

Desempenho do manejo orgânico na nutrição e produtividade de lavoura cafeeira

Vanessa Cristina de Almeida Theodoro^{1*}, Rubens José Guimarães² e Antônio Nazareno Guimarães Mendes²

¹Departamento de Agronomia, Universidade do Estado do Mato Grosso, Av. Tancredo Neves, 1095, 78200-000, Bairro Cavalhada, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. ²Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: organicoffee@gmail.com

RESUMO. Já existe um acervo de experiências práticas de transição agroecológica para a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em pequenas propriedades na região sul de Minas Gerais que inspiraram essa pesquisa. O experimento foi instalado em uma lavoura cafeeira (variedade Catuaí Amarelo, espaçamento 4,0 x 0,7 m e idade de 6 anos) localizada em Lavras, Estado de Minas Gerais. Após o primeiro ano de transição agroecológica, avaliaram-se os efeitos dos manejos orgânico e convencional na nutrição e produtividade da lavoura. Empregou-se o delineamento látice balanceado 4x4 em esquema fatorial 3x2x2 com cinco repetições mais quatro tratamentos adicionais. O manejo orgânico adotado é eficiente no fornecimento de N, P, K, S, Ca, Mg, Mn, B, Zn, Cu e Fe ao cafeeiro em produção. Os tratamentos de manejo orgânico apresentam produtividade similar à da testemunha convencional, devido à existência de reservas de nutrientes no solo.

Palavras-chave: agroecologia, conversão, café orgânico, estado nutricional, *Coffea*.

ABSTRACT. Performance of organic management in the nutrition and productivity of the coffee crop. There is already a great number of practical experiences with agroecological transition in the coffee plant (*Coffea arabica* L.), in small properties at the South region of Minas Gerais state, which inspired this research. The experiment was installed in a coffee crop (variety Catuaí Amarelo, spacing 4.0 x 0.7 m and 6 years) age located in Lavras, (Minas Gerais state, Brazil). After the first year of agroecologic transition, the effects of organic and conventional management in the nutrition and productivity were evaluated. The experimental design used was the lattice balanced 4x4 in factorial scheme 3x2x2 with five replications and four additional treatments. The used organic management is efficient in the supply of N, P, K, S, Ca, Mg, Mn, B, Zn, Cu, and Fe for the coffee plant in production. The treatments of organic management showed a similar productivity to the conventional one due to the existence of nutrient reserves in the soil.

Key words: agroecology, conversion, organic coffee, nutritional status, *Coffea*.

Introdução

O crescente interesse pela conversão dos sistemas de café convencional para agroecossistemas orgânicos familiares surge como uma motivação de compradores e consumidores preocupados com a degradação ambiental causada pela agricultura industrial e como incentivo à valorização social do trabalhador rural. Assim, para os pequenos produtores tradicionais, constitui-se numa alternativa para diversificar e tornar mais sustentável a produção de café mediante a disponibilização de tecnologias validadas pela ciência (Moreira, 2003; Theodoro *et al.*, 2003a; Araújo, 2004; Ricci *et al.*, 2005; Anderson, 2006; Theodoro, 2006).

Como toda mudança de paradigma, a conversão de lavouras cafeeiras convencionais está sendo

realizada gradativamente, ao longo das últimas décadas no Brasil e no mundo (Assis e Romeiro, 2004). Ainda existem muitos pontos a serem elucidados pela ciência, como a concepção, por parte de alguns produtores e pesquisadores, de que o manejo orgânico do solo não consegue suprir as necessidades nutricionais dos cafeeiros, afetando drasticamente a produtividade.

No cafeeiro, o nitrogênio é considerado adequado quando o teor nas folhas estiver entre 26,0 a 30,0 g kg⁻¹ (Guimarães *et al.*, 1999). Para atingir tais teores, o cafeeiro exige aplicações de doses de N que variam de 175 a 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹, para produzir entre 20 e 60 sacas ha⁻¹. Considerando-se que a concentração de N nas fontes orgânicas disponíveis é baixa, as doses exigidas tornam-se elevadas,

onerando os custos com transporte e mão-de-obra para sua aplicação. Por esta razão, o N pode ser considerado o nutriente mais limitante para a cafeicultura orgânica (Ricci *et al.*, 2002).

Apesar dessa aparente limitação do manejo orgânico do solo no fornecimento de N a agroecossistemas de café orgânico, Theodoro *et al.* (2003b) realizaram um levantamento do estado nutricional de agroecossistemas certificados de café orgânico no Estado de Minas Gerais e relataram a eficiência desse sistema no fornecimento de N às plantas, via compostos orgânicos, adubação verde, roçada de plantas espontâneas e cobertura vegetal permanente do solo.

A principal finalidade desse estudo foi verificar a viabilidade técnica do primeiro ano de conversão de lavouras cafeeiras do sistema de produção convencional para o orgânico. Foi avaliado o uso de insumos permitidos e/ou tolerados pelas normas da agricultura orgânica (Brasil, 1999). A adubação verde com o feijão guandú (*Cajanus cajan* L.) foi realizada nas entrelinhas do cafeeiro como um aporte adicional de nitrogênio, matéria orgânica e outros nutrientes. Diante disso, os efeitos dos insumos orgânicos e convencionais no estado nutricional dos cafeeiros e na produtividade da lavoura após o primeiro ano de transição agroecológica foram estudados.

Material e métodos

A área de estudo, localizada na Fazenda Baunilha em Lavras/MG, apresenta latitude 21° 13' 32" S e longitude 45° 58' 45" (W.Gr.) (IBGE., 1959), a altitude é de 758,8 m e o clima é Cwa, conforme classificação climática de Köppen (Antunes, 1986). O talhão de café foi implantado num Latossolo Vermelho distroférico, de topografia ligeiramente declivosa, típico de cerrado, ocupado com cafeeiros com idade de 6 anos, espaçamento 4,0 x 0,7 m (4.167 plantas ha⁻¹) e variedade Catuaí Amarelo em uma área de 2,02 ha. A área das parcelas orgânicas foi de 1,61 ha (80 parcelas) e a testemunha (20 parcelas convencionais em uma área de 0,41 ha) estava localizada dentro do mesmo talhão, isolada por uma barreira vegetal de 20,0 m (constituída por 5 linhas de cafeeiros). Cada parcela continha 84 plantas, sendo 16 plantas úteis e 68 plantas de bordadura. Como a área experimental localiza-se nas proximidades da UFPA, os dados de precipitação e temperatura na cidade de Lavras durante o ano de 2005 são provenientes da estação meteorológica da UFPA (Tabela 1).

Tabela 1. Temperatura e precipitação em Lavras, Estado de Minas Gerais, no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2005.

Ano	Meses												Média/ano
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Temperatura (°C)													
2005	22,5	22,0	22,5	22,2	19,0	17,4	16,9	19,4	20,3	21,9	20,8	21,2	20,5
Precipitação (mm).													
2005	310,9	161,7	132,9	60,6	84,6	4,7	40,4	4,1	83,0	102,5	191,2	257,3	119,5

O experimento foi instalado em agosto de 2004 e neste trabalho foram utilizados os dados do primeiro ano de conversão (agosto de 2004 a dezembro de 2005). O delineamento usado foi o látice balanceado 4x4, com cinco repetições. Dos dezesseis tratamentos, doze caracterizam um fatorial 3x2x2, que corresponde a três fontes de matéria orgânica (esterco bovino, cama de aviário e farelo de mamona) aplicadas superficialmente na projeção da copa do cafeeiro, com ou sem compostagem laminar feita com a aplicação de palha de café (2,0 L planta⁻¹) sobre as fontes de matéria orgânica e com ou sem adubo verde (*Cajanus cajan* L.) nas entrelinhas. Os 4 tratamentos adicionais avaliaram o uso do esterco bovino + moinha de carvão + sulfato duplo de potássio e magnésio; a rochagem utilizando a farinha de rocha Itafértil na dose de 2,08 t ha⁻¹ (500 g planta⁻¹) + farelo de mamona + palha de café; o uso da palha de café fermentada (20,0 L planta⁻¹) e do adubo verde feijão-guandu (*Cajanus cajan* L.) como únicas fontes de adubação. Todos os tratamentos de manejo orgânico receberam como fonte de adubação foliar o biofertilizante supermagro e, nas parcelas convencionais, foi aplicada adubação foliar convencional com Niphokam (Quimifol) (10% N; 8,0% P₂O₅ solúvel em CNA + água; 8,0% K₂O; 0,5% Mg, 1,0% Ca; 2,0% S, 1,0% Zn; 0,5% B; 0,1% Fe; 0,1% Mo; 0,2% Cu e 0,5% Mn) na dose de 1,0 L 400 L⁻¹ calda⁻¹ ha⁻¹. A palha de café fermentada foi aplicada superficialmente na projeção da saia do cafeeiro na dosagem de 2,0 L cova⁻¹ (Guimarães *et al.*, 1999) após a aplicação dos adubos orgânicos (esterco bovino, cama de aviário e farelo de mamona).

O cálculo da quantidade de adubos orgânicos (kg ha⁻¹) foi efetuado conforme a expressão: X = (A)/(B/100 x C/100 x D/100), de acordo com Furtini Neto *et al.* (2001), conhecendo-se o teor de matéria seca do fertilizante (B em %), o teor de N no fertilizante orgânico sólido na matéria seca em (C em %) (Tabela 2) e o índice de conversão da forma orgânica para a forma mineral para o N (D = 50%). A quantidade de fertilizante a ser aplicada

foi calculada de forma para atender à demanda de 170 kg ha⁻¹ de N (IBD, 2004) e para uma produtividade de 20 a 30 sacas ha⁻¹ (Guimarães *et al.*, 1999). As quantidades utilizadas dos adubos orgânicos foram: 8,5 kg de esterco bovino planta⁻¹ totalizando 34,9 t ha⁻¹ (B = 65%; C = 1,5%; A = 170 kg ha⁻¹ de N), 2,0 kg de farelo de mamona planta⁻¹ totalizando 8,5 t ha⁻¹ (B = 80%; C = 5%; A = 170 kg ha⁻¹ de N) e 4,2 kg planta⁻¹ de cama de aviário, totalizando 17,4 t ha⁻¹ (B = 70%; C = 2,8%; A = 170 kg ha⁻¹ de N).

Tabela 2. Resultados do valor agrônomo dos diferentes insumos utilizados.

Insumos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹										
Esterco bovino	14,6	4,91	17,5	46,8	5,18	2,6	16	30	71	431	162
Cama de aviário	27,6	16,0	22,3	23,8	5,14	3,2	34	269	773	389	445
Farelo de mamona	49,4	13,2	9,7	22,9	0,87	3,3	27	21	2222	293	126
Palha de café	13,8	6,4	18,4	4,3	0,97	0,9	23	15	271	42	17
Moinha de carvão	2,6	0,76	2,9	51,6	1,63	2,3	20	37	51032	449	41
Feijão guandu	18,1	5,9	11,4	10,9	2,2	-	-	14	303	112	20

A formulação do biofertilizante utilizado foi a do supermagro adaptado à cafeicultura orgânica de acordo com Pedini (2000) citado por Theodoro (2006) com uma diluição de 5% e três pulverizações tratorizadas mensais. O plantio do adubo verde feijão guandu foi feito em janeiro de 2005 nas entrelinhas dos cafeeiros, utilizando-se quatro linhas com espaçamento de 50,0 cm e densidade de 10 sementes por m linear segundo Chaves e Calegari (2001). O guandu permaneceu na área por três meses, sendo roçado mecanicamente em abril de 2005.

A adubação química foi idealizada de acordo com análise de solo coletada antes da implantação do experimento (Tabela 3). A exigência de N e K para lavouras em produção foi calculada segundo Guimarães *et al.* (1999), visando a uma produtividade de 30 a 40 sacas ha⁻¹ para as parcelas convencionais, sendo fornecidos 300 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio e 150 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. A adubação foi realizada em 4 parcelamentos. O manejo de plantas espontâneas nos tratamentos orgânicos constou do uso de roçadeira mecânica periodicamente de acordo com o grau de infestação. Nas parcelas convencionais, foi utilizado um manejo integrado (uso de roçadeira mecânica a cada 30 a 45 dias e uma aplicação de controle químico com herbicida sistêmico – Glyphosate na dosagem de 1,5 L 150 L⁻¹ de calda).

Tabela 3. Resultado da análise de solo na profundidade de 0 cm a 20 cm, antes da implantação do experimento. Interpretação de acordo com Guimarães *et al.* (1999).

Atributos	Profundidade (cm)	
	0-20	Interpretação
pH (H ₂ O)	5,64	pH bom (acidez média)
P (mg dm ⁻³)	7,88	Alto
P Remanescente (mg L ⁻¹)	8,5	Alto
K (mg dm ⁻³)	133,6	Alto
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,8	Alto
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,78	Médio
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,26	Alto
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,84	Médio
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,92	Alto
t (cmol _c dm ⁻³)	4,18	Médio
T (cmol _c dm ⁻³)	7,76	Médio
V %	47,0	Médio
m %	10,8	Muito baixo
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	24,0	Médio
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	14,0	-
Zn (mg dm ⁻³)	2,24	Médio
Fe (mg dm ⁻³)	49,0	Alto
Mn (mg dm ⁻³)	27,0	Alto
Cu (mg dm ⁻³)	3,2	Alto
B (mg dm ⁻³)	0,7	Alto
S (mg dm ⁻³)	24,0	Muito alto
Textura do solo		
Argila (g dm ⁻³)	770	Latossolo Vermelho
Silte (g dm ⁻³)	90	distroférrico
Areia (g dm ⁻³)	140	

Extratores: P, K, Fe, Zn, Mn e Cu, extrator Melich 1; Ca, Mg e Al, extrator KCl 1N; H + Al, extrator SMP; B, extrator água quente; S, extrator fosfato monocálcico em ácido acético; SB, soma de bases; CTC (t), capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T), capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V, índice de saturação de bases; m, índice de saturação de alumínio; matéria orgânica (MO), oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N.

Métodos de amostragem e de análises laboratoriais

Para a determinação da produtividade, foi avaliada a produção das dezesseis plantas úteis de cada parcela experimental. A quantidade de café medida de cada parcela útil foi seca em terreiro de lama asfáltica até atingir 12,0% de umidade e beneficiada. O café beneficiado foi convertido em produção de sacas de 60 kg por hectare. As amostras de material de solo foram analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997). A análise foliar foi feita no laboratório do Departamento de Química da UFLA, conforme Malavolta *et al.* (1997).

Análises estatísticas

Foi adotado para os tratamentos de manejo orgânico um esquema fatorial (3x2x2) mais quatro adicionais. Como testemunha, foram utilizadas vinte repetições não incluídas no delineamento experimental, localizadas em área contígua à área experimental. Como forma de isolamento, foram utilizadas quatro linhas de cafeeiros perfazendo uma distância de 20,0 m entre os blocos de tratamentos de manejo orgânico e a testemunha, visando a evitar qualquer efeito proveniente do manejo convencional, como deriva de agroquímicos. O plano experimental foi obtido em Cochran e Cox

(1957). Os efeitos do adubo orgânico, da palha de café e do adubo verde e suas respectivas interações foram estimados e testados utilizando os desdobramentos apropriados. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SAS. A testemunha foi comparada com cada um dos dezesseis tratamentos de manejo orgânico por meio do teste t com proteção de Bonferroni (Johnson e Wichern, 1998) com a ajuda do programa SISVAR para Windows versão 4.6 (Ferreira, 2000). Também foram realizados contrastes entre os tratamentos adicionais e os tratamentos fatoriais por meio da opção “contrast” do proc GLM.

Resultados e discussão

Os dezesseis tratamentos sob manejo orgânico apresentaram uma produtividade média de 37,69 sacas de 60 kg de café beneficiado (2.261 kg ha⁻¹) e os tratamentos que utilizaram como adubo orgânico o farelo de mamona (FM) registraram efeito significativo entre os adubos orgânicos testados (Tabela 4), atingindo a maior produtividade média (47,38 sacas ha⁻¹). Os tratamentos com esterco bovino (EB) apresentaram produtividade média de 35,60 sacas ha⁻¹, enquanto que os tratamentos com cama de aviário (CA) registraram 33,99 sacas ha⁻¹. A produtividade da testemunha convencional (CV) não diferiu dos tratamentos de manejo orgânico (Tabela 5). Alguns autores relatam efeitos positivos do esterco bovino na produtividade do cafeeiro (Santinato *et al.*, 1984; Viana *et al.*, 1987) e, também, como condicionador de solo (Cervellini e Igue, 1994). Furtini Neto *et al.* (1995) avaliaram o efeito de diversos adubos orgânicos sobre as duas primeiras produtividades da lavoura cafeeira: o esterco bovino apresentou uma produtividade média de 6,3 sacas ha⁻¹, a torta de mamona de 5,6 sacas ha⁻¹ e a palha de café de 6,0 sacas ha⁻¹. Assis e Romeiro (2004), estudando sistemas de produção do cafeeiro orgânico, relataram a produtividade antes da transição agroecológica, que era de 13 a 28 sacas ha⁻¹, durante o período de transição foi reduzida para 10 a 18 sacas ha⁻¹ e, após a transição, foi para 27 a 38 sacas ha⁻¹. Um levantamento do estado nutricional e da fertilidade do solo de lavouras cafeeiras orgânicas localizadas em unidades de produção familiares de Minas Gerais registrou uma produtividade média de 35 sacas ha⁻¹ (Teodoro *et al.*, 2002).

O comportamento do N foliar na maioria dos tratamentos de manejo orgânico (1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 14 e 16) foi similar ao da testemunha (CV) e a média geral do teor de N desses tratamentos foi de

32,7 g kg⁻¹, em relação a um teor de 35,1 g kg⁻¹ da testemunha (Tabela 5). Esses resultados evidenciam que as fontes utilizadas para adubação orgânica (FM, CA e EB), complementadas com a adubação foliar com o biofertilizante supermagro a 5%, com e sem adubação verde com feijão guandu (que fixa entre 99 a 148 kg N ha⁻¹ de acordo com Espíndola *et al.* (2005), com e sem palha de café fermentada em cobertura, são altamente eficientes no fornecimento de N ao cafeeiro em produção, apresentando aumento significativo do teor de N na parte aérea dos cafeeiros. Ricci *et al.* (2002) obtiveram resultados similares aos citados em sistemas orgânicos de produção de café.

Tabela 4. Resumo da ANAVA para a produtividade e teores foliares de N e P (g kg⁻¹) e Zn e Cu (mg kg⁻¹) da lavoura cafeeira no primeiro ano de transição agroecológica.

FV	g.l.	[Prod.]		[N]		[P]		[Zn]		[Cu]	
		F	ns	F	*	F	**	F	*	F	**
[Trat.]	(15,45)	1,7	ns	2,0	*	3,07	**	2,2	*	3,1	**
[A]	(2,45)	13,9	**	5,0	**	8,64	*	1,2	ns	17,3	**
[A*AV]	(2,45)	0,33	ns	0,53	ns	1,25	ns	7,7	**	0,1	ns

Em que: ** - significativa (p < 0,01); * significativa (p < 0,05); ns - não significante (p ≥ 0,05). [Trat.]: 16 tratamentos de manejo orgânico. [A]: adubos orgânicos; [AV]: adubo verde; [Prod.] = produtividade em sacas de 60 kg beneficiadas.

Tabela 5. Valores da produtividade (saca de 60 kg beneficiada) e teores foliares de N, P (g kg⁻¹) e Cu (mg kg⁻¹) da lavoura cafeeira em função da comparação entre cada tratamento de manejo orgânico com a testemunha.

[Trat.]	AO	[Prod.]		[N]		[P]		[Cu]				
		Média	[Trat.]	Média	[Trat.]	Média	[Trat.]	Média	[Trat.]			
1	EB	36,12	a	1	34,0	a	1	1,8	a	1	24,03	a
2	CA	37,47	a	2	35,7	a	2	1,8	a	2	21,16	a
3	FM	48,28	a	3	32,0	a	3	1,9	a	3	17,50	b
4	EB	29,90	a	4	27,8	b	4	1,9	a	4	23,23	a
5	CA	32,38	a	5	33,2	a	5	1,7	b	5	21,03	a
6	FM	43,04	a	6	34,7	a	6	1,6	b	6	19,68	a
7	EB	40,43	a	7	30,7	b	7	2,1	a	7	23,40	a
8	CA	38,58	a	8	31,7	b	8	1,6	b	8	20,56	a
9	FM	43,49	a	9	35,3	a	9	1,5	b	9	16,68	b
10	EB	35,22	a	10	31,5	b	10	2,0	a	10	23,57	a
11	CA	34,94	a	11	36,3	a	11	1,7	b	11	21,96	a
12	FM	45,51	a	12	32,8	a	12	1,6	b	12	18,86	a
13	EB	35,56	a	13	29,4	b	13	1,8	a	13	22,63	a
14	FM	39,67	a	14	37,1	a	14	1,8	a	14	19,61	a
15	PC	31,34	a	15	28,9	b	15	2,0	a	15	25,11	a
16	AV	31,14	a	16	32,5	a	16	2,2	a	16	29,20	a
Média geral		37,69			32,7			1,8			21,76	
[Test.]		35,24	a	[Test.]	35,1	a	[Test.]	2,0	a	[Test.]	15,75	b

Valores seguidos da mesma letra minúscula da testemunha não diferem desta, estatisticamente, a 5%, segundo a proteção de Bonferroni. (Trat.) 16 tratamentos de manejo orgânico. Tipo do adubo orgânico (AO): esterco bovino (EB); cama de aviário (CA); farelo de mamona (FM); palha de café (PC); adubo verde (AV). (Test.) Testemunha - manejo convencional.

Em relação às fontes utilizadas de adubos orgânicos, os tratamentos com cama de aviário registraram um teor médio de N de 34,5 g kg⁻¹ enquanto que os tratamentos com farelo de mamona apresentaram um teor médio de 33,2 g kg⁻¹ (Figura 1). Os tratamentos com esterco bovino registraram um teor médio de N de 30,8 g kg⁻¹. Esses resultados provavelmente foram afetados pelo teor de N desses

adubos orgânicos, sendo o farelo de mamona e a cama de aviário as fontes mais ricas desse nutriente em comparação com o esterco bovino (Tabela 1). Entretanto, os teores altos de N foliar e da produtividade encontrados nos tratamentos de manejo orgânico podem estar indicando que os cálculos feitos para a adubação orgânica com farelo de mamona, cama de aviário e esterco bovino, realizados de acordo com o índice de conversão para o N da forma orgânica para a forma mineral (50%), segundo Furtini Neto *et al.* (2001), possivelmente superestimaram a quantidade de adubo orgânico a ser aplicada (kg planta^{-1}). Isso indica a necessidade de estudos sobre as formas de liberação dos nutrientes através da mineralização da matéria orgânica. É indispensável proceder à quantificação anual do percentual médio de disponibilização dos nutrientes, principalmente N, P e S da forma orgânica para a forma mineral, em culturas perenes adubadas com fontes sólidas de matéria orgânica.

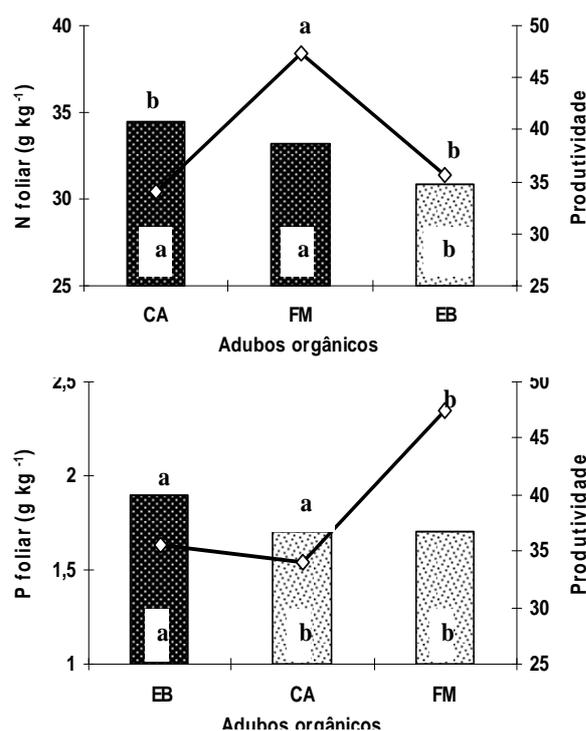


Figura 1. Efeito dos teores de N e P foliar (g kg^{-1}) na produtividade (saca de 60 kg beneficiada) em função dos adubos orgânicos utilizados nos tratamentos de manejo orgânico. Farelo de mamona (FM), esterco bovino (EB) e cama de aviário (CA). Valores precedidos da mesma letra minúscula não diferem, estatisticamente, entre si, a 5% pelo teste t.

Os teores de P foliar obtidos dos tratamentos 6, 8, 9 e 12 encontram-se dentro da faixa adequada ($1,2$ a $1,6 \text{ g kg}^{-1}$) e o restante dos tratamentos de manejo orgânico mais a testemunha apresentou teores acima

desta faixa (Guimarães *et al.*, 1999) (Tabela 4). Os tratamentos com esterco bovino (7, 10 e 4) foram superiores em relação aos tratamentos com farelo de mamona (6, 9, 12 e 14) e com cama de aviário (2, 5, 8 e 11) (Figura 1). Os cafeeiros nos quais foi aplicado o esterco bovino superficialmente receberam maior quantidade de adubo ($8,5 \text{ kg planta}^{-1}$) e proporcionalmente maior quantidade de matéria orgânica a ser decomposta. Portanto, após sofrer o processo de mineralização por meio da atividade da enzima fosfatase, o esterco bovino disponibilizou maior quantidade de fósforo, mesmo apresentando o menor teor de elemento em relação à cama de aviário e ao farelo de mamona (Tabela 2). A real contribuição da fosfatase requer estudos mais aprofundados, pois há indícios, neste trabalho, de que sua atividade pode ter sido favorecida quando se utiliza o esterco bovino. Os tratamentos de manejo orgânico 1, 2, 3, 4, 7, 10, 13, 14, 15 e 16, com um teor médio de P de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$, foram similares à testemunha, que registrou um teor de $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 3). Esses resultados estão relacionados às reservas de P do solo (Tabela 2) e são provenientes das adubações anteriores recebidas pela lavoura cafeeira desde a sua implantação, já que não foi testada nenhuma fonte de fósforo de origem mineral nos tratamentos avaliados. Apesar desse fato, as fontes de matéria orgânica se diferenciaram significativamente no fornecimento de P aos cafeeiros, no primeiro ano de transição agroecológica.

Em relação ao K foliar os resultados indicam que todos os tratamentos e a testemunha registraram níveis dentro da faixa adequada ($18,0$ a $22,0 \text{ g kg}^{-1}$) (Guimarães *et al.*, 1999). Não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos de manejo orgânico, mas quando comparados com a testemunha os tratamentos 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14 e 15 foram similares a esta (Tabela 4). Levando em consideração que o solo apresentava um alto teor de K (Tabela 2), antes da implantação do experimento, pode-se inferir que os tratamentos com manejo orgânico foram eficientes e similares no fornecimento desse nutriente ao cafeeiro, em comparação à fonte utilizada no manejo convencional (cloreto de potássio). Um estudo realizado por Matiello *et al.* (2005) indica que o sistema radicular do cafeeiro se mantém expressivo até $2,0 \text{ m}$ de profundidade ao longo do perfil do solo e em condições de aproveitar resíduos de nutrientes como o K, devido ao seu acúmulo após adubações sucessivas. Essa evidência pode explicar os resultados obtidos para o K foliar, tanto para o manejo orgânico como para o convencional, testados neste trabalho.

A faixa adequada para o S foliar vai de 1,4 a 2,2 g kg⁻¹ (Guimarães *et al.*, 1999) e todos os tratamentos de manejo orgânico estudados, bem como a testemunha, apresentaram valores acima dela. As adubações nitrogenadas aplicadas na forma de sulfato de amônio, que contém aproximadamente 23,0% de enxofre contribuíram para o alto teor de S encontrado na testemunha. Theodoro *et al.* (2003b), em um levantamento do estado nutricional de lavouras cafeeiras orgânicas, também registraram altos teores de S.

Os teores encontrados para o Mg foliar nos tratamentos de manejo orgânico não apresentaram diferença estatística entre si. Os tratamentos 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 16 encontram-se dentro da faixa adequada para o cafeeiro (3,1 a 4,5 g kg⁻¹) (Guimarães *et al.*, 1999), enquanto que os tratamentos 2, 3 e 14 e a testemunha registraram teores abaixo da faixa adequada. Isso indica que a maioria dos tratamentos de manejo orgânico disponibilizou Mg ao cafeeiro adequadamente.

Os valores registrados para o Ca foliar também não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos de manejo orgânico. Foram registrados valores dentro da faixa adequada (10,0 a 13,0 g kg⁻¹) (Guimarães *et al.*, 1999) para a testemunha e para os tratamentos 2, 3, 4, 7, 9, 10, 13, 14 e 16, e valores acima dessa faixa para os tratamentos 1, 5, 6, 8, 11, 12 e 15. Os resultados referentes aos teores adequados registrados para o Mg e os teores acima da faixa adequada para o Ca podem ser relacionados com o seu fornecimento via calagem realizada na formação e condução da lavoura cafeeira, durante os cinco anos de manejo convencional. A análise de solo realizada antes da implantação do experimento (Tabela 2) detectou um teor alto para o Ca²⁺ e médio para o Mg²⁺.

Em relação ao Mn, todos os tratamentos de manejo orgânico foram iguais e a sua grande maioria registrou teores acima da faixa adequada para o cafeeiro (50,0 a 200,0 mg kg⁻¹) (Guimarães *et al.*, 1999). Somente a testemunha e os tratamentos 2 e 16 apresentaram teores dentro da faixa adequada e os tratamentos de manejo orgânico 2, 4, 7, 10, 15 e 16 foram iguais, estatisticamente, à testemunha.

Os resultados do Fe foliar indicam que a testemunha e todos os tratamentos de manejo orgânico, exceto o tratamento 10, registraram teores dentro da faixa adequada para o cafeeiro (70,0 a 180,0 mg kg⁻¹), entretanto não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos de manejo orgânico.

O manejo orgânico do solo apresentou boa eficiência no fornecimento dos outros

micronutrientes (B, Zn e Cu). Para o B foliar, os tratamentos 1, 2, 4 e a testemunha apresentaram teores abaixo da faixa adequada (40,0 a 80,0 mg kg⁻¹) e o restante dos tratamentos se encontra dentro dessa faixa (Guimarães *et al.*, 1999). Todos os tratamentos de manejo orgânico e a testemunha apresentaram teores de Zn dentro da faixa adequada (10,0 a 20,0 mg kg⁻¹) (Guimarães *et al.*, 1999). O melhor adubo orgânico para o fornecimento de Zn foi a cama de aviário com a utilização de adubação verde (Tabela 3), representado pelos tratamentos 2, 5, 8 e 11 que apresentaram um teor médio de Zn de 10,52 mg kg⁻¹. Já os tratamentos 2 e 5, que utilizaram cama de aviário sem adubação verde, apresentaram um teor médio de Zn de 9,72 mg kg⁻¹. Os tratamentos de manejo orgânico 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14 e 16 foram iguais à testemunha no fornecimento de Zn ao cafeeiro. Nesse trabalho, os resultados do Cu foliar apontam que o biofertilizante supermagro e a adubação orgânica foram excelentes fontes desse nutriente, pois todos os tratamentos, exceto o tratamento 16, apresentaram teores dentro da faixa adequada (14,0 a 26,0 mg kg⁻¹) (Guimarães *et al.*, 1999). Foram detectadas diferenças marcantes em relação ao adubo orgânico utilizado (Tabela 3). As melhores fontes para o fornecimento de Cu aos cafeeiros foram os tratamentos com esterco bovino, apresentando um teor médio de Cu de 23,38 mg kg⁻¹ (Tabela 4) e os tratamentos com cama de aviário com um teor médio de 21,18 mg kg⁻¹, seguidos pelos tratamentos com farelo de mamona (18,47 mg kg⁻¹) (Figura 2). Somente os tratamentos 3 e 9 se igualaram à testemunha.

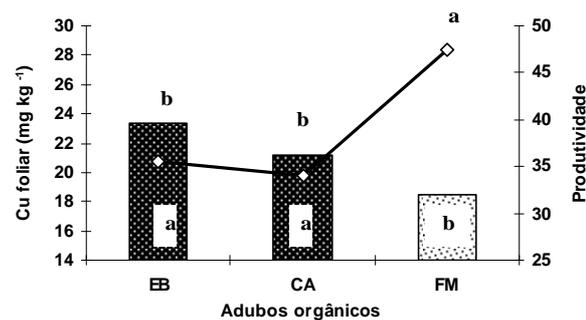


Figura 2. Efeito dos teores de Cu foliar (mg kg⁻¹) na produtividade em função dos adubos orgânicos utilizados nos tratamentos de manejo orgânico. Farelo de mamona (FM), esterco bovino (EB) e cama de aviário (CA). Valores precedidos da mesma letra minúscula não diferem, estatisticamente, entre si, a 5% pelo teste t.

É preciso salientar também que a contribuição da roçada da vegetação espontânea, em todos os tratamentos de manejo orgânico e na testemunha, é fonte de macro e micronutrientes para a lavoura e,

provavelmente, esse tipo de manejo concorreu para incrementar a disponibilidade de nutrientes para a cultura. Alcântara (1997), em experimento de dezoito anos de coleta de dados, observou que o mato sempre roçado nas entrelinhas e carpido nas linhas proporcionou melhorias nas condições físicas e químicas do solo. A contribuição da própria matéria orgânica produzida pelo cafeeiro (folhas e ramos) também representa entrada de nutrientes no agroecossistema (Pavan e Chaves, 1996).

Conclusão

O manejo orgânico adotado é eficiente no fornecimento de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu e Fe ao cafeeiro em produção.

As melhores fontes de N para o cafeeiro no primeiro ano de transição agroecológica são o farelo de mamona e a cama de aviário, enquanto que o esterco bovino apresenta maior eficiência no fornecimento de P.

Em relação ao K, Ca, Mg, S, B, Mn e Fe, tanto o farelo de mamona, o esterco bovino quanto a cama de aviário são eficientes no seu fornecimento.

A melhor fonte de Zn é a cama de aviário, juntamente com a prática da adubação verde.

O esterco bovino e a cama de aviário são as melhores fontes de Cu.

Os tratamentos de manejo orgânico apresentam produtividade similar a da testemunha convencional, devido à existência de reservas de nutrientes no solo.

Referências

- ALCÂNTARA, E.N. *Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (C. arabica L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo distrófico*. 1997. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- ANDERSON, N.P. *Geospatial analysis and multivariate classification of soil properties in Nicaraguan sun and shade grown coffee systems*. 2006. Thesis (Master of Science in Environmental Science)-Washington State University, Washington, D.C., 2006.
- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.
- ARAÚJO, J.B.S. *Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico*. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- ASSIS, R.L.; ROMEIRO, A.R. Análise do processo de conversão de sistemas de produção de café convencional para orgânico: um estudo de caso. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 21, n. 1, p. 143-168, 2004.
- BRASIL. Instrução Normativa N.007 de 17 de maio de 1999. Estabelece normas para produção de produtos

orgânicos vegetais e animais. *Diário Oficial da União*, Brasília, n. 94, Seção 1, p. 11, 19 maio 1999.

CERVELLINI, G.S.; IGUE, T. Adubação mineral e orgânica do cafeeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 53, n. 1, p. 83-93, 1994.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, 2001.

COHRAN, W.G.; COX, G.M. *Experimental designs*. 2. ed. New York: Wiley and Sons, 1957.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997.

ESPÍNDOLA, J.A.A. et al. *Adubação verde com leguminosas*. Embrapa Agrobiologia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. (Coleção Saber).

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Anais...* São Carlos: Ufscar, 2000. p. 255-258.

FURTINI NETO A.G. et al. Fontes de matéria orgânica e fertilização química na formação e produção de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Latossolo da região do cerrado. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 19, n. 3, p. 265-271, 1995.

FURTINI NETO, A.E. et al. *Fertilidade do solo*. Monografia (Curso de pós-graduação "Lato Sensu" à distância: Solos e Meio Ambiente)-Universidade Federal de Lavras/Faepe, Lavras, 2001.

GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C. et al. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação)*. Viçosa: Cefsemg/UFV, 1999. p. 289-302.

IBD-Instituto Biodinâmico. *Diretrizes para o padrão de qualidade orgânico Instituto Biodinâmico*. Botucatu: 2004. Disponível em: <<http://www.ibd.com.br>>. Acesso em: 30 mar. 2006.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Enciclopédia dos municípios brasileiros*, Rio de Janeiro, v. 27, p. 172-175, 1959.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.

MATIELLO, J.B. et al. Distribuição do sistema radicular e acúmulo de potássio ao longo do perfil em solo LVAH, cultivado com café por 9,5 anos na Zona da Mata de Minas. *Rev. Bras. Tecnol. Cafeeira*, Varginha, n. 6, p. 16-17, 2005.

MOREIRA, C.F. *Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais*. 2003. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D. Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1996,

Londrina. *Anais...* Londrina: Iapar, 1996. p. 87-105.

RICCI, M.S.F. et al. *Influência da adubação verde sobre o crescimento, estado nutricional e produtividade do café cultivado no sistema orgânico*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. (Documentos, 153).

RICCI, M.S.F. et al. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.

SANTINATO, R. et al. Fontes de matéria orgânica natural, industrial e condicionadores de solo na formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., 1984, Londrina. *Trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: IBC, 1984. p. 271-273.

THEODORO, V.C.A. *Transição do manejo de lavoura cafeeira do sistema convencional para o orgânico*. 2006. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

THEODORO, V.C.A. et al. Levantamento da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros orgânicos no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. *Trabalhos apresentados...* Caxambu: MAPA/Procafé, 2002. p. 231-234.

THEODORO, V.C.A. et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 27, p. 1039-1047, 2003a.

THEODORO, V.C.A. et al. Avaliação do estado nutricional de agroecossistemas de café orgânico no Estado de Minas Gerais. *Cienc. Agrotecnol.*, Lavras. v. 27, n. 6, p.1222-1230, 2003b.

VIANA, A.S. et al. Estudo de doses crescentes de esterco de curral complementando a adubação química, em cafeeiros instalados em solo LED fase cerrado. II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987. Campinas. *Trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: IBC, 1987. p. 244-248.

Received on June 22, 2006.

Accepted on March 23, 2007.