se agravado nas últimas décadas principalmente pela construção civil, desmatamentos, mineração, queimadas e agricultura e pecuária intensivas (NAPOLEÃO, 2003, p. 05; NEPSTAD et al., 1991 apud VIEIRA, 2001, p. 10).

Como resultado dessas ações, a baixa resiliência dos ecossistemas e agrossistemas se torna uma característica preocupante, pois a recuperação natural destes pode ser lenta ou até mesmo não ocorrer, o que demanda a intervenção antrópica por meio de práticas que promovam a regeneração e manutenção física, química e biológica dos solos, já que mesmo com os grandes avanços da ciência, o nosso grau de dependência com relação a eles irá aumentar no futuro, e não diminuir (CARNEIRO et al., 2012, p. 649; COELHO et al., 2013, p. 47).

Nesse sentido, os SAFs são sistemas usados como opção interessante, pois, além do emprego da diversidade vegetal, preconizam o uso de estratégias de conservação do solo como a rotação de culturas, cobertura vegetal, incremento do teor de matéria orgânica e o estímulo às relações biológicas benéficas, favorecendo assim, dentre outros, os FMAs, uma das associações simbióticas de grande importância ambiental e econômica (MIRANDA, 2008, p. 15).

Entre os benefícios dos fungos micorrízicos arbusculares, estão o aumento da absorção e translocação de nutrientes minerais para as plantas, principalmente do fósforo, e a formação e estabilização de agregados pela ação combinada das hifas extra-radiculares e da glomalina produzida exclusivamente por esses fungos (MIRANDA, 2008, p. 18; COLODETE, 2014, p. 32).

Dessa forma, pesquisas que gerem conhecimentos sobre a dinâmica da comunidade micorrízica associada à diversidade de plantas nos Sistemas Agroflorestais, são muito importantes para estimular e validar a adoção desses sistemas de produção sustentável. Assim, objetivou-se neste trabalho, avaliar a atividade dos FMAs durante o cultivo de milho e feijão manejado em sucessão a diferentes plantas de cobertura e à área de pousio, nas entrelinhas de espécies arbóreas, em um SAF conduzido sob princípios agroecológicos, na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão em Santo Antônio de Goiás.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Os SAFs como “arte” são tão antigos quanto à prática da agricultura, mas como “ciência”, são relativamente novos (RADOMSKI & RIBASKI, 2009, p. 11). Por sua vez, têm sido divulgados como alternativas agrícola que muito contribuem para a sustentabilidade da produção atual de alimentos (ABDO et al., 2008, p. 50), possibilitando a recuperação de áreas degradadas, podendo ser implantados, inclusive, em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva legal (RL) (CANUTO et al., 2013, p. 01).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, por meio da Instrução Normativa nº 05 de 2009, Inciso V, p. 65, os SAFs são definidos como:

Sistema de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes.

Nesta perspectiva, muitos confundem Sistemas Agroflorestais com consorciação de cultivos. De forma prática, pode-se dizer que todo SAF é uma consorciação de cultivos, porém o contrário nem sempre é verdadeiro (CHAVES et al., 2009, p. 02).

Segundo o Manual Agroflorestal para Mata Atlântica (DUBOIS et al., 2008, p. 20), determinados consórcios podem ser chamados de agroflorestais na condição de ter, entre as espécies, pelo menos uma tipicamente florestal.

Assim, a qualificação dos SAFs abrange um amplo conjunto de sistemas, desde muito simplificados, compostos por poucas espécies, até os mais complexos e biodiversos (MARTINS & RANIERI, 2014, p. 80), podendo ser classificados de diversas formas quanto aos aspectos (SIQUEIRA et al., 2006, p. 57; FARREL & ALTIERI, 2012, p. 283; DUBOIS, 2006, p. 05):

1) Estrutural – considera-se a natureza dos componentes:

- Sistemas Agrossilviculturais: produção simultânea de culturas anuais e espécies arbóreas;
- Sistemas Silvipastoris: espécies arbóreas manejadas em consórcio com plantas forrageiras, incluindo-se a criação de animais domésticos;
- Sistemas Agrossilvipastoris: produção simultânea de culturas agrícolas e arbóreas com criação de animais domésticos.

2) Funcional:

- Sistemas Agroflorestais de produção;
- Sistemas Agroflorestais de proteção.

3) Socioeconômico:

- Sistemas Agroflorestais Comerciais (normalmente com baixos índices de biodiversidade);
- Sistemas Agroflorestais de Subsistência (geralmente com altos índices de biodiversidade, praticados por populações tradicionais e pequenos agricultores);
- Sistemas Agroflorestais Intermediários.

4) Ecológico:

- Considerando a localização geográfica (SAF trópicos úmidos, SAF planalto central, etc.);
- Considerando a situação topográfica (SAF terra firme, SAF várzea, etc.);
- Considerando o cultivo econômico (SAF seringueira, SAF cacau, SAF dendê, etc.).

Já a classificação temporal desses sistemas implica que: a) SAFs envolvem normalmente duas ou mais espécies de plantas (ou plantas e animais), onde pelo menos uma delas é lenhosa; b) SAFs têm sempre dois ou mais produtos e, c) mesmo os SAFs mais simples são sempre ecologicamente mais complexos do que os sistemas de monocultivos (SIQUEIRA et al., 2006, p. 54).

Cada um desses critérios tem méritos e limitações, de maneira que não há um único esquema de classificação que possa ser adotado universalmente, visto que a escolha do sistema vai depender de múltiplos fatores: ambientais, culturais, sociais e econômicos (FARREL & ALTIERI, 2012, p. 281 e 284; PENEIREIRO & MELADO, 2011, p. 34).

O principal objetivo dos SAFs, por sua vez, é otimizar o uso da terra, conciliando produção de alimentos e serviços ambientais, possibilitando o uso racional e a conservação dos recursos naturais por meio de princípios agroecológicos, com menor *input* de recursos externos e maior auto-suficiência, considerando os conhecimentos locais e desenhando sistemas adaptados para o potencial natural do lugar, transcendendo, portanto, qualquer modelo pronto (GÖTSCH, 1995 apud STEENBOCK & VEZZANI, 2013, p. 08; ENGEL, 1999, p. 04; DUBOC, 2008, p. 975).

Entre os princípios da Agroecologia, ciência transdisciplinar que se propõe, a partir de um enfoque sistêmico apoiar o desenvolvimento sustentável, estão os ecológicos como a manutenção da biodiversidade, o incremento no teor de matéria orgânica e da atividade biológica do solo, ciclagem de nutrientes, adubação verde, cobertura do solo, rotação de

culturas, cultivo mínimo, dentre outros (DUBOIS, 2008, p. 23; ANDREOLA & FERNANDES, 2007, p. 21).

Em relação ao funcionamento dos agrossistemas, tais estratégias são de importância significativa, favorecendo o equilíbrio entre plantas, solo, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes, tornando-os produtivos e resilientes de modo a tolerar estresses e adversidades (ALTIERI, 2004, p. 23).

Dentre todos os sistemas agrícolas é nos SAFs que a ciclagem de nutrientes é mais intensa, assumindo papel crucial a fixação de nitrogênio pelas bactérias diazotróficas e a absorção, especialmente do fósforo, pelas micorrizas. Assim, procura-se, quando da escolha das plantas a serem utilizadas, considerar também sua associação com esses microrganismos (MENDONÇA; JUSCKSCH; LIMA, 2005, p. 22 e 23), já que essencialmente os componentes estruturais dos SAFs devem possuir uma finalidade, que pode ser ao mesmo tempo econômica, social e ambiental:

As árvores podem ser destinadas à produção de madeira, carvão, lenha, frutos, artesanatos, etc. Os cultivos agrícolas podem também ter utilidades múltiplas, desde produtos hortifrutigranjeiros, grãos alimentares e cultivos destinados à produção de agroenergia. Já as espécies florestais, podem ser utilizadas como quebra-vento, ornamentais, fitoterápicas, sombra, fornecedoras de óleos, resinas, essências naturais, temperos e também como adubo verde (DIDONET, 2010, p. 12).

De acordo com Daniel et al. (1999) em Chaves (2009, p. 03), os Sistemas Agroflorestais incluem, na maioria dos casos vantagens que, em geral, superam suas desvantagens, no que se refere às principais esferas da sustentabilidade, estando parte delas resumidas na **Tabela 1**.

No entanto, convém destacar os efeitos benéficos das interações entre as espécies do sistema, onde no consórcio, as arbóreas, normalmente por possuírem raízes mais longas exploram maior volume de solo e são capazes de absorver nutrientes e água que os cultivos agrícolas anuais, por exemplo, não conseguiriam, diminuindo então a competição entre os indivíduos uma vez que, geralmente, as raízes absorventes destas últimas estão concentradas na camada superior do solo, de 0 a 20 cm de profundidade (FARREL & ALTIERI, 2012, p. 282 e 285).

A presença das árvores no sistema possui ainda a função de exercer proteção do solo contra erosão e lixiviação, pois reduz a velocidade dos ventos, diminui o impacto das gotas de chuva sobre sua superfície e aumenta a matéria orgânica (produção de biomassa) no sistema; conserva a umidade do solo; diminui a ocorrência de plantas espontâneas; estimula a atividade benéfica da macrofauna (insetos e minhocas), mesofauna (ácaros, collembolas e

enquitréideos) e microfauna (protozoários, bactérias e fungos); proporciona o uso mais eficiente da água pelas plantas devido ao aumento da infiltração, da redução da evaporação e do escoamento superficial; apresentam-se como eficientes reservatórios de carbono e constituem-se em fonte renovável de energia, além de prestarem-se à recuperação de solos marginais e/ou degradados (FARREL & ALTIERI, 2012, p. 286, 287 e 289; WANDELLI, 2013, p. 06; MACEDO et al., 2010, p. 20; RIBASKI; MONTROYA; RODIGHERI, 2015, p. 01).

Tabela 1. Vantagens e desvantagens dos Sistemas Agroflorestais.

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
AMBIENTAL	Aliam a produção de alimentos com a conservação do meio ambiente;	O manejo é mais complexo (limpezas seletivas, podas, colheita e armazenamento, etc.) que o cultivo de espécies anuais ou de ciclo curto;
	Ajudam a controlar a erosão dos solos, acrescentando proteção física contra ação danosa dos ventos, sol e chuvas;	As árvores mais velhas podem causar acidentes;
	Utilização de espécies com diversos requerimentos nutricionais e de luminosidade, permite melhor uso dos recursos naturais disponíveis;	Pode ocorrer competição das árvores por luz, nutrientes e água se os sistemas não forem adequadamente manejados;
	Grande eficiência na ciclagem de nutrientes, aumentando, ou no mínimo, sustentando a produtividade;	
	Aproveitamento da fertilidade do solo pela utilização de espécies vegetais fixadoras de nitrogênio e de outras que se associam a micorrizas;	
	Aumenta a atividade da macro, meso e microfauna do solo;	
	No consórcio de espécies, uma planta ajuda a outra a se desenvolver;	Riscos de influências alelopáticas entre os componentes;
	Estimulam os mecanismos de controle biológico pela maior diversificação de espécies;	A maior umidade relativa do ar pode favorecer o surgimento de enfermidades.
	Redução de insetos indesejáveis e doenças, pelo equilíbrio biológico existente entre estes e os inimigos naturais disponíveis;	
	Privilegiam adubações orgânicas e incorporam grandes quantidades de gases do efeito estufa em biomassa vegetal;	
	A presença do dossel de copas, formado pelo componente arbóreo, reduz a radiação solar que atinge o sub-bosque do plantio agroflorestal, evitando o estabelecimento e/ou diminuindo o crescimento de plantas espontâneas, altamente exigentes em luz;	
	São recomendados para a recuperação de matas ciliares, encostas, em manejo sustentável de bacias hidrográficas, em áreas de corredores ecológicos e em áreas limítrofes de unidades de conservação, como uma “zona tampão” produtiva.	

SOCIAL	Promovem diminuição do êxodo rural pelo fato de manter o solo produtivo por longos períodos, os SAFs têm a grande vantagem de fixar o agricultor à terra;	Os conhecimentos dos agricultores, técnicos e pesquisadores sobre SAFs são, ainda, muito limitados;
	Contribuem para a melhoria da alimentação das populações rurais, proporcionando a segurança alimentar;	A falta de tradição dos agricultores pode tornar difícil a extensão e implantação desse sistema na maioria das regiões.
	O alimento produzido sem adubos químicos é mais saudável;	
	O componente arbóreo torna o trabalho mais confortável, permitindo maior desempenho e preservação da saúde do homem do campo;	
ECONÔMICO	Valoriza a cultura local.	
	Menor necessidade de insumos, requerendo menores investimentos externos;	O retorno do capital pode ser mais lento;
	Os custos de implantação e manutenção são acessíveis aos pequenos agricultores;	O custo de implantação pode ser mais elevado, dependendo das espécies a serem utilizadas e se o produtor irá adquirir ou produzir as mudas;
	Maior produtividade por unidade de área, ou seja, maior eficiência no uso da terra;	O manejo incorreto das espécies arbóreas pode diminuir o rendimento dos cultivos agrícolas anuais;
	Possibilitam melhor distribuição da mão de obra ao longo do ano;	
	Podem aumentar e melhorar a distribuição da renda familiar, com a comercialização de diversos produtos (madeira, mel, frutos etc);	Os produtos gerados pelos SAFs podem ter mercados limitados (necessidade de organização em associações e cooperativas);
	Normalmente exigem pouco ou nenhum controle fitossanitário (menor custo);	
	Proporcionam menores riscos econômicos para os produtores, em decorrência de uma maior diversificação da produção.	A recuperação econômica dos investimentos pode demorar mais tempo.

Fonte: MACEDO; VENTURIN; TSUKAMOTO FILHO, 2000, p. 97 e 98; NARDELE; CONDE, 2015, p. 05 e 06; DIDONET, 2010, p. 12 e 15).

No âmbito da Cooperafloresta (associação formada por agricultores familiares do Estado de São Paulo, fundada em 1996), estudos realizados em parceria com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio), a Embrapa Florestas e a Universidade Federal do Paraná, demonstraram que as agroflorestas, além de produzirem alimentos em grande quantidade por unidade de terra, gerando cada vez mais autonomia e segurança alimentar para as famílias agricultoras, apresentam grande biodiversidade e fixam mais de 06 toneladas de carbono por hectare anualmente (ICMbio; COOPERAFORESTA; PROJETO AGROFLORESTAR, 2013, p. 03).

Outra questão de grande relevância referente aos SAFs é o longo ciclo produtivo das culturas que o formam. Assim, se os custos das etapas iniciais (com mudas, adubos e corretivos, mão de obra, entre outros) forem diluídos pelo número de anos de seu emprego, eles ficam relativamente muito mais baixos que os custos de produção dos sistemas convencionais (CANUTO et al., 2013, p. 04). Há de se considerar ainda que, em algumas situações o produtor rural detém a mão de obra e insumos no próprio estabelecimento,

tornando os investimentos necessários para implantação mais acessíveis.

Nesse sentido, a diversidade em todos os modelos de SAFs, além de conferir equilíbrio ecológico, é fundamental para a estabilidade e diminuição de riscos econômicos, com melhor distribuição temporal da produção, possibilitando renda familiar em diferentes períodos do ano (ABDO, 2008, p. 59; ALVES, 2009, p. 02).

Além de proporcionar benefícios ambientais e econômicos, os SAFs são também socialmente justos e culturalmente adaptados, pois sua implantação contribui para a permanência do homem no campo, possibilita melhor distribuição da mão de obra e maior conforto no trabalho ao longo do ano, valoriza a cultura local e permite melhoria da qualidade de vida dos agricultores e consumidores (SIQUEIRA et al., 2006, p. 57; NARDELE & CONDE, 2015, p. 04 e 05).

No que se refere à agricultura familiar, os SAFs são excelentes opções, visto que, frequentemente a terra é cultivada sem período de pousio ou mantida com capoeira por um tempo muito curto e, com isso, a mesma vai se tornando desgastada e o pequeno agricultor cada vez mais dependente e vulnerável (DUBOIS, 2008, p. 19). Nesse sentido, o sucesso dos SAFs dependerá do planejamento de produção, considerando as boas práticas de manutenção e conservação dos solos, variedades de espécies vegetais e animais adaptados à região, promovendo boa interação entre esses, devendo-se levar em conta os anseios do agricultor (a), as necessidades de mercado, caso houver interesse de comercialização, e amparo técnico qualificado.

Dessa forma, o desenvolvimento de mais estudos que comprovem cientificamente os benefícios sociais e a viabilidade econômica dos Sistemas Agroflorestais são de grande importância, pois podem justificar e estimular os responsáveis pelas prioridades políticas e de financiamento agrário a promover programas de crédito rural que incentivem a adoção e implantação desses sistemas nas propriedades rurais brasileiras (MACEDO et al., 2010, p. 23).

2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

O termo “micorriza”, composto pelos radicais gregos *mykes*, fungos e *rhizae*, raiz, refere-se à associação de natureza mutualística estabelecida entre fungos e plantas, que ocorre nas raízes e promove perfeita integração entre os dois organismos simbiontes (CARRENHO et al., 2014, p. 546).

A classificação simplificada das micorrizas em ectomicorriza e endomicorriza permite

distinguir a micorriza em que o fungo não penetra nas células das plantas hospedeiras (ecto) e se desenvolve amplamente na superfície externa da raiz, daquela que o fungo se desenvolve inter e intracelularmente no córtex da raiz, no qual incluem os fungos micorrízicos arbusculares, sem causar nelas modificações morfológicas (MIRANDA & MIRANDA, 1997, p. 72).

Os FMAs são biotróficos obrigatórios, pois necessitam estar associados a uma raiz fisiologicamente ativa que lhe forneça carboidratos para que completem seu ciclo de vida. Pertencem ao Reino Fungi, filo Glomeromycota e representam a associação mais abundante em todos os ecossistemas naturais e cultivados do planeta. Colonizam de 70 a 90% das plantas terrestres, desde Gimnospermas e Angiospermas, até Pteridófitas e Briófitas, com origem presumida há mais de 400 milhões de anos (MACHADO; PEREIRA; LOPES, 2010, P. 283; STÜRMER & SIQUEIRA, 2013, p. 293). Atualmente, aliando a diversidade morfológica de seus esporos e estudos moleculares, foi possível identificar mais de 200 espécies, pertencentes a 04 ordens e 19 gêneros distribuídos em 10 famílias (REDECKER et al., 2013) (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos Fungos Micorrízicos Arbusculares.

<u>Reino</u>	<u>Filo</u>	<u>Classe</u>	<u>Ordem</u>	<u>Família</u>	<u>Gênero</u>
Fungi	Glomeromycota	Glomeromycetes	Glomerales	Glomeraceae	<i>Glomus</i> <i>Septoglomus</i> <i>Funneliformis</i> <i>Rhizophagus</i> <i>Sclerocystis</i> <i>Claroideoglomus</i>
			Diversisporales	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> <i>Scutellospora</i> <i>Dentiscutata</i> <i>Racocetra</i> <i>Cetraspora</i>
				Diversisporaceae	<i>Diversispora</i> <i>Redeckera</i>
				Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
				Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>
			Archaeosporales	Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i>
				Ambisporaceae	<i>Ambispora</i>
				Geosiphonaceae	<i>Geosiphon</i>
			Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i>

Fonte: REDECKER et al., 2013.

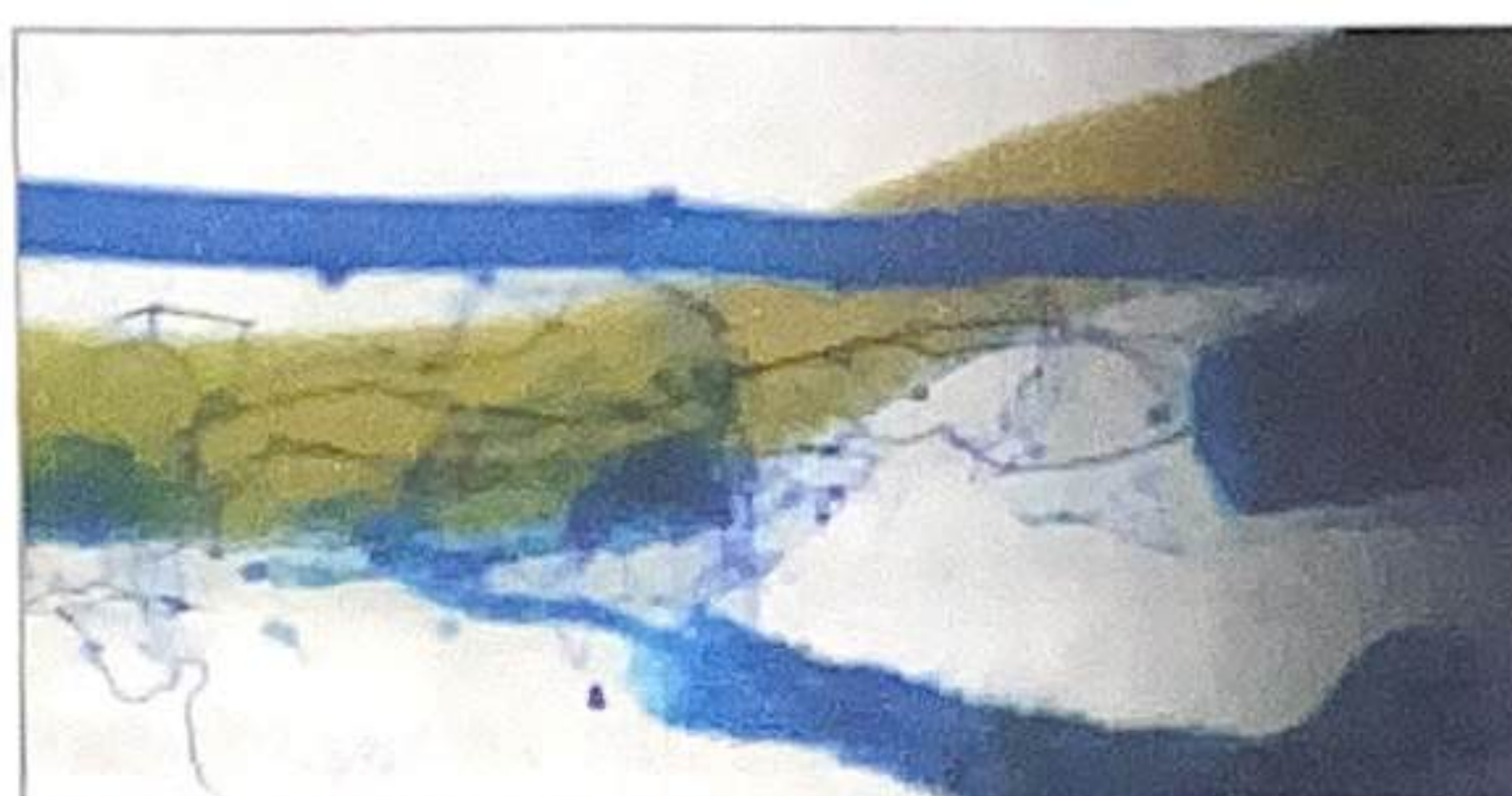
A colonização na planta hospedeira, por sua vez, tem início com a penetração do fungo na epiderme das raízes, resultante da pressão mecânica pelos apressórios e degradação enzimática parcial, levando a formação de estruturas específicas nas células do córtex, tais

como: os arbúsculos, estruturas ramificadas de hifas e formadas exclusivamente pelos FMAs, onde ocorre a troca de nutrientes entre os simbiontes; as vesículas, estruturas globosas ou alongadas que servem como reservatórios de glicogênio e lipídios para o fungo; as hifas cenocíticas (não possuem septos e, portanto, seus núcleos são compartilhados), importantes na aquisição e translocação de nutrientes do solo para a planta; e os esporos assexuais, que servem para dispersão e sobrevivência (SIQUEIRA; LAMBAIS; STÜRMER, 2002, p. 13; BONFANTE-FASOLO, 1984; GRAHAM et al., 1982; MORTON, 1990 apud STÜRMER, 2010, p. 06) (Figura 1).

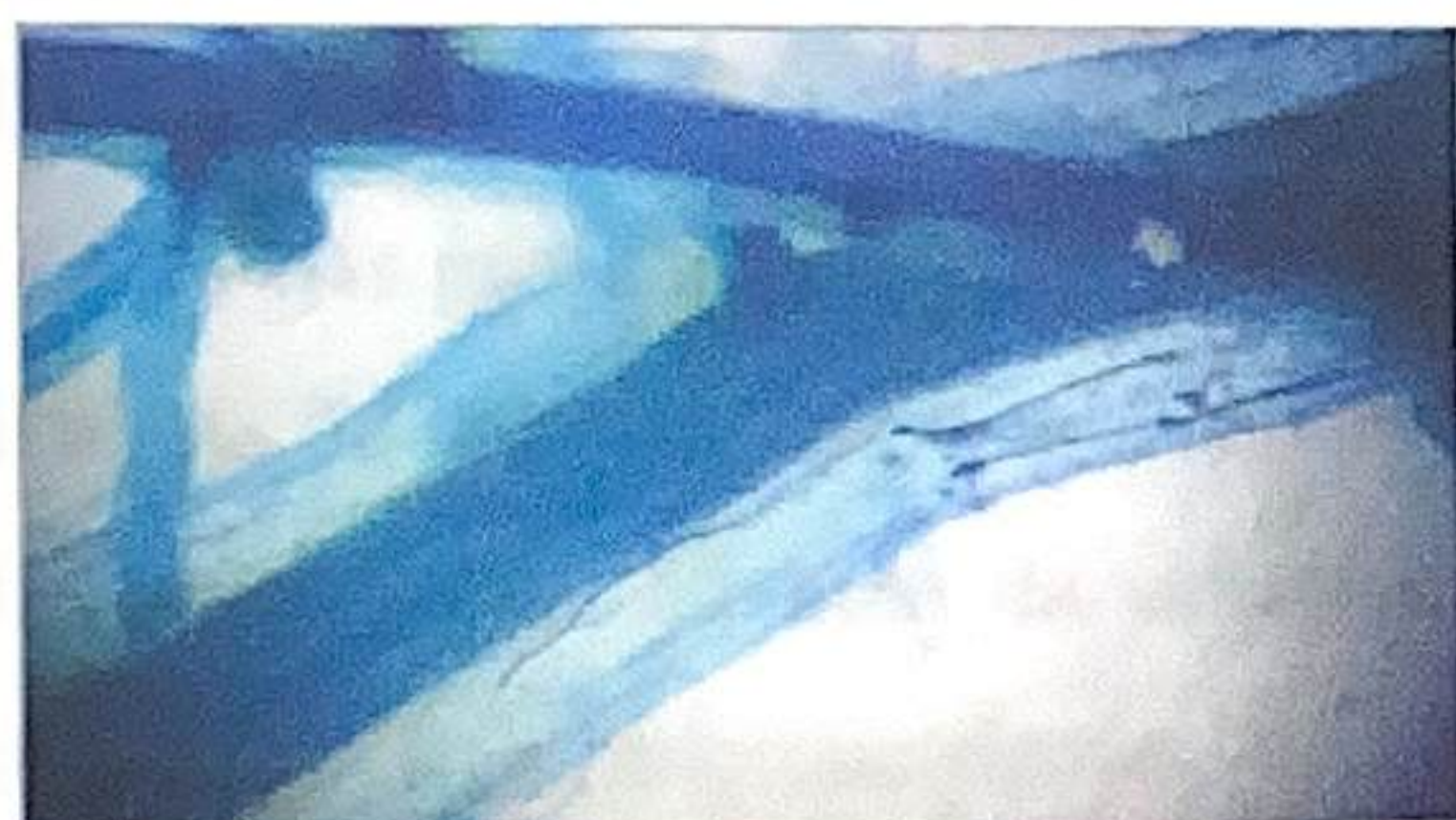


A

Fonte: INVAM, 2016.



B



C



D



E



F



G

Foto: Valter Lopes.

Figura 1. Estruturas formadas pelos fungos micorrízicos arbusculares. A) Arbúsculos no interior da célula radicular; B) Hifas extra-radiculares; C) Hifas intra-radiculares; D) Apressório representando o ponto de entrada da hifa na raiz; E) Vesículas no interior da raiz; F) Esporos de FMAs; G) Esporo fúngico da espécie *Scutellospora cerradensis*.

Várias culturas, especialmente as de maior importância econômica como a soja, feijão, milho, sorgo, trigo, arroz, cana-de-açúcar, algodão, café, cacau, seringueira, citros, mandioca, batata doce; as forrageiras tropicais, gramíneas e leguminosas; e diferentes espécies arbóreas têm suas raízes colonizadas naturalmente pelos fungos micorrízicos arbusculares (MIRANDA, 2008, p. 18).

As plantas hospedeiras, devido suas características e, sob determinadas condições edafoclimáticas, diferem-se quanto ao grau de benefício obtido pela associação, o que é conhecido como “dependência micorrízica”, variando de altamente dependentes, dependentes e não dependentes (HUNGRIA et al., 1997, p. 06).

Entre os benefícios da micorrização está o incremento no crescimento da planta colonizada, sobretudo em solos com média a baixa fertilidade, pela maior absorção de nutrientes advinda da ação do micélio fúngico, que funciona como uma extensão do sistema radicular para além da zona de depleção (esgotamento) das raízes, translocando nutrientes minerais, especialmente aqueles pouco móveis como o fósforo (P), zinco (Zn) e cobre (Cu) (MAIA et al., 2015, p. 78; CARRENHO; COLOZZI FILHO; MACHINESKI, 2014, p. 546).

Os FMAs possuem papel significativo também na absorção do nitrogênio (N), seja de forma direta ou indireta, isto é, através das hifas, de fontes orgânicas ou inorgânicas, ou pelo benefício nutricional advindo da simbiose, que permite que as plantas estejam mais bem nutridas com P e micronutrientes essenciais para a formação dos nódulos e para o funcionamento da fixação biológica de N_2 pelas bactérias diazotróficas (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2006, p. 117).

Nessa relação de sinergismo, de acordo com Miranda & Miranda (2006, p. 222), além dos FMAs influenciarem o estabelecimento do rizóbio e a nodulação, podem atuar na própria eficiência da fixação do N_2 , pois foi verificado maior formação de etileno em plantas micorrizadas, composto relacionado diretamente à fixação do nitrogênio atmosférico. Em contrapartida, o suprimento de N para a planta através das bactérias fixadoras, aumenta o seu vigor e, como resultado, beneficia a micorriza pela maior oferta de fotoassimilados (CARVALHO & MOREIRA, 2010, p. 384).

Plantas micorrizadas apresentam, portanto, maior atividade fotossintética, maior atividade enzimática e de produção de substâncias reguladoras de crescimento, adquirindo maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (ex.: “pragas” e doenças) ou abiótica (ex.: desequilíbrio nutricional, presença de metais pesados e poluentes orgânicos no solo; déficit hídrico) tornando-se componentes essenciais para recuperação de áreas degradadas (COLOZZI FILHO & NOGUEIRA, 2007, p. 39; PEREIRA et al., 2012, p.

1669; STÜRMER & SIQUEIRA, 2013, p. 301).

Esses aspectos são particularmente importantes em sistemas de produção familiar, cujos solos apresentam, normalmente, baixa fertilidade, desempenhando papel fundamental na funcionalidade dos agrossistemas. Significa também, por outro lado, diminuição da necessidade de adubações, pois os FMAs possuem a capacidade de garantir bons rendimentos culturais e serviços ambientais com níveis de fertilidade do solo moderados, já que do contrário, a elevada concentração de nutrientes pode inclusive inibir a associação micorrízica (FERNANDES, 2011, p. 11; ELKE et al., 2010, p. 158 e 175; SIQUEIRA, 1994, p. 164).

As hifas extra-radulares encontram-se em quantidade variando de 1 a 50 metros por grama de solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, p. 99) que, além de servirem à absorção de nutrientes e água, auxiliam de modo significativo na formação e estabilização dos agregados do solo, por meio da sua ação física e pela produção da glomalina, glicoproteína hidrofóbica sintetizada exclusivamente por esses fungos. Esta proteína contribui ativamente no processo de dreno de C da planta e seu armazenamento no solo, podendo reter aproximadamente 27% do seu carbono total (MIRANDA, 2008, p. 18). Estima-se que, globalmente, os FMAs possam ser responsáveis pelo dreno anual de cinco bilhões de toneladas de C aos solos (BAGO; PFEFFER; SHACHAR, 2000, p. 949).

Contudo, a função primordial da glomalina é de auxiliar na proteção das hifas fúngicas contra a dessecação, sendo liberada ao solo quando essas estruturas perdem a capacidade de transportar nutrientes para o hospedeiro, e a partir daí passa a contribuir na agregação das partículas minerais e orgânicas (DRIVER; HOLBEN; RILLIG, 2005, p. 102).

A melhoria da estruturação do solo advinda desses serviços confere consequentemente, benefícios quanto à retenção de água, capacidade de mobilização de nutrientes, aeração do solo, penetração e desenvolvimento radicular, bem como para os demais microrganismos (TRUBER, 2013, p. 01).

Assim, a associação com FMAs tem recebido atenção como parte de um crescente paradigma que considera como essencial, para o aumento crescente da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma comunidade do solo ativa e diversa (COUTINHO et al., 2003, p. 47). Entretanto, sua ocorrência em solo rizosférico e em plantas hospedeiras é influenciada por múltiplos fatores de natureza biótica, abiótica e antrópica que, consequentemente, irão acarretar em maior, menor ou ausência da eficiência dos FMAs sobre as plantas e em seus efeitos no meio ambiente (CARRENHO et al., 2010, p. 215; MIRANDA & MIRANDA, 1997, p. 75; SIQUEIRA, 1994, p. 164).

Vários parâmetros podem ser usados para estimar o grau de atividade dos fungos

micorrízicos arbusculares. Dentre eles, podem-se destacar alguns de ordem quantitativa como densidade de esporos, potencial de inóculo micorrízico (PIM) e teor de glomalina que são frequentemente empregados para estabelecer relações entre a comunidade dos FMAs e as características do agrossistema ou ecossistema considerado.

A densidade de esporos é obtida por meio da extração dessas estruturas a partir de amostras de solo adotando-se procedimentos específicos descritos por Gerdemann & Nicolson (1963). Os esporos, além de ser o principal tipo de propágulo desses fungos, são fundamentais para a identificação de espécies e, portanto, são a base para estudos da composição e diversidade da comunidade de FMAs.

O PIM refere-se ao coeficiente de propágulos nativos (esporos, hifas extra-radiculares e raízes colonizadas) num determinado substrato e o potencial deste em estabelecer simbiose com raízes de plantas micotróficas (dependentes da simbiose), podendo ser estimado pela percentagem de colonização radicular de plantas teste cultivadas em bioensaio sob solo original da área em estudo (RUBIN & STÜRMER, 2015, p. 61), ou por outra técnica conhecida como número mais provável (NMP). O NMP consiste em mensurar a densidade de propágulos presente em porções individuais de uma amostra de solo oriundas da diluição seriada desta em bioensaios (MACHADO; PEREIRA; LOPES, 2010, p. 291). A diferença entre os dois métodos incide no fato de o NMP não considerar percentagem como medida e sim, a caracterização do material apenas quanto à presença (+) ou ausência (-) de colonização radicular.

O sorgo, milho e braquiária são as plantas teste mais comumente empregadas nesses bioensaios para a determinação do PIM, por serem micotróficas e apresentarem rápido e abundante crescimento radicular. Associado a essa característica morfológica, o metabolismo de uma planta C4 permite maior eficiência fotossintética, garantindo assim, uma grande quantidade de fotoassimilados translocados ao sistema radicular que pode ser utilizado pelo fungo (STÜRMER, 2010, p. 02).

A estimativa da glomalina e proteínas do solo relacionadas pode ser efetuada utilizando-se quatro métodos descritos em Wright & Upadhyaya (1998, p. 98 e 101), sendo o método de extração à base de citrato de sódio amplamente usado para a fração da glomalina facilmente extraível (GFE). Acredita-se que esta fração representa as proteínas mais recentemente produzidas e também mais susceptíveis à atividade de decomposição por estarem concentradas predominantemente na superfície dos agregados. Sua quantificação é feita pelo método de Bradford (1976) o qual se baseia na formação de complexos entre o corante Comasié Brilliant Blue G-250 (CBB) e proteínas da solução, causando alteração na

absorbância que é proporcional à quantidade de proteína presente no substrato, possibilitando sua leitura em espectrofotômetro a 595 nm.

Em agrossistemas, o aumento da taxa de micorrização das plantas pode ser viabilizada por meio de algumas técnicas que incluem a inoculação com isolados fúngicos selecionados, normalmente esporos; por práticas de manejo que viabilizem a população fúngica nativa dos solos agrícolas e, pela aplicação de compostos estimulantes da micorrização à base de formononetina sintética (SIQUEIRA; LAMBAIS; STÜRMER, 2002, p. 18).

Tendo em vista essas possibilidades, uma idéia implícita na pesquisa em agroecologia é que, ao compreender as inter-relações entre os componentes e a dinâmica complexa dos processos ecológicos, como as simbioses, os agrossistemas podem ser manejados de modo a melhorar a produção e torná-la mais sustentável, reduzindo impactos ambientais e sociais negativos e diminuindo o aporte de insumos externos (GLIESSMAN, 1998 apud ALTIERI, 2012, p. 106).

Os sistemas agrícolas de manejo conservacionista, tais como os SAFs, por exemplo, podem ter efeitos positivos na propagação, manutenção e funcionamento da simbiose micorrízica (TRUBER, 2013, p. 13). Nesse sentido, o presente trabalho faz parte de uma atividade de pesquisa liderada pela Embrapa Arroz e Feijão em parceria com a Embrapa Cerrados, intitulado como “Uso de Sistemas Agroflorestais para a recuperação de áreas degradadas, produção de alimentos e desenvolvimento rural sustentável”, visando desenvolver conhecimento científico, ecofisiológico, ambiental e social, sendo o estudo sobre os FMAs um dos componentes do projeto. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a população das micorrizas arbusculares em um SAF conduzido sob princípios agroecológicos, no período de 2014 e 2015, por meio da contagem de esporos (CE), determinação do PIM e dos teores de GFE em solo rizosférico das culturas de milho e feijão cultivadas em sucessão a diferentes plantas de cobertura e à área de pousio, nas entrelinhas de espécies arbóreas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo e delineamento experimental

O Sistema Agroflorestal (tipo agrossilvicultural em faixas) foi implantado na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, situada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, em um Latossolo Vermelho ácrico, de textura argilosa, com teores médios de 307 g kg^{-1} de areia, 153 g kg^{-1} de silte e 540 g kg^{-1} de argila, na camada de 0-10 cm.

A vegetação original da área experimental era do tipo Cerradão a qual estava sendo cultivada sob manejo convencional de preparo do solo (gradagens aradora e niveladora) com rotação de milho e soja (STONE et al., 2015, p. 954).

Antes da implantação do sistema, foram aplicados em toda a área e incorporados com grade aradora 1.620 kg ha^{-1} de fosfato natural de Arad (33% de P_2O_5) e 2.000 kg ha^{-1} de calcário (PRNT = 70%). Os tratamentos foram constituídos por combinações de espécies arbóreas plantadas no período chuvoso de 2008/2009 em linhas com espaçamento de 6 m x 6 m (36 m^2) (**Figura 2**). No início do período chuvoso de 2009 (outubro), foram semeados os cultivos intercalares (milho e feijão) às árvores em parcelas com espaçamento de 3 m x 6 m (18 m^2) (**Figura 3**), em esquema de sucessão a plantas de cobertura e à área de pousio (mantida com vegetação espontânea), cortadas com o uso de rolo-faca por ocasião do florescimento.



A

B

Figura 2. Sistema Agroflorestal em Santo Antônio de Goiás, GO. A) Vista parcial em julho de 2013; **B)** Vista parcial em janeiro de 2016. Fotos: Agostinho Dirceu Didonet.

A semeadura, tanto das plantas de cobertura como das culturas principais, foi manual, após a abertura dos sulcos com sulcador tracionado por trator. A colheita das culturas principais também foi manual.

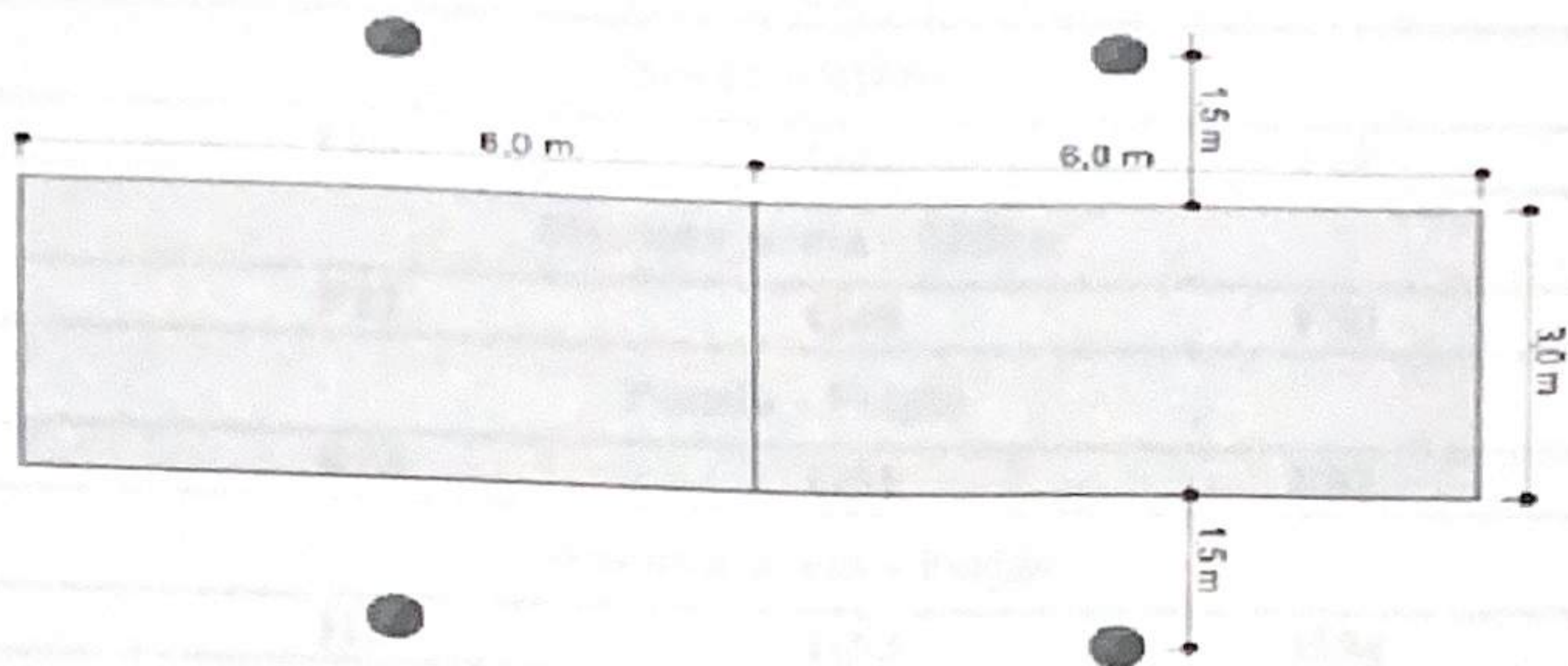


Figura 3. Croqui do delineamento das parcelas entre as árvores (Fonte: STONE et al., 2015, p. 954).

As plantas de cobertura adotadas foram *Crotalaria juncea*, feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu gigante (*Cajanus cajan* L.), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), conduzidas em combinação com linhas de árvores compostas por angico (*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.) e baru (*Dipteryx alata* Vog.) (A-B), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e baru (C-B), aroeira e cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) (C-D), angelim (*Vatairea macrocarpa* (Benth) Ducke) e cagaita (E-D), angelim e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) (E-F), farinha seca (*Albizia hasslerii* (Chod.) Burkart.) e pequi (G-F) e ingá (*Inga edulis*) (H) (Tabela 3).

Tabela 3. Croqui do SAF, Santo Antônio de Goiás-GO, 2016.

SISTEMA AGROFLORESTAL - SEGURANÇA ALIMENTAR			
BLOCO 1		BLOCO 2	
A1	B2	A29	B30
Crotalária juncea - Milho			
A3	B4	A31	B32
Feijão de porco - Feijão			
A5	B6	A33	B34
Feijão guandu - Milho			
C7	B8	C35	B36
Sorgo - Feijão			
C9	D10	C37	D38
Feijão de porco - Milho			
C11	D12	C39	D40
Feijão guandu - Feijão			
E13	D14	E41	D42
Crotalária juncea - Feijão			
E15	D16	E43	D44
Pousio - Milho			
E17	F18	E45	F46

Sorgo - Milho			
G19	F20	G47	F48
Mucuna preta - Milho			
G21	F22	G49	F50
Pousio - Feijão			
G23	F24	G51	F52
Mucuna preta - Feijão			
H25	H26	H53	H54
Vegetação espontânea			
H27	H28	H55	H56
BLOCO 3		BLOCO 4	
A57	B58	A85	B86
Crotalaria juncea - Milho			
A59	B60	A87	B88
Feijão de porco - Feijão			
A61	B62	A39	B90
Feijão guandu - Milho			
C63	B64	C91	B92
Sorgo - Feijão			
C65	D66	C93	D94
Feijão de porco - Milho			
C67	D68	C95	D96
Feijão guandu - Feijão			
E69	D70	E97	D98
Crotalaria juncea - Feijão			
E71	D72	E99	D100
Pousio - Milho			
E73	F74	E101	F102
Sorgo - Milho			
G75	F76	G103	F104
Mucuna preta - Milho			
G77	F78	G105	F106
Pousio - Feijão			
G79	F80	G107	F108
Mucuna preta - Feijão			
H81	H82	H109	H110
Vegetação espontânea			
H83	H84	H111	H112

As letras seguidas de números indicam as espécies arbóreas e suas respectivas ordens de plantação.

delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando cinquenta e seis tratamentos, incluindo quatro áreas de mata adjacente que foram

usadas para fins comparativos.

3.2. Coleta de amostras

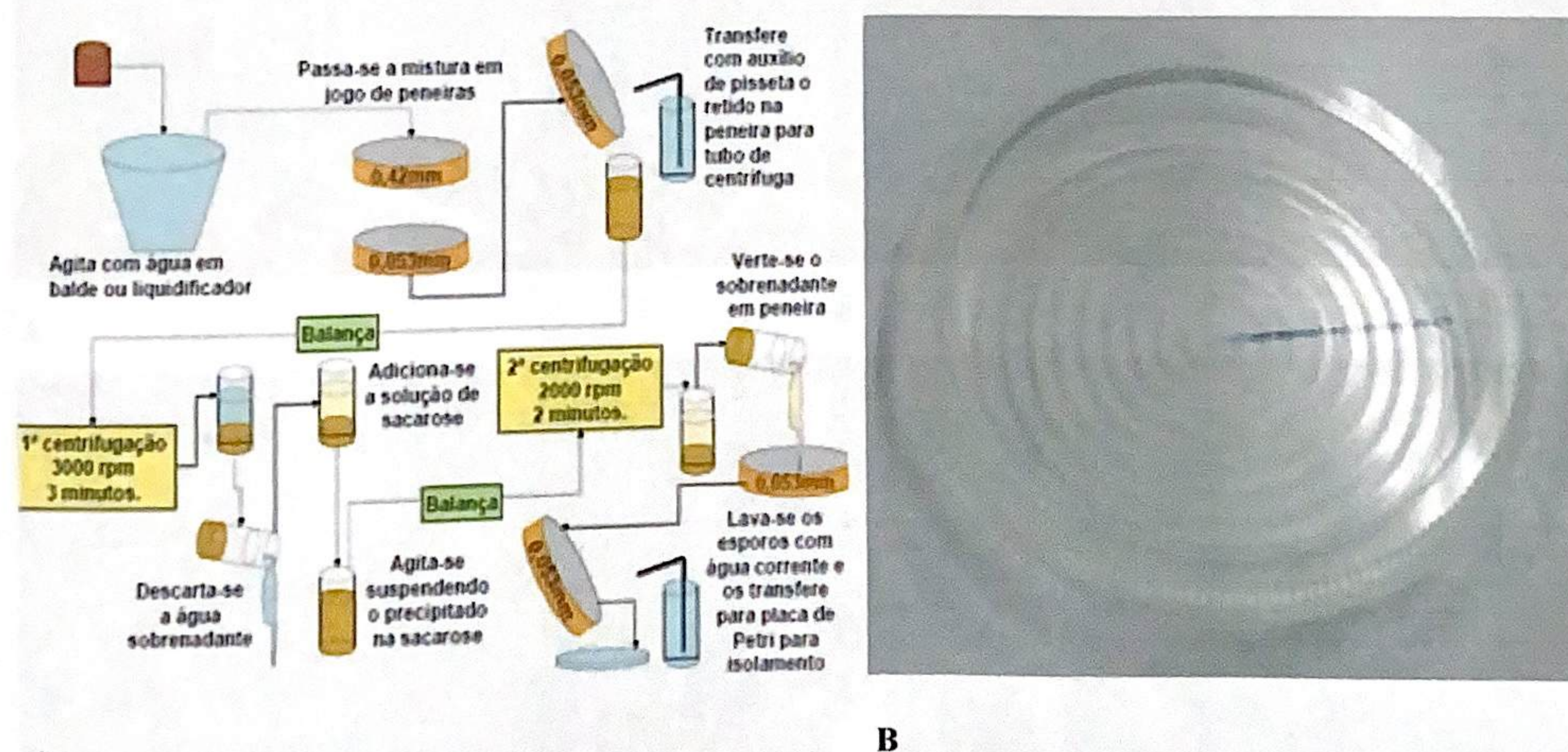
Em fevereiro de 2014 e em abril de 2015 foram coletadas amostras de solo rizosférico (0-10 cm de profundidade) das culturas de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), na fase de colheita, correspondente ao quinto e sexto ano de plantio, e ao segundo e terceiro ano de avaliação dos parâmetros micorrízicos.

Para cada tratamento e repetição, amostras compostas foram obtidas a partir de quatro subamostras homogeneizadas.

3.3. Determinação da densidade de esporos

Os esporos foram extraídos de 50 mL de solo pela técnica de peneiramento úmido descrito por Gerdemann & Nicolson (1963).

Cada amostra foi homogeneizada com aproximadamente 700 mL de água destilada em liquidificador, e deixada em repouso por 30 s para decantação do material mais pesado do solo e suspensão dos esporos. Posteriormente, a solução foi despejada sobre duas peneiras com malhas de 710 μm e 53 μm de abertura acopladas em ordem decrescente. Esse processo foi repetido por quatro vezes e seu esquema é ilustrado na **Figura 4**.



A
Figura 4. Extração e contagem de esporos de FMAs. A) Extração de esporos de uma amostra de solo (Fonte: SAGGIN JÚNIOR et al., 2011, p. 12); **B)** Placa canaletada para contagem de esporos.

O material retido na peneira de 53 μm foi transferido para tubos tipo Falcon de 50 mL e centrifugados em água destilada a 3.000 rotação por minuto (rpm) durante 3 min. Em seguida, o sobrenadante foi eliminado e uma solução de 45 mL de sacarose (45%) foi adicionada a cada tubo, sobre o material retido no fundo, para nova centrifugação a 2.000 rpm por 2 min. A

sacarose possui a função de criar um gradiente de concentração de modo com que os esporos permaneçam na camada superficial, enquanto que as partículas de matéria orgânica, raízes etc., se mantenham na parte inferior do tubo centrífuga.

Logo após, o sobrenadante foi vertido na peneneira de 53 μm e os esporos lavados com água destilada para retirar o excesso de sacarose e transferidos, com o auxílio de pisseta, para contagem em placa canaletada sob microscópio estereoscópico (40x).

3.4. Determinação do Potencial de Inóculo Micorrízico (PIM)

As amostras de solo foram empregadas na estimativa do potencial de inóculo micorrízico pelo método de Moorman & Reeves (1979) descrito em Sieverding (1991), por meio de bioensaio conduzido em casa de vegetação, usando-se sorgo (*Sorghum bicolor*) como planta hospedeira.

A montagem do bioensaio foi realizada a partir da deposição do solo em tubetes de 290 cm^3 , onde foram semeadas quatro sementes de sorgo. Após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste, deixando somente duas plantas por recipiente (**Figura 5**).

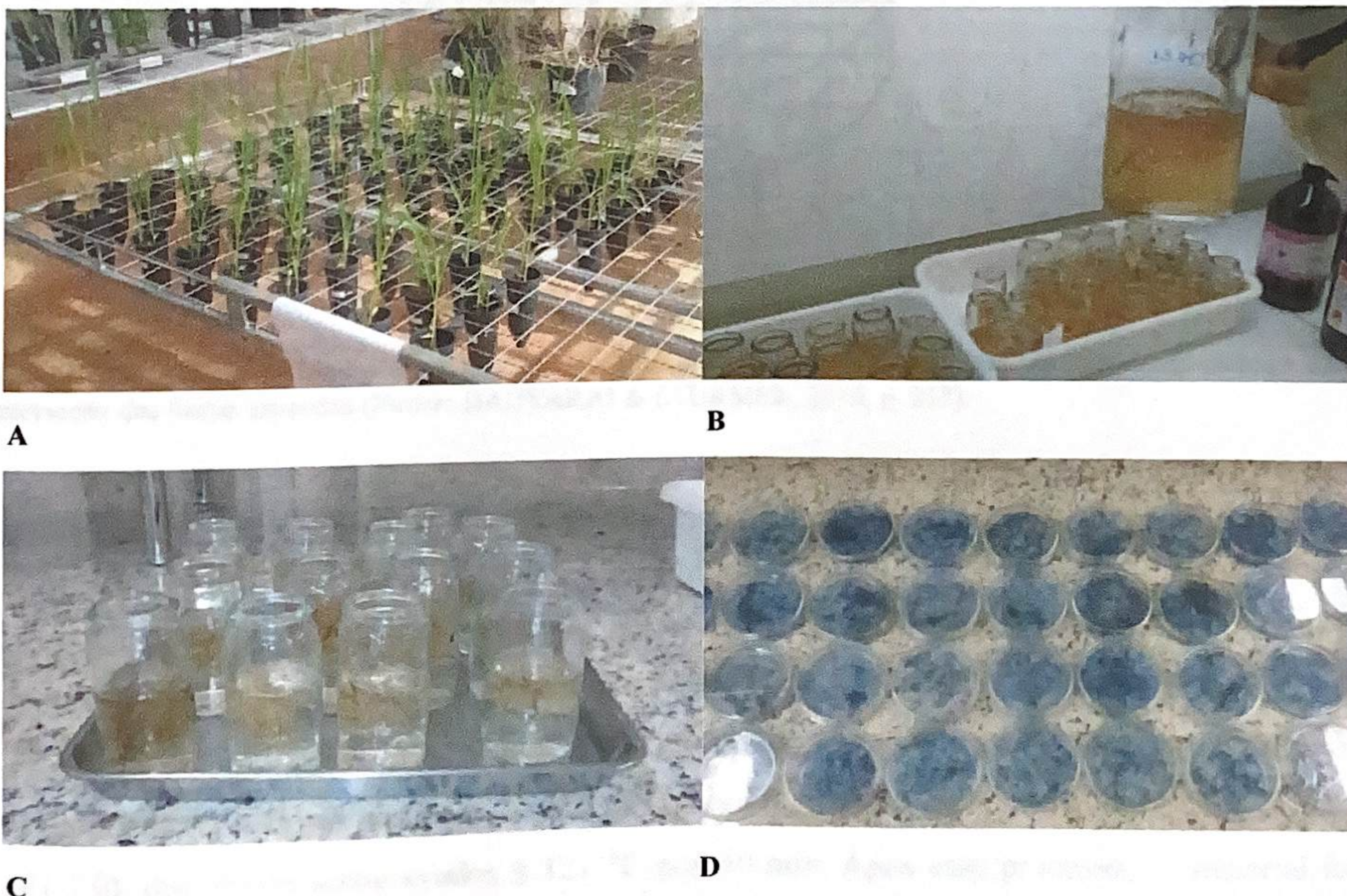


Figura 5. Determinação do potencial de inóculo micorrízico. A) Bioensaio com sorgo. Embrapa Cerrados, abril de 2015; B) Raízes de sorgo em solução de hidróxido de potássio para clareamento; C) Raízes de sorgo clarificadas; D) Raízes de sorgo em placas de Petri com solução azul de metila para coloração.

Os tubetes foram alocados na casa de vegetação da Embrapa Cerrados (Planaltina, DF), dispostos de forma inteiramente casualizada, com irrigação diária usando-se água destilada,

conforme necessidade das plantas.

A colheita do sorgo foi realizada 08 semanas após o plantio e para avaliação da colonização, as raízes foram separadas da parte aérea e clarificadas com solução de hidróxido de potássio (KOH) 2,5% (m/v), hidróxido de amônio (NH_4OH) 20% (m/v) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 3% (m/v), acidificadas com ácido clorídrico (HCL) 1% (m/v) e coradas com azul de metila 0,05% (m/v), segundo a metodologia de Koske & Gemma (1989) e Grace & Stribley (1991), com adaptações. Nas raízes assim preparadas, apenas as estruturas fúngicas (esporos, hifas, vesículas e arbúsculos) são coradas (MIRANDA, 2008, p. 46).

Após esse processo, as raízes foram distribuídas em placas de Petri e a colonização determinada e expressa em percentagem de acordo com o método da interseção proposto por Giovannetti & Mosse (1980), em microscópio estereoscópico com o auxílio de placa quadriculada conforme mostra a **Figura 6**.

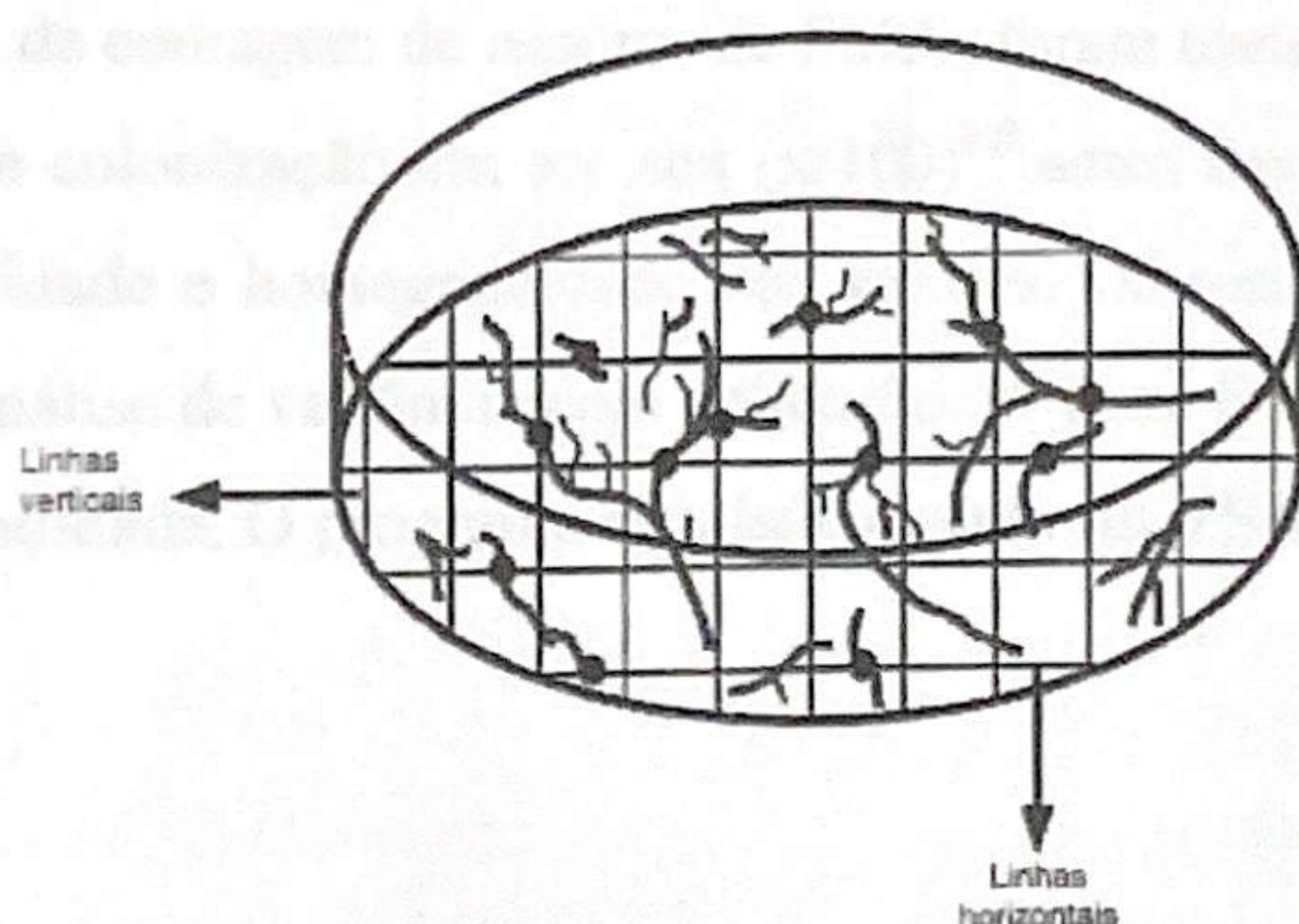


Figura 6. Esquema ilustrativo da avaliação da colonização micorrízica em placa de Petri pelo método da interseção das linhas cruzadas (Fonte: BAGYARAJ & STÜRMER, 2010, p. 213).

3.5. Determinação dos teores de Glomalina Facilmente Extraível (GFE)

Os teores de GFE foram estimados de acordo com a metodologia proposta por Rillig et al. (2003), onde as amostras de solo foram pesadas em latas e secas em estufa a 110 °C por 72 h para determinação da umidade. Em seguida, foi pesado 1 g de solo à parte em tubos Falcon, adicionando-se posteriormente a cada tubo, 8 mL de tampão citrato de sódio (20 mM; pH 7,0), que foram autoclavados a 121 °C por 30 min. Após esse processo, o material foi transferido para microtubos de polipropileno (1,5 mL) e centrifugados a 5.000 rpm por 10 min. Após centrifugação, 50 µL do sobrenadante foi transferido para tubos de ensaio (7 mL), juntamente com 3 mL de reagente de Bradford. Os tubos foram agitados em vortex e após 10 min de repouso, foi determinada a absorbância em espectrofotômetro a 595 nm.

Para a determinação do teor de GFE das amostras foi usada uma curva de referência construída com BSA (Albumina do Soro Bovino) conforme descrito na **Tabela 4**.

Tabela 4. Diluições para curva de referência com BSA.

Diluições	Solução 1µg µL ⁻¹ Volume (µL)	Água destilada Volume (µL)	Volume total (µL)	Concentração final [C] _f (µg µL ⁻¹)
0 (Branco)	0	150	150	0
1	30	120	150	0,2
2	60	90	150	0,4
3	90	60	150	0,6
4	120	30	150	0,8
5	150	0	150	1,0

3.6. Transformação dos dados e análises estatísticas

Os dados da contagem de esporos de FMAs foram transformados em $[\log (x+1)]$ e os de percentagem de colonização em $\arcsen (x/100)^{0,5}$ antes das análises estatísticas a fim de se obter a normalidade e homogeneidade dos valores. Os resultados relacionados foram então submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico usado foi o SAS, versão 9.1.2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atividade dos FMAs nas culturas de milho e feijão em sucessão a plantas de cobertura manejadas nas entrelinhas de espécies arbóreas

4.1.1. Densidade média de esporos

No ano de 2014 todos os tratamentos estimularam da mesma forma a esporulação das micorrizas arbusculares no solo, ou seja, nenhum dos fatores (plantas de cobertura, cultivos comerciais e cultivos arbóreos) influenciaram significativamente ($p > 0,05$) a densidade de esporos na rizosfera das culturas de milho e feijão, considerando as condições amostrais expostas (**Figura 7**).

Esses resultados não equivalem aos encontrados por Sieverding (1991), que estudando o comportamento dos FMAs no manejo de agrossistemas tropicais, verificou diferenças na sua população que, segundo o autor, pode estar relacionada à variação da cobertura vegetal, pois esta afeta diretamente a multiplicação dos mesmos, assim como afirmam Cardoso et al. (2010) que, embora possa haver baixa especificidade entre os fungos micorrízicos e as plantas hospedeiras, as espécies de plantas estimulam diferentemente a sua ocorrência e quantidade no solo.

Nas avaliações feitas em 2015 houve uma tendência de maior densidade de esporos para os tratamentos em que o milho foi adotado como cultivo intercalar, tanto quando comparados às parcelas cultivadas com feijão, quanto com os resultados obtidos no ano anterior. As maiores ($p < 0,05$) densidades de esporos, levando-se em consideração os valores absolutos, foram verificadas na sucessão do milho ao sorgo e à mucuna preta (1.288 e 1.235), respectivamente. A menor quantidade foi encontrada no cultivo de feijão em sucessão à mucuna preta (566 esporos) nas entrelinhas de farinha seca e pequi/ingá.

Silva (2013), nesse mesmo experimento, também observou maiores densidades para os tratamentos em que o milho esteve presente em comparação às parcelas cultivadas com feijão. Da mesma forma, Fernandes (2011) avaliando diferentes cultivos e manejos em propriedades de agricultores familiares no estado de Minas Gerais, obteve menores densidades de esporos na rizosfera do feijão devido, segundo a autora, à menor dependência micorrízica e potencial de multiplicação dessa cultura em relação ao milho.

De forma geral, maior esporulação é atribuída às plantas com sistema radicular de rápido e abundante crescimento e com grande capacidade de fornecer fotossintatos ao fungo, tal como é o sistema radicular das gramíneas, a exemplo do milho e sorgo (HETRICK &

BLOOM, 1986, p. 35). Entretanto, têm-se observado que o cultivo de outras variedades vegetais, como as leguminosas, também favorece a esporulação e a diversidade de espécies micorrízicas (COLOZZI FILHO & BALOTA, 1994), além de serem plantas que proporcionam ao sistema outros benefícios, tais como a fixação biológica de nitrogênio e estruturação física dos solos por suas raízes e biomassa vegetal.

Essa interação entre as leguminosas e os FMAs pode ter contribuído no aumento da densidade de esporos presente na rizosfera das culturas anuais, notada no SAF para todos os tratamentos quando os dados são analisados em relação à evolução temporal do sistema.

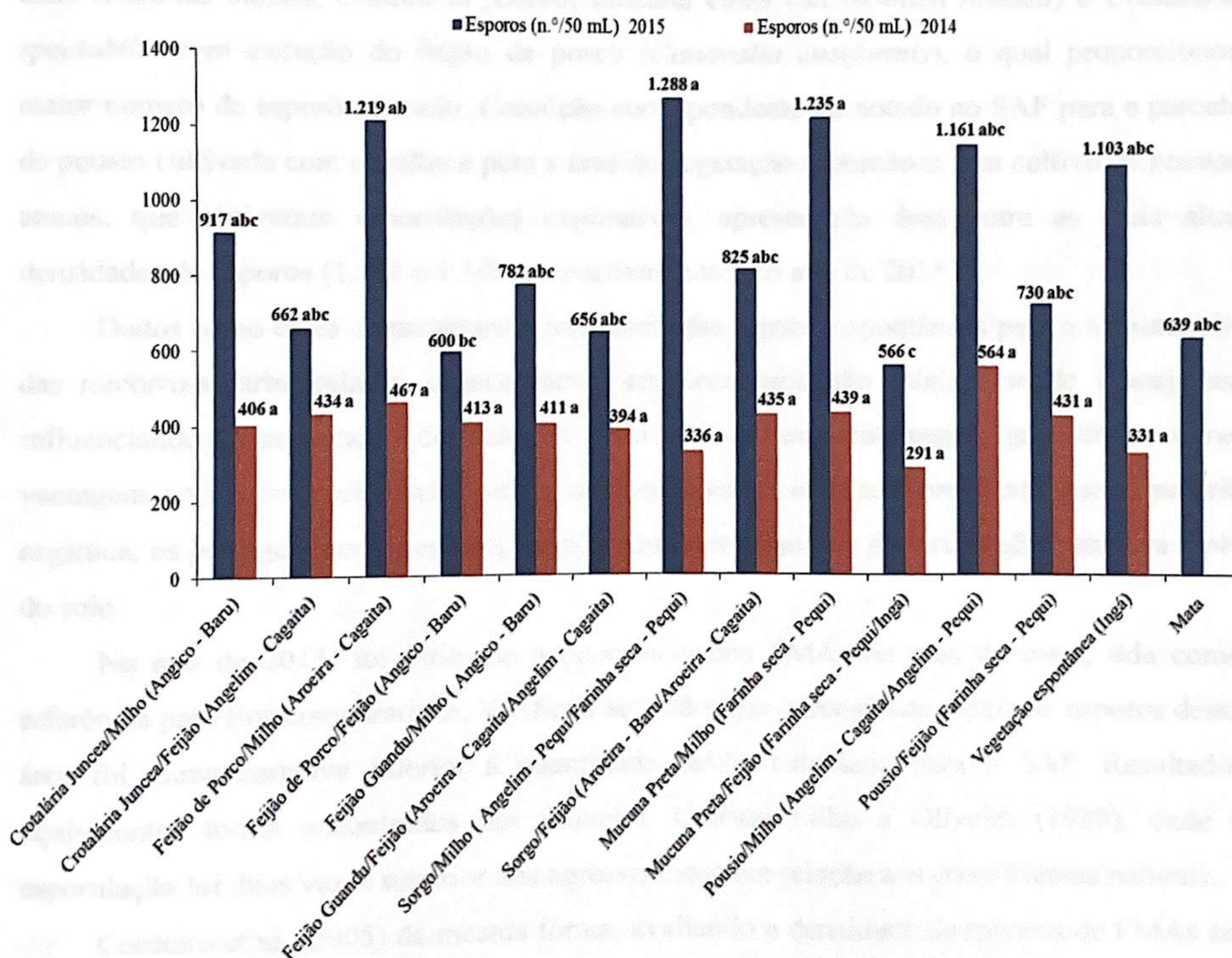


Figura 7. Densidade média de esporos (nº/50 mL de solo) por tratamento do SAF (2014 e 2015) e da área de mata em 2015. Médias seguidas de mesma letra para o mesmo ano não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Eom, Hartnett e Wilson (2000) relatam que a alta concentração de nitrogênio no solo com a presença dessas plantas e a reciprocidade benéfica entre os rizóbios e os FMAs, são os atributos responsáveis por gerar acréscimos na abundância da comunidade micorrízica arbuscular.

Miranda (2005) avaliando a influência da sazonalidade em áreas de pastagens consorciadas com leguminosas e em áreas de pastagens puras constatou que, a densidade de

esporos no sistema consorciado decresceu em menor grau no período seco do que nas áreas com o cultivo de pastagens puras, mantendo-se, ainda, com quantidade elevada no período chuvoso seguinte, evidenciando assim, o efeito benéfico das leguminosas no potencial de inóculo nativo.

Por outro lado, Benedetti e colaboradores (2005) estudando a influência das plantas de cobertura na comunidade de FMAs durante e após o cultivo com milho, encontraram um indicativo interessante, onde no sistema de pousio sem nitrogênio, em que cresceram apenas plantas espontâneas, a esporulação foi análoga ao encontrado para as leguminosas guandú anão (*Cajanus cajan*), *Crotalaria juncea*, mucuna cinza (*Stizolobium niveum*) e *Crotalaria spectabilis* com exceção do feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), o qual proporcionou maior número de esporos no solo. Condição correspondente ao notado no SAF para a parcela de pousio cultivada com o milho e para a área de vegetação espontânea sem cultivo de plantas anuais, que obtiveram esporulações expressivas, apresentado duas entre as mais altas densidades de esporos (1.161 e 1.103, respectivamente) no ano de 2015.

Dados como esses demonstram a relevância das plantas espontâneas para a manutenção das micorrizas arbusculares, especialmente em áreas que não estejam sendo manejadas, influenciando a associação de cultivos futuros e, conseqüentemente, garantindo outras vantagens ao sistema, pois elas reciclam os nutrientes do solo, adicionam ao mesmo matéria orgânica, os protegem contra erosão, além de serem indicadoras da fertilidade, estrutura e pH do solo.

No ano de 2015, foi estimada a ocorrência dos FMAs na área de mata, tida como referência para fins comparativos. Verificou-se então, que a densidade média de esporos dessa área foi numericamente inferior à quantidade média calculada para o SAF. Resultados equivalentes foram encontrados por Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989), onde a esporulação foi duas vezes superior nos agrossistemas em relação aos ecossistemas naturais.

Cordeiro et al. (2005) da mesma forma, avaliando a densidade de esporos de FMAs em solo de Cerrado sob sistemas de manejo (lavoura-pecuária: soja/milho + braquiária; plantio direto: braquiária/soja; plantio direto: braquiária/milho; área sob vegetação de gramíneas nativas; Cerrado *stricto sensu*), observaram que as áreas de Cerrado sem interferência antrópica apresentaram menor número quando comparado com as áreas agrícolas.

Teixeira (2010) obteve quantidades de esporos consideravelmente inferiores na área de floresta (média de 272,7 esporos/50 mL de solo), quando comparadas às encontradas em área de pastagem (média de 1.043,9 esporos/50 mL de solo) e no sistema em aléias sob manejo agroecológico, cuja densidade foi intermediária não ultrapassando 600 esporos/50 mL de solo.

Esse comportamento segundo Vilela (2012), pode ser devido à maior estabilidade dos ecossistemas intactos. De acordo com Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989, p. 1501), a estabilidade dos ecossistemas naturais, quanto à presença constante de hospedeiros e ausência de variações bruscas na fertilidade do solo, poderia garantir a sobrevivência de espécies destes fungos com baixa capacidade natural de esporulação ou que produzem esporos com baixa capacidade de resistência a condições adversas.

Segundo Fontana et al. (2004) e Caproni (2001) em Silva (2006, p. 04), a presença de menor número esporos pode ser considerada também devido à maior competição entre os fungos micorrízicos na rizosfera, uma biota micófaga (organismos predadores de fungos) eficiente ou espécies de plantas que não induzem grandes esporulações ou que não são micotróficas. Outros fatores da planta como compatibilidade com as espécies de FMAs presentes no solo, estágio fenológico, estado nutricional, sistema radicular e presença de compostos fungistáticos também influenciam a micorrização, bem como a fertilidade e conteúdo de água do solo, salinidade, pH, textura, estrutura, intensidade de luz, temperatura, preparo e manejo do solo e da vegetação (CAVALCANTE; GOTO; MAIA, 2009, p. 191; SIQUEIRA, 1994, p. 163).

Dessa forma, este parâmetro é muito variável e bastante sensível, podendo ser subestimado pela forma de isolamento e contagem dos esporos (CARRENHO ET AL., 2010, p. 238), devendo-se assim, adotar como complementaridade, outros métodos para quantificação dos FMAs.

Todavia, os resultados encontrados neste estudo revelaram aumentos expressivos na esporulação que variaram de 45,28% a 283,33% para os tratamentos compostos por feijão em sucessão ao feijão de porco entre as árvores de angico e baru e milho em sucessão ao sorgo nas entrelinhas de angelim e pequi e ferinha seca e pequi, respectivamente, indicando que o manejo com rotação de culturas associado às linhas das árvores em um sistema biodiverso, manejado de acordo com princípios agroecológicos, alterou positivamente a comunidade nativa dos fungos micorrízicos arbusculares.

4.1.2. Teores médios de glomalina facilmente extraível

No ano de 2014 os teores de GFE oscilaram de 1,88 a 2,76 mg.g⁻¹ de solo sem efeito dos tratamentos. O mesmo foi verificado no ano de 2015 que apresentou em média (2,69 mg.g⁻¹ de solo) maior teor dessa proteína, com aumento de 18,57%, em relação a 2014 (2,36 mg.g⁻¹ de solo), mas inferior ao quantificado para a área de mata (5,09 mg.g⁻¹ de solo) (Figura 8).

A combinação de sorgo/milho entre as árvores de angelim/pequi e farinha seca/pequi, por média em anos, compuseram o tratamento onde maiores quantidades de glomalina foram verificadas, provavelmente em função da eficiência fotossintética de ambos os hospedeiros (ANGELINI et al., 2012, p. 122). Sendo que em 2015, considerando os valores absolutos, o tratamento com vegetação espontânea apresentou a maior taxa de GFE ($3,07 \text{ mg.g}^{-1}$ de solo).

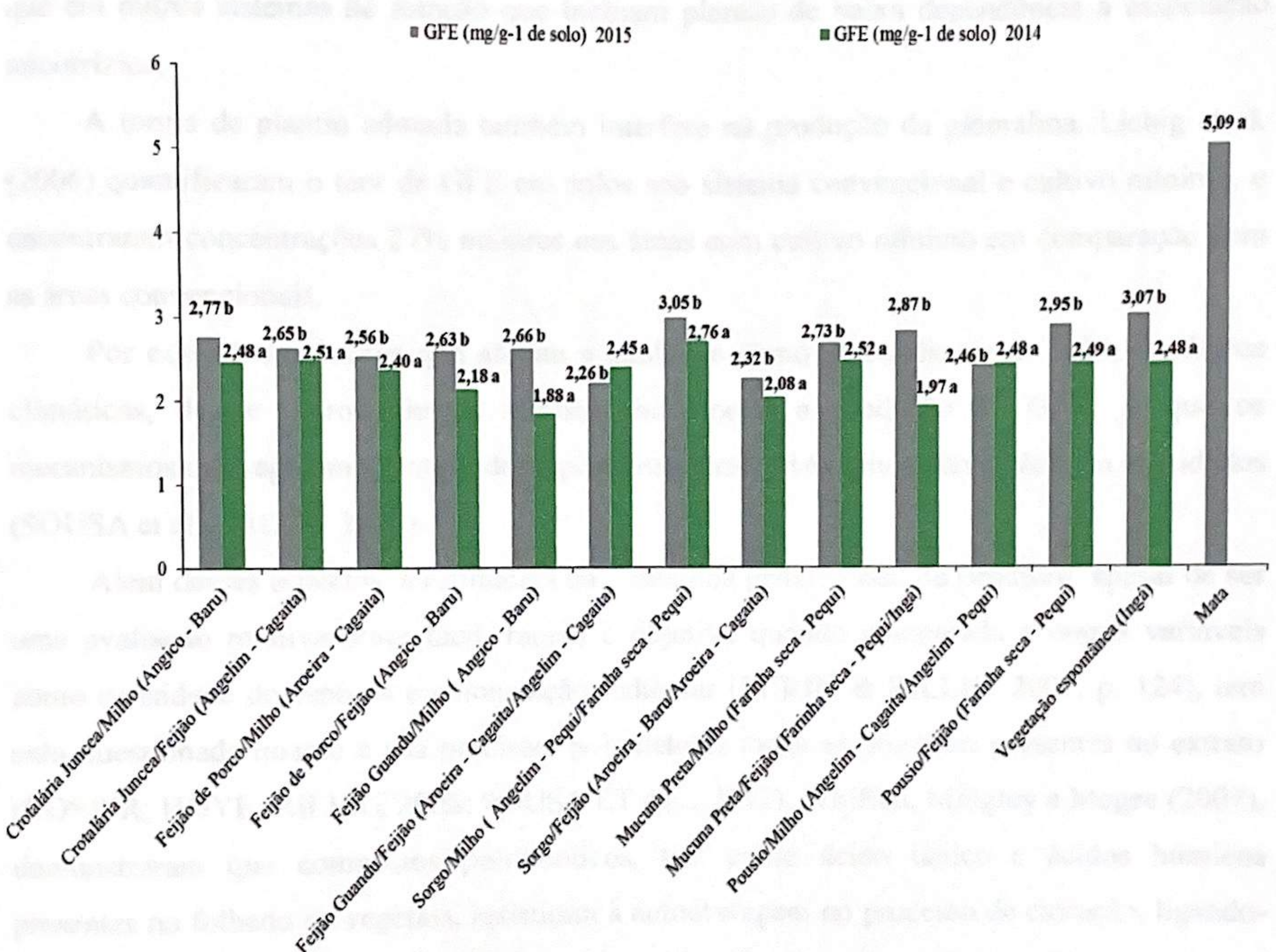


Figura 8. Teores médios de glomalina facilmente extraível (mg.g^{-1} de solo) por tratamento do SAF (2014 e 2015) e da área de mata em 2015. Médias seguidas de mesma letra para o mesmo ano não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao teor de GFE da área de mata, pesquisas relatam maiores quantidades em solos nativos ou não cultivados e menores em solos agrícolas e, que os solos sob copas de plantas, por acumularem mais matéria orgânica e estarem menos expostos a perturbações, promovem melhores condições para o desenvolvimento dos FMAs e, portanto, para a síntese da glomalina (RILLIG et al., 2003; WRIGHT; SATARR; PALTINEANU, 1999; BIRD et al., 2002, p. 451).

Teixeira (2010), em estudo que buscou estimar entre as variáveis consideradas, os teores de GFE em resposta a diferentes sistemas (pastagem de 6 anos; sistema em aléias de aproximadamente 2 anos e floresta de 60 anos), observou que o ambiente florestal apresentou os maiores valores ($2,99 \text{ mg.g}^{-1}$ solo) em comparação à pastagem com os menores resultados

(1,34 mg.g⁻¹) e à área de aléias que se manteve intermediária com 1,83 mg.g⁻¹ de solo.

Em relação aos agrossistemas, os teores de glomalina podem aumentar quando a comunidade dos FMAs é beneficiada por intermédio de práticas de manejo agrícola. Segundo Wright e Anderson (2000), algumas rotações de culturas como, trigo/milho/milheto em plantio direto, favorecem a produção desta proteína e a formação de agregados no solo, do que em outros sistemas de rotação que incluam plantas de baixa dependência à associação micorrízica.

A forma de plantio adotada também interfere na produção da glomalina. Liebig et al. (2006) quantificaram o teor de GFE em solos sob sistema convencional e cultivo mínimo, e encontraram concentrações 27% maiores nas áreas com cultivo mínimo em comparação com as áreas convencionais.

Por outro lado, fatores que afetam a simbiose como as condições do solo, condições climáticas, dentre outros, devem também influenciar a produção de GFE, já que os mecanismos que regulam a síntese desta proteína pelos FMAs ainda não estão bem elucidados (SOUSA et al., 2012, p. 3033).

Além desses aspectos, a estimativa da glomalina pelo método de Bradford, apesar de ser uma avaliação relativamente fácil, rápida e objetiva quando comparada a outras variáveis como densidade de esporos e colonização radicular (PURIN & RILLIG, 2007, p. 124), tem sido questionada quanto a sua precisão, pois detecta todas as proteínas presentes no extrato (ROSIER; HOYE; RILLIG, 2006; SOUSA ET AL., 2012). Whiffen, Midgley e Mcgee (2007), demonstraram que compostos polifenólicos, tais como ácido tânico e ácidos húmicos presentes no folheto de vegetais, resistiram à autoclavagem no processo de extração, ligando-se ao CBB e resultando em aumento na quantificação da glomalina.

4.1.3. Potencial de inóculo micorrízico

Em 2014, o maior potencial de inóculo micorrízico foi encontrado sob vegetação espontânea entre as linhas de ingá (27,15%) e o menor na parcela de pousio cultivada com milho (9,51%) entre as linhas de angelim/cagaita e angelim/pequi (**Figura 9**).

No ano de 2015, o PIM apresentou uniformidade entre os tratamentos com um acréscimo médio de 14,29% em relação ao ano anterior e taxas de colonização que não ultrapassaram 38,59% nas parcelas com vegetação espontânea.

O aumento do potencial de inóculo micorrízico no decorrer dos anos sugere que os sucessivos plantios de leguminosas/milho e leguminosas/feijão manejados de forma intercalar às combinações de árvores foram determinantes, ficando mais evidente quando comparado com os dados obtidos por Silva (2013) no primeiro ano de avaliação deste experimento, onde a máxima colonização de raiz atingida foi de apenas 9,75%.

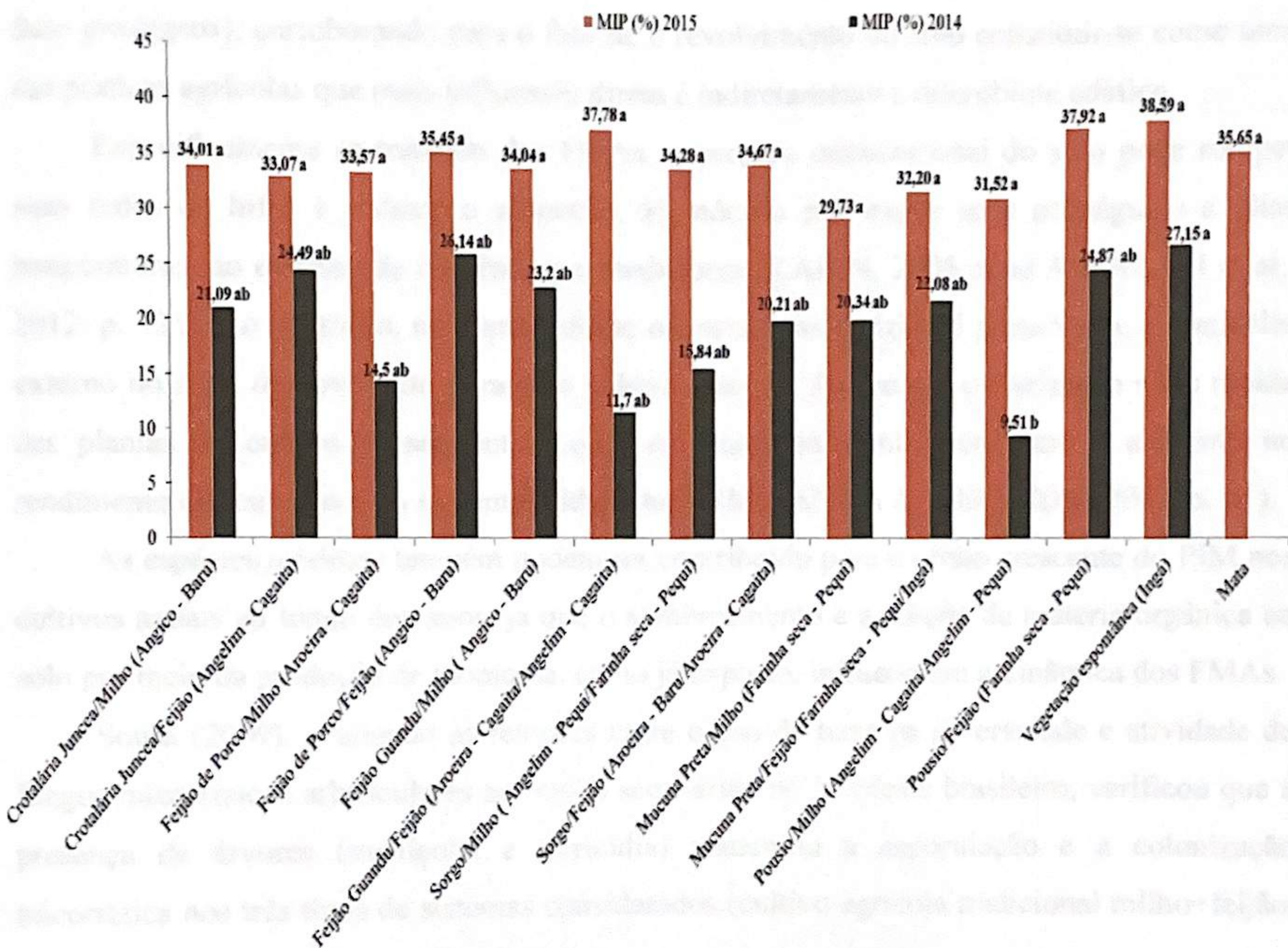


Figura 9. Potencial de inóculo micorrízico por tratamento do SAF (2014 e 2015) e da área de mata em 2015. Médias seguidas de mesma letra para o mesmo ano não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pesquisas com rotação de culturas usando leguminosas mostram interação positiva dessas com o aumento dos propágulos infectivos no solo, por favorecerem o estabelecimento e multiplicação das micorrizas arbusculares (MIRANDA & MIRANDA, 1997; VILELA, 2012; ESPINDOLA; ALMEIDA; GUERRA, 1997), assim como o ocorrido também para o número de esporos no SAF, apesar da não relação entre este parâmetro e do PIM. Nossos resultados estão de acordo com vários estudos que mostram a falta de ligação entre taxa de colonização e a esporulação dos FMAs (GOMIDE et al., 2009; ARAÚJO, 2008; SOUZA et al., 2003; HETRICK & BLOOM, 1986).

É importante ressaltar que além da rotação de culturas, onde segundo Miranda e

Miranda (2007), levando em consideração as plantas utilizadas, são os fatores mais importantes e determinantes na incidência quantitativa e qualitativa (espécies) dos FMAs, o plantio direto possivelmente contribuiu para o aumento do potencial de inóculo micorrízico dos tratamentos. Colozzi Filho et al. (1999) em Carrenho et al. (2010), observaram que, em solos com diferentes sucessões de culturas a colonização radicular de trigo foi maior quando cultivado em sistema de plantio direto, comparado ao plantio convencional (uma aração com duas gradagens), corroborando para o fato de o revolvimento do solo constituir-se como uma das práticas agrícolas que mais influencia direta e indiretamente a microbiota edáfica.

Especificamente se tratando dos FMAs, o preparo convencional do solo pode romper suas redes de hifas e reduzir o potencial de inóculo por expor seus propágulos a altas temperaturas, ao excesso de oxigênio e a predadores (KABIN, 2005 apud ANGELINI et al., 2012, p. 121). Ao contrário, no plantio direto o sistema micorrízico é preservado, e o micélio externo no solo, desenvolvido durante o cultivo anterior, favorece a colonização mais rápida das plantas do cultivo subsequente. Logo, em conjunto, contribuem para o aumento no rendimento das culturas e da sustentabilidade local (MIRANDA & MIRANDA, 2007, p. 01).

As espécies arbóreas também podem ter contribuído para o efeito crescente do PIM nos cultivos anuais ao longo dos anos, já que o sombreamento e a adição de matéria orgânica ao solo por meio da produção de biomassa, como já exposto, influenciam a dinâmica dos FMAs.

Sousa (2009), avaliando as relações entre o uso da terra na diversidade e atividade de fungos micorrízicos arbusculares na região semi-árida no Nordeste brasileiro, verificou que a presença de árvores (maniçoba e gliricídia) aumentou a esporulação e a colonização micorrízica nos três tipos de sistemas considerados (cultivo agrícola tradicional milho+feijão; pastagem de capim buffel; cultivo de palma).

Bonfim et al. (2010), encontraram maior taxa de colonização radicular de FMAs no cultivo de café consorciado com espécie arbórea do que nos cafeeiros cultivados a pleno sol, bem como quantificaram maior número de esporos no sistema com componente arbóreo, tanto na estação seca como na estação chuvosa.

Outro fator relevante a ser considerado, consistiu no não uso de agroquímicos na área, pois o manejo do SAF foi realizado de acordo com princípios agroecológicos. Tal prática pode ter beneficiado o desenvolvimento desses fungos, conforme observado por Siqueira, Lambais e Stürmer (2002).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período de avaliação do SAF do presente trabalho, foram constatadas alterações positivas na população dos FMAs, com acréscimo médio de 123% para o número de esporos, apresentando, em 2015, tendência de maior densidade para as parcelas cultivadas com o milho. Neste ano os teores de GFE aumentaram 18,57% em relação a 2014 e os teores dessa proteína na mata de referência foi maior em relação aos teores do SAF. O PIM foi uniforme entre os tratamentos em 2015, mas 14,29% superior aos valores obtidos em 2014.

De forma geral, os resultados gerados por meio dos três parâmetros micorrízicos avaliados, indicaram efeitos benéficos do SAF à microbiota edáfica, especialmente à atividade dos fungos micorrízicos arbusculares. Apesar disso, uma análise mais criteriosa desse agrossistema como alternativa sustentável de produção e recuperação de áreas degradadas deve ser realizada avaliando-se outros parâmetros como a produtividade ou rendimento dos cultivos comerciais e os possíveis efeitos das espécies arbóreas e das plantas de cobertura sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

6. REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas Agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p. 50-59, dez. 2008.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5º ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 120 p.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3º ed. rev. ampl. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012. 400 p.
- ALVES, L. M. **Sistemas Agroflorestais (SAF's) na restauração de ambientes degradados**. (Material didático apresentado ao programa de pós-graduação em ecologia aplicada ao manejo e conservação dos recursos naturais), 2009. 18 p.
- ANDREOLA, F. R.; FERNANDES, S. A. P. A. Microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S.S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 2007. p. 21-38.
- ANGELINI, G. A. R. et al. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 115-130, jan./mar. 2012.
- ARAÚJO, F. S. **Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em seis sistemas de uso do solo, na região Nordeste do semi-árido do Brasil**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos. 2008.
- BAGO, B.; PFEFFER, P.E.; SHACHAR, H.Y. Carbon metabolism and transport in arbuscularmycorrhizas. **Plant Physiology**, v. 124, p. 949-957, nov. 2000.
- BAGYARAJ, J. D.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: UFLA, 2010. p. 205-225.
- BENEDETTI, T. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n.1, p. 44-51, set./out. 2005.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006. p. 53-85.
- BIRD, S. B. et al. Spatial heterogeneity of aggregate stability and soil carbon in semi-arid rangeland. **Environmental Pollution**, USA, v. 116, n. 3, p. 445-455, 2002.
- BONFIM, J. A. et al. **Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e aspectos fisiológicos em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol**. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n.1, p. 201-206, 2010.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Georgia, Athens, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, may, 1976.

BRASIL, 2009. **Instrução Normativa n.º 5, de 08 de setembro de 2009**. Diário oficial da União.

CANUTO, J. C. et al. Implantação e acompanhamento de um sistema agroflorestal com cultivo diversificado. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-6, nov. 2013.

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 153-214.

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, jan. 2012.

CARRENHO, R.; COLOZZI FILHO, A.; MACHINESKI, O. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares. In: BERGER, G. U; FAVORETTO, L. R. G. **Monitoramento Ambiental: Soja Roundup Ready**. Botucatu: FEPAF, 2014. p. 545-581.

CARRENHO, R.; COSTA, S. M. G.; BALOTA, E. L. COLOZZI-FILHO, A. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas Brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 215-249.

CARVALHO, T. S.; MOREIRA, F. M. S. Simbiose tripartites: Leguminosas, fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 383-413.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vols. 5 e 6, p. 180-208, 2008-2009.

CHAVES, A. O. et al. **Sistemas Agroflorestais como alternativa de produção ecológica**. 2009. 05 p. Católica do Tocantins (Trabalho Científico, Gestão Ambiental), 2009.

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C.; SANTOS, H. G.; BREFIN, M. L. M. S.; PÉREZ, D. V. Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. In: MOREIRA, F. M. S.; CARESM, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2013. p. 45-62.

COLODETE, C. M.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, v. 12, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2014.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L. Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com cafeeiro e leguminosas de verão. In: Reunião brasileira sobre micorrizas, 1994. **Anais...** Florianópolis: REBRAN, 1994. p. 17.

COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais: Café, Mandioca e Cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D. et al. **Microbiota do solo e Qualidade Ambiental**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2007. p. 39-56.

CORDEIRO, M. A. S. et al. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 147-153, set. 2005.

COUTINHO, H. L. C. et al. Ecologia e biodiversidade do solo no contexto da agroecologia.

In: NAPOLEÃO, B. A. et al. Agroecologia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, 2003. p. 45-54

DIDONET, A. D. **Sistemas agroflorestais: segurança alimentar, produtos e serviços associados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 24 p.

DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Characterization of glomalin as hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 101-106, 2005.

DUBOC, E. Sistemas agroflorestais e o Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 965-985.

DUBOIS, J. C. L. et al. **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar, 2008. 196 p.

DUBOIS, J. C. L. **Uma contribuição ao debate: "Monoculturas - modelo predatório e modelos sustentáveis na Mata Atlântica"**. Disponível em: <http://www.rebraf.org.br/media/palestraUNIRIO.pdf> Acesso em: 04/Ago./2015.

ELKE, J. B. N. et al. Micorrizas Arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 153-214.

ENGEL, V. L. **Sistemas Agroflorestais: Conceitos e Aplicações**. Disponível em: <http://saf.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/01.pdf> Acesso em: 05/Ago./2015.

EOM, A. H.; HARTNETT, D. C.; WILSON, G. W. T. Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. **Oecologia**, v. 122, p. 435-444, jan. 2000.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Benefícios da adubação verde sobre a simbiose micorrízica e a produtividade da batata-doce**. Embrapa Agrobiologia: CNPAB, ISSN: 0104-8945, 1997. p. 1-6. (Comunicado Técnico, nº. 14).

FARREL, J. G.; ALTIERI, M. Sistemas Agroflorestais. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012. p. 281-304.

FERNANDES, S. G. **Fertilidade do solo e atividade micorrízica em áreas de agricultores familiares no norte de Minas Gerais**. 2011. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2011.

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

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

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

GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, oct. 1991.

HETRICK, B. A. D; BLOO, J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. **Mycologia**, The New York Botanical Garden, vol. 78, n. 1, p. 32-36, jan./feb. 1986.

HUNGRIA, M. et al. **Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo**. Londrina, PR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja, ISSN: 0100-6606, 1997. p. 1-9. (Comunicado Técnico, nº. 56).

ICMbio; COOPERAFORESTA; PROJETO AGROFLORESTAR. Sistemas Agroflorestas e a Legislação Ambiental. **Boletim** 4, 2013. 08 p.

INVAM – **International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungy** Disponível em: <invam.caf.wvu.edu> Acesso em: 24/Jan./2016.

KOSKE, R. R.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, Cambridge, v. 92, n. 4, p. 486-488, jun. 1989.

LIEBIG, M. et al. Cropping system effects on soil biological characteristics in the Great Plains. **Renewable Agriculture and Food Systems**, USA, v. 21, n. 1, p. 36-48, mar. 2006.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. do; VENTURIN, N. **Eucalipto em Sistemas Agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios da agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 93-98, 2000.

MACHADO, C. T. T.; PEREIRA, C. D.; LOPES, V. Fungos micorrízicos arbusculares: pesquisa e desenvolvimento para a agricultura. In: **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. p. 283-319.

MAIA, L. C. et al. **4 Fungos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/14_Biodiv_14_Cap04a.pdf> Acesso em: 24/Jan./2016.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para reservas legais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 79-96, jul./sep. 2014.

MENDONÇA, E. S.; JUCKSCH, I.; LIMA, P. C. Manejo agroecológico do solo: ciclagem de nutrientes. **Revista Bimestral: Ação Ambiental**, Viçosa, v. 8, n. 31, p. 21-23, mai./jun. 2005.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Impacto do sistema de plantio direto na diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares nativos em solo de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, nº 135).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular e uso de adubos verdes em solos do Bioma Cerrado. In: REATTO, A. et al. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 211-236.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza Arbuscular. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CAPAÇ, 1997. p. 67-123.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, out. 2005.

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 170 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

NAPOLEÃO, B. A. A sustentabilidade da agricultura e a preservação dos recursos naturais. In: _____. et al. **Agroecologia. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, 2003. p. 05.

NARDELE, M.; CONDE, I. **Apostila: Sistemas Agroflorestais**. Disponível em: <<http://r1.ufrrj.br/cfar/d/download/Apostila%20Agroflorestas.pdf>> Acesso em: 14/Jun./2015.

PENEIREIRO, F. M.; MELADO, J. **Agrofloresta: Uma abordagem Agroecológica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná: Educação à distância, 2011. 128 p.

PEREIRA, M. S. F., et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, nov./dez. 2012.

PURIN, S.; RILLIG, M. C. The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: limitations, progress, and a new hypothesis for its function. **Pedobiologia**, Berlim, Alemanha, v. 51, n. 2, p. 123-130, mar. 2007.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. **Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2009. 40 p.

REDECKER, D. et al. **An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota)**. Disponível em: <http://www.furb.br/cicg/det_subpagina.php?id=65> Acesso em: 28/Fev./2016.

RIBASKI, J.; MONTROYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. **Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômicos**. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuario/artigo_agropecuario/sistemas_agroflorestais:_aspectos_ambientais_e_socio-economicos.html> Acesso em: 05/Out./2015.

RILLIG, M. C. et al. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. **Plant and Soil**, Hague, Holland, v. 253, n. 2, p. 293-299, jan. 2003.

RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F.; TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 233, p. 167-177, feb. 2001.

ROSIER, C. L.; HOYE, A. T.; RILLIG, M. C. Glomalin-related soil protein: assessment of current detection and quantification tools. **Soil Biology & Biochemistry Oxford**, England, v. 38, n. 8, p. 2205-2211, aug. 2006.

RUBIN, J. G. K. R.; STÜRMER, S. L. Potencial de inóculo micorrízico e importância do comprimento do micélio para a agregação de solos de ambiente fluvial. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Blumenau, Santa Catarina, v. 39, p. 59-68, set. 2015.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Micorriza Arbuscular: Papel, funcionamento e aplicação da simbiose. *Miolo_Biota.pmd*, v. 12, n. 32, p. 101-148, dez. 2006.

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

SILVA, C. F. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do parque estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 01-10, jan./mar. 2006.

SILVA, F. B. **Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em Sistema Agroflorestal Agroalimentar**. 2013, 37 p. Dissertação (Graduação em Agroecologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, *Campus Planaltina* – DF, 2013.

SIQUEIRA, E. R. et al. Estado da Arte dos Sistemas Agroflorestais no Nordeste do Brasil. In: ALBRECHT, A. et al. **Sistemas Agroflorestais: Bases Científicas para o Desenvolvimento Sustentável**. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 53-64.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas Arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. A. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília-DF: EMBRAPA – SPI, 1994, p. 151-194.

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

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, n. 25, p. 12-21, mar./abr. 2002.

SOUSA, C. S. **Diversidade e atividade de fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas do semi-árido paraibano**. 2009. 137 p. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife-PE, 2009.

SOUSA, C. S. et al. Glomalina: características, produção, limitações e contribuição nos solos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 3033-3044, out. 2012.

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

STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza**. 1. ed. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, 2013. 148 p.

STONE, L. F. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho ácrico sob sistemas silviagrícolas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande-PB, v. 19, n. 10, p. 953-960, 2015.

STÜRMER, S. L. **Curso de Taxonomia e Cultivo de Glomeromycota**. Universidade Regional de Blumenau, SC: Coleção Internacional de Culturas de Glomeromycota – CICG, 2010. 21 p.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L. **O ecossistema solo: Componentes, relações**

ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras: UFLA, 2013. p. 289-310.

TEIXEIRA, R. O. **Propriedades físicas do solo e proteínas do solo relacionadas à glomalina sob diferentes tipos de cobertura vegetal.** 2010. 29 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas. Seropédica, RJ: UFRRJ, 2010.

TRUBER, P. V. **Agregação do solo e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de rotação de culturas.** 2013, 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária-Unesp, *Campus Jaboticabal*, 2013.

VIEIRA, F. A. **Micorrizas na região do cerrado.** 2001. 27 p. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Ciência da Saúde, 2001.

VILELA, L. A. F. **Fungos micorrízicos arbusculares, estabilidade de agregados e atividade microbiana de um latossolo vermelho de cerrado submetido a sucessões de cultivo.** 2012. 106 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, *Campus Jataí*, 2012.

WANDELLI, E. V. **Agroflorestas - a opção agroecológica para a sustentabilidade agrícola na Amazônia.** In: **X Mostra de Ciências da Vila Amazônia.** Parintins: Secretaria de Produção Rural, 2013. p. 06-17.

WHIFFEN, L. K.; MIDGLEY, D. J.; MCGEE, P. A. Polyphenolic compounds interfere with quantification of protein in soil extracts using the Bradford method. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, England, v. 39, n. 2, p. 691-694, feb. 2007.

WRIGHT, S. F.; ANDERSON, R. L. Aggregate stability and glomalin in alternative crop rotations for the Central Great Planus. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, p. 249-253, 2000.

WRIGHT, S. F.; STARR, J. L.; PALTINEANU, I. C. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 6, p. 1825-1829, 1999.

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**, USA, v. 198, p. 97-107, 1998.

7. ANEXOS

Quadros da análise de variância (ANOVA)

a) Número de esporos (ANOVA feita com dados transformados) - 2014

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	0,499	0,166	6,65	0,0011
Tratamentos	12	0,282	0,024	0,94	0,5193
Erro	36	0,900	0,025		
Total	51	1,682			
CV (%)			6,13		

b) Potencial médio de inóculo micorrízico (ANOVA feita com dados transformados) - 2014

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	687,365	229,122	4,81	0,0066
Tratamentos	12	1500,284	125,024	2,62	0,0130
Erro	35	1668,018	47,658		
Total	51	3855,667			
CV (%)			34,37		

c) Glomalina Facilmente Extraível - 2014

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	7,824	2,608	16,28	< 0001
Tratamentos	12	3,086	0,257	1,61	0,1339
Erro	36	5,766	0,16		
Total	51	16,676			
CV (%)			16,96		

a) Número de esporos (ANOVA feita com dados transformados) - 2015

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	0,230	0,077	4,73	0,0066
Tratamentos	13	0,894	0,069	4,25	0,0002
Erro	39	0,632	0,016		
Total	55	1,756			
CV (%)			4,37		

b) Potencial médio de inóculo micorrízico (ANOVA feita com dados transformados) - 2015

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	94,161	31,387	0,52	0,6723
Tratamentos	13	326,950	25,150	0,42	0,9551
Erro	39	2362,638	60,580		
Total	55	2783,748			
CV (%)			22,58		

c) Glomalina Facilmente Extraível - 2015

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	1,984	0,661	5,42	0,0033
Tratamentos	13	24,378	1,875	15,36	< 0001
Erro	39	4,761	0,122		
Total	55	31,123			
CV (%)			12,20		

Quadro dos resultados da densidade de esporos, GFE e PIM com aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Esporos (n.º/50 mL) 2014	Esporos (n.º/50 mL) 2015	GFE (mg/g-1 de solo) 2014	GFE (mg/g-1 de solo) 2015	PIM (%) 2014	PIM (%) 2015
Crotalaria Juncea/Milho (Angico - Baru)	406 a	917 abc	2,48 a	2,77 b	21,09 ab	34,01 a
Crotalaria Juncea/Feijão (Angelim - Cagaíta)	434 a	662 abc	2,51 a	2,65 b	24,49 ab	33,07 a
Feijão de Porco/Milho (Aroeira - Cagaíta)	467 a	1.219 ab	2,40 a	2,56 b	14,50 ab	33,57 a
Feijão de Porco/Feijão (Angico - Baru)	413 a	600 bc	2,18 a	2,63 b	26,14 ab	35,45 a
Feijão Guandu/Milho (Angico - Baru)	411 a	782 abc	1,88 a	2,66 b	23,20 ab	34,04 a
Feijão Guandu/Feijão (Aroeira - Cagaíta/Angelim - Cagaíta)	394 a	656 abc	2,45 a	2,26 b	11,70 ab	37,78 a
Sorgo/Milho (Angelim - Pequí/Farinha seca - Pequí)	336 a	1.288 a	2,76 a	3,05 b	15,84 ab	34,28 a
Sorgo/Feijão (Aroeira - Baru/Aroeira - Cagaíta)	435 a	825 abc	2,08 a	2,32 b	20,21 ab	34,67 a
Mucuna Preta/Milho (Farinha seca - Pequí)	439 a	1.235 a	2,52 a	2,73 b	20,34 ab	29,73 a
Mucuna Preta/Feijão (Farinha seca - Pequí/Ingá)	291 a	566 c	1,97 a	2,87 b	22,08 ab	32,20 a
Pousio/Milho (Angelim - Cagaíta/ Angelim - Pequí)	564 a	1.161 abc	2,48 a	2,46 b	9,51 b	31,52 a
Pousio/Feijão (Farinha seca - Pequí)	431 a	730 abc	2,49 a	2,95 b	24,87 ab	37,92 a
Vegetação espontânea (Ingá)	331 a	1.103 abc	2,48 a	3,07 b	27,15 a	38,59 a
Mata		639 abc		5,09 a		35,65 a
CV (%)	6,13	4,37	16,36	12,2	34,37	22,58