

IMPACTO DO CONTROLE DE PLANTAS ESPONTÂNEAS SOBRE PROPÁGULOS DE FMAs E MICORRIZAÇÃO DE CAFEIEIRO

Rogério Melloni¹, Emilienne Margueritte Silve², Maria Inês Nogueira Alvarenga³,
Eliane Guimarães Pereira Melloni⁴, Elifas Nunes de Alcântara⁵

(Recebido: 05 de maio de 2016; aceito: 05 de setembro de 2016)

RESUMO: A manutenção de uma comunidade diversificada e ativa de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em ecossistemas agrícolas é importante para a sustentabilidade de culturas como a do café. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de técnicas de controle de plantas espontâneas, aplicadas na entrelinha do café, sobre a ocorrência de propágulos de FMAs e, conseqüentemente, a micorrização desta cultura. Esta avaliação foi realizada em uma lavoura de café da Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), em São Sebastião do Paraíso (MG). As técnicas de controle de plantas espontâneas foram: 1) roçadora, 2) grade, 3) enxada rotativa, 4) herbicida de pré-emergência, 5) herbicida de pós-emergência, 6) capina manual e 7) controle sem capina. As variáveis analisadas foram: intensidade e porcentagem de colonização, comprimento de micélio ativo e total no solo, densidade e diversidade de esporos. Entre as técnicas de controle de plantas espontâneas nas entrelinhas de café, a aplicação de roçadora, de grade e de capina manual foram as que mais favoreceram a manutenção dos propágulos de FMAs e a micorrização das plantas, contrariamente ao uso de herbicidas de pré-emergência.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, fungo micorrízico arbuscular, sustentabilidade agrícola, plantas daninhas, herbicidas.

IMPACT OF WEED CONTROL ON AMF PROPAGULES AND MYCORRHIZATION OF COFFEE TREES

ABSTRACT: The maintenance of a diverse and active community of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the agricultural ecosystem is important for the sustainability of agro-systems such as coffee. This study aimed to evaluate the effect of different techniques of weed control applied in inter row the coffee plants, on the occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi propagules, and consequently mycorrhization. This evaluation was carried out in a coffee plantation, at the Experimental Farm of Agricultural Research Company of Minas Gerais (Epamig) in São Sebastião do Paraíso (MG). The techniques of weed control were: 1) mower, 2) coffee tandem disk harrow, 3) rotary tiller, 4) pre and 5) post-emergence herbicide utilization, 6) manual hoe and 7) no weed control. The attributes evaluated were: intensity and mycorrhizal colonization, total and active length of mycelium in the soil, density and diversity of AMF spores. Among the weed control techniques applied to inter row the coffee plants, manual hoe, mower and coffee tandem disk harrow were the most favorable for the maintenance of AMF propagules and mycorrhization of plants, contrary to the use of pre-emergence herbicide.

Index terms: *Coffea arabica*, arbuscular mycorrhizal fungus, agricultural sustainability, weed plants, herbicides.

1 INTRODUÇÃO

A maior parte das culturas tropicais pode se associar com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), em diferentes níveis de micotrofismo. Essa associação tem recebido uma atenção constante e crescente dos pesquisadores, sendo considerada de fundamental importância aos agroecossistemas, devido a sua multifuncionalidade e melhorias relacionadas à nutrição vegetal (SMITH; READ, 2008), resistência a pragas e doenças (VERESOGLOU; RILLIG, 2011), maior tolerância das plantas à seca (RAVIV, 2010) e melhor agregação do solo (WILSON et al., 2009), principalmente em função da extensa rede formada

pelo micélio extrarradicular ativo e total no solo (MELLONI; CARDOSO, 1999; NOGUEIRA; CARDOSO, 2000; SYLVIA, 1988). Dessa forma, esse grupo microbiano pode proporcionar ganhos na qualidade física, química e biológica do solo (BONFIM et al., 2013), com impacto positivo na produção de biomassa vegetal e incremento da fixação de carbono no solo (BRAGHIROLI et al., 2012).

Os FMAs são de ocorrência ampla em cultivos de café, onde colonizam naturalmente as raízes, desde a fase de mudas até plantas adultas (ANDRADE et al., 2009; BEENHOUWER et al., 2015). Portanto, a manutenção desse grupo microbiano, apesar da elevada sensibilidade ao

^{1,2,3,4}Universidade Federal de Itajubá –Unifei - Avenida BPS, 1303 - Cx. P. 50 - 37.500-903 - Itajubá - MG - rogerio.melloni@gmail.com, millesilve@yahoo.com.br, minesalvarenga@gmail.com, eliane.melloni@gmail.com

⁵Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Campus UFLA - Rodovia Lavras/ Ijaci km 02 - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG - elifas@epamig.ufla.br

ambiente edáfico (BONFIM et al., 2013), é de grande importância para o cultivo do cafeeiro (ANDRADE et al., 2009; SEWNET; TUJU, 2013). Nesse sentido, as diversas práticas agrícolas exercem influência direta sobre a diversidade e a densidade dos FMAs, pelo fato de causarem alterações, principalmente, na superfície do solo, onde se concentra a maior parte das raízes colonizadas e de estruturas fúngicas, sendo este, o principal hábitat e reservatório de propágulos de FMAs (LEAL; SIQUEIRA; STÜRMER, 2013).

Uma das práticas mais realizadas na agricultura, principalmente na cafeicultura, é o manejo de plantas espontâneas, uma vez que elas competem com o cafeeiro por nutrientes, luz e água (RONCHI; SILVA, 2006), prejudicando o florescimento e a frutificação e, com isto, a produção (ALCÂNTARA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2011). O manejo intensivo de plantas espontâneas pode ser realizado por meio de técnicas manuais, mecanizadas e/ou químicas, que podem impactar a produção do cafeeiro e o meio ambiente (ARAUJO JÚNIOR et al., 2015). Alguns estudos relatam o aumento dos custos de produção e o impacto variável sobre os FMAs (CARVALHO et al., 2014; MELLONI et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015) causado pelo controle das plantas espontâneas em cafeeiro. Em condições controladas, Alecrim et al. (2015) concluíram que a inoculação de FMAs em cafeeiro promoveu maior tolerância à competição com plantas espontâneas, principalmente da espécie *Brachiaria brizantha* (A.Rich.) Stapf.

O manejo de plantas espontâneas pode ser feito por métodos holísticos e deve incluir combinação de práticas para reduzir eficiente e economicamente os impactos negativos da incidência dessas plantas (ARAUJO JÚNIOR et al., 2015). Apesar da importância desse manejo, são escassos estudos que relacionem a ação de diferentes métodos de controle de plantas espontâneas sobre os atributos microbiológicos, principalmente, em grupos microbianos funcionais específicos como os FMAs. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de técnicas de controle de plantas espontâneas, aplicados na entrelinha do cafeeiro, sobre a ocorrência de propágulos de FMAs e consequente formação de micorriza nesta cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa

Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), situada no município de São Sebastião do Paraíso (MG), em área de Latossolo Vermelho Distroférico, textura muito argilosa e mineralogia gibbsítica originado de basalto (ARAUJO JÚNIOR, 2010). A área experimental é composta por cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L., da cultivar Paraíso, plantados em novembro de 2005 sob espaçamento de 0,7 m entre plantas, com aplicação de diferentes técnicas de controle de plantas espontâneas.

Foram avaliadas sete técnicas de controle de plantas espontâneas (Tabela 1), aplicadas na parte central das entrelinhas de plantio, numa faixa de 1,2 m de largura, por cinco anos (2005 a 2010). As laterais das fileiras de cafeeiros, com faixa de 0,8 m de largura na projeção da copa, foram mantidas limpas por meio de herbicidas de pré-emergência e pós-emergência e de capina manual, para facilitar a aplicação de adubos, o manejo do café e a movimentação de maquinário.

Cada parcela constituiu-se de três entrelinhas de cafeeiro, totalizando 154 covas. Após cinco anos de cultivo, em abril de 2010, foram retiradas três amostras simples de solo na linha do cafeeiro, na profundidade de 0,00 a 0,10 m e distantes 0,20 m do caule das plantas de café, que resultaram nas amostras compostas de cada tratamento. A amostragem foi realizada com enxada, desinfestada com álcool etílico a 70% após a coleta em cada tratamento.

Em abril de 2010 também foram retiradas com enxada, amostras de raízes do cafeeiro na profundidade de 0,00-0,10 m, que foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e, posteriormente, lavadas em água corrente e analisadas microbiologicamente.

A caracterização química e física das amostras de solo sob as diferentes técnicas de controle das plantas espontâneas em cafeeiro (Tabela 2) foi realizada seguindo as metodologias da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997).

As análises microbiológicas nas amostras de solo compreenderam a determinação do comprimento de micélio extrarradicular ativo (MEA) e total (MET) pelos métodos descritos em Melloni e Cardoso (1999), densidade de esporos de FMA (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), porcentagem e intensidade de colonização micorrízica (BETHLENFALVAY; PACOVSKY; BROWN, 1981; GIOVANETTI; MOSSE, 1980) e diversidade de esporos baseada em características morfológicas de cor, tamanho e forma para cálculo da diversidade de Shannon-Weaver.

TABELA 1 - Técnicas de controle de plantas espontâneas aplicadas na entrelinha do cafeeiro no período de 5 anos (2005 a 2010).

Técnica	Descrição
Roçadora	Roçadora da marca Kamaq® modelo KD 132, com largura de corte de 1,32 m, massa estática de 340 kg que foi acoplado ao sistema hidráulico de três pontos de um trator Valmet® modelo 68 cafeeiro. Foram necessárias cinco operações anuais.
Grade	O equipamento composto de duas seções dispostas em tandem com cada seção equipada com sete discos lisos com largura de corte de 1,3 m, que foi acoplado ao sistema hidráulico de três pontos de um trator Valmet® modelo 68 cafeeiro, com profundidade de trabalho de aproximadamente 0,10 m. Foram necessárias três operações anuais.
Enxada rotativa	O equipamento foi acoplado ao sistema hidráulico de três pontos de um trator Valmet® modelo 68 cafeeiro. O eixo da enxada rotativa tem cinco flanges, sendo as duas laterais com três facas e as três centrais, com seis facas cada uma, com profundidade de trabalho de aproximadamente 0,15 m. Foram necessárias duas operações anuais.
Herbicida de pós-emergência (contato)	No início do experimento aplicava-se uma mistura dos herbicidas Paraquat + Diquat na proporção de 200 g + 200 g i.a. ha ⁻¹ , respectivamente quando as plantas espontâneas atingiam a altura de 30 cm. Posteriormente, a mistura foi substituída pelo glyphosate, aplicado com o auxílio de uma bomba costal, na dosagem de 2,0 L ha ⁻¹ de produto comercial e 0,72 kg ha ⁻¹ de ingrediente ativo na formulação de concentrado solúvel 360 g L ⁻¹ e aplicado com volume de calda de 400 L ha ⁻¹ . Foram realizadas duas aplicações anuais.
Herbicida de pré-emergência (residual)	No início do experimento utilizava-se uma mistura formulada dos herbicidas ametryn + simazine na base de 1125 g + 1125 g i.a. ha ⁻¹ , com volume de calda utilizado para aplicação de 400 L ha ⁻¹ . Após a troca de cultivar em 2005, a mistura foi substituída pelo ingrediente ativo oxyfluorfen (2-cloro-a,a,a-trifluoro-p-tolyl-3-etoxi-4-nitrophenyl ether), na dose de 2,0 kg ha ⁻¹ de produto comercial e 0,48 kg ha ⁻¹ de ingrediente ativo na formulação de concentrado emulsionável 240 g L ⁻¹ , aplicado a um volume de calda de 400 L ha ⁻¹ . Para essa aplicação, cuidou-se para que o solo estivesse livre de restos culturais e plantas espontâneas. Foram realizadas duas aplicações anuais.
Capina manual	Realizada com o auxílio de enxada e trabalho braçal, quando as plantas espontâneas atingiam a altura de 0,45 m. Foram realizadas cinco operações anuais.
Sem capina	As plantas espontâneas, principalmente, gramíneas foram deixadas em livre crescimento nas entrelinhas do cafeeiro.

Em virtude da bienalidade do café, os dados de produção das plantas foram obtidos das safras de 2008, 2009 e 2010, por meio de derriça manual de todas as plantas de cada parcela, secagem, descascamento manual e pesagem, calculando-se, posteriormente, a produção por hectare.

Todos os dados de porcentagem e intensidade de colonização micorrízica, comprimento de micélio extrarradicular ativo e

total, e densidade e diversidade de esporos de FMA nas respectivas amostras foram, inicialmente, submetidos ao teste de normalidade, antes da análise da variância e comparação das médias por Duncan a 5 % de significância. Posteriormente, as médias dos valores observados nas repetições de cada tratamento para atributos físicos, químicos e microbiológicos, conjuntamente aos dados de produção, foram utilizadas para análise de componentes principais (PCA).

TABELA 2 - Caracterização química e física das amostras de solo e produtividade do cafeeiro submetido às diferentes técnicas de controle de plantas espontâneas.

Técnicas de controle	pH	-----mg cm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----			t	V	MO
		P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	%			
Roçadora	6,6 a	26,63 a	103,0 b	4,03 b	1,18 a	2,62 b	5,50b	67,95 b	3,17 a	
Grade	6,6 a	28,88 a	178,7 a	4,42 b	1,06 a	2,23 b	5,93b	72,60 b	3,35 a	
Enxada Rotativa	6,4 a	33,27 a	108,2 b	3,50 b	0,88 a	2,25 b	4,62c	67,17 b	2,93 b	
Herbicida pós-emergência	6,5 a	30,90 a	127,3 a	3,93 b	0,98 a	2,32 b	5,25b	69,35 b	2,97 b	
Herbicida pré-emergência	6,2 b	25,32 a	65,0 b	2,80 c	0,68 a	2,82 b	3,73c	56,10 c	2,42 c	
Capina manual	6,8 a	18,63 a	91,0 b	3,70 b	1,10 a	2,07 b	5,02b	70,73 b	2,77 b	
Sem Capina	7,1 a	55,18 a	83,0 b	6,33 a	1,62 a	1,32 c	8,17a	84,18 a	3,48 a	
CV (%)	2,00	19,71	15,85	8,35	8,05	5,36	7,16	5,2	2,22	

Técnicas de controle	DS**	DP**	VTP**	DMG**	DMP**	Produtividade*** (sacas de café beneficiado ha ⁻¹)		
						2008	2009	2010
	-----Mg m ⁻³ -----	%	-----mm-----					
Roçadora	1,21 b	2,85 a	0,57 b	4,67 a	4,85 a	8,0 bc	26,0 ab	25,22 bc
Grade	1,34 a	2,86 a	0,54 b	4,50 a	4,81 a	11,7 bc	20,7 ab	30,33 b
Enxada Rotativa	1,16 b	2,90 a	0,60 b	3,85 a	4,45 a	17 bc	25,7 ab	29,33 b
Herbicida pós-emergência	1,18 b	2,89 a	0,59 b	3,95 a	4,50 a	14 bc	25 ab	29,33 b
Herbicida pré-emergência	1,27 a	2,89 a	0,56 b	1,87 b	3,09 b	31,4 a	33 a	41,77 a
Capina manual	1,26 a	2,87 a	0,56 b	4,36 a	4,73 a	17,7 b	24 ab	30,33 b
Sem Capina	1,09 c	2,82 a	0,61 a	3,89 a	4,45 a	4 c	19 b	21,11 c
CV %	1,47	1,47	0,90	11,39	7,18	17,2	9,8	12,46

* Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan 5%. CV=coeficiente de variação,

** DS = Densidade do solo, DP = Densidade de partículas, VTP = Volume total de poros, DMG = Diâmetro médio geométrico, DMP = Diâmetro médio de partículas.

*** Dados obtidos de Alcântara, Ferreira e Oliveira (2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As técnicas de controle de plantas espontâneas aplicadas nas entrelinhas do cafeeiro tiveram efeito significativo sobre todos os atributos relacionados aos FMAs (Tabela 3). Embora as diferenças identificadas entre as técnicas de controle de plantas espontâneas não tenham sido concludentes, pode-se verificar que a intensidade

de colonização micorrízica (ICM) do cafeeiro foi mais elevada no tratamento com roçadora, quando comparada aos demais tratamentos, principalmente, ao da enxada rotativa, que apresentou o menor valor.

Quanto à porcentagem de colonização radicular, os maiores e menores valores foram obtidos em raízes de cafeeiro sob grade e herbicida de pré-emergência, respectivamente,

sendo superiores aos encontrados em cafeeiro por Bonfim et al. (2007). Os herbicidas apresentaram comportamento diferenciado, sendo que os de pós-emergência, praticamente não afetaram a micorrização do cafeeiro. A menor porcentagem de colonização radicular ocorreu com a aplicação de herbicida de pré-emergência (ametryn+simazine ou oxyfluorfen), que resulta na eliminação completa das plantas espontâneas, afetando diretamente a colonização micorrízica pela falta de hospedeiro micotrófico ou pelo efeito micotóxico do herbicida utilizado (REIS et al., 2009). O efeito dos herbicidas nos FMAs é variável (CARVALHO et al., 2014; MENDES et al., 1988; SILVEIRA et al., 2015), em função da formulação química, dose e condições edáficas. Silveira et al. (2015) avaliaram o efeito de herbicidas sobre a microbiota do solo, aos 30 e 60 dias após aplicação e verificaram que fluazifop-p-butil aumentou a atividade e a biomassa microbiana e a colonização radicular, enquanto mesotrione causou impactos negativos, que foram recuperados aos 60 dias.

O MET foi significativamente maior no controle de plantas espontâneas com roçadora e menor com a aplicação de herbicida de pré-emergência. O uso intensivo e contínuo de alguns tipos de herbicidas pode afetar direta ou indiretamente organismos não-alvo, como a microbiota presente na planta e no solo (REIS et al., 2009). No entanto, no presente estudo, o uso constante de herbicida de pós-emergência (paraquat+diquat ou glyphosate) na entrelinha, de forma a manter a cultura limpa, não afetou negativamente os propágulos de FMAs (Tabela 3). O MET pode não apresentar sensibilidade a algumas técnicas de controle de plantas espontâneas devido à rápida reciclagem das hifas e sua degradação pela microbiota do solo (NOGUEIRA; CARDOSO, 2000).

O MEA atua na maior absorção de água e nutrientes pelas plantas (SYLVIA, 1988), sendo de grande importância em períodos de estiagem, mas fatores físicos, químicos e biológicos (NOGUEIRA; CARDOSO, 2000), podem afetar a integridade do micélio extrarradicular e comprometer a nutrição do hospedeiro. No atual estudo, os tratamentos com herbicida de pré-emergência e o controle, sem capina, afetaram negativamente o micélio, apresentando os menores valores quando avaliados na linha do cafeeiro, principalmente, quando comparados ao tratamento com roçadora. No entanto, a relação entre MEA/MET não foi suficiente para evidenciar

o caráter conservacionista das técnicas de controle de plantas espontâneas estudadas. Por outro lado, as menores relações MEA/MET foram obtidas nos tratamentos controle (sem capina), com herbicida de pré-emergência e enxada rotativa.

Os tratamentos com herbicida de pós-emergência e roçadora não diferiram dos demais, mas foram os que mais impactaram a densidade de esporos quando comparados ao tratamento controle (sem capina). As técnicas de controle que possibilitaram maior quantidade ou tempo de permanência de espécies de plantas espontâneas nas entrelinhas do cafeeiro favoreceram o aumento na densidade de esporos, devido a sua interação com os FMAs, o que também foi observado por Bonfim et al. (2007). Em cultivo de soja, Mendes et al. (1988) verificaram efeito negativo de herbicidas sobre o número de esporos, mas essa redução não comprometeu a colonização micorrízica devido a existência de outros propágulos, como porções de raízes micorrizadas e de micélio extrarradicular, o que também foi observado no atual estudo.

De acordo com estes resultados foi possível verificar que os FMAs podem ser favorecidos por técnicas agrícolas que garantam maior cobertura do solo, diversidade de plantas hospedeiras, cobertura morta e baixo uso de insumos (SMITH; READ, 2008). Apesar de alguns autores relatarem alta esporulação em solos cultivados quando comparados à vegetação natural (MOREIRA et al., 2006), as amostras de solo dos tratamentos com roçadora e controle químico apresentaram valores de densidade de esporos abaixo dos encontrados em dunas antropizadas (de 28,8 a 31,8 esporos 100 mL⁻¹), conforme Stürmer, Stürmer e Pasqualini (2013). Apesar dos resultados controversos obtidos por Silveira et al. (2015), os herbicidas podem afetar diretamente ou indiretamente a eficiência e a densidade dos FMAs (Tabela 3).

Na análise multivariada dos atributos microbiológicos, químicos, físicos e de produtividade do cafeeiro, apresentada na Figura 1, podem ser observados dois componentes principais (CP), por acumularem 81,78% da variância total dos dados, sendo 55,98 % no CP1 e 25,80 % no CP2. Os atributos que mais influenciaram o CP1 foram os químicos (pH, Ca, Mg, H+Al, t, V, MO) e a produtividade (PROD) do cafeeiro, enquanto aqueles que mais influenciaram o CP2 foram os microbiológicos (intensidade e porcentagem de colonização, MEA, MET e diversidade de esporos) e os físicos (DS, VTP, DMG).

TABELA 3 - Intensidade e porcentagem de colonização micorrízica, comprimento de micélio extrarradicular ativo e total, densidade de esporos e diversidade de FMAs, em amostras de raízes de cafeeiro, submetido a diferentes técnicas de controle de plantas espontâneas.

Atributos dos FMAs	Técnicas de controle de plantas espontâneas						
	Roçadora	Grade	Enxada rotativa	Herbicida de pós-emergência	Herbicida de pré-emergência	Capina manual	Sem capina
Intensidade de colonização micorrízica (%)	35,3 a	26,1 ab	10,1 c	23,7 abc	20,9 abc	17,9 bc	20,6 abc
Porcentagem de colonização micorrízica (%)	76,9 ab	84,6 a	72,9 ab	74,1 ab	65,0 b	79,5 ab	73,0 ab
Comprimento de micélio extrarradicular total (MET) (mg ⁻¹ de solo seco)	6,5 a	6,1 ab	4,6 ab	5,2 ab	3,9 b	6,3 ab	6,2 ab
Comprimento de micélio extrarradicular ativo (MEA) (m g ⁻¹ de solo seco)	0,53 a	0,37 ab	0,13 ab	0,35 ab	0,08 b	0,45 ab	0,08 b
Relação MEA/MET 8,1 (%)	8,1	6,0	2,8	6,7	2,0	7,1	1,2
Densidade de esporos de FMAs, (50 g ⁻¹ de solo seco)	30,0 b	61,0 ab	60,6 ab	20,3 b	47,6 ab	41,6 ab	82,3 a
Índice de diversidade de Shannon	0,56 ab	0,62 ab	0,88 ab	0,96 a	0,95 ab	0,53 b	0,92 ab

Médias seguidas por letras iguais, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan 5%.

Considerando todos os atributos avaliados, verificou-se que a produtividade apresentou, para o triênio analisado (2008 a 2010), uma forte relação com a baixa fertilidade, principalmente, com a elevada taxa de acidez (H+Al) e densidade do solo.

As técnicas de controle de plantas espontâneas por meio de capina manual, roçadora e grade ocuparam o mesmo quadrante, confirmando o efeito semelhante e positivo nos atributos micorrízicos na linha do cafeeiro (intensidade e porcentagem de colonização micorrízica, micélio extrarradicular ativo e total de FMAs). Estas técnicas mostraram-se mais conservadoras da qualidade do solo, com impactos positivos e diretos sobre os atributos microbiológicos, físicos (DMG, DMP) e químicos.

Neste estudo a aplicação de herbicidas, principalmente os de pré-emergência e de enxada rotativa, no controle de plantas espontâneas, foram as técnicas que mais impactaram negativamente os FMAs.

Do ponto de vista de sustentabilidade ambiental, as técnicas de controle de plantas espontâneas utilizando defensivos agrícolas em cafeeiro, principalmente de herbicidas de pré-emergência (ametryn+simazine ou oxyfluorfen), que impactaram negativamente os propágulos de FMAs, devem ser avaliadas também quanto aos impactos à microbiota do solo. Portanto, a seleção de técnicas de controle de plantas espontâneas na lavoura cafeeira deve ser feita de forma criteriosa, para assegurar os benefícios da associação micorrízica.

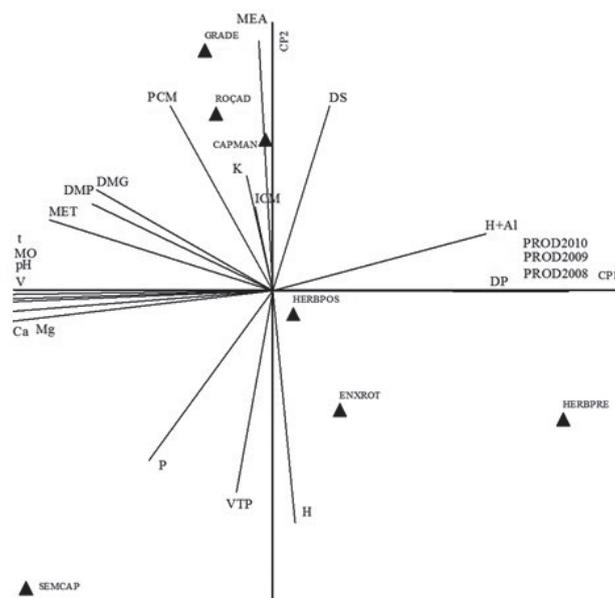


FIGURA 1 - Componentes principais das médias dos atributos microbiológicos, físicos, químicos e de produtividade do cafeeiro submetido a diferentes técnicas de controle de plantas espontâneas. GRADE (grade), ROÇAD (roçadora), CAPMAN (capina manual), HERBPRE (herbicida de pré-emergência), HERBPOS (herbicida de pós-emergência), ENXROT (enxada rotativa), SEMCAP (sem capina). ICM (intensidade de colonização micorrízica), PCM (porcentagem de colonização micorrízica), MET (micélio extrarradicular total), MEA (micélio extrarradicular ativo), H (diversidade de esporos) e PROD (produtividade).

4 CONCLUSÃO

Entre as técnicas de controle de plantas espontâneas nas entrelinhas de cafeeiro, a aplicação de roçadora, de grade e de capina manual foram as que mais favoreceram a manutenção dos propágulos de fungos micorrízicos arbusculares e a micorrização das plantas, contrariamente ao uso de herbicidas de pré-emergência.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Empresa de Pesquisa e Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio técnico e financeiro.

6 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, G.S. Avaliação dos efeitos de diferentes métodos de controle de mato, nas entrelinhas do cafeeiro, na produção do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÊS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. *Anais...* Brasília, DF: EMBRAPA- Café, 2011. 1 CD-ROM.

ALECRIM, O.A. et al. Desenvolvimento inicial de cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em competição com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÊS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. *Anais...* Brasília: Consórcio Pesquisa Café; EMBRAPA Café, 2015.1 CD-ROM.

ANDRADE, S.A.L. et al. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.147, p.105-115, 2009.

ARAÚJO JUNIOR, C.F. **Capacidade de suporte de carga de um latossolo após três décadas de diferentes manejos de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira**. 2010. 143p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ARAÚJO JUNIOR, C.F. et al. The role of weed and cover crops on soil and water conservation in a tropical region. In: PILIPAVICIUS, V. (Ed.). *Weed biology and control*. Rijeka: InTech, 2015. chap. 1, p. 1-18.

BEENHOUWER, M. et al. Changing soil characteristics alter the arbuscular mycorrhizal fungi communities of Arabica coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia across a Q5 management intensity gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.91, p. 133-139, 2015.

- BETHLENFALVAY, G. J.; PACOVSKY, R.S.; BROWN, M.S. Measurement of mycorrhizal infection in soybeans. **Soil Science of Society America Journal**, Madison, v.45, p.871-875, 1981.
- BONFIM, J. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian Atlantic forest: a gradient of environmental restoration. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 71, p. 7-14, 2013.
- _____. Estudos preliminares sobre a relação entre micorrizas arbusculares e sistemas agroflorestais com café arábica no município de Barra do Choça, BA. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2007.1 CD-ROM.
- BRAGHIROLI, F.L. et al. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.733-743, 2012.
- CARVALHO, F.P. et al. Glyphosate drift affects arbuscular mycorrhizal association in coffee. **Planta Daninha**, Viçosa, v.32, n.4, p.783-789, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogen species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Manchester, v.46, n.2, p.235-244, 1963.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Oxford, v.84, p.489-500, 1980.
- LEAL, P.L.; SIQUEIRA, J.O.; STÜRMER, S.L. Switch of tropical Amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal community. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.71, p.72-80, 2013.
- MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas: I., método empregado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 53-58, 1999.
- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.66-75, 2013.
- MENDES, I.C. et al. Efeito de herbicidas na microflora celulolítica, associações micorrízicas e nodulação da soja cultivada em um LV de cerrado. **Pesquisa em Andamento**, Planaltina, n.26, p.1-4, 1988.
- MOREIRA, M. et al. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ecosystems. **ScienciaAgricola**, Piracicaba, v.63, p.380-385, 2006.
- NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.329-338, 2000.
- RAVIV, M. The use of mycorrhiza in organically-grown crops under semi arid conditions: a review of benefits, constraints and future challenges. **Symbiosis**, Amsterdam, v.52, p.65-74, 2010.
- REIS, M.R. et al. Colonização micorrízica e atividade de fosfatases ácidas na rizosfera de cultivares de cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, p.977-985, 2009.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.2, p.415-423, 2006.
- SEWNET, T.C.; TUJU, F.A. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with shade trees and *Coffea arabica* L. in a coffee-based agroforestry system in Bonga, Southwestern Ethiopia. **AfrikaFocus**, Ghent, v.26, n.2, p.111-131, 2013.
- SILVEIRA, H.M. et al. Mycorrhizal association and microbial activity of soil cultivated with cassava after application of mesotrione and fluzifop-p-butyl. **Planta Daninha**, Viçosa, v.33, n.2, p.275-281, 2015.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3rded. London: Academic, 2008. 803p.
- STÜRMER, S.L.; STÜRMER, R.; PASQUALINI, D. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three Maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. **Fungal Ecology**, London, v.6, p.27-36, 2013.
- SYLVIA, D.M. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.20, p.39-43, 1988.

VERESOGLOU, S.D.; RILLIG, M.C. Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. **Biology Letters**, London, v.8, p.214-217, 2011.

WILSON, G.W.T. et al. Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. **Ecology Letters**, New Jersey, v.12, p.452-461, 2009.