

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

VICTOR MAURÍCIO DA SILVA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA VISANDO AGROECOSSISTEMAS
SUSTENTÁVEIS DE CAFÉ CONILON NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

**ALEGRE, ES
2012**

VICTOR MAURÍCIO DA SILVA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA VISANDO AGROECOSSISTEMAS
SUSTENTÁVEIS DE CAFÉ CONILON NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça.

**ALEGRE, ES
2012**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S586m Silva, Victor Maurício da, 1985-
Manejo da adubação orgânica visando agroecossistemas sustentáveis de café conilon no Estado do Espírito Santo / Victor Maurício da Silva. – 2012.
111 f. : il.

Orientador: Eduardo de Sá Mendonça.
Coorientadores: Edvaldo Fialho dos Reis, Antônio Carlos Benassi.
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Matéria orgânica. 2. Adubação. 3. Solos - Fertilidade. 4. Biologia do solo. 5. Espírito Santo (Estado). 6. Café conilon. I. Mendonça, Eduardo de Sá. II. Reis, Edvaldo Fialho dos. III. Benassi, Antônio Carlos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

VICTOR MAURÍCIO DA SILVA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA VISANDO AGROECOSSISTEMAS
SUSTENTÁVEIS DE CAFÉ CONILON NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça
Centro de Ciências Agrárias – UFES
(Orientador)

Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Centro de Ciências Agrárias – UFES

Pesquisador Dr. Jacimar Luis de Souza
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural – INCAPER

Pesquisador Dr. Antônio Carlos Benassi
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural – INCAPER

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cada momento vivido e cada aprendizado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES, pela concessão de bolsa de Pós-Graduação.

Ao SAF/MDA, SECIS/MCT, por intermédio do CNPq pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER, devido ao apoio logístico.

À equipe da Unidade Experimental de Produção Animal Agroecológica – UEPA, INCAPER de Linhares-ES, pelo apoio nos trabalhos de campo e triagem da fauna de solo, em especial ao Joel, Roberta, Andrielle, Chrystian e Wilson.

Ao Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA/UFES), pela oportunidade de estudo.

À equipe do laboratório de solos do CCA/UFES, pelo apoio na realização de parte das análises de solo.

Ao Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça, professor do Departamento de Produção Vegetal do CCA/UFES, pelas orientações.

Ao Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis e ao pesquisador Dr. Antônio Carlos Benassi, pela coorientação durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao amigo e coordenador do projeto financiador, Alex Fabian Rabelo Teixeira, pelo empenho incondicional na realização do trabalho.

Ao amigo e pesquisador Luiz Augusto Lopes Serrano, pelas orientações iniciais no delineamento e em manejos diversos do experimento.

Ao agricultor José de Melo e família pelo apoio, participação, troca de experiências e amizade.

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos ao longo das disciplinas.

Aos meus pais, Vanderlei e Marinete, pelo enorme carinho e apoio incondicional.

Às amigas que fiz no período do mestrado, em especial ao Amilton, Elias, Paulo Henrique (PH), Natiélia, Acácio, Paulo Roberto (Paulinho), João Paulo, Gabriel, Ramires, Walas, Fagner Carlos (Pará), Felipe Gaspari, pelo companheirismo, apoio e amizade.

Ao laboratório de Entomologia da UFV por intermédio do Prof. José Henrique Schoederer, pela identificação da espécie de formiga do presente trabalho.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	Página
Figura 1 – Croqui de campo representando parcela do experimento.....	24
Figura 2 - pH do solo em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	30
Figura 3 - Al ³⁺ em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	31
Figura 4 - H + Al em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	31
Figura 5 – Valores médios de fósforo em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	33
Figura 6 - Valores médios de fósforo em função do tipo de composto orgânico.....	33
Figura 7 - Valores médios de potássio em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	34
Figura 8 - Valores médios de cálcio em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	35
Figura 9 - Valores médios de magnésio em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2...	35
Figura 10 - Soma de bases em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	37
Figura 11 - Saturação de bases em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	37
Figura 12 - CTC efetiva em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	39
Figura 13 - CTC a pH7 em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	39
Figura 14 - Valores médios de zinco em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	41
Figura 15 - Valores médios de zinco em função do tipo de composto orgânico.....	41
Figura 16 - Valores médios de ferro em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	42
Figura 17 - Valores médios de boro em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	43
Figura 18 – Densidade do solo aos 240 dias da adubação em função dos compostos 1 e 2.....	45
Figura 19 - Densidade do solo aos 240 dias da adubação em função do tipo de composto.....	45
Figura 20 - Densidade do solo aos 30 dias da adubação em função dos compostos 1 e 2.....	46
Figura 21 - Carbono orgânico aos 30 dias da adubação em função dos compostos 1 e 2.....	47

Figura 22 - Estoque de carbono aos 30 dias da adubação em função dos compostos 1 e 2.....	47
Figura 23 - Nitrogênio total aos 30 dias da adubação em função dos compostos 1 e 2.....	48
Figura 24 - Estoque de nitrogênio aos 30 dias da adubação em função dos compostos 1 e 2....	48

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Percentagem de frutos maduros, verdes e secos em função dos tratamentos.....	60
Figura 2 - Produtividade (sc ha ⁻¹) em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	62
Figura 3 – Teores foliares de enxofre em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	64
Figura 4 - Teores foliares de fósforo em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	66
Figura 5 - Teores foliares de cálcio em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	66
Figura 6 - Teores foliares de magnésio em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2....	67
Figura 7 - Teores foliares de cobre em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	68
Figura 8 - Teores foliares de manganês em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2...	69
Figura 9 - Teores foliares de boro em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	70

CAPÍTULO 4

Figura 1 - Dados climáticos do município de Linhares-ES no ano de 2010.....	79
Figura 2 - Frequência relativa (%) da meso e macrofauna edáfica no período chuvoso.....	83
Figura 3 - Frequência relativa (%) da meso e macrofauna edáfica no período seco.....	87
Figura 4 – N° médio de indivíduos coletados em função das proporções (%).....	88
Figura 5 - Riqueza da fauna em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	95
Figura 6 - Equitabilidade (J') em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	95
Figura 7 - Diversidade (H') em função das proporções (%) dos compostos 1 e 2.....	96

APÊNDICE

Figuras 1 a 4 (Apêndice B) – Fotos do experimento de café conilon.....	106
--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2	Página
Tabela 1 - Caracterização química dos resíduos utilizados nos compostos.....	25
Tabela 2 - Caracterização química dos compostos 1 e 2 do 1º ano agrícola (2009/ 2010).....	25
Tabela 3 - Caracterização química dos compostos 1 e 2 do 2º ano agrícola (2010/ 2011).....	25
Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.....	27
CAPÍTULO 3	
Tabela 1 - Proporções (%) dos compostos para a obtenção da máxima produtividade.....	62
CAPÍTULO 4	
Tabela 1 - Número total coletado de meso e macrofauna edáfica no período chuvoso.....	84
Tabela 2 - Número total coletado de meso e macrofauna edáfica no período seco.....	88
Tabela 3 - Abundância da fauna edáfica em função das proporções (%) dos compostos	91
Tabela 4 - Abundância da fauna edáfica em função do tipo de composto orgânico.....	92
Tabela 5 - Riqueza, Equitabilidade e diversidade da fauna em função do tipo de composto.....	97
APÊNDICE	
Tabelas 1 e 2 (Apêndice A) – Aporte de nutrientes via compostos orgânicos e adubo mineral...	105
Tabelas 1 a 8 (Apêndice C) – Resumos da análise de variância e coeficiente de variação.....	108

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL.....	13
CAPÍTULO 2: ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO E A DENSIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO DE CAFÉ CONILON.....	18
1 Introdução.....	20
2 Material e métodos.....	22
2.1 Material e métodos geral.....	22
2.2 Avaliações de atributos químicos do solo e densidade do solo.....	27
3 Resultados e discussão.....	29
4 Conclusões.....	49
5 Referências.....	50
CAPÍTULO 3: ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DO CAFÉ CONILON EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA.....	54
1 Introdução.....	56
2 Material e métodos.....	58
3 Resultados e discussão.....	59
4 Conclusões.....	71
5 Referências.....	71
CAPÍTULO 4: MESO E MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO DE CAFÉ CONILON.....	75
1 Introdução.....	77
2 Material e métodos.....	79
3 Resultados e discussão.....	81
4 Conclusões.....	97
5 Referências.....	98
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
APÊNDICE.....	105

RESUMO GERAL

Manejo da adubação orgânica visando agroecossistemas sustentáveis de café conilon no Estado do Espírito Santo

O cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) apresenta alta exigência em nutrientes e a reposição no solo é feita geralmente por meio de adubos minerais. Para reduzi-los, o uso de resíduos orgânicos disponíveis na propriedade agrícola pode ser uma alternativa. Os objetivos do estudo foram: (i) avaliar parâmetros agronômicos (produtividade, estado nutricional, atributos químicos de solo e densidade do solo) de uma lavoura conduzida a partir da substituição parcial e total da adubação mineral pela orgânica; e (ii) monitorar e comparar a biodiversidade da meso e macrofauna edáfica do cafeeiro conilon conduzido em diferentes sistemas de adubação. Em lavoura localizada no município de Linhares, Estado do Espírito Santo – Brasil, foi montado, no ano agrícola 2009/2010, um experimento em blocos casualizados com distribuição fatorial de 2 x 2 x 5, com três repetições, sendo os fatores: dois tipos de composto orgânico; presença e ausência de leguminosa; e cinco proporções de cada composto (0; 25; 50; 75; e 100%) em substituição da adubação mineral recomendada para o cafeeiro conilon. Cada repetição foi formada por parcela de 30 plantas do cafeeiro conilon, sendo 12 plantas úteis centrais. Os compostos utilizados foram: composto 1 (C1), preparado com a mistura de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1(v:v); e composto 2 (C2), preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). A leguminosa utilizada foi o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), semeada nas entrelinhas dos cafeeiros. O capítulo 1 apresenta a introdução geral, enfatizando a área de investigação e as justificativas para a realização do estudo. Atributos químicos do solo e a densidade do solo foram avaliados no capítulo 2. Aos 30 dias após a adubação do 2º ano agrícola, verifica-se aumento do estoque de C orgânico e N total com o incremento das proporções do C1 e do C2 na profundidade de 0-5 cm. No capítulo 3, avaliaram-se o estado nutricional e a produtividade dos cafeeiros. O aumento das proporções do C1 e C2 decresce os teores foliares de Mn possivelmente em resposta ao acréscimo do pH do solo. Valores máximos de 61,13 e 66,42 sacas beneficiadas por hectare são obtidos com proporções de substituição (da fonte mineral por orgânica) de 40,42 e

37,32% para o C1 e C2, respectivamente. A caracterização da meso e macrofauna edáfica foi feita no capítulo 4. Independente do tratamento e do período de avaliação, Formicidae (formigas) pertencente ao gênero *Pheidole* sp. (associada com a cochonilha da roseta dos cafeeiros) é predominante. Por fim, o capítulo 5 apresenta as considerações finais, ponderando sobre aspectos importantes de pesquisas futuras para ratificar o uso de resíduos orgânicos no cafeeiro conilon.

Palavras-chave: Compostagem. Estoque de carbono. Teores foliares. *Pheidole* sp.. Diversidade.

GENERAL ABSTRACT

Management of organic fertilization in order sustainable agroecosystems of conilon coffee in Espirito Santo State

The conilon coffee plant (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) has high nutrient requirement and the soil recovery is usually done thru mineral fertilizers. To reduce them, the use of organic waste available on the farm can be an alternative. The objectives of this study were: (i) evaluate agronomic parameters (yield, nutritional status, soil chemical properties and bulk density) of a crop conducted from the partial and total substitution of mineral fertilizer by organic fertilizer, and (ii) monitor and compare the biodiversity of the soil meso and macrofauna of conilon coffee plant conducted in different systems of fertilization. In a crop located in Linhares in the state of Espirito Santo, Brazil, in the agricultural year 2009/2010, was carried out in a random block design (RBD) experiment with a factorial distribution 2 x 2 x 5, with three replications, the following factors: two type of organic compost; presence and absence of legumes; and five proportion of each compost (0; 25; 50; 75 and 100%) as a substitute for mineral fertilizer as recommended for conilon coffee. Each replicate was formed of 30 conilon coffee plants per plot being 12 central plants. The composts used were: compost 1 (C1), prepared with a mixture of elephant grass and coffee straw in a ratio 1:1 (v:v); and compost 2 (C2) prepared by mixing elephant grass, coffee straw and poultry litter in a ratio 2:1:1 (v;v;v). A legume a jack bean was used sown between the rows of coffee plantations. Chapter 1 presents a general introduction, emphasizing the research area and the justifications for the study. Soil chemical properties and bulk density were evaluated in chapter 2. At 30 days after fertilization of the 2nd growing season, there is to increase of stocks of organic C and total N with increased proportions of C1 and C2 at a depth of 0-5 cm. In chapter 3, were evaluated the nutritional status and yield of coffee plant. Increasing proportions of C1 and C2 decreases leaf contents of Mn possibly response to increase soil pH. Maximum values of 61.13 and 66.42 sacks ha⁻¹ are obtained with proportions of substitution of 40.42 and 37.32% for C1 and C2, respectively. The characterization of soil meso and macrofauna was performed in chapter 4. Independently of treatment and evaluation period, Formicidae (ants) of the genus *Pheidole* sp. is predominant.

Finally, chapter 5 presents the final remarks, pondering the important aspects of future research to ratify the use of organic wastes in conilon coffee plant.

Keywords: Composting. Carbon stock. Leaf contents. *Pheidole* sp.. Diversity.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Área de investigação

O Espírito Santo é o maior produtor de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) do Brasil, devido, principalmente, à acelerada expansão observada na região norte deste Estado (FERRÃO et al., 2007). Aliada a condições favoráveis de temperatura e topografia, essa expansão se concentrou em áreas de relevo menos acidentadas e nas partes baixas, como nos platôs litorâneos (por exemplo, nos Tabuleiros Costeiros), localizados no Bioma da Mata Atlântica, onde a vegetação natural predominante é a floresta de tabuleiro (LANI et al., 2008).

A agricultura de base familiar é fundamental para a cafeicultura, contribuindo para tornar essa atividade uma das mais importantes para a economia do Estado. Em geral, 74% da área plantada situam-se em estratos inferiores a 50 ha, com 28% das propriedades apresentando menos de 10 ha (DE MUNER et al., 2003; FASSIO; SILVA, 2007). Destaca-se que o regime de economia familiar é predominante nas cerca de 40 mil propriedades rurais onde a cafeicultura de conilon está inserida (FASSIO; SILVA, 2007).

Nesse cenário de expansão da cafeicultura em sinergia com as características da economia de base familiar, para o presente estudo foi selecionada uma propriedade agrícola familiar situada na região norte do Espírito Santo, no município de Linhares, distrito Córrego do Farias. A propriedade rural possui uma área de 14,4 ha, onde é cultivado mamão, coco, café, milho, melancia, hortaliças e criados animais de pequeno porte, tais como aves e suínos. A estrutura familiar da propriedade é composta por quatro membros (casal com dois filhos).

Para o experimento foi selecionada uma área de cerca de 0,75 ha, plantada há quatro anos com café conilon (irrigado por aspersão), no espaçamento 3,0 x 1,2 m, com os clones 12 V - componente da variedade "Vitória INCAPER 8142" - e o G 35 da empresa Verdebras. O solo é um Argissolo Vermelho-Amarelo, formado sobre os

sedimentos da Formação Barreiras (EMBRAPA, 2006). Antes do experimento, o manejo de adubação e os tratos fitossanitários eram convencionais.

Justificativas para a realização da pesquisa

O Brasil importa cerca de 70% dos adubos nitrogenados que consome e produz apenas 10% do potássio que utiliza. Devido à existência de jazidas (rochas) disponíveis, as limitações por fósforo são menores, porém, importa muito fosfato reativo. Desse modo, fica claro que a dependência internacional por adubos minerais constitui um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores brasileiros.

Em 2008, os custos das principais formulações de adubos minerais subiram em média 110% (ANDA, 2009), o que mobilizou os agricultores familiares do distrito Córrego do Farias, em Linhares-ES, a buscar alternativas para a adubação dos seus cafezais junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER. Levando em consideração a carência de informações direcionadas, pesquisar resíduos orgânicos disponíveis em substituição aos adubos minerais de alta solubilidade foi vista como uma solução inteligente, prática e de baixo custo pelos agricultores da região.

A compostagem orgânica parece ser uma opção para os cafeicultores de base familiar, uma vez que possuem uma gama diversificada de resíduos orgânicos à sua disposição. Por exemplo, no beneficiamento do café resulta a produção de resíduos, a exemplo da palha-de-café, que pode ser utilizada na preparação do composto orgânico. Contudo, poucos agricultores utilizam esses resíduos e, aqueles que optam em utilizá-los, o fazem de forma indevida, disponibilizando-os diretamente nas lavouras, sem passar por processo prévio de compostagem.

Além disso, deve-se ressaltar que o momento para a transição agroecológica é propício em municípios no norte do Espírito Santo, visto que ações de pesquisa e extensão rural vêm sendo realizadas a exemplo da implantação da Unidade Experimental de Produção Animal Agroecológica (UEPA), no INCAPER de Linhares-ES, que desenvolve pesquisas relativas à criação de robalos em policultivo, a

criação de aves de corte e postura e a produção de composto orgânico (GUELBER SALES et al., 2008). No município de Rio Bananal - ES, sistemas agroflorestais (SAF's) do tipo café conilon, ingá (*Inga edulis*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), coco (*Cocos nucifera*) e banana (*Musa sp.*) são incentivados e podem ser opção para se buscar a sustentabilidade na agricultura familiar, visto que possibilitam aliar a produção à conservação ambiental (LOSS, 2008). Em João Neiva-ES, as potencialidades são as áreas plantadas com cacau, que devido à sua forma peculiar de desenvolvimento, sob a copa de outras árvores, podem favorecer a permanência da vegetação natural, assim como a formação de áreas verdes plantadas (FLEGLER; TEIXEIRA; MELO, 2008).

Aproveitar o cenário favorável é imprescindível para a realização de estudos científicos adicionais com a finalidade de desenvolver estratégias de adição de fontes orgânicas aos solos, visando reduzir o uso de adubos minerais e dinamizar a transição do agroecossistema de café conilon para sistemas de produção mais sustentáveis.

Hipóteses e objetivos gerais

As hipóteses gerais deste estudo foram: (i) a adubação orgânica, a partir da utilização de resíduos orgânicos e leguminosa, constituem-se fontes alternativas de nutrientes para o cafeeiro conilon; e (ii) a associação da adubação orgânica à mineral aumenta a diversidade de fauna edáfica, evidenciando o benefício trazido aos organismos do solo pelo aporte da matéria orgânica. Assim, os objetivos foram: (i) avaliar parâmetros agronômicos (produtividade, estado nutricional e atributos químicos de solo e densidade do solo) de uma lavoura de café conilon conduzida a partir da substituição parcial e total da adubação mineral pela orgânica; e (ii) monitorar e comparar a biodiversidade da meso e macrofauna edáfica do cafeeiro conilon conduzido em diferentes sistemas de adubação.

Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos. O Capítulo 2 descreve o efeito da adubação com compostos orgânicos e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) sobre atributos químicos de solo e a densidade do solo no agroecossistema de café conilon. O estudo do estado nutricional e a produtividade do cafeeiro foram abordados no Capítulo 3. Neste capítulo, investigou-se por meio dos fenômenos ocorridos no solo, o efeito de sistemas de adubação sobre os teores foliares de nutrientes. Além disso, foi possível estimar as proporções de composto adequadas para a obtenção de valores máximos de produtividade. No Capítulo 4, é apresentada a caracterização da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de adubação do café. Discutiu-se neste capítulo, o efeito da adubação sobre o número total de organismos coletados e a frequência relativa para coletas realizadas em dois períodos do ano (época seca e chuvosa). Adicionalmente, aspectos de diversidade e riqueza foram abordados em seção específica. Por fim, o Capítulo 5 descreve as considerações finais do trabalho e possibilidades de estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/home.aspx>>. Acesso em: 16/02/2009.

DE MUNER, L. H.; TEIXEIRA, M. M.; FORNAZIER, M. J.; FAVORETO, O. S.; SALGADO, J. S. Cafeicultura sustentável. In: **Plano estratégico de desenvolvimento da agricultura capixaba**. Vitória, ES: INCAPER, 2003. 61p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa/ CNPSo, 2006. 306p.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 37-52.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; BRAGANÇA, S.M.; FILHO, A.C.V.; VOLPI, P.S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 205-225.

FLEGLER, E. P.; TEIXEIRA, A. F. R.; MELO, A. M. Caracterização da cacauicultura em João Neiva, Espírito Santo e sua relação com os princípios agroecológicos. In: PADOVAN, M. P.; NETO, J. A. M.; TEIXEIRA, A. F. R. **Pesquisa agroecológica capixaba**. Vitória, ES: INCAPER, 2008. p. 33-40.

GUELBER SALES, M. N.; SALES, E. F.; SOUZA, G. A. P.; GOMES, A. P.; SILVA, V. M.; DURÃO, J. N. Unidade experimental de produção animal agroecológica: uma abordagem sistêmica na construção do conhecimento. In: PADOVAN, M. P.; NETO, J. A. M.; TEIXEIRA, A. F. R. **Pesquisa agroecológica capixaba**. Vitória, ES: INCAPER, 2008. p. 48-58.

LANI, J. L.; RESENDE, M.; REZENDE, S. B.; FEITOSA, L. R. **Atlas do Ecossistemas do Espírito Santo**. Viçosa: UFV, 2008.

LOSS, F. R. Sistema agroflorestal: café, banana e ingá. In: PADOVAN, M. P.; NETO, J. A. M.; TEIXEIRA, A. F. R. **Pesquisa agroecológica capixaba**. Vitória, ES: INCAPER, 2008.

CAPÍTULO 2

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO E A DENSIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO DE CAFÉ CONILON

Resumo – Estudos de adubação orgânica com a espécie econômica *Coffea canephora* ainda são incipientes. Desenvolver estratégias de adição de fontes orgânicas aos solos é imprescindível, visando reduzir o uso de adubos minerais e dinamizar a transição agroecológica em lavouras de café conilon. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de manejos de adubação orgânica sobre atributos químicos de solo e a densidade do solo em um agroecossistema de café conilon no norte do Estado do Espírito Santo. Em lavoura localizada no município de Linhares, Estado do Espírito Santo – Brasil, foi montado, no ano agrícola 2009/2010, um experimento em DBC com distribuição fatorial de 2 x 2 x 5, com três repetições, sendo os fatores: dois tipos de composto orgânico; presença e ausência de leguminosa; e cinco proporções de cada composto (0; 25; 50; 75; e 100%) em substituição a adubação mineral segundo recomendação para o cafeeiro conilon. Cada repetição foi formada por parcela de 30 plantas do cafeeiro conilon, sendo 12 plantas úteis centrais. Os compostos utilizados foram: composto 1 (C1), preparado com a mistura de capim elefante e palha-de-café na proporção 1:1(v:v); e composto 2 (C2), preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). A leguminosa utilizada foi o feijão-de-porco, semeada nas entrelinhas dos cafeeiros. Aos 120 dias após a adubação do 1º ano agrícola (120DAPA), o pH aumenta de forma linear com o incremento das proporções de ambos compostos e, esse aumento, é acompanhado por reduções do Al^{3+} e do $H + Al$. As médias obtidas para a soma de bases (SB) refletem o comportamento das bases trocáveis (Ca, Mg e K) do solo, ou seja, aumentam de forma linear com o aumento das proporções dos compostos, devido à provável mineralização de parte desses elementos que estavam na forma orgânica. Aos 240 dias após a adubação do 1º ano agrícola (240DAPA), diferentemente do C2, o aumento das proporções do C1 auxilia na redução da densidade do solo (Ds) para níveis inferiores aos considerados restritivos à funcionalidade e crescimento do sistema radicular. O carbono orgânico total (COT) e o nitrogênio total (NT) aos 240DAPA não

apresentam diferença ($p>0,10$) entre tratamentos para as profundidades estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), provavelmente devido às rápidas taxas de decomposição e mineralização (em superfície) e a ausência de variabilidade de tratamentos em profundidade. Aos 30 dias após a adubação do 2º ano agrícola (30DAPA), ocorre aumento do COT e estoque de carbono, do NT e estoque de nitrogênio com o incremento das proporções do C1 e do C2 (na profundidade de 0-5 cm). A adubação com compostos orgânicos pode ser uma alternativa para aumentar o estoque de carbono e de nitrogênio e melhorar a fertilidade do solo no agroecossistema de café conilon.

Palavras-chave: Compostagem. Relação C/N. Argissolo. Acidez do solo. Estoque de carbono.

SOIL CHEMICAL PROPERTIES AND BULK DENSITY IN FERTILIZATION SYSTEMS OF CONILON COFFEE

Abstract – Studies of organic fertilizer with an economic species *Coffea canephora* are still incipient. Developing addition strategies of organic sources for soil is essential in order to reduce the use of mineral fertilizers and boosting an agroecological transition in conilon coffee crops. The objective of this study was to evaluate the effects of organic fertilizer managements on soil chemical properties and bulk density in an agroecosystem conilon coffee in the northern part of the state Espírito Santo. In a crop located in Linhares in the state of Espírito Santo, Brazil, in the agricultural year 2009/2010, was carried out in a random block design (RBD) experiment with a factorial distribution 2 x 2 x 5, with three replications, the following factors: two type of organic compost; presence and absence of legumes; and five proportion of each compost (0; 25; 50; 75 and 100%) as a substitute for mineral fertilizer as recommended for conilon coffee. Each replicate was formed of 30 conilon coffee plants per plot being 12 central plants. The composts used were: compost 1 (C1), prepared with a mixture of elephant grass and coffee straw in a ratio 1:1 (v:v); and compost 2 (C2) prepared by mixing elephant grass, coffee straw and poultry litter in a ratio 2:1:1 (v:v:v). A legume a jack bean was used sown between the rows of

coffee plantations. 120 days after fertilization of the 1st growing season (120DAPA), the pH increases linearly with an increase proportion of both composts and this increase was accompanied by reductions of Al^{3+} and H + Al. The averages obtained for the sum of bases (SB) reflect the behavior of exchangeable cations (Ca, Mg and K) of soil, in other words, it increase in a linearly way with an increase of the proportions of composts due to the probable mineralization of these elements who were in an organic form. 240 days after fertilization of the 1st growing season (240DAPA), different from C2, the increase of proportion of C1 helps in the reduction of bulk density (Ds) to the levels lower to those considered restrictive to the functionality and root growth. The total organic carbon (TOC) and total N to 240DAPA don't present no difference ($p>0.10$) between treatments for the studied depths (0-5, 5-10, 10-20, and 20-40 cm), probably due to the rapid rate of decomposition and mineralization (surface) and lack of variability of in-depth treatments. 30 days after fertilization of the 2nd growing season (30DAPA), there is an increase of TOC and carbon stock, total N and nitrogen stock with increasing of proportion of C1 and C2 (depth of 0-5 cm). The fertilization of organic composts can be an alternative to increase the stocks of organic C and total N and to improve soil fertility in the agroecosystem of conilon coffee.

Keywords: Composting. C/N ratio. Argisol. Soil acidity. Carbon stock.

1 INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) é produzido em larga escala na região norte do Espírito Santo, o que eleva este Estado à posição de destaque nacional na sua produção (FASSIO; SILVA, 2007). Destaca-se que nessa região o café é produzido em pequenas propriedades rurais onde predomina o modelo de trabalho e economia familiar.

Devido ao alto potencial produtivo do conilon, a adubação geralmente é realizada com adubos minerais de alta solubilidade, e para a determinação da quantidade de nutrientes é levada em consideração a produtividade esperada e os teores de nutrientes no solo (PREZOTTI et al., 2007a). No entanto, o uso desses adubos sem

promover calagens adequadas e adubação orgânica, pode levar o solo a perder rapidamente sua fertilidade (THEODORO et al., 2003). Em Latossolo Vermelho Amarelo sob lavoura de café conilon (em produção), foi verificado que a adubação anual com 450, 150 e 450 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, na forma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, causou acidificação na camada superficial do solo, reduzindo o pH e aumentando os teores de Al³⁺ e os valores de H+Al, em relação ao solo não adubado utilizado como referência (GUARÇONI M., 2011).

Por outro lado, a matéria orgânica em sistemas agrícolas tropicais é de extrema importância, pois os solos dessas regiões são bastante intemperizados e lixiviados, possuindo baixa fertilidade natural (SILVA; MENDONÇA, 2007). O aporte de resíduos orgânicos pode promover aumentos nos teores de Ca, Mg e K trocáveis nas camadas superficiais do solo, como provável resposta à quantidade desses nutrientes presentes no resíduo e não ao aumento da disponibilidade do nutriente preexistente no solo (FRANCHINI et al., 1999; AMARAL; ANGHINONI; DESCHAMPS, 2004; PAVINATO; ROSOLEN, 2008).

Leite et al. (2003) demonstraram após 16 anos que sistemas adubados com composto orgânico podem resultar em maiores estoques ($p < 0,05$) de carbono orgânico total (ESTC) em relação à sistemas sem adubação ou apenas com adubação mineral, com estoques variando de 18,87 (na dose de 0 m³ ha⁻¹ de composto) a 26,50 Mg ha⁻¹ (na dose de 40 m³ ha⁻¹ de composto) na camada superficial (0-10 cm). Para a mesma profundidade, estoques de nitrogênio (ESTN) apresentaram tendência similar ao ESTC, variando de 1,54 (0 m³ ha⁻¹ de composto) a 2,11 Mg ha⁻¹ (40 m³ ha⁻¹ de composto).

A matéria orgânica afeta diretamente a agregação do solo, a qual por sua vez influi sobre a densidade e a porosidade, entre outros atributos (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Em geral, a absorção de água e nutrientes pode ser desfavorecida quando a densidade do solo ultrapassa 1,5 kg dm⁻³ (SOUSA; COGO; VIEIRA, 1997). Reinert et al. (2008) demonstraram em um Argissolo Vermelho que o limite crítico de densidade para o crescimento normal de plantas de cobertura foi de 1,75 kg dm⁻³. Entre a faixa de 1,75 e 1,85 kg dm⁻³ ocorreu restrição com deformações na morfologia das raízes e, acima de 1,85 kg dm⁻³, essas deformações foram

significativas, com desvios no crescimento vertical e concentração na camada superficial (REINERT et al., 2008).

Devido à ausência de revolvimento, maiores valores de densidade foram obtidos em sistemas de plantio direto (sobre resíduos de mucuna, sorgo e milho) no início do ciclo da cultura de mandioca, sendo significativamente superiores ($p < 0,05$) aos verificados no sistema sob preparo convencional (SILVA et al., 2008). Por outro lado, estudo demonstrou que a densidade (camada de 0–10 cm) diminuiu significativamente ($p < 0,05$) com o aumento de doses de lodo de esgoto, variando de 1,21 a 1,13 kg dm⁻³ (BOEIRA; SOUZA, 2007).

Em geral, trabalhos de adubação orgânica com a espécie econômica *Coffea arabica* L. podem ser encontrados na literatura (e. g.: ARAÚJO, et al., 2007; ARAÚJO et al., 2008). Comparativamente, estudos nesse sentido com a espécie *Coffea canephora* ainda são incipientes (e. g.: PARTELLI et al., 2009). Desse modo, são imprescindíveis testes para desenvolver estratégias de adição de fontes orgânicas aos solos por meio da utilização de resíduos orgânicos, visando reduzir o uso de adubos minerais e dinamizar a transição agroecológica do café conilon. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos de adubação orgânica sobre atributos químicos de solo e a densidade do solo em um agroecossistema de café conilon no norte do Estado do Espírito Santo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL E MÉTODOS GERAL (REFERENTE AOS CAPÍTULOS 2, 3 e 4)

O estudo foi conduzido em lavoura de café conilon (com irrigação) localizada em propriedade de base familiar no distrito Córrego do Farias, em Linhares-ES (19°15'67" S e 40°01'93" O e 17 m). A lavoura selecionada apresentava cerca de 0,75 ha e quatro anos de idade (no momento da colheita de frutos do estudo) num espaçamento de 3,0 x 1,2 m, com os clones 12 V - componente da variedade "Vitória INCAPER 8142" - e o G 35 da empresa Verdebras (Figura 1B no apêndice).

O solo da lavoura é um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, formado sobre os sedimentos da Formação Barreiras (EMBRAPA, 2006). Antes do estudo, a análise granulométrica e química da área na profundidade 0-20 cm apresentou as seguintes características: textura franco arenosa; pH 5,6; 1,9 dag kg⁻¹ de matéria orgânica; 7 mg dm⁻³ de P; 44 mg dm⁻³ de K; 1,3 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,3 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,1 cmol_c dm⁻³ de Al; 2,1 cmol_c dm⁻³ de H + Al; 1,7 cmol_c dm⁻³ de soma de bases (SB); 44,9% de saturação de bases (V); 71 mg dm⁻³ de Fe; 1,2 mg dm⁻³ de Zn; 0,3 mg dm⁻³ de Cu; 29 mg dm⁻³ de Mn; e 0,16 mg dm⁻³ de B.

A calagem foi realizada em todas as parcelas antes da implantação do experimento, sendo calculada por meio do método da saturação por bases, de forma a elevá-la para 70%.

A adubação foliar com micronutrientes foi realizada em 3 aplicações, a saber: 1^a - pré-florada em 09/2010; 2^a - fase de chumbinho em 10/2010; e 3^a - fase de granação em 11/2010 (PREZOTTI et al., 2007a).

Quando necessário, o controle de plantas espontâneas foi realizado por meio de roçadas periódicas com roçadeira mecânica costal, mantendo-se as entrelinhas com a vegetação baixa.

O experimento foi montado num esquema fatorial 2 x 2 x 5, sendo: “composto orgânico” em dois níveis; “leguminosa” em dois níveis (presença e ausência); e “proporções de cada composto” em cinco níveis (0; 25; 50; 75; e 100%) num delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições. Cada repetição foi formada por parcela de 30 plantas do cafeeiro conilon, sendo 12 plantas úteis centrais, conforme croqui de campo na figura 1.

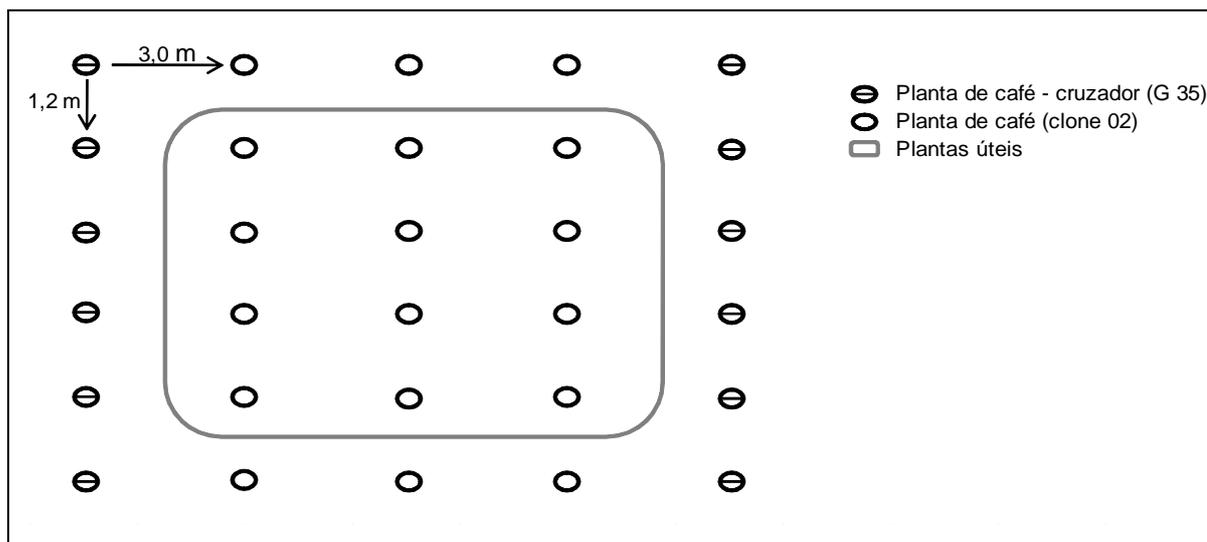


Figura 1. Croqui de campo representando parcela do experimento de café conilon.

Os compostos utilizados foram: composto 1 (C1), preparado com a mistura de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) e palha-de-café na proporção 1:1 (v:v); e composto 2 (C2), preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). Antes da montagem das leiras, o capim foi retirado de capineira com idade de rebrotação de aproximadamente 180 dias, e posteriormente foi triturado em picadeira regulada para tamanho de partícula com 2 cm.

A leguminosa utilizada foi o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), semeada manualmente nas entrelinhas no primeiro parcelamento da adubação dos anos agrícolas, em 11/2009 e 01/2011 no 1º e 2º ano agrícola, respectivamente. Para o plantio, foi utilizado o espaçamento de 1 m a partir do caule do cafeeiro e 50 cm entre linhas (totalizando 3 linhas de leguminosas). Para a semeadura, foram utilizadas 8 sementes por metro linear de sulco. O corte foi realizado aos 90 dias após o plantio na fase de pleno florescimento. Após o corte, a palhada foi mantida inteira e em cobertura. Foram obtidos valores médios de 32,5 e 7 Mg ha⁻¹ para a produtividade de massa verde e massa seca, respectivamente (valores médios obtidos por meio da avaliação dos dois anos agrícolas).

Para a compostagem, a montagem das leiras foi realizada no mesmo dia do corte do capim próxima da lavoura experimental (Figura 2B no apêndice). Para a montagem do C1, foi realizado empilhamento alternado dos resíduos vegetais por camadas de 50 cm de altura. Para o C2, as camadas foram dispostas com alturas de 50 cm para

o capim e 25 cm para a palha-de-café e cama-de-frango. Foi realizado apenas um reviramento aos 45 dias após a montagem das leiras. Na tabela 1 está apresentada a caracterização química dos resíduos utilizados para a montagem dos compostos.

Tabela 1. Caracterização química dos resíduos utilizados na montagem dos compostos orgânicos (valores médios obtidos por meio da caracterização do 1º e 2º ano agrícola). Linhares, ES, 2009 e 2010.

Descrição	M.O (%)	C/N	pH	----- dag/ kg -----						----- mg/ kg -----				
				N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Capim elefante	98	81	7,2	0,70	0,25	0,44	0,34	0,22	0,08	10	145	112	2	12
Palha-de-café	93	36	5,4	1,50	0,14	2,72	0,60	0,14	0,09	16	281	37	31	16
Cama-de-frango	86	18	6,6	2,70	1,21	1,74	1,54	0,30	0,24	275	825	344	61	24

Após 120 dias da compostagem, por meio das características físicas observadas (coloração, temperatura, granulometria, entre outras), foi constatado que os compostos estavam adequados para utilização. Em seguida, amostras foram caracterizadas quimicamente no Laboratório de Análises de Solos e Planta do INCAPER/CRDR-CS (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Caracterização química (em base seca) do composto 1 (C1) e composto 2 (C2) do 1º ano agrícola (2009/ 2010) aos 120 dias após a montagem das leiras. Linhares, ES, 2009.

Descrição	Umid. (%)	M.O (%)	C/N	pH	----- dag/ kg -----						----- mg/ kg -----				
					N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Composto 1	64	68,57	23	7,6	1,50	0,30	1,73	0,63	0,16	0,14	21	5111	63	28	23
Composto 2	59,5	62,79	10	7,1	3,05	3,55	3,09	3,56	0,75	0,37	406	3.115	490	203	36,6

Tabela 3. Caracterização química (em base seca) do composto 1 (C1) e composto 2 (C2) do 2º ano agrícola (2010/ 2011) aos 120 dias após a montagem das leiras. Linhares, ES, 2010.

Descrição	Umid. (%)	M.O (%)	C/N	pH	----- dag/ kg -----						----- mg/ kg -----				
					N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Composto 1	50,9	49,4	14	7,2	1,79	2,17	2,11	0,96	0,15	0,22	30	-	81	31	41
Composto 2	39,36	51,6	12	6,8	2,31	3,63	2,86	4,17	0,51	0,35	305	-	429	175	37

Para o 1º e 2º ano agrícola (2009/ 2010 e 2010/ 2011, respectivamente), o tratamento com adição de nutrientes de fonte exclusivamente mineral (testemunha ou 0% de composto orgânico) consistiu na aplicação de 380 kg/ha/ano de N na

forma de sulfato de amônio para uma produtividade esperada de 51-70 sacas por hectare ano (PREZOTTI et al., 2007a). Para a adubação com fósforo e potássio, no 1º ano foi utilizado 60 kg/ha/ano de P_2O_5 e 350 kg/ha/ano de K_2O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente (PREZOTTI et al., 2007a). No 2º ano agrícola, devido ao efeito residual da adubação do primeiro ano, a adubação de fósforo e potássio foi realizada levando em consideração o que havia no solo e a produtividade esperada (PREZOTTI et al., 2007a).

Os tratamentos com fontes orgânicas foram determinados a partir do teor de N dos compostos orgânicos e da recomendação para a adubação química convencional (PREZOTTI et al., 2007a). Para o 1º ano agrícola, no tratamento de fonte exclusivamente orgânica (100% de composto orgânico), foi aplicado 25,33 Mg/ha/ano do composto 1 e 12,50 Mg/ha/ano do composto 2 (em base úmida). Para o 2º ano agrícola, o tratamento consistiu da aplicação de 42,44 Mg/ha/ano do composto 1 e 27,40 Mg/ha/ano do composto 2 (em base úmida). Ressalta-se que para o 1º ano a umidade dos compostos não foi utilizada na correção dos cálculos de adubação devido à limitação econômica imposta pela quantidade excessiva de composto que seria necessária. Ao contrário do 2º ano, em que a umidade de 51% do C1 e 39% do C2 foi levada em consideração.

Deve-se ressaltar que nas proporções 25, 50 e 75% das doses de composto orgânico, a adubação foi combinada com fontes minerais citadas anteriormente. Desse modo, para 25, 50 e 75% de composto orgânico usou-se 75, 50 e 25% de fonte mineral, respectivamente. Os adubos foram aplicados na projeção da copa ao redor de toda a planta. No presente estudo os tratamentos de adubação são detalhados conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Tratamentos* utilizados no experimento de adubação do café conilon.

Leguminosa (feijão-de-porco)	Proporção do Composto 1 (%)					Proporção do Composto 2 (%)				
	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100
Com	AMF	A25C1F	A50C1F	A75C1F	A100C1F	AMF	A25C2F	A50C2F	A75C2F	A100C2F
Sem	AM	A25C1	A50C1	A75C1	A100C1	AM	A25C2	A50C2	A75C2	A100C2

*Significados das abreviações dos tratamentos: AMF = adubação mineral com feijão-de-porco; AM = adubação mineral; A25C1F = adubação com 25% do composto 1 e feijão-de-porco; A25C1 = Adubação com 25% do composto 1; A50C1F = Adubação com 50% do composto 1 e feijão-de-porco; A50C1 = Adubação com 50% do composto 1; A75C1F = Adubação com 75% do composto 1 e feijão-de-porco; A75C1 = Adubação com 75% do composto 1; A100C1F = Adubação com 100% do composto 1 e feijão-de-porco; A100C1 = Adubação com 100% do composto 1; A25C2F = Adubação com 25% do composto 2 e feijão-de-porco; A25C2 = Adubação com 25% do composto 2; A50C2F = Adubação com 50% do composto 2 e feijão-de-porco; A50C2 = Adubação com 50% do composto 2; A75C2F = Adubação com 75% do composto 2 e feijão-de-porco; A75C2 = Adubação com 75% do composto 2; A100C2F = Adubação com 100% do composto 2 e feijão-de-porco; A100C2 = Adubação com 100% do composto 2.

No 1º ano agrícola, a adubação foi parcelada em quatro etapas no tempo: 1ª etapa (20% do adubo) em 11/2009; 2ª etapa (20% do adubo) em 12/2009; 3ª etapa (20% do adubo) em 03/2010; e 4ª etapa (40% do adubo) em 04/2010. No 2º ano agrícola a adubação foi parcelada em duas etapas: 1ª etapa (50% do adubo) em 01/2011; e 2ª etapa (50% do adubo) em 04/2011.

2.2 AVALIAÇÕES DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DENSIDADE DO SOLO

Para a caracterização de atributos químicos do solo, em agosto de 2010 (120 dias após o término das adubações do primeiro ano agrícola), foram retiradas amostras deformadas na profundidade de 0-20 cm nas parcelas de todos os tratamentos. Em cada parcela, com auxílio de sonda (SONDATERRA®), foram retiradas amostras simples sob a copa das 12 plantas úteis para compor uma amostra composta. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas, secas a sombra e passadas em peneira de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Foram determinados os valores de pH, H+Al, CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), saturação por bases (V) e os teores de matéria orgânica (MO), P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, segundo Embrapa (1997). Os teores de cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados em alíquotas de uma solução extratora de Mehlich (HCl 0,05 M + H₂SO₄) na relação solo: extrator de 1:5, utilizando espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). O boro foi quantificado através da extração em água quente e posterior determinação pelo método da curcumina (TEDESCO et al.,1995).

Foram avaliados a densidade do solo (D_s), carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) aos 240 dias após a adubação (240DAPA) do 1º ano agrícola e aos 30 dias após a 1ª etapa da adubação (30DAPA) do 2º ano agrícola. Para isso foi escolhida (ao acaso) uma planta útil por parcela e aberta trincheira no solo (abaixo da copa) destinada à coleta de amostras com estrutura indeformada - para a densidade do solo - e amostras deformadas - para a determinação do COT e NT. Aos 240DAPA, foram retiradas amostras nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Aos 30DAPA, a amostragem foi realizada apenas na profundidade de 0-5 cm.

A coleta de amostras indeformada de solo foi realizada com anel metálico de volume conhecido com auxílio de amostrador de Uhland. No laboratório, o material foi levado à estufa (105°C) para eliminação da umidade e, posteriormente, pesado. A densidade do solo foi determinada dividindo a massa seca do solo pelo volume do anel.

O teor de C orgânico nas amostras foi determinado pelo método proposto por Yeomans e Breemner (1988), cujo princípio é a oxidação do C orgânico a quente com dicromato de potássio e titulação do dicromato remanescente com sulfato ferroso amoniacal.

Foi calculado o estoque de carbono (ESTC) utilizando a seguinte equação:

$$\text{ESTC} = (\text{CO} \times D_s \times e)/10 \quad (1)$$

em que:

ESTC = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha^{-1});

CO total = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg^{-1});

D_s = densidade do solo da camada estudada (g cm^{-3});

e = espessura da camada considerada (cm).

O NT foi determinado pelo método de Kjeldahl, segundo Tedesco et al. (1995). O estoque de nitrogênio (ESTN) foi determinado utilizando a seguinte equação:

$$\text{ESTN} = (\text{NT} \times D_s \times e)/10 \quad (2)$$

em que:

ESTN = estoque de nitrogênio em determinada profundidade (Mg ha^{-1});

NT = teor de N total na profundidade amostrada (g kg^{-1});

Ds = densidade do solo da camada estudada (g cm^{-3});

e = espessura da camada considerada (cm).

As variáveis foram submetidas à análise de variância ($p < 0,10$). Para verificar os efeitos das proporções dos compostos, as médias foram ajustadas pela análise de regressão ($p < 0,10$). Para verificar o efeito da leguminosa (presença e ausência) e do tipo de composto em cada proporção, foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,10$). As análises estatísticas foram processadas por meio do *software* SISVAR[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA CAMADA DE 0-20 CM AOS 120 DIAS APÓS O TÉRMINO DAS ADUBAÇÕES DO 1º ANO AGRÍCOLA

3.1.1 Acidez do solo

Para a acidez ativa (pH), acidez trocável (Al^{3+}) e a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), há diferença ($p < 0,10$) para as proporções de ambos compostos e não há diferença ($p > 0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa (Figuras 2, 3 e 4) e do tipo de composto utilizado.

Na presença e na ausência da leguminosa, o pH aumenta de forma linear com o incremento das proporções dos compostos (Figura 2). Em geral, o aumento do pH promove reduções dos valores de Al^{3+} e do $\text{H} + \text{Al}$ (Figuras 3 e 4). A substituição gradual do $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (sulfato de amônio) por proporções de compostos orgânicos foi essencial para o aumento do pH do solo, uma vez que a acidificação de solos pelo uso de adubos nitrogenados amoniacais é um fenômeno conhecido e frequentemente relatado na literatura (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007; COSTA et al., 2008). Estudos mostram que a adição de matéria orgânica ao solo pode promover efeito direto no aumento do pH e diminuição do Al^{3+} (ALVES; MELO; FERREIRA, 1999; FRANCHINI et al., 2001). Esse efeito ocorre principalmente

devido à ligação de íons H^+ com moléculas orgânicas, complexação de Al^{3+} e aumento da saturação da CTC do solo pelos elementos Ca, Mg e K mineralizados dos resíduos aportados (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Em solos de sistemas de café orgânico e café em conversão, Theodoro et al. (2003) constataram ausência de Al^{3+} , e atribuiu isso ao aumento do pH e à provável complexação do Al^{3+} por compostos da matéria orgânica adicionada.

Os tratamentos resultaram em efeitos com tendências importantes para a fertilidade do agroecossistema de café. De acordo com as classes de interpretações propostas para a fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007a; PREZOTTI et al., 2007b), o pH para os tipos de compostos e níveis da leguminosa possui valores altos (entre 6,1-7,0) na proporção de 100% de composto e valores baixos (entre 4,5-5,4) nas outras proporções (valores observados) (Figura 2). Para o Al^{3+} , todas as proporções de ambos compostos apresentam níveis baixos ($< 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), eliminando-se totalmente na proporção de 100% (Figura 3). O $H + Al$ atinge valores baixos ($< 2,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas proporções de 100% de ambos os compostos e valores médios (entre 2,5-5,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas demais proporções (Figura 4).

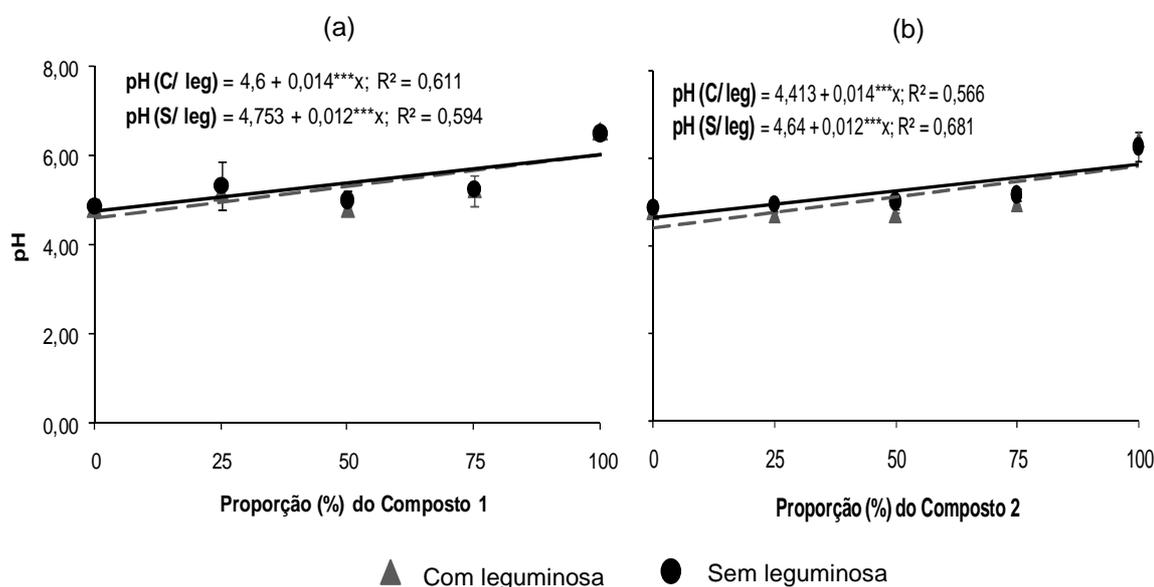


Figura 2. Valores médios de pH do solo e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,4715. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

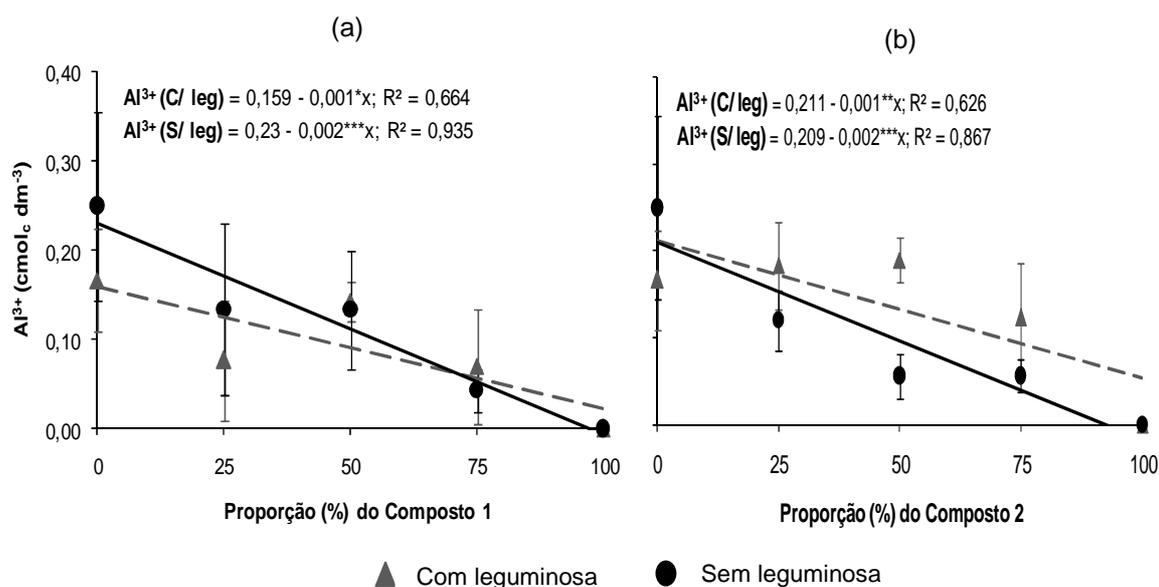


Figura 3. Valores médios de alumínio trocável - Al^{3+} e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1289. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

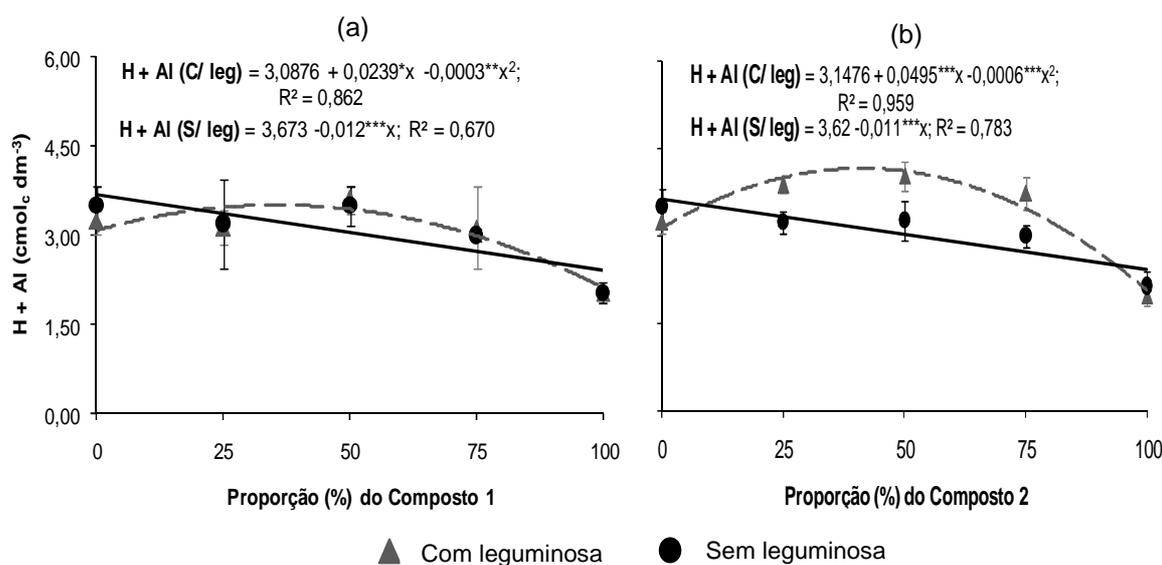


Figura 4. Valores médios de H + Al e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,7354. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.1.2 Fósforo disponível (P)

Com o aumento das proporções do C1 há redução linear do P disponível (Figura 5a) e não há diferença ($p>0,10$) entre a presença e ausência de leguminosa (Figura 5). Em geral, o C1 tem maior contribuição no aporte de carbono orgânico, sendo aproximadamente duas vezes maior quando comparado ao C2 (Tabela 2A no apêndice). Esse maior aporte foi determinante para a redução do P disponível devido a um provável aumento simultâneo da absorção pelos cafeeiros (ver teores foliares de P no Capítulo 3). O fenômeno de adsorção específica do P pelo solo pode ser menor com a aplicação de matéria orgânica (PARTELLI et al., 2006), tendendo a favorecer a absorção desse nutriente pela planta. O aporte orgânico pode diminuir a capacidade máxima de adsorção de P e a energia de ligação do fosfato aos colóides inorgânicos do solo, fazendo com que o P fique mais prontamente disponível (RHEINHEIMER et al., 2003).

O aumento das proporções do C2 na ausência da leguminosa favorece o incremento linear do P disponível (Figura 5b). A maior riqueza do C2 em P (Tabela 2) justifica estes resultados.

Comparando o tipo de composto, na presença da leguminosa, o C2 apresenta maiores valores de P em relação ao C1 nas proporções 25, 50, 75 e 100% (Figura 6a). Na ausência da leguminosa, o C2 demonstra maior expressividade para P nas proporções 75 e 100% (Figura 6b). Estes resultados eram esperados uma vez que o aporte de P_2O_5 pelos tratamentos que receberam o C2 como fonte orgânica é 6,6 vezes superior em relação aos que receberam o C1 em todas as proporções de substituição (Tabela 1A no apêndice).

De acordo com a classe de interpretação para a fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007b), em geral, o P disponível em todas as proporções do C2 apresenta valores altos ($> 20 \text{ mg dm}^{-3}$) (Figura 5b), o que suporta a maior expressividade dos valores de P em função da riqueza deste composto.

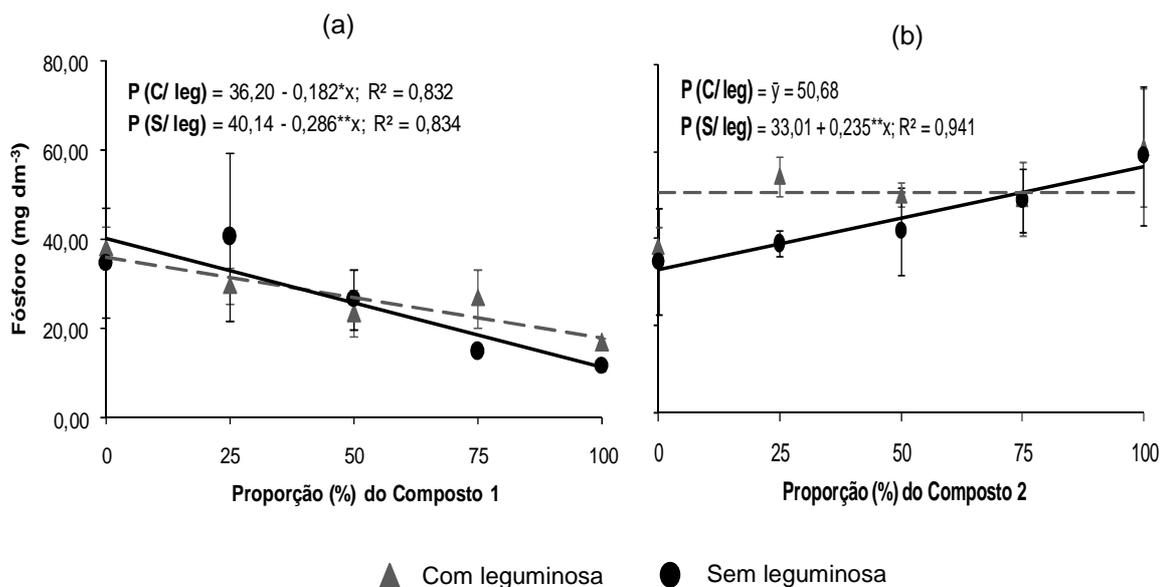


Figura 5. Valores médios de fósforo – P ($mg\ dm^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 21,3. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

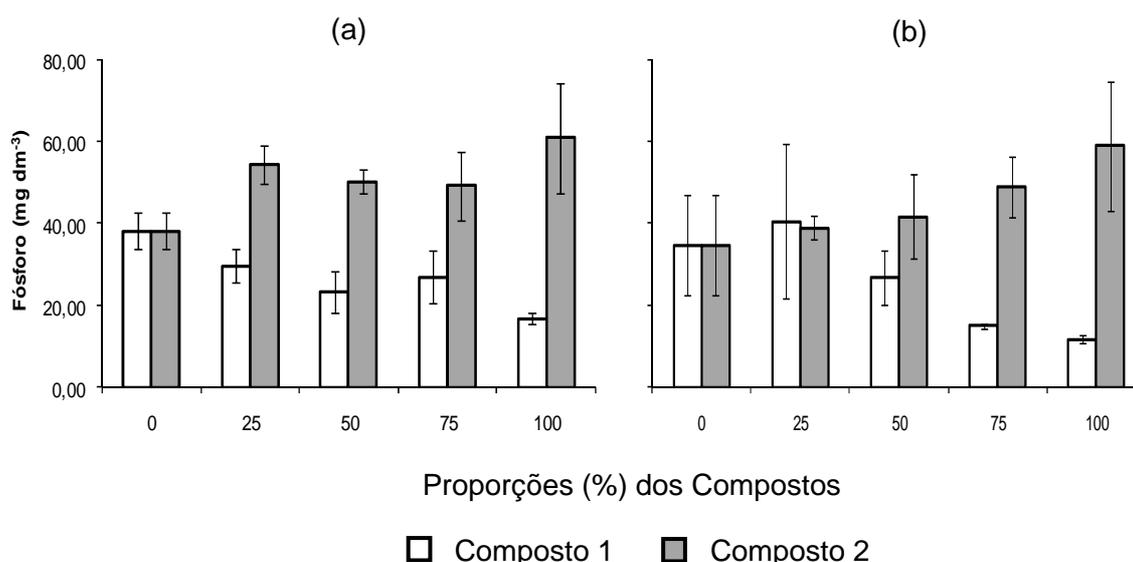


Figura 6. Valores médios de fósforo - P e erro padrão (barras na vertical) em função do tipo de composto orgânico na presença (a) e ausência (b) da leguminosa. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator “composto” em suas respectivas proporções: 21,3.

3.1.3 Bases trocáveis

Para as bases trocáveis (K, Ca e Mg), em geral, não há diferença ($p > 0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa (Figuras 7, 8 e 9) e entre os tipos de compostos utilizados. Em relação ao K, na presença e ausência da leguminosa, ocorre aumento

linear com o incremento das proporções do C1 (Figura 7). Para o Ca, na presença da leguminosa, há aumento linear com o incremento das proporções do C1 e C2 (Figura 8). Para o Mg, tanto na presença quanto na ausência da leguminosa, ocorreu ajuste linear crescente com o incremento das proporções de ambos os compostos (Figura 9). Alves, Melo e Ferreira (1999), testando doses crescentes de composto de lixo urbano (0; 12,5; 25; 50 e 100 t ha⁻¹) em um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa, verificaram aumentos significativos de bases trocáveis (K, Ca e Mg) em função do aumento das doses do composto e atribuíram isso à mineralização de parte desses elementos que estavam na forma orgânica.

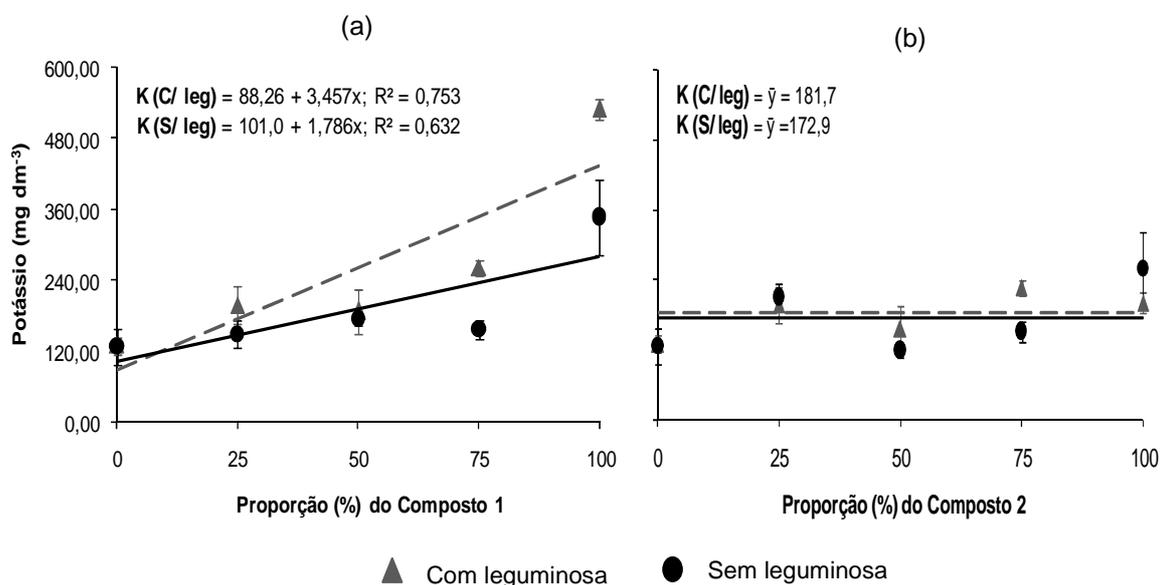


Figura 7. Valores médios de potássio – K (mg dm⁻³) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 79,7811. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

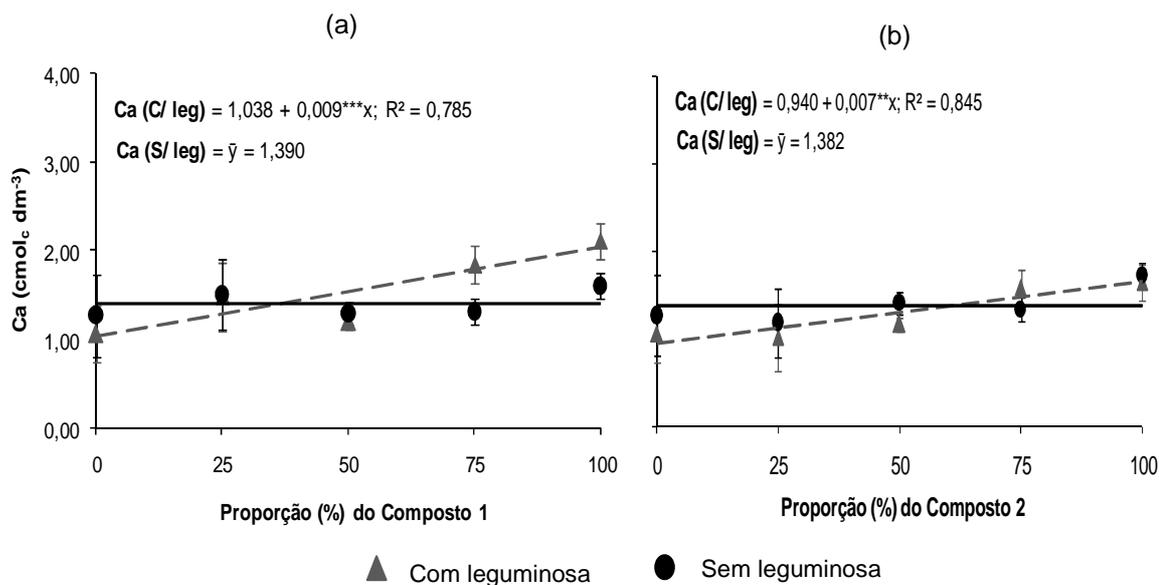


Figura 8. Valores médios de cálcio – Ca ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,6231. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

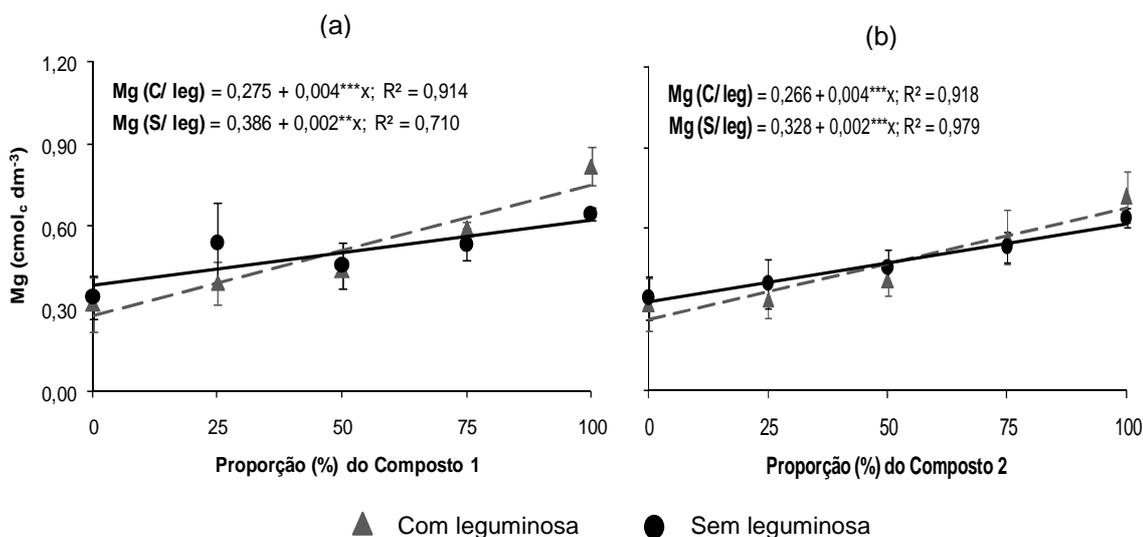


Figura 9. Valores médios de magnésio – Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1883. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

Para a soma de bases (SB) e saturação por bases (V) não há diferença ($p > 0,10$) entre os tipos de compostos e entre a presença e ausência da leguminosa.

As médias obtidas para a soma de bases refletem o comportamento das bases (Ca, Mg e K) do solo, ou seja, aumentam de forma linear com o aumento das proporções dos compostos (Figura 10). Em função dos valores da soma de bases e CTC, a saturação por bases também aumenta com as proporções dos compostos (Figura 11). A tendência verificada no presente estudo está de acordo com Ricci et al. (2010), que com o aporte de doses de composto de biossólido também verificaram aumentos significativos para essas variáveis (SB e V) (camada de 0–20 cm), com valores superiores ao observado para a testemunha (na dose de 0 Mg ha⁻¹ de composto).

De acordo com a classe de interpretação para a fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007b), de modo geral, a SB apresenta valores dentro do limite médio (entre 2,0-5,0 mg dm⁻³) para as proporções de ambos compostos orgânicos (Figura 10). Apenas nas proporções de 100% de ambos compostos, a saturação por bases (V) apresenta níveis médios (entre 50-70%), nas demais proporções demonstra níveis baixos (< 50%) (Figura 11). A maior saturação por bases detectada no manejo de adubação de 100% orgânico, pode estar relacionada com o aumento do pH e dos teores de Ca, Mg e K obtidos pela aplicação de matéria orgânica, concordando com os resultados obtidos por Theodoro et al. (2003).

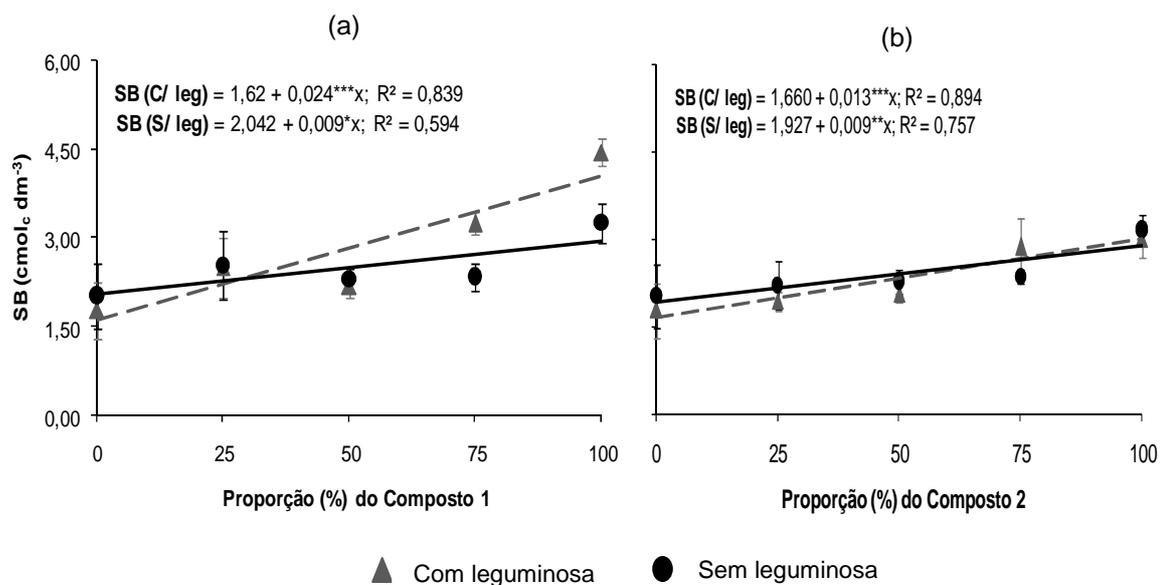


Figura 10. Valores médios de soma de bases – SB ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,8765. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

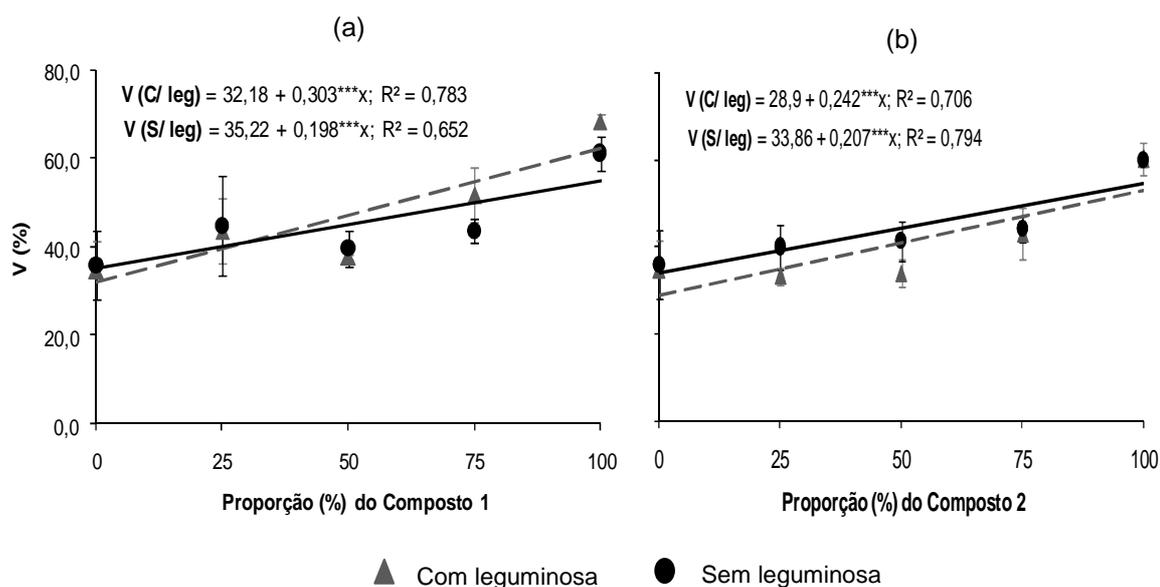


Figura 11. Valores médios de saturação de bases – V (%) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 12,8688. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.1.4 CTC do solo

Em relação à CTC efetiva e a CTC a pH 7, não ocorre diferença entre os tipos de compostos utilizados. Em geral, também não há diferença entre a presença e ausência da leguminosa (Figuras 12 e 13).

Para a CTC efetiva há ajuste linear crescente com o aumento das proporções dos compostos orgânicos (Figura 12). A CTC a pH 7 aumenta de forma linear com o aumento das proporções do C1 na presença da leguminosa e, de forma quadrática, com o incremento das proporções do C2 também na presença da leguminosa (Figura 13). Bayer e Mielniczuk (2008) afirmam que em solos tropicais e subtropicais a CTC da matéria orgânica pode ser fundamental para a CTC total do solo, sendo essencial na retenção de nutrientes e na diminuição da lixiviação. O comportamento linear da CTC verificado no presente estudo sugere que o aumento pode ter sido causado principalmente pelo carbono orgânico contido no material aportado (MELLO; VITTI, 2002). A interação da fração argila com a matéria orgânica promove a diminuição do valor do ponto de carga zero (PCZ) reduzindo a carga positiva existente na superfície (CANELLAS et al., 2008).

De acordo com a classe de interpretação para a fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007b), na proporção de 100% de ambos compostos, a CTC efetiva apresenta valores dentro do limite médio (entre 2,5-6,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), diferentemente das outras proporções que não seguem essa tendência ou ficam abaixo do preconizado (Figura 12). Em todas as proporções de ambos compostos, a CTC a pH 7 apresenta valores dentro do limite médio (entre 4,5-10 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) (Figura 13).

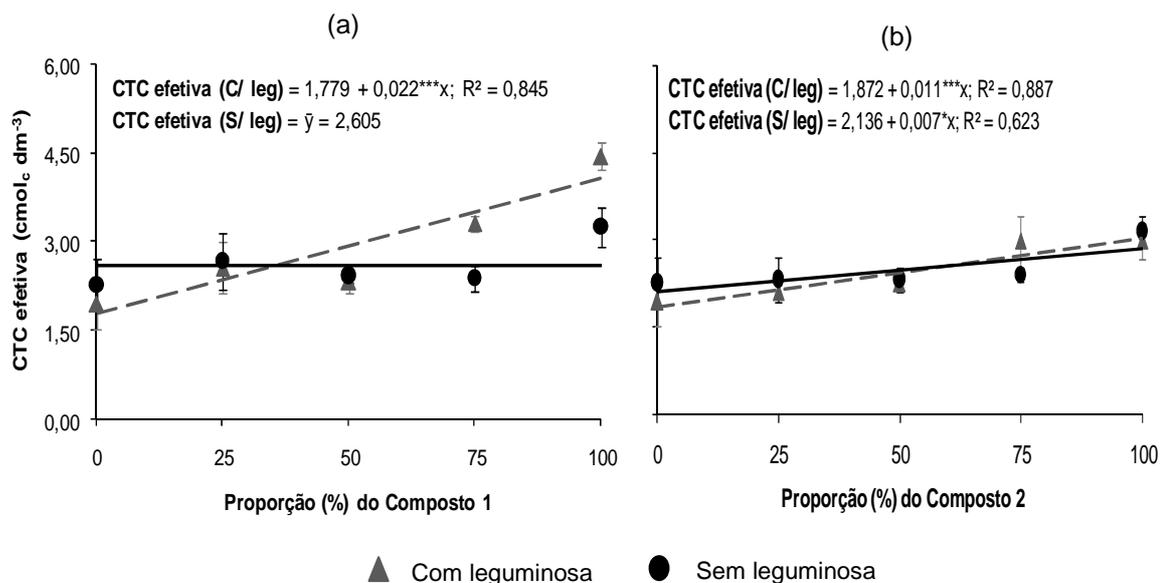


Figura 12. Valores médios de CTC efetiva ($cmol_c\ dm^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,7787. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

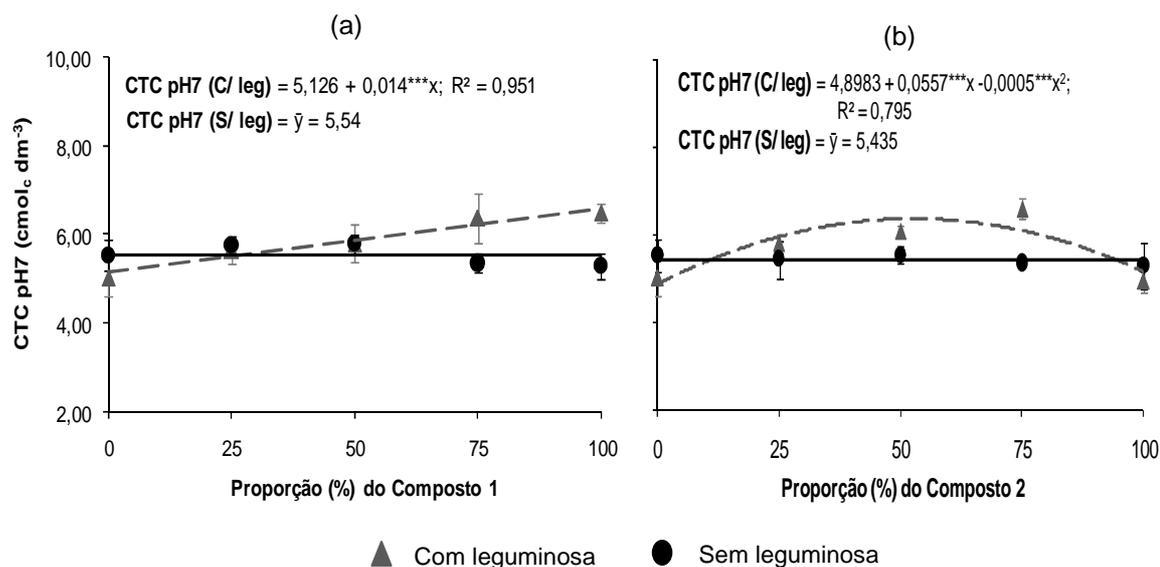


Figura 13. Valores médios de CTC a pH7 ($cmol_c\ dm^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,7930. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.1.5 Micronutrientes

Em relação aos micronutrientes avaliados no solo (profundidade de 0-20 cm), apenas os teores de boro (Figura 17) apresentam níveis médios ($0,2 - 0,6 \text{ mg dm}^{-3}$) e altos ($> 0,6 \text{ mg dm}^{-3}$) de acordo com a classe de interpretação dos micronutrientes mais requeridos pela cultura do café (PREZOTTI et al., 2007a). Os outros micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) apresentam baixos teores. Alguns fatores podem explicar esses níveis baixos de micronutrientes. À exceção do ferro e manganês, todos os outros estavam em níveis baixos no solo antes da implantação do experimento. Ademais, não foi realizada adubação de micronutrientes via solo, sendo essa adubação feita na parte aérea dos cafeeiros (em período após a amostragem de solo). Além disso, foi realizada calagem antes da disposição dos tratamentos no campo, o que pode ter contribuído para a diminuição da disponibilidade dos micronutrientes catiônicos em resposta ao aumento do pH do solo (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

O teor de zinco no solo não apresenta diferença entre a presença e ausência da leguminosa (Figura 14). Com o aumento das proporções do C1, o teor de zinco não ajusta a modelos de regressão (Figura 14a). Por outro lado, ocorre ajuste linear crescente com o aumento das proporções do C2 na presença e ausência da leguminosa (Figura 14b). A riqueza do C2 em zinco (Tabela 2) possivelmente justifica os incrementos no teor desse nutriente no solo na medida em que aumentou as proporções desse adubo orgânico.

Na presença da leguminosa, as proporções de 50 e 100% apresentam maior teor de zinco com C2 quando comparado ao C1 (Figura 15a). Do mesmo modo, na ausência da leguminosa, as proporções de 50 e 100% também apresentam maior teor desse micronutriente com o C2 em relação ao C1 (Figura 15b). Quando comparado ao C1, o C2 apresenta maior concentração em zinco, o que proporciona aporte superior desse micronutriente de aproximadamente onze vezes (Tabela 2A no apêndice).

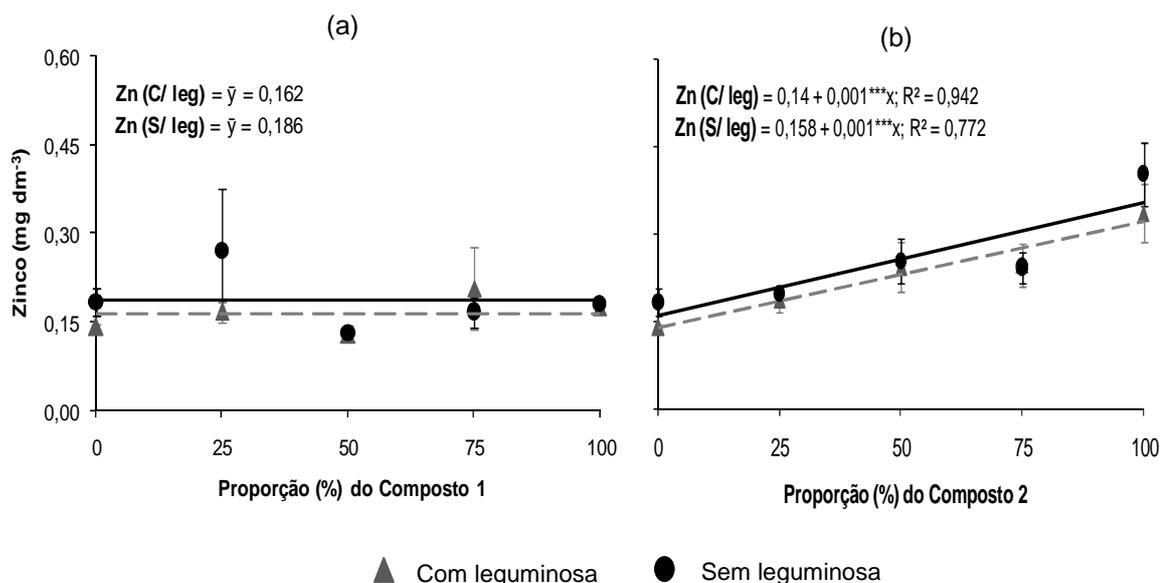


Figura 14. Valores médios de zinco - Zn (mg dm^{-3}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,0923. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

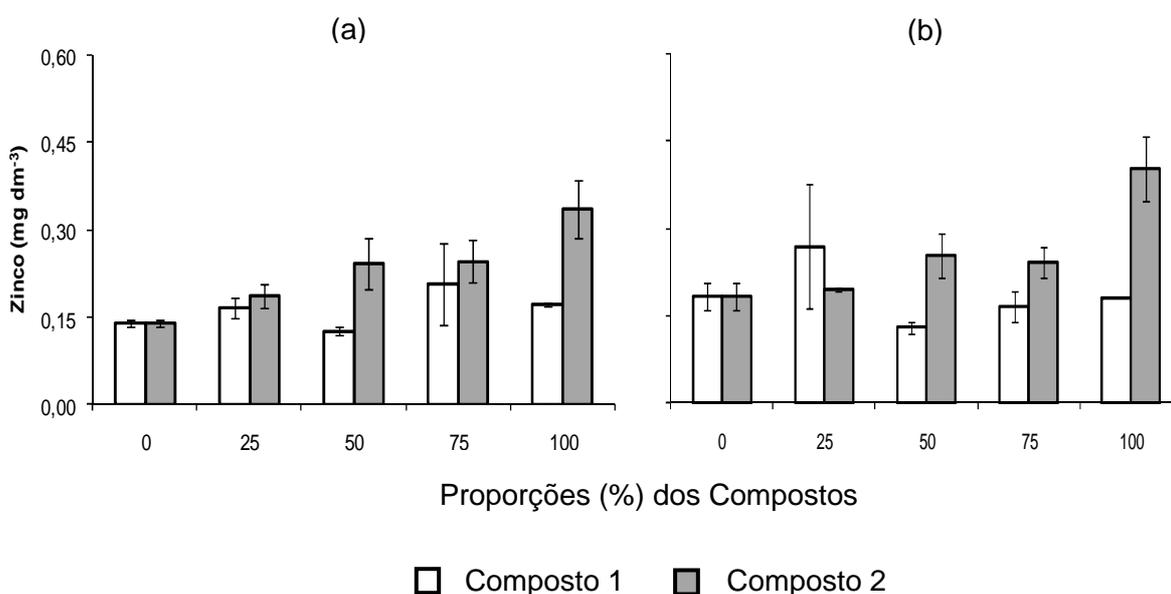


Figura 15. Valores médios de zinco - Zn (mg dm^{-3}) e erro padrão (barras na vertical) em função do tipo de composto orgânico na presença (a) e ausência (b) da leguminosa. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator "composto" em suas respectivas proporções: 0,0923.

Em relação ao ferro, não ocorre diferença ($p > 0,10$) entre os tipos de compostos utilizados e a presença da leguminosa (Figura 16). Na presença e ausência da leguminosa, ocorre decréscimo linear do teor de ferro com o aumento das proporções do C1 e C2, respectivamente (Figura 16). Reações de complexação e

quelação de metais pela matéria orgânica têm papel importante na disponibilidade de micronutrientes catiônicos (SILVA; MENDONÇA, 2007). Desse modo, pode ter ocorrido a formação de complexos entre o ferro e compostos da matéria orgânica, resultando na diminuição da solubilidade desse micronutriente. A disponibilidade de ferro também reduz com o aumento do pH do solo (ALVES; MELO; FERREIRA, 1999).

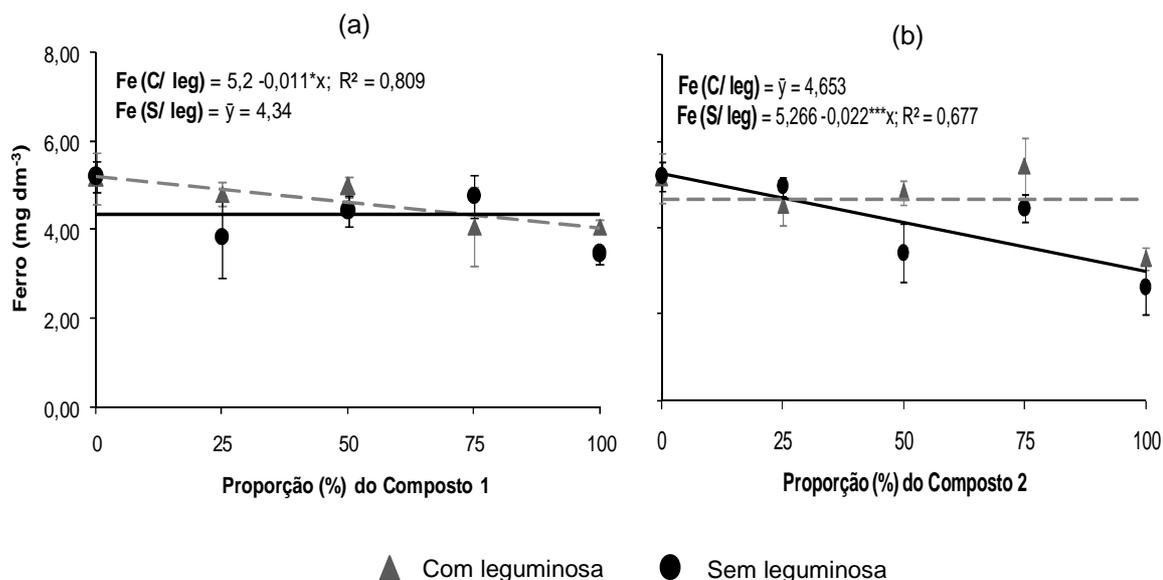


Figura 16. Valores médios de ferro - Fe ($mg\ dm^{-3}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 1,1616. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

Para os teores de manganês e cobre, não há interação entre os fatores estudados e diferença entre tratamentos ($p > 0,10$).

Em relação ao boro, não há diferença ($p > 0,10$) entre os tipos de compostos testados e a presença da leguminosa (Figura 17). Porém, na presença da leguminosa, com o aumento das proporções do C1 e C2 é verificado aumento linear desse elemento (Figura 17).

Devido às reações de adsorção dependentes de pH, a disponibilidade de boro é maior entre pH 5,0 e 7,0, reduzindo abaixo e acima dessa faixa (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007). No presente estudo, a amplitude de variação do pH do solo é de 4,8 (para a adubação mineral com leguminosa) e aumenta com as proporções

orgânicas até o máximo de 6,5 (para a proporção de 100% de C1 com leguminosa) (Figura 1). Esse aumento gradual do pH do solo com as proporções dos compostos orgânicos pode ter sido determinante para o acréscimo no teor de boro no solo.

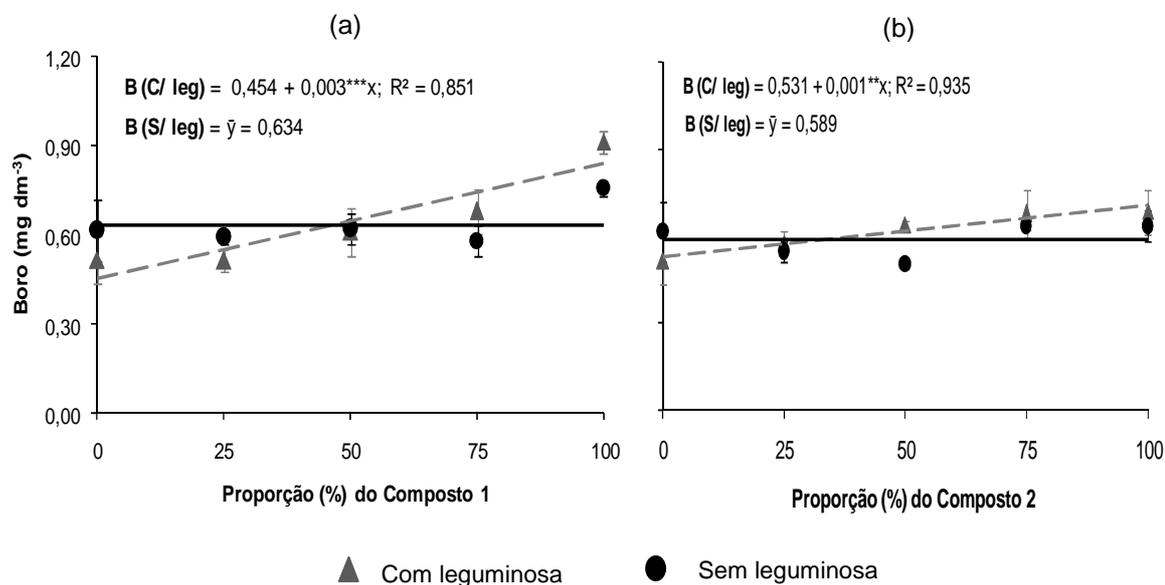


Figura 17. Valores médios de boro - B (mg dm^{-3}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1407. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.2 D_s, COT E NT AOS 240 DIAS APÓS A ADUBAÇÃO (240DAPA) DO 1º ANO AGRÍCOLA (PROFUNDIDADE DE 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm)

No que diz respeito à D_s aos 240DAPA, verifica-se diferença entre tratamentos apenas para a profundidade 0-5 cm (Figuras 18 e 19). Com o aumento das proporções do C1, observa-se redução linear da D_s na presença e ausência da leguminosa (Figura 18a). Diferentemente do C2, o aporte de matéria orgânica via C1 auxilia na diminuição da D_s para níveis inferiores aos considerados restritivos à funcionalidade e crescimento do sistema radicular (SOUSA; COGO; VIEIRA, 1997; REINERT et al., 2008). A influência da matéria orgânica na diminuição da D_s tem sido frequentemente relatada na literatura (BRAIDA et al., 2006; RIVENSFIELD; BASSUK, 2007). Nunes et al. (2010), estudando agroecossistemas de cultivo de café arábica e sistema natural sob Latossolo Vermelho-Amarelo, verificaram que o agroecossistema com 22 anos de cultivo (profundidade de 0-10 cm) apresentou valor de D_s significativamente ($p < 0,05$) superior ($1,27 \text{ kg dm}^{-3}$) quando comparado

ao da área de mata de 40 anos utilizada como referência ($0,98 \text{ kg dm}^{-3}$). Embasados na literatura, esses autores atribuem o aumento da Ds à retirada da vegetação espontânea nas entrelinhas do cafeeiro (por meio da aplicação de herbicidas), que contribuía para o aporte e manutenção da matéria orgânica, além de interceptar a chuva, impedindo o impacto direto de gotas no solo.

Na proporção 100% com leguminosa, o C1 apresenta menor valor de Ds quando comparado ao C2 (Figura 19a). Do mesmo modo, nas proporções de 25% e 100% na ausência da leguminosa, o C1 também apresenta menores valores de Ds (Figura 19b). O C1 apresenta relação C/N mais larga (Tabela 2), podendo-se inferir que este composto possui maior recalcitrância. Desse modo, pode ter contribuído mais para o compartimento matéria orgânica leve do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007), favorecendo a reestruturação e a diminuição da Ds (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Além disso, em geral, o aporte inicial de carbono via C1 no primeiro ano agrícola foi 51,5% superior em relação ao C2 (Tabela 2A no apêndice), o que pode ter sido determinante para a redução da Ds.

O COT e o NT aos 240DAPA não apresentam diferença ($p>0,10$) entre tratamentos para as profundidades estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm). No período em que foram feitas as amostragens, possivelmente grande parte do material já havia decomposto e mineralizado. As rápidas taxas de decomposição e mineralização de resíduos orgânicos nas camadas superficiais de solos tropicais (DIAS et al., 2007) e, em especial, de solos com baixo teor de argila (LEPSCH; SILVA; ESPIRONELO, 1982), é uma possível explicação para que no período em que foram feitas as amostragens não fosse detectado efeitos de tratamentos. Ademais, as amostragens foram realizadas quando o experimento ainda estava no primeiro ano, não havendo efeito residual de tratamentos anteriores (principalmente em profundidade).

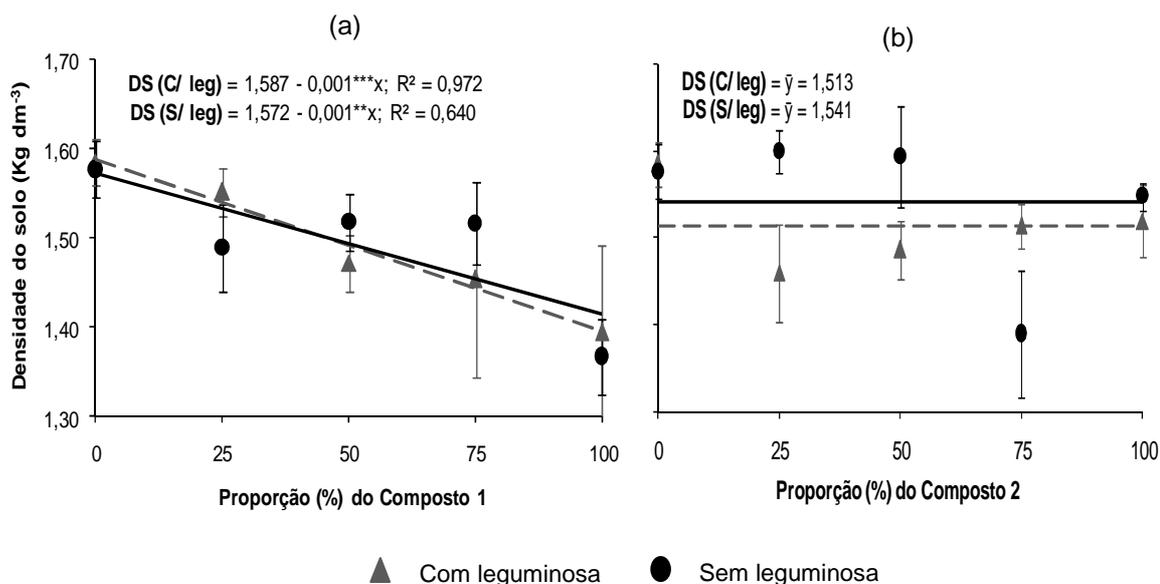


Figura 18. Densidade do solo – Ds (kg dm⁻³) 240 dias após a adubação do 1º ano agrícola (2009/2010) (profundidade de 0-5 cm) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,11. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

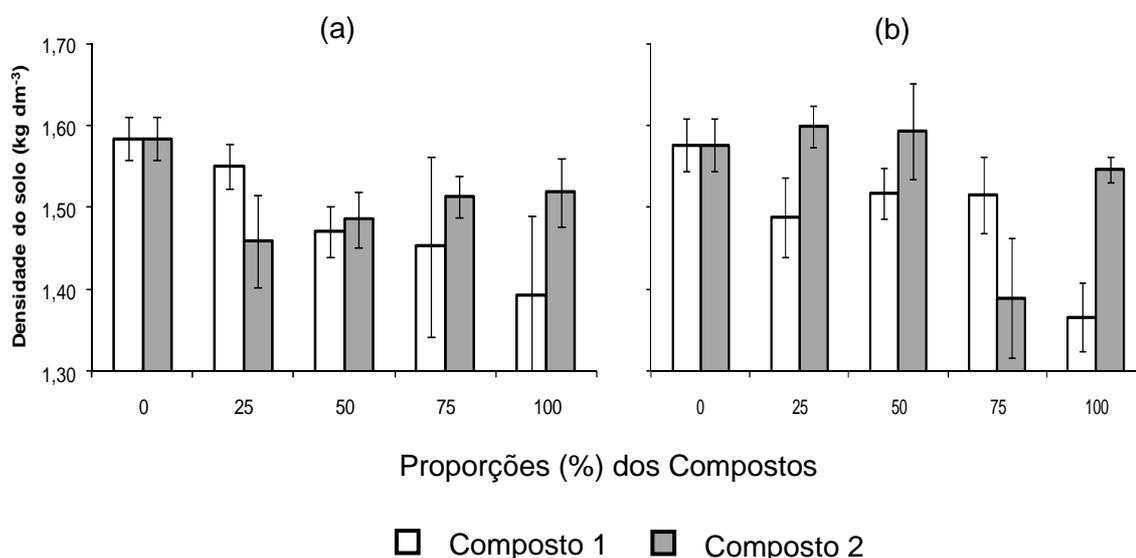


Figura 19. Densidade do solo – Ds (kg dm⁻³) 240 dias após a adubação do 1º ano agrícola (2009/2010) (profundidade de 0-5 cm) em função do tipo de composto orgânico na presença (a) e ausência (b) da leguminosa. Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator “composto” em suas respectivas proporções: 0,11.

3.3 Ds, COT, ESTC, NT E ESTN AOS 30 DIAS APÓS A ADUBAÇÃO (30DAPA) DO 2º ANO AGRÍCOLA (PROFUNDIDADE DE 0-5 cm)

Semelhante ao fenômeno ocorrido aos 240DAPA, aos 30DAPA também há decréscimos lineares da Ds com o incremento das proporções do C1 e C2 na presença e ausência da leguminosa (Figura 20).

Os dados obtidos revelam que a aplicação dos compostos aumentam os teores de COT e NT na camada de 0-5 cm (Figuras 21 e 23). O ESTC e o ESTN acompanham essa tendência e são maiores nas proporções (%) de composto adicionado em comparação com a testemunha (proporção 0% ou adubação mineral) (Figuras 22 e 24). O incremento de C pode estar relacionado às frações aportadas de matéria orgânica, por exemplo, a matéria orgânica particulada, que está diretamente relacionada ao material recentemente adicionado (ROSSI et al., 2012). Ademais, o N nos compostos possivelmente estava em sua maioria na forma orgânica (SEDIYAMA et al., 2000), o que pode ter contribuído para manter esse nutriente por mais tempo no solo em relação ao adubo mineral aportado.

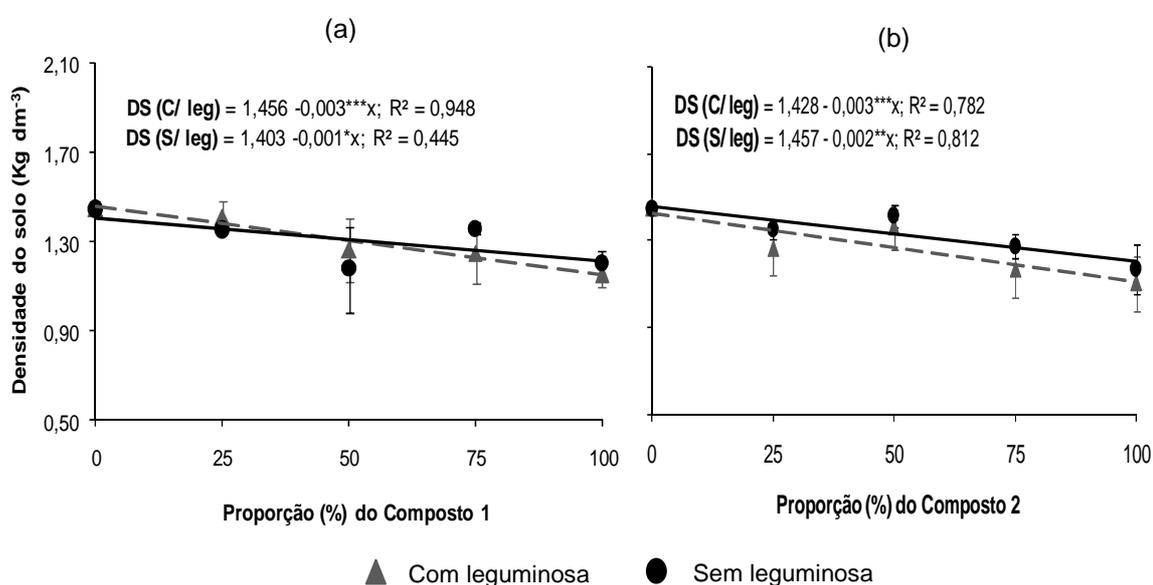


Figura 20. Densidade do solo – Ds (kg dm⁻³) após 30 dias da 1ª etapa da adubação do 2º ano agrícola (2010/2011) (profundidade de 0-5 cm) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,2071. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

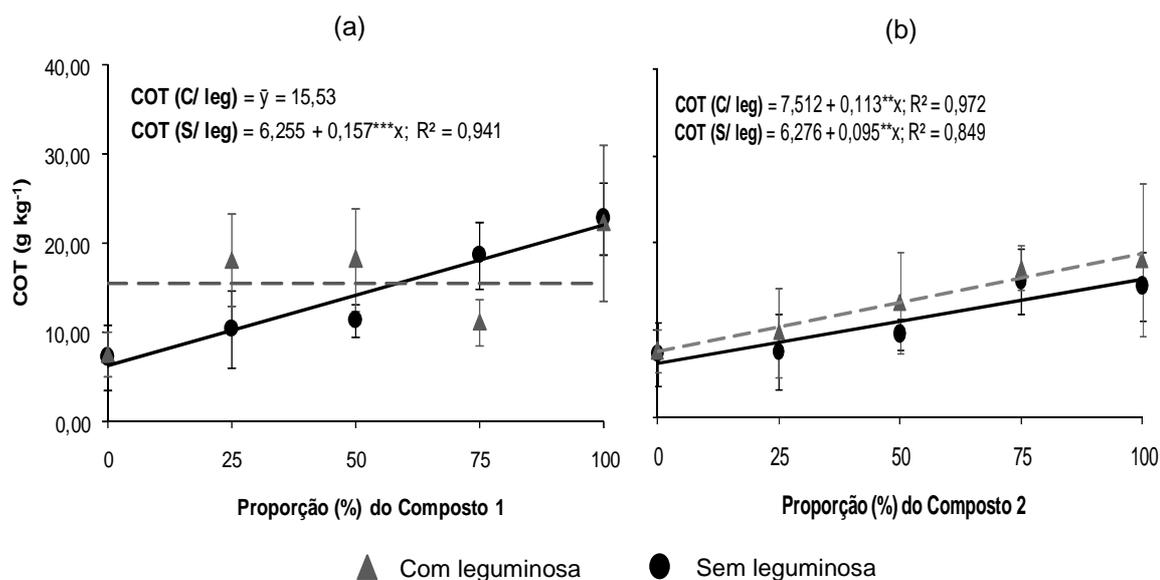


Figura 21. Carbono orgânico total – COT (g kg^{-1}) após 30 dias da 1ª etapa da adubação do 2º ano agrícola (2010/2011) (profundidade de 0-5 cm) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 8,1925. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

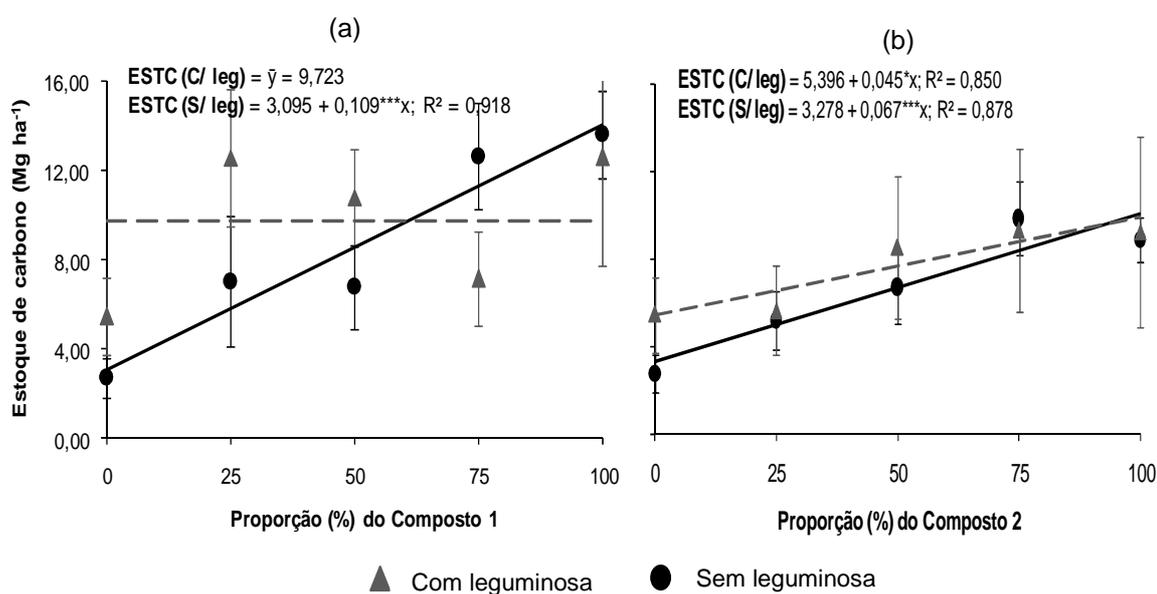


Figura 22. Estoque de carbono – ESTC (Mg ha^{-1}) após 30 dias da 1ª etapa da adubação do 2º ano agrícola (2010/2011) (profundidade de 0-5 cm) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 4,6575. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

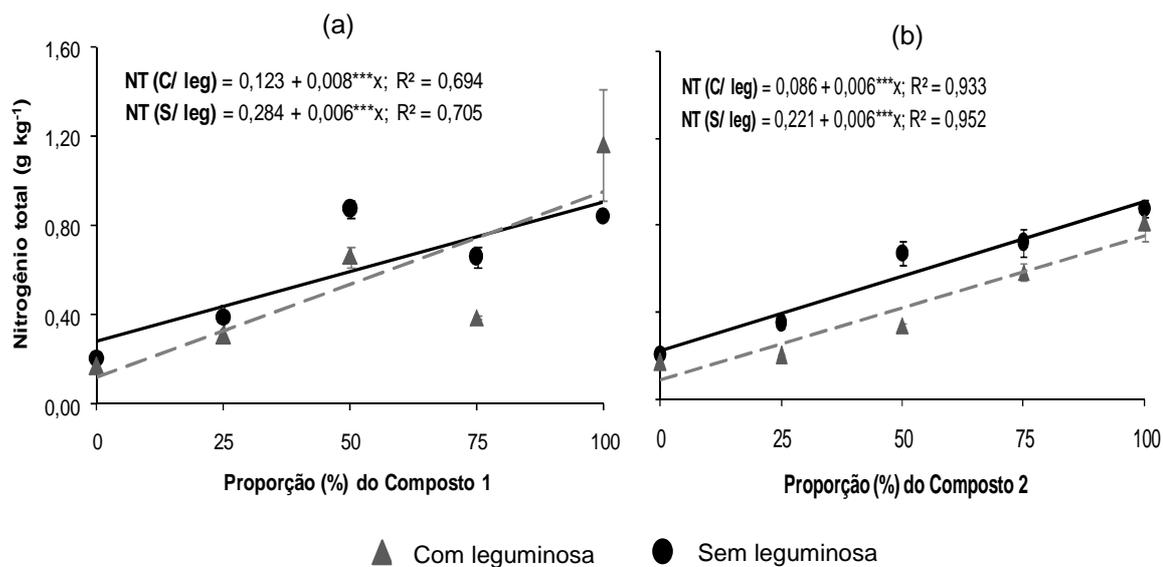


Figura 23. Nitrogênio total – NT (g kg^{-1}) após 30 dias da 1ª etapa da adubação do 2º ano agrícola (2010/2011) (profundidade de 0-5 cm) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1638. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

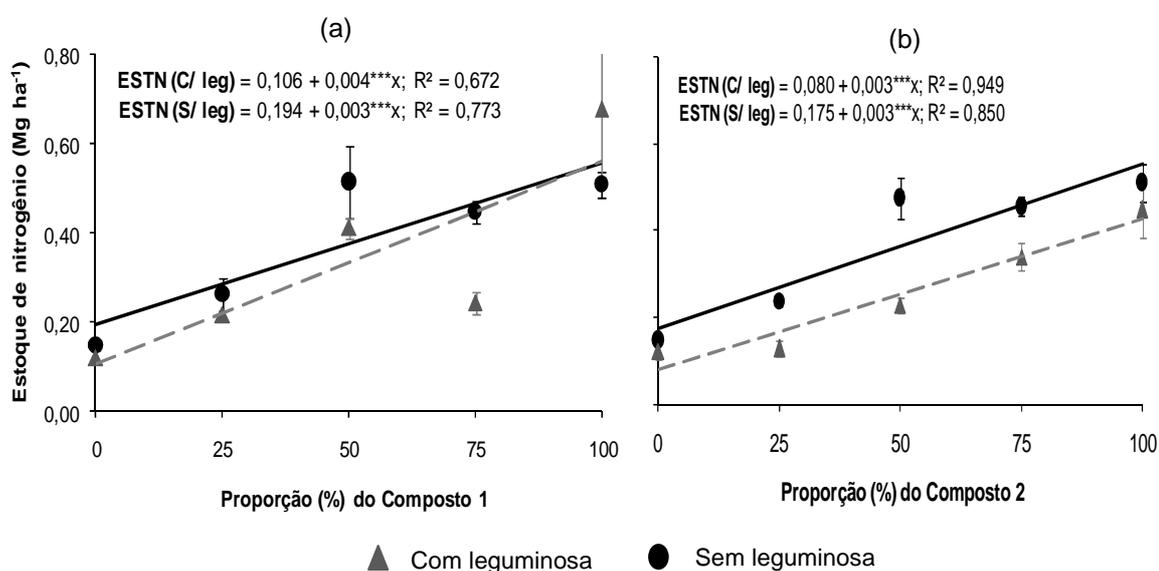


Figura 24. Estoque de nitrogênio – ESTN (Mg ha^{-1}) após 30 dias da 1ª etapa da adubação do 2º ano agrícola (2010/2011) (profundidade de 0-5 cm) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Barras na vertical: erro padrão. DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1128. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

4 CONCLUSÕES

Aos 120DAPA (na profundidade de 0-20 cm), o pH aumenta de forma linear com o incremento das proporções de ambos compostos e esse aumento promove reduções do Al^{3+} e do $H + Al$.

Aos 120DAPA, o aumento das proporções do C1 reduz o teor de P em resposta a diminuição da capacidade máxima de adsorção pelo solo e aumento simultâneo da absorção pelos cafeeiros.

Os teores de B aumentam de forma linear com as proporções dos compostos orgânicos, acompanhando o aumento gradual do pH do solo.

Aos 240DAPA, o C1 auxilia na diminuição da Ds para níveis inferiores aos considerados restritivos à funcionalidade e crescimento do sistema radicular.

Aos 240DAPA, o COT e o NT não apresentam diferença ($p>0,10$) entre tratamentos para as profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm devido às rápidas taxas de decomposição e mineralização.

Com o incremento das proporções dos compostos, aos 30 dias após a 1ª etapa da adubação do 2º ano agrícola, ocorre aumento do COT e ESTC, e do NT e ESTN na profundidade de 0-5 cm.

Não há efeito de leguminosa ($p>0,10$) para as variáveis estudadas devido às seguintes prováveis causas: período curto do experimento (a leguminosa foi semeada apenas 2 vezes, porém avaliou-se apenas o efeito do plantio do 1º ano agrícola); taxa de decomposição acelerada, pois o material ficou em cobertura após a roçada numa região de alta temperatura, entre outras.

A adubação com compostos orgânicos pode ser uma alternativa para aumentar o ESTC e o ESTN e a fertilidade do solo no agroecossistema de café conilon.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 729-736, 1999.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 115-123, 2004.
- ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. **Coffee Science**, v. 2, n. 1, p. 20-28, 2007.
- ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; MORAIS, A. R.; CUNHA, R. L. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**, v. 3, n. 2, p.115-123, 2008.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 7-18.
- BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio, pH e densidade de um Latossolo após três aplicações de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 581-590, 2007.
- BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. Nutrição do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. 299p.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.
- CANELLAS, L. P.; MENDONÇA, E. S.; DOBBSS, L. B.; BALDOTTO, M. A.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 45-64.
- COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, C. & SEVERIANO, E.C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. i - alterações nas

características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1591-1599, 2008.

DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; SOARES, E.M.B; BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em latossolo submetido a aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 701-711, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa/ CNPSo, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 37-52.

FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant and Soil**, v. 231, p. 55–63, 2001.

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2267-2276, 1999.

GUARÇONI M., A. Características da fertilidade do solo influenciadas pelo plantio adensado de café conilon. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 949-958, 2011.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES. J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.821-832, 2003.

LEPSCH, I. F.; SILVA, N. M.; ESPIRONELO, A. relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 41, p. 231-236, 1982.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 135p.

NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I; BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 71-78, 2010.

PARTELLI, F. L.; BUSATO, J. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; CANELLAS, L. P. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, v.39, n.7, p. 2065 – 2072, 2009.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A. Calagem e adubação. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória: INCAPER, p. 341–342, 2007a.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória-ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007b. 305p.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1805-1816, 2008.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C. Dessorção de fósforo avaliada por extrações sucessivas em amostras de solo provenientes dos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 33, p. 1053-1059, 2003.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; PAULA JÚNIOR, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. II - atributos químicos e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 543-551, 2010.

RIVENSFIELD, A.; BASSUK, N. L. Using organic amendments to decrease bulk density and increase macroporosity in compacted soils. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 33, 2007.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, v. 57, n.1, 2000.

SILVA, E.B.; SILVA, A.C.; GRAZZIOTTI, P.H.; FARNEZI, M.M.M.; FERREIRA, C.A.; COSTA, H.A.O.; HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH smp em organossolos da Serra do

Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2007-2013, 2008.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SOUSA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p. 367-372, 1997.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES R. J. ; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, n. 6, 2003.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

CAPÍTULO 3

ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DO CAFÉ CONILON EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Resumo – O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) apresenta exigência elevada em nutrientes e a reposição no solo é feita por meio de adubos minerais. Para reduzir esses adubos, o uso de fontes orgânicas disponíveis na propriedade pode ser uma alternativa. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adubação orgânica sobre o estado nutricional e características de produtividade do cafeeiro conilon em agroecossistema no norte do Estado do Espírito Santo. Em lavoura localizada no município de Linhares, Estado do Espírito Santo – Brasil, foi montado, no ano agrícola 2009/2010, um experimento em blocos casualizados com distribuição fatorial de 2 x 2 x 5, com três repetições, sendo os fatores: dois tipos de composto orgânico; presença e ausência de leguminosa; e cinco proporções de cada composto (0; 25; 50; 75; e 100%) em substituição da adubação mineral recomendada para o cafeeiro conilon. Cada repetição foi formada por parcela de 30 plantas do cafeeiro conilon, sendo 12 plantas úteis centrais. Os compostos utilizados foram: composto 1 (C1), preparado com a mistura de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1(v:v); e composto 2 (C2), preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). A leguminosa utilizada foi o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), semeada nas entrelinhas dos cafeeiros. O aumento das proporções do C2 reflete em incrementos nos teores foliares de P devido à maior concentração desse elemento nesse composto. Na presença da leguminosa, o teor de Cu responde de forma linear crescente ao incremento das proporções do C1 e C2. O aumento das proporções do C1 e C2 decresce os teores foliares de Mn, em resposta ao acréscimo do pH do solo. Valores máximos de 61,13 e 66,42 sc ha⁻¹ são obtidos com proporções de substituição (da fonte mineral por orgânica) de 40,42 e 37,32% para o C1 e C2, respectivamente. A utilização de compostos de resíduos orgânicos é uma alternativa para substituir parcialmente a adubação mineral no cafeeiro conilon com incrementos na produtividade.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Clone 12 V. Composto orgânico. Teores foliares. Micronutrientes. Maturação de frutos.

NUTRITIONAL STATUS AND YIELD OF CONILON COFFEE IN ORGANIC FERTILIZER SYSTEMS

Abstract- Conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) presents high requirements in nutrients and the soil recovery is done thru mineral fertilizers. To reduce these fertilizers, the use of organic source available in the property may be an alternative. The objective of this study was to evaluate the effects of organic fertilizer on the nutritional status and yield characteristics of conilon coffee plant in an agroecosystem in the northern part of the state Espirito Santo. In a crop located in Linhares in the state of Espirito Santo, Brazil, in the agricultural year 2009/2010, was carried out in a random block design (RBD) experiment with a factorial distribution 2 x 2 x 5, with three replications, the following factors: two type of organic compost; presence and absence of legumes; and five proportion of each compost (0; 25; 50; 75 and 100%) as a substitute for mineral fertilizer as recommended for conilon coffee. Each replicate was formed of 30 conilon coffee plants per plot being 12 central plants. The composts used were: compost 1 (C1), prepared with a mixture of elephant grass and coffee straw in a ratio 1:1 (v:v); and compost 2 (C2) prepared by mixing elephant grass, coffee straw and poultry litter in a ratio 2:1:1 (v:v:v). A legume a jack bean was used sown between the rows of coffee plantations. The increase of the proportion C2 reflects in the increase of P leaf content due to the higher concentration of these elements in this compost. In the presence of the legume, the Cu content responds in an increasing linear form of the proportion of C1 and C2. The increase of the proportions C1 and C2 decreases the Mn leaf content in response to the increase of pH of the soil. Maximum values of 61.13 and 66.42 sacks ha⁻¹ are obtained with proportions of substitution (mineral source by organic) of 40.42 and 37.32% for C1 and C2, respectively. The utilization of composts of organic waste is an alternative to partially substitute mineral fertilizer in conilon coffee plant with yield increases.

Keywords: *Coffea canephora*. Clone 12 V. Organic compost. Leaf content. Micronutrient. Fruit ripening.

1 INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) apresenta alto potencial produtivo e grande exigência nutricional, demonstrando aumentos consideráveis na produtividade em resposta à adubação (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007). Em experimento instalado em lavoura de conilon sobre Latossolo Vermelho Amarelo, Bragança et al. (2009) observaram efeito quadrático para o nitrogênio (aplicado na forma de uréia) sobre a produtividade, que alcançou 59,3 sacas ha^{-1} na dose de 298 kg ha^{-1} de N. No mesmo estudo, a resposta à aplicação de fósforo (na forma de superfosfato triplo) foi quadrática, alcançando 55,9 sacas ha^{-1} com a dose máxima de 136 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Devido à exigência elevada do conilon, a reposição dos nutrientes no solo geralmente é feita por meio de adubos minerais (PREZOTTI et al., 2007a). Porém, devido à dependência internacional de fertilizantes e do alto custo, o fornecimento das quantidades corretas pode ser um entrave para os produtores rurais (SERRANO; SILVA; FORMENTINI, 2011). Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), os custos das principais formulações subiram em média 110% em 2008 (ANDA, 2009). Na região norte do Espírito Santo, o problema é agravado devido ao fato da maior parte da produção de café se concentrar em pequenas propriedades rurais de base familiar, que por natureza são menos capitalizadas em relação às de médio e grande porte.

Uma alternativa para reduzir os adubos minerais é o uso de fontes orgânicas disponíveis na propriedade rural. Theodoro, Mendes e Guimarães (2009), avaliando o efeito de adubos orgânicos sobre a produtividade do café arábica, verificaram que a utilização do farelo de mamona demonstrou produtividade superior ($p < 0,05$) em relação ao esterco bovino e a cama de frango, com valor médio de 47,38 sacas beneficiadas por hectare (sc ha^{-1}). Nesse mesmo estudo, a produtividade da testemunha (adubação mineral) não diferiu dos tratamentos de adubação orgânica.

Partelli et al. (2006), avaliando a quarta colheita do cafeeiro conilon conduzido sob manejo de adubação orgânica em um Latossolo Amarelo coeso, verificaram produtividades de 51,41 sc ha⁻¹ para plantas propagadas por estacas.

O manejo da adubação orgânica pode influenciar a dinâmica do estado nutricional de cafeeiros. Araújo et al. (2007), estudando o cafeeiro arábica (em formação) cultivado num Latossolo Vermelho distroférico em casa de vegetação, verificaram redução dos teores foliares de Cu, Mn e Fe com o aumento das doses de composto orgânico (110, 330, 550, 770 e 990 g vaso⁻¹). Os autores atribuíram esse resultado à elevação do pH do solo, com valores de 6,7 na dose de 110 g vaso⁻¹ e 7,1 a 7,2 nas doses de 330 a 990 g vaso⁻¹. Serrano, Silva e Formentini (2011), estudando os teores foliares do cafeeiro conilon (em formação), constataram que o aumento de doses de composto orgânico promoveu decréscimo linear ($R^2=0,70$) nos teores foliares de Ca e aumento ($R^2=0,90$) nos teores foliares de K, fato explicado pelo aporte de K via composto e competição na absorção desses cátions pelas raízes.

Bragança, Prezotti e Lani (2007), estudando o estado nutricional do cafeeiro conilon adulto (em produção), determinaram a concentração foliar de nutrientes adequada (em grama e miligrama para macro e micronutrientes, respectivamente) para cada quilograma de matéria seca produzida e chegaram aos seguintes limites: 29 a 32 g kg⁻¹ de N; 1,2 e 1,6 g kg⁻¹ de P; 20 a 25 g kg⁻¹ de K; 10 a 15 g kg⁻¹ de Ca; 3,5 a 4 g kg⁻¹ de Mg; 2 a 2,5 g kg⁻¹ de S; 10 a 15 mg kg⁻¹ de Zn; 50 a 60 mg kg⁻¹ de B; 10 a 20 mg kg⁻¹ de Cu; 60 a 80 mg kg⁻¹ de Mn; e 120 a 150 mg kg⁻¹ de Fe. Em estudo sobre o estado nutricional do conilon adulto, Partelli et al. (2006) obtiveram as seguintes médias de teores foliares para lavouras nos sistemas orgânico e convencional, respectivamente: 27,6 e 26,4 g kg⁻¹ de N; 1,6 e 1,4 g kg⁻¹ de P; 16,7 e 18,5 g kg⁻¹ de K; 13,5 e 11,6 g kg⁻¹ de Ca; 3,5 e 3,6 g kg⁻¹ de Mg; 2,1 e 1,8 g kg⁻¹ de S; 8,9 e 10,9 mg kg⁻¹ de Zn; 54,5 e 62,4 mg kg⁻¹ de B; 16,1 e 12 mg kg⁻¹ de Cu; 73,9 e 85 mg kg⁻¹ de Mn; e 112 e 106 mg kg⁻¹ de Fe.

Ao contrário do verificado para *Coffea canephora*, experimentos sobre o efeito da adubação orgânica em *Coffea arabica* são encontrados com frequência na literatura (e.g.: RICCI et al., 2005; ARAÚJO, et al., 2007; ARAÚJO et al., 2008). Desse modo, são imprescindíveis estudos em propriedade rural familiar no sentido de desenvolver

estratégias que incorporem resíduos orgânicos disponíveis na adubação, visando reduzir o uso de adubos minerais no café conilon. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos de adubação orgânica sobre o estado nutricional e características de produtividade do cafeeiro conilon em agroecossistema no norte do Estado do Espírito Santo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O “Material e métodos” geral está detalhado no Capítulo 2.

Para a caracterização do estado nutricional das plantas, em setembro de 2010, foram coletadas folhas no terço médio das plantas, no terceiro par de folhas contado a partir do ápice dos ramos plagiotrópicos, nos quatro pontos cardeais das plantas e parcelas (PREZOTTI et al., 2007b). De cada parcela foram coletadas 50 folhas, as quais foram lavadas em água de torneira, enxaguadas com água destilada e acondicionadas em sacolas de papel. O material foi seco em estufa de ventilação forçada a 70 °C até peso constante. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo Willey, e armazenadas em temperatura ambiente para quantificação dos teores dos nutrientes. O teor de N foi analisado pelo método de Nessler, após a digestão do material seco com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. O teor de P foi analisado colorimetricamente pelo método do molibdato. O teor de K por fotometria de chama, e os teores de Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu, por espectrofotometria de absorção atômica, e o S, por turbidimetria, após digestão do material seco com ácido nítrico e ácido perclórico. O teor de B foi analisado por colorimetria com azometina-H, depois da incineração do material vegetal em mufla a 550 °C (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A colheita dos frutos do cafeeiro foi realizada em junho de 2011 (Figura 1B no apêndice). Para a determinação da produtividade foi quantificado o volume total (em litros) produzido por parcela. Do volume total, foi retirada amostra representativa de 2 litros, seca em terreiro suspenso até aproximadamente 14% de umidade. Posteriormente, as amostras foram descascadas em máquina elétrica (FIMAG[®]) e a umidade medida para chegar a 13% (FONSECA et al., 2007) por meio de equação

matemática (CASEMG, 2011). Em seguida, foram pesadas em balança de precisão e o valor obtido extrapolado para 1 hectare, sendo representado em sc ha⁻¹ (sacas beneficiadas por hectare).

As percentagens de frutos secos, verdes e maduros foram obtidas de amostras tomadas aleatoriamente de cada parcela em uma medida de 500 mL que depois de amostradas foram separados 200 frutos para compor a amostra a ser analisada.

As variáveis foram submetidas à análise de variância ($p < 0,10$). Para verificar os efeitos das proporções dos compostos, as médias foram ajustadas pela análise de regressão ($p < 0,10$). Para verificar o efeito da leguminosa (presença e ausência) e do tipo de composto em cada proporção, foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,10$). As análises estatísticas foram processadas utilizando o *software* SISVAR[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS DE PRODUTIVIDADE DO CAFÉ CONILON EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO

3.1.1 Avaliação da percentagem de frutos verdes, secos e maduros

Em relação aos valores médios das percentagens de frutos verdes, secos e maduros, não há interação ($p > 0,10$) entre os fatores estudados e diferença entre tratamentos.

Em relação à proporção de frutos maduros, os valores variam de 54,97% para o tratamento A100C2 a 76,07% para o tratamento A50C2F (Figura 1). Para frutos verdes, a amplitude é de 7,62% para o tratamento AM a 23,08% para o tratamento A50C2 (Figura 1). Para os secos, a variação é de 11,50% para o tratamento A50C2F a 30,38% para o tratamento A100C2 (Figura 1).

Para o período avaliado, o tratamento A50C2F demonstra melhor tendência de maturação, com maior percentagem de frutos maduros e menor de secos (Figura 1). A menor percentagem de frutos maduros e maior de secos caracteriza precocidade

da maturação no tratamento A100C2. Frutos colhidos verdes e secos apresentam qualidade de bebida inferior em relação aos maduros (FONSECA et al., 2007). Ocorreu desfolha acentuada dos cafeeiros nos tratamentos de maior aporte de composto orgânico (observação de campo), expondo os frutos à radiação solar, podendo ser a causa da antecipação da maturação, o que é corroborado por Carvalho et al. (2003).

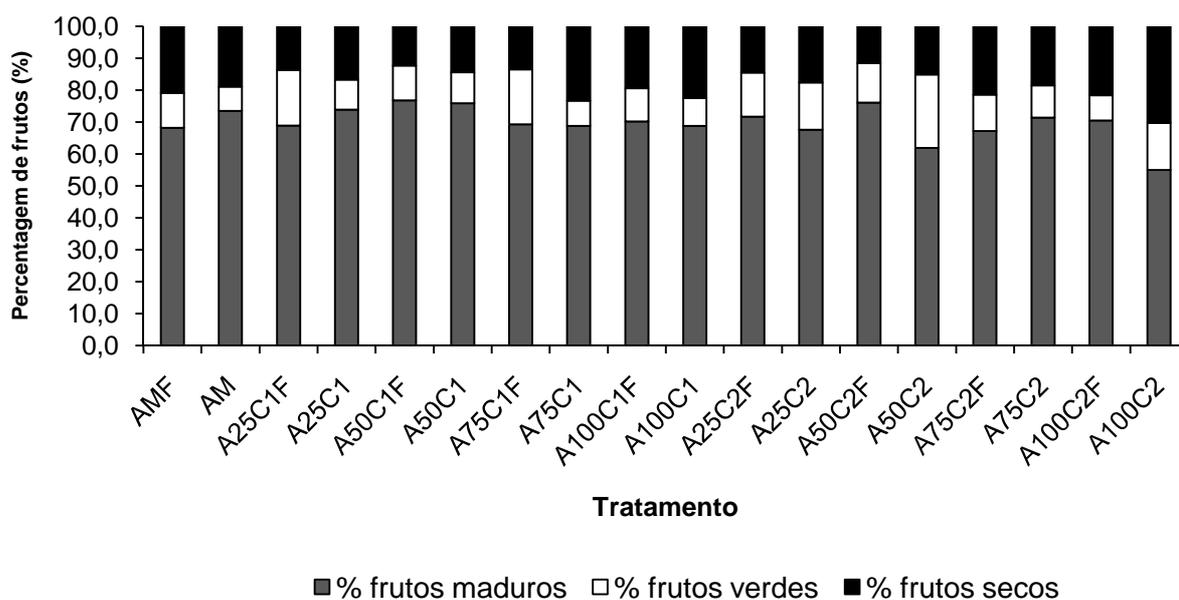


Figura 1. Valores médios da porcentagem de frutos maduros, verdes e secos em função dos tratamentos. *Os significados das abreviações dos tratamentos estão detalhados na Tabela 4 do “Material e métodos” no Capítulo 2.

3.1.2 Avaliação da produtividade em $sc\ ha^{-1}$ (sacas beneficiadas por hectare)

Para a produtividade, observa-se ajuste ao modelo quadrático concomitante ao aumento das proporções dos dois compostos orgânicos (Figura 2). Para avaliação de uma colheita, esse resultado permite inferir que a substituição parcial da adubação mineral pela orgânica favorece a produtividade dos cafeeiros. Apenas a maior proporção dos compostos desfavorece a produtividade. Em geral, isso pode ter ocorrido devido aos efeitos positivos de materiais orgânicos aportados ao solo ocorrerem ao longo do tempo (MELO; SILVA; DIAS, 2008). O parcelamento da adubação e a liberação lenta dos nutrientes e não sincronizada com o período de maior necessidade dos cafeeiros (na fase final de granação e início da maturação

dos frutos) podem ser as causas para as menores produtividades na proporção de 100% de substituição. Além disso, o favorecimento de formigas associadas à cochonilha da roseta nos tratamentos de maior aporte orgânico (resultados mostrados no Capítulo 4) é outro fator que pode ter desfavorecido essa produtividade. Suporta essa hipótese o fato de ter sido observada maior infestação de cochonilhas nos tratamentos de maior aporte de compostos (principalmente no tratamento A100C2) (observação de campo).

Em geral, a produtividade varia: para o composto 1, de 66,43 sc ha⁻¹ na proporção 25% e sem leguminosa a 13,24 sc ha⁻¹ na proporção 100% e com leguminosa; para o composto 2, de 64,89 sc ha⁻¹ na proporção 50% e com leguminosa a 10,93 sc ha⁻¹ na proporção 100% e sem leguminosa (valores observados). Assim sendo, as maiores produtividades nos dois compostos orgânicos ficam próximas da média (obtida por meio da avaliação de oito colheitas seguidas) de 72,4 sc ha⁻¹ para a variedade "Vitória Incaper" 8142 (da qual o clone 12 V é componente) (FERRÃO et al., 2007), e superior à de 51,41 sc ha⁻¹ obtida na quarta colheita de cafeeiro propagado por estaca e conduzido em manejo de adubação orgânica (PARTELLI et al., 2006).

Em geral, não houve efeito de leguminosa ($p > 0,10$) possivelmente devido ao período curto do experimento, onde se avaliou o efeito do plantio em apenas dois anos agrícolas. Ademais, por se tratar de leguminosa, possui taxa de decomposição acelerada e a palhada ficou em cobertura após as roçadas numa região de alta temperatura.

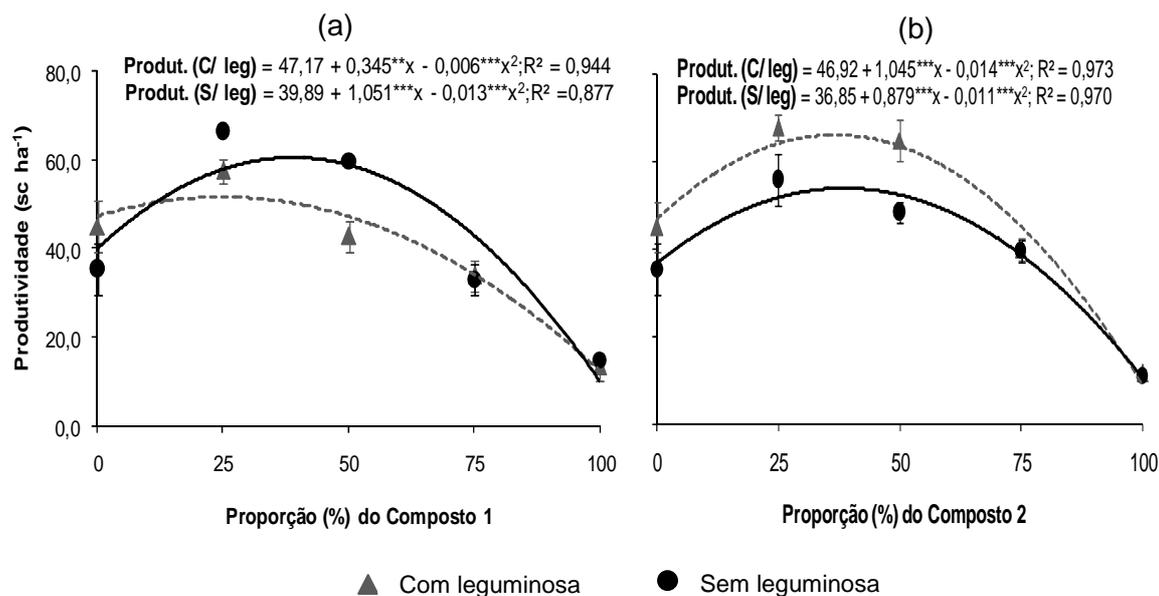


Figura 2. Valores médios de produtividade (sc ha^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 8,5023. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

De acordo com as respostas é possível estimar as proporções de composto adequadas para a obtenção de valores máximos de produtividade (Tabela 1). Valores máximos de 61,13 e 66,42 sc ha^{-1} são obtidos com proporções de substituição (da fonte mineral por orgânica) de 40,42 e 37,32% para o C1 e C2, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito das proporções (%) de dois compostos orgânicos para a obtenção da máxima produtividade (sacas beneficiadas por hectare) do café conilon.

Compostos orgânicos ⁽¹⁾	Leguminosa ⁽²⁾	Proporção máxima (%)	Valor máximo (sc benef ha^{-1})
C1	Com	28,75	52,13
C1	Sem	40,42	61,13
C2	Com	37,32	66,42
C2	Sem	39,95	54,41

⁽¹⁾ Compostos orgânicos - C1 (composto 1): preparado pela mistura entre capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1 (v:v); C2 (composto 2): preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). ⁽²⁾ Leguminosa: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) semeada nas entrelinhas dos cafeeiros.

O fato da umidade dos compostos não ter sido considerado na correção dos cálculos de adubação do ano agrícola 2009/2010, resultou em menor aporte de N

com o aumento das proporções dos compostos (Tabela 1A no apêndice). Assim, a recomendação para adubação orgânica baseada na recomendação de N do convencional deve ser revista, visto que as maiores produtividades foram obtidas com quantidades reduzidas de N em relação à testemunha (adubação mineral) que recebeu a quantidade recomendada segundo Prezotti et al. (2007a).

3.2 AVALIAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES

3.2.1 Teores foliares de nitrogênio (N), potássio (K) e enxofre (S)

Não há diferença ($p > 0,10$) entre tratamentos para os teores de N e K. A umidade dos compostos não foi considerada nos cálculos de adubação no ano agrícola 2009/2010, portanto, foi aportada menor quantidade desses nutrientes com incremento das proporções orgânicas (Tabela 1A no apêndice). Esperava-se diminuição nos teores foliares desses nutrientes com o aumento das proporções, sendo que o mesmo não ocorreu, provavelmente devido a um efeito de concentração pela menor produção de matéria seca (JARREL; BEVERLY, 1981). Suporta essa hipótese o fato de ter sido verificado amarelecimento e senescência foliar dos cafeeiros nos tratamentos que receberam maiores proporções orgânicas (observação de campo).

Em relação ao S, não há diferença ($p > 0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa e entre compostos orgânicos (Figura 3). Ocorre ajuste ao modelo quadrático com o aumento das proporções do C1 na presença da leguminosa, e aumentos lineares com o incremento das proporções do C2 (Figura 3). O aumento das proporções dos compostos reduz a acidez do solo (dados mostrados no Capítulo 2) com provável aumento na disponibilidade do SO_4^{2-} por meio da dessorção dos minerais de argila e favorecimento da mineralização (ALVAREZ, 1988; SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Silva et al. (1999) observaram maiores teores de SO_4^{2-} em função da calagem dos solos Glei Pouco Húmico e Latossolo Vermelho-Amarelo, o que pode significar maior disponibilidade de S para as plantas.

Em todos os tratamentos, o N, K e o S estão dentro ou acima da faixa de suficiência recomendada (PARTELLI et al., 2006; BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007).

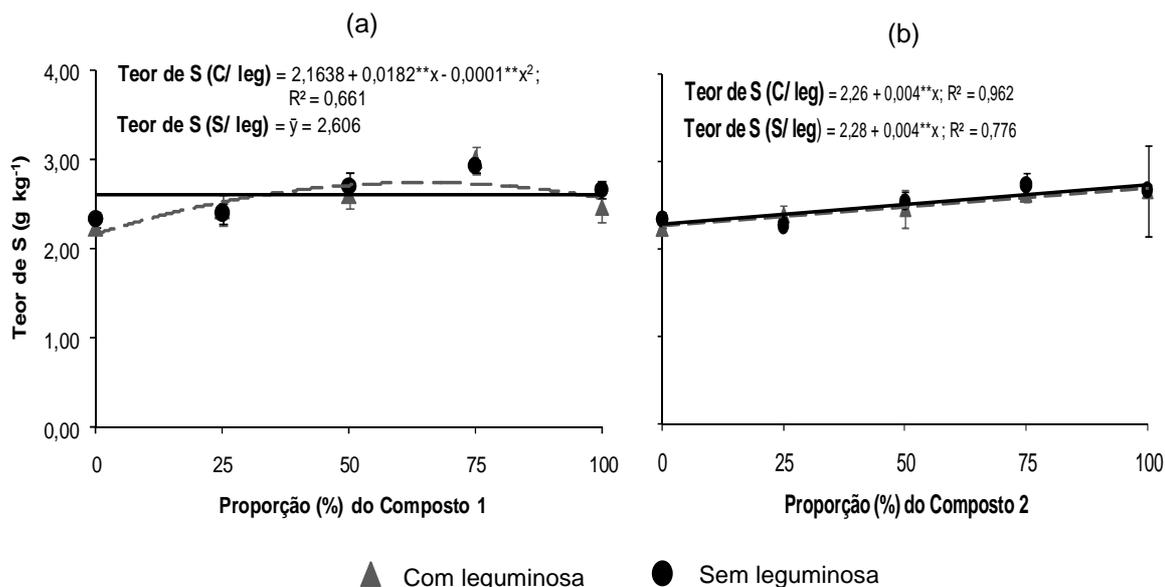


Figura 3. Teores médios foliares de enxofre - S (g kg^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). *DMS* (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,3719. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.2.2 Teores foliares de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

Em relação ao P, Ca e Mg, no geral, não há diferença ($p > 0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa (Figuras 4, 5 e 6) e entre os tipos de compostos.

Há aumento linear nos teores foliares de P com o C1 na ausência da leguminosa e C2 na presença e ausência da leguminosa (Figura 4). O C1 aporta apenas 15% da quantidade de P_2O_5 aportada pelo C2 (Tabela 1A no apêndice). Em contrapartida, o C2 aporta 48% da quantidade de carbono orgânico aportada pelo C1 (Tabela 2A no apêndice). A maior concentração do C2 em P (Tabela 2 do Capítulo 2) justifica os incrementos no teor desse nutriente na folha na medida em que aumenta as proporções desse adubo orgânico (Figura 4). Por outro lado, o maior aporte de carbono orgânico (matéria orgânica) pelo C1 possivelmente é determinante para o incremento dos teores foliares de P concomitante ao aumento das suas proporções. O fenômeno de adsorção específica do P pelo solo pode ser menor com a aplicação de matéria orgânica (PARTELLI et al., 2006), tendendo a favorecer a absorção desse nutriente pela planta. O aporte orgânico pode diminuir a capacidade máxima de adsorção de P e a energia de ligação do fosfato aos colóides inorgânicos do solo,

fazendo com que o P fique mais prontamente disponível (RHEINHEIMER; ANGHINONI; CONTE, 2003).

Os teores de Ca respondem de forma linear e quadrática ao incremento das proporções do C2 na presença e ausência da leguminosa, respectivamente (Figura 5). Na presença da leguminosa, o Mg ajusta-se ao modelo quadrático com o aumento das proporções do C1, e aos modelos lineares crescente e decrescente com o incremento do C2 na presença e ausência da leguminosa, respectivamente (Figura 6).

Para todos os tratamentos, os teores foliares de P estão acima do recomendado por Partelli et al. (2006) e Bragança, Prezotti e Lani (2007) (Figura 4). Os teores de Ca e Mg estão abaixo da recomendação para plantas adultas (PARTELLI et al., 2006; BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007) (Figuras 5 e 6). Depois do N, o Ca é o nutriente mais acumulado pelo cafeeiro conilon (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007), sendo essencial na estabilidade da parede celular, na divisão celular e em processos de controle da permeabilidade da membrana plasmática (TAIZ; ZEIGER, 2002). O Mg é o quarto macronutriente mais acumulado pelo conilon (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007) e, por ocupar o centro da molécula de clorofila, exerce papel fundamental na fotossíntese e na produção de fotoassimilados, imprescindíveis à manutenção de altas produtividades (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006).

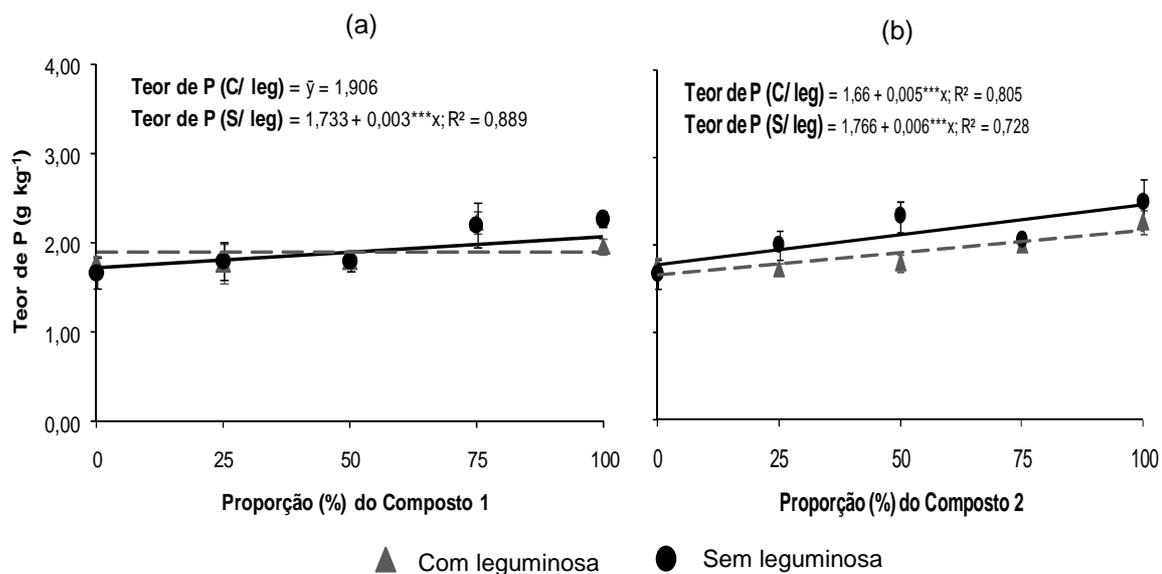


Figura 4. Teores médios foliares de fósforo - P (g kg^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,337. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

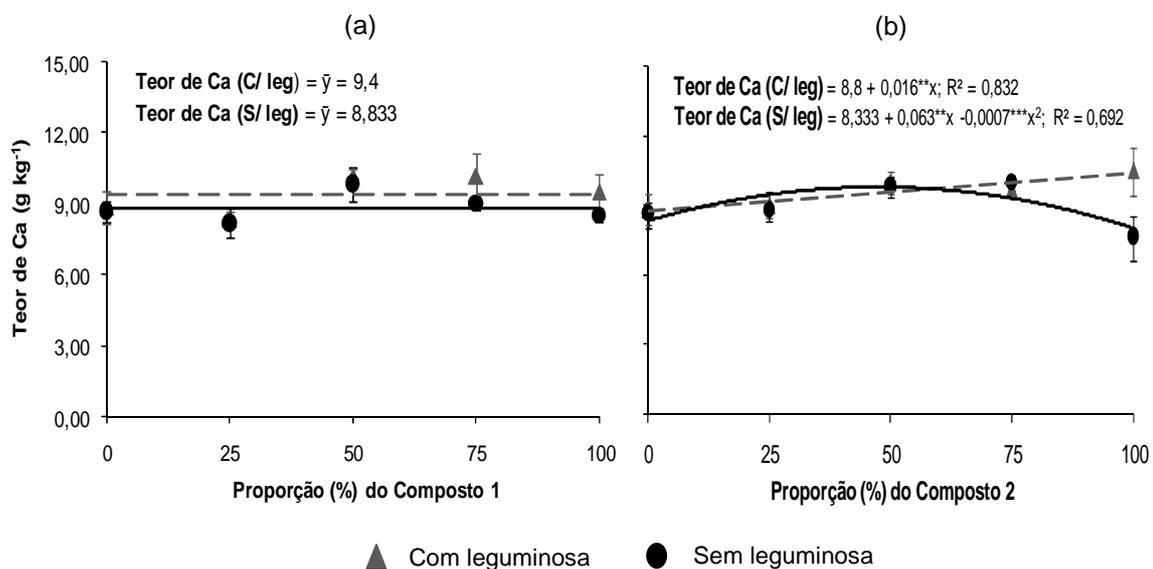


Figura 5. Teores médios foliares de cálcio - Ca (g kg^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 1,3353. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

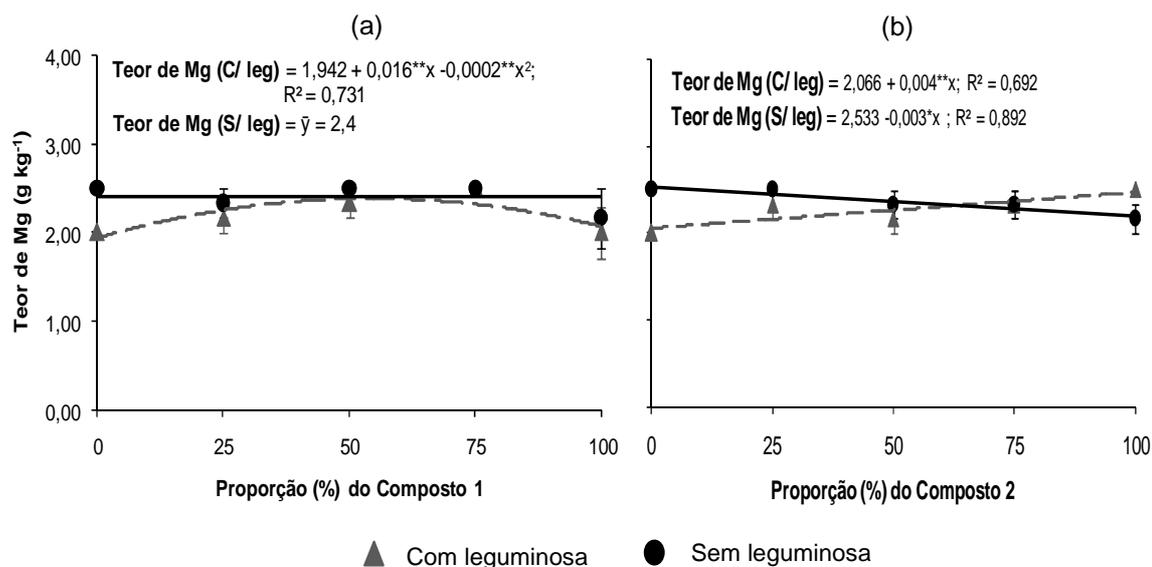


Figura 6. Teores médios foliares de magnésio - Mg (g kg^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,3537. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.3 AVALIAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES

3.3.1 Teor foliar de cobre (Cu)

Em relação ao teor de Cu, não há diferença ($p > 0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa (Figura 7) e entre os tipos de compostos orgânicos.

O teor de Cu responde de forma linear crescente ao incremento das proporções do C1 e C2, ambos na presença da leguminosa (Figura 7). Na ausência da leguminosa, com o incremento das proporções de ambos compostos, os teores de Cu ajustam ao modelo quadrático (Figura 7).

O aumento do pH do solo em resposta ao aporte orgânico (dados mostrados no Capítulo 2), possivelmente aumenta a atividade microbiana que quebram complexos de Cu com os grupos funcionais da matéria orgânica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), aumentando sua disponibilidade para a planta. Outra hipótese é a formação de complexos orgânicos solúveis entre o Cu e a matéria orgânica, aumentando a fração disponível desse micronutriente (SANTOS; RODELLA, 2007).

Tratamentos que recebem maior aporte de composto orgânico (A75C1F, A75C1, A100C1F, A100C1, A100C2F e A100C2) apresentam-se dentro da faixa recomendada (PARTELLI et al., 2006; BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007) (Figura 7). Os demais estão abaixo do preconizado pelos autores supracitados.

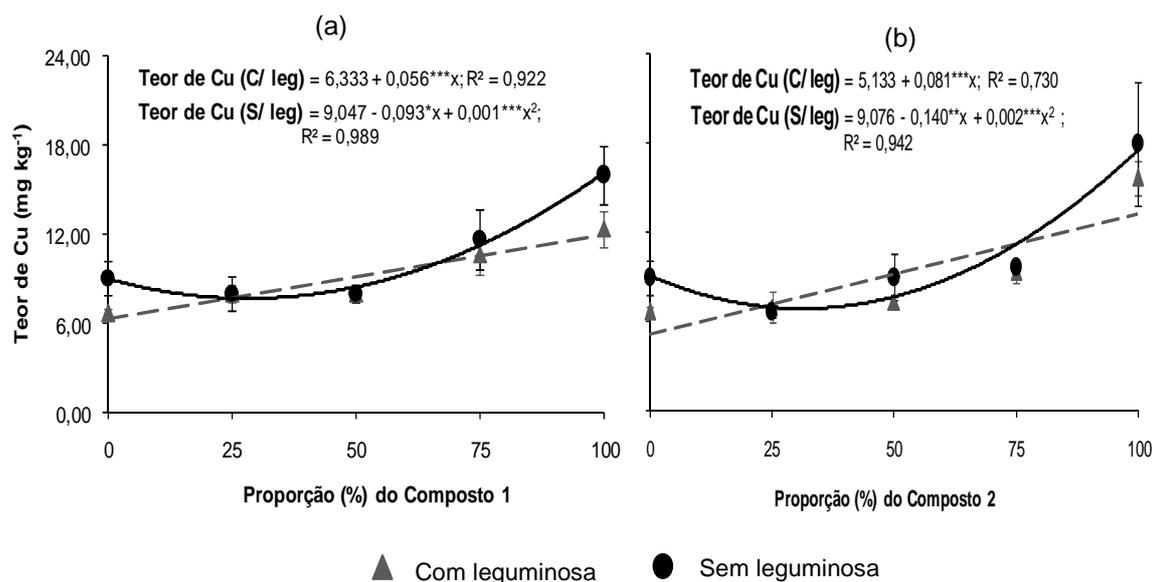


Figura 7. Teores médios foliares de cobre - Cu (mg kg^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator “leguminosa” nas proporções dos compostos: 3,2131. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.3.2 Teores foliares de ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn)

Para os teores foliares de Fe e Zn, não há interação ($p > 0,10$) entre os fatores estudados e diferença entre tratamentos. Seguindo a tendência verificada no solo (Capítulo 2), os teores foliares desses nutrientes também estão abaixo do recomendado (PARTELLI et al., 2006; BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007) (valores observados) em todos os tratamentos avaliados. Distúrbios, tais como: menor pegamento de flor e frutos menores, podem estar relacionados com deficiência de Zn (MALAVOLTA; FERNANDES; ROMERO, 1993). O Fe é o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro conilon, tendo papel importante na fotossíntese e biossíntese de proteínas (clorofila, por exemplo) (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007).

Em relação ao Mn, não há diferença ($p>0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa (Figura 8) e entre os tipos de compostos. Porém, com o aumento das proporções do C1 e C2 há um decréscimo dos teores foliares desse elemento (Figura 8). O aumento do pH do solo (dados mostrados no Capítulo 2) pode diminuir sensivelmente a disponibilidade do Mn (SPEHAR, 1993; ABREU; LOPES; SANTOS, 2007). Partelli, Vieira e Costa (2005), ao realizar diagnóstico nutricional em lavouras orgânicas e convencionais de conilon no norte do Espírito Santo, observaram que o nutriente mais limitante foi o Mn, estando relacionado ao alto pH de determinados solos devido ao excesso de calagem e a falta de incorporação do calcário. A disponibilidade do Mn também pode ser diminuída em resposta a formação de complexos estáveis com grupamentos da matéria orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Nos tratamentos que receberam a maior proporção de compostos (proporção de 100%), o Mn fica abaixo do preconizado por Partelli et al. (2006) e Bragança, Prezotti e Lani (2007) (valores observados) (Figura 8). Os demais tratamentos estão dentro do recomendado. Após o Fe, o Mn é o micronutriente mais acumulado pelo conilon (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007), sendo essencial na síntese de clorofila e na evolução de O_2 durante a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2002).

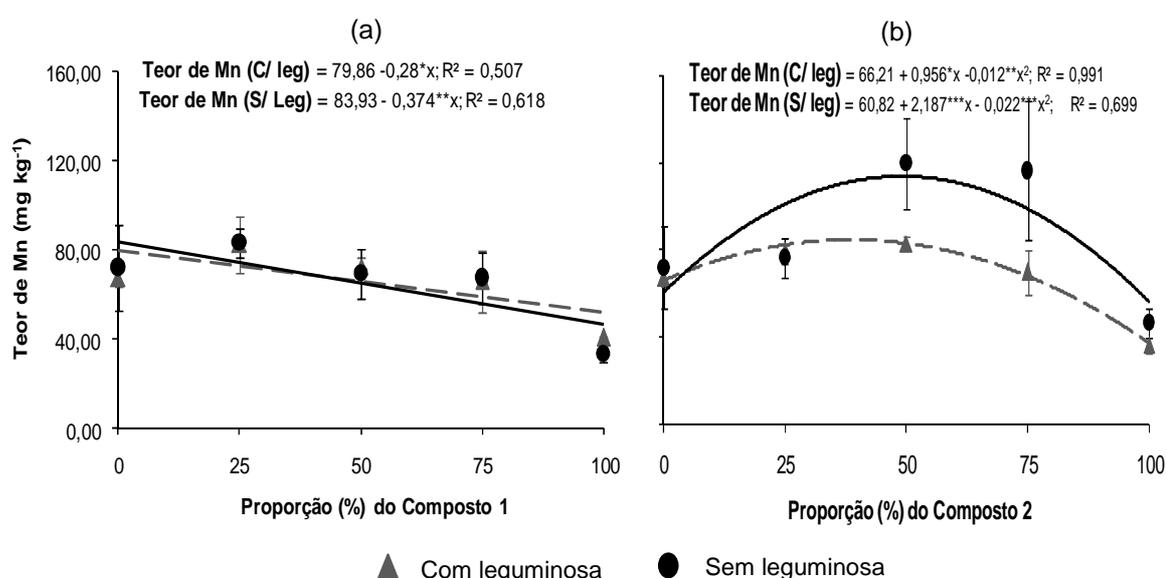


Figura 8. Teores médios foliares de manganês - Mn ($mg\ kg^{-1}$) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator “leguminosa” nas proporções dos compostos: 30,3317. (***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.3.3 Teor foliar de boro (B)

Em relação ao B, não há diferença ($p > 0,10$) entre a presença e ausência da leguminosa (Figura 9) e entre os tipos de compostos.

Na presença da leguminosa, ocorre ajuste linear crescente para o B com o aumento das proporções do C1 e C2 (Figura 9). Em geral, a matéria orgânica constitui a principal fonte de B disponível às plantas (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007; ECHER et al., 2009), o que justifica os maiores teores desse elemento com o incremento das proporções dos compostos. Em resposta ao aporte orgânico, o aumento do pH do solo (até o máximo de 6,5) (dados mostrados no Capítulo 2), que melhora a disponibilidade de B, também pode ter contribuído para o acréscimo nos teores foliares desse elemento.

À exceção dos tratamentos A75C1F, A100C1F, A75C2F, A100C2F e A100C2 que estão dentro do recomendado por Partelli et al. (2006) e Bragança, Prezotti e Lani (2007) (valores observados), os demais tratamentos ficam abaixo dessas recomendações (Figura 9).

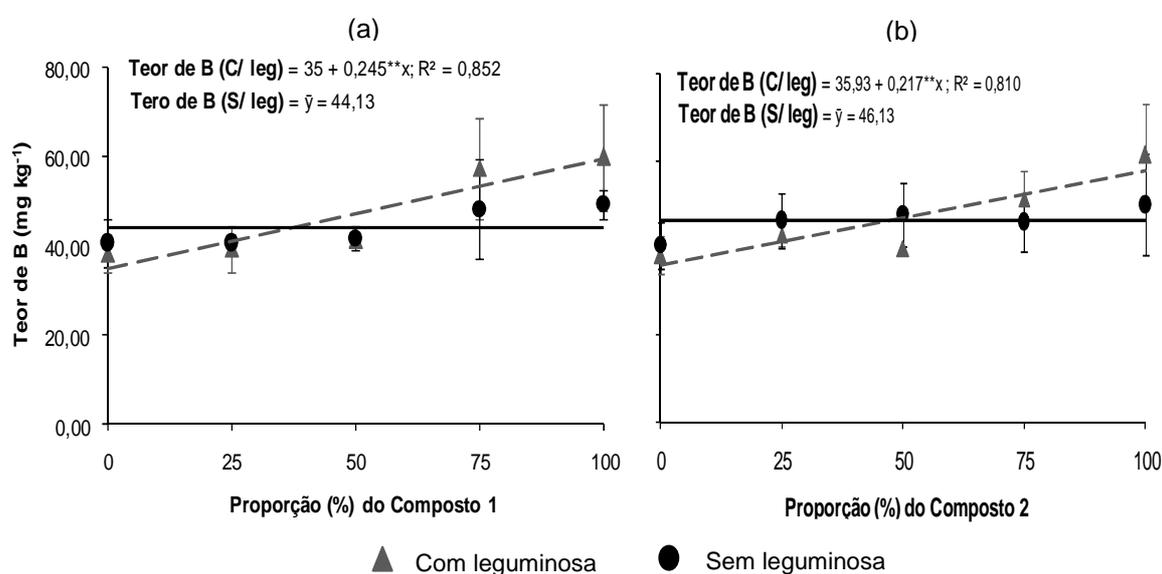


Figura 9. Teores médios foliares de boro - B (mg kg^{-1}) e erro padrão (barras na vertical) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator “leguminosa” nas proporções dos compostos: 17,2261. (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

4 CONCLUSÕES

O maior aporte de composto orgânico proporciona maiores teores foliares de P devido a redução da adsorção de P e melhoria de propriedades físicas e biológicas do solo.

O aumento das proporções de composto orgânico em relação à adubação mineral decresce os teores foliares de Mn em resposta ao incremento do pH do solo que diminui sensivelmente sua disponibilidade.

Em condições similares ao estudo, para produtividades em torno de 61 a 66 sc ha⁻¹, a proporção recomendada de substituição da fonte mineral pelo composto orgânico é de 37 a 40%.

A adubação orgânica do cafeeiro baseada na recomendação de N do convencional deve ser revista, pois com menor aporte de N obtêm-se produtividades maiores, o que ressalta o papel da matéria orgânica como condicionadora, promovendo melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

A utilização de compostos de resíduos orgânicos é uma alternativa para substituir parcialmente a adubação mineral no cafeeiro conilon, com incrementos na produtividade.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

ALVAREZ, V.H. Enxofre: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 31-59.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/home.aspx>>. Acesso em: 16/02/2009.

ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. **Coffee Science**, v. 2, n. 1, p. 20-28, 2007.

ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; MORAIS, A. R.; CUNHA, R. L. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**, v. 3, n. 2, p.115-123, 2008.

BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. Nutrição do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 296-327.

BRAGANÇA, S. M.; SILVA, E. B.; MARTINS, A. G.; SANTOS, L. P.; LANI, J. A.; VOLPI, P. S. Resposta do cafeeiro conilon à adubação de NPK em sistema de plantio adensado. **Coffee Science**, v. 4, p. 67-75, 2009.

CARVALHO, G.R.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, L.F.; BARTHOLO, G.F. Eficiência do Ethephon na uniformização e antecipação da maturação de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade da bebida. **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n.1, p. 98-106, 2003.

Companhia de Armazéns e Silos do Estado de Minas Gerais – CASEMG. **Processo de secagem**. Disponível em: <http://www.casemg.com.br/servicos/secag_processo.htm>. Acesso em 13 set. 2011.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E.; SANTOS, D. H. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 171-175, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ CNPSo, 2006. 306p.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; BRAGANÇA, S.M.; FILHO, A.C.V.; VOLPI, P.S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 205-225.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Qualidade do café conilon: operações de colheita e pós-colheita. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 499-529.

JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 197-224, 1981.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D.R.; ROMERO, J.P. Seja doutor do seu cafezal. **Informações Agronômicas**, v.64, p.1-12, 1993.

MELO, L.C.A.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 101-110, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 135p.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

PARTELLI F.L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Estabelecimento de normas Dris em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 443-451, 2006.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; COSTA, A. N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, v. 35, 2005.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SANTIAGO, A.R.; BARROSO, D.G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p. 949-954, 2006.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A. Calagem e adubação. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007a. p. 341-342.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória-ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007b. 305p.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I; CONTE, E. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 41-49, 2003.

RICCI, M. S. F.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, S. C.; OLIVEIRA, F. F. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, v.62, n.2, p.138-144, 2005.

SANTOS, G. C. G.; RODELLA, A. A. Efeito da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de *Brassica juncea*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 793-804, 2007.

SERRANO, L. A. L.; SILVA, V. M.; FORMENTINI, E. A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 58, p. 100-107, 2011.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; ANDERSON, S. J.; KOBAL, A. R. Mineralização de nitrogênio e enxofre em solos brasileiros sob influência da calagem e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1679-1689, 1999.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SPEHAR, C. R. Composição mineral da soja cultivada em solo sob cerrado com dois níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 645-648, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-484.

THEODORO, V. C. A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. Resposta de lavouras cafeeiras em transição agroecológica a diferentes manejos de solo. **Coffee Science**, v. 4, p. 56-66, 2009.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-326.

CAPÍTULO 4

MESO E MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO DE CAFÉ CONILON

Resumo – Estudar a composição das comunidades de fauna edáfica em sistemas agrícolas constitui ferramenta importante para medir a influência do manejo sobre a funcionalidade biológica dos solos. Estudos sobre o comportamento ecológico desses organismos em diferentes manejos de adubação do cafeeiro conilon são escassos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos de adubação sobre a meso e macrofauna edáfica em um agroecossistema de café conilon. Em lavoura localizada no município de Linhares, Estado do Espírito Santo – Brasil, foi montado, no ano agrícola 2009/2010, um experimento em blocos casualizados com distribuição fatorial de 2 x 2 x 5, com três repetições, sendo os fatores: dois tipos de composto orgânico; presença e ausência de leguminosa; e cinco proporções de cada composto (0; 25; 50; 75; e 100%) em substituição da adubação mineral recomendada para o cafeeiro conilon. Cada repetição foi formada por média de 3 armadilhas do tipo “pitfall” localizadas em parcela com 30 plantas do cafeeiro conilon. Os compostos utilizados foram: composto 1 (C1), preparado com a mistura de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1(v:v); e composto 2 (C2), preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). A leguminosa utilizada foi o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), semeada nas entrelinhas dos cafeeiros. Para avaliação da fauna, a amostragem se deu em duas épocas, uma no período chuvoso (1ª coleta, fevereiro/2010) e outra no período seco (2ª coleta, julho/2010). Independentemente do tratamento, Formicidae é o grupo da fauna de maior expressão, apresentando-se abundante nas duas épocas de coleta. Essas formigas pertencem ao gênero *Pheidole* sp. e estão associadas com a cochonilha da roseta do cafeeiro conilon (*Planococcus citri* e *Planococcus minor*), considerada “praga” dessa cultura. No período chuvoso (1ª coleta), os tratamentos A100C1F e A75C1F apresentam menor número de organismos (com totais de 365 e 594 indivíduos, respectivamente), possivelmente relacionado à menor concentração em nutrientes e a relação C/N mais larga do C1 quando comparado ao C2. O número total coletado

e a frequência relativa de colêmbolos é inferior no período seco em relação ao período chuvoso, possivelmente em razão da baixa umidade do solo devido ao déficit de precipitação típico do período. No período seco, as maiores proporções do C2 favorecem a abundância (indivíduos coletados por dia) de Isopoda, o que evidencia o hábito saprófago desse grupo. A adubação mineral por si só desfavorece a diversidade de grupos da meso e macrofauna do solo, e a adição de adubos orgânicos associados ou não a fontes minerais resulta em melhores índices de diversidade.

Palavras-chave: Composto orgânico. Relação C/N. *Canavalia ensiformis*. Formicidae. Diversidade.

SOIL MESO AND MACROFAUNA IN FERTILIZATION SYSTEMS OF CONILON COFFEE

Abstract- To study the composition of soil fauna in agricultural systems was an important tool to measure the influence of management on soil biological functionality. Studies on ecological behavior of these organisms in different managements of fertilizer of conilon coffee are scarce. The objective of this study was to evaluate the effects of different managements of fertilizer on soil meso and macrofauna in an agroecosystem of conilon coffee. In a crop located in Linhares in the state of Espírito Santo, Brazil, in the agricultural year 2009/2010, was carried out in a random block design (RBD) experiment with a factorial distribution 2 x 2 x 5, with three replications, the following factors: two type of organic compost; presence and absence of legumes; and five proportion of each compost (0; 25; 50; 75 and 100%) as a substitute for mineral fertilizer as recommended for conilon coffee. Each replication was formed by an average of three pitfall traps located on plots with 30 conilon coffee plants. The composts used were: compost 1 (C1), prepared with a mixture of elephant grass and coffee straw in a ratio 1:1 (v:v); and compost 2 (C2) prepared by mixing elephant grass, coffee straw and poultry litter in a ratio 2:1:1 (v;v;v). A legume a jack bean was used sown between the rows of coffee plantations. To assess the fauna, a sample of two periods, one during the rainy season (first

sampled, February/2010) and another during the dry season (second sampled, July/2010). Regardless of the treatment, Formicidae is the group of fauna with the highest expression, presenting abundant in the two seasons of sampled. These ants belong to the genus *Pheidole* sp. and are associated with the rosette mealybug of conilon coffee plant (*Planococcus citri* and *Planococcus minor*) considered a “pest” in this culture. In the rainy season (first sampled) the treatments A100C1F and A75C1F show a lower number of organism (total of 365 and 594 individuals), possibly related to the lower concentration of nutrients and the C/N ratio wider than C1 when compared to C2. The total number collected and relative frequency of Collembola is inferior in the dry season in relation to the rainy season possibly because of the low humidity of soil due to the lack of typical precipitation of the period. In the dry period, the highest proportion of C2 favor the abundance (individuals collected per day) of Isopoda, which shows the saprophagous habit of this group. Mineral fertilization alone didn't favor the diverse groups of meso and macrofauna of soil and the addition of organic fertilizer associated or not to mineral sources, results in better indices of diversity.

Keywords: Organic compost. C/N ratio. *Canavalia ensiformis*. Formicidae. Diversity.

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Espírito Santo é o maior produtor brasileiro de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), e os municípios do norte são referência nacional na sua produção (FASSIO; SILVA, 2007). Por apresentar potencial produtivo elevado (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007), a reposição dos nutrientes no solo é geralmente feita com uso exclusivo de adubos minerais (PREZOTTI et al., 2007).

No entanto, a matéria orgânica em sistemas agrícolas tropicais é de extrema importância, pois solos dessas regiões são bastante intemperizados e lixiviados, possuindo baixa fertilidade natural (SILVA; MENDONÇA, 2007). Segundo esses autores, a função básica da matéria orgânica é promover processos biológicos do solo por meio do metabolismo energético que, direta ou indiretamente, irão influenciar outras propriedades e processos.

Os invertebrados do solo são sensíveis às alterações da cobertura vegetal e ao manejo adotado (CORDEIRO et al., 2004), sendo considerados bons indicadores da qualidade do solo. Associados ao compartimento solo-serapilheira, esses organismos são denominados de fauna edáfica (CORREIA; ANDRADE, 2008). De acordo com suas dimensões corporais, podem ser agrupados nas categorias micro, meso e macrofauna (MELO et al., 2009).

Em geral, o tipo de manejo do solo acarreta inúmeras modificações na estrutura e função da comunidade da fauna edáfica em diferentes graus de intensidade, em virtude de mudanças de habitat, criação de microclimas e fornecimento de recursos energéticos (MERLIM et al., 2005; SILVA et al., 2007). Estudos em sistemas agrícolas que utilizam adubo orgânico ou combinam sua utilização com fertilizantes minerais podem favorecer o aumento da densidade de populações de Collembola quando comparados, por exemplo, a sistemas que não adotam manejo de adubação (BANDYOPADHYAYA; CHOUDHURI; PONGE, 2002; CULIK; SOUZA; VENTURA, 2002).

Existe estreita relação entre a qualidade da matéria orgânica exógena, microrganismos e a fauna edáfica (LEROY et al., 2008). Diferentes características qualitativas de materiais orgânicos aportados acarretam alterações bioquímicas de diferentes graus na matéria orgânica do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), podendo alterar as comunidades de microrganismos e dos invertebrados do solo.

Estudos sobre a estrutura de comunidades de invertebrados do solo na cultura do café conilon são incipientes. Pellens e Garay (1999), estudando a comunidade de macroartrópodos edáficos em uma plantação de café conilon e em floresta de tabuleiros na região norte do Espírito Santo, observaram que para dois meses avaliados, a densidade (ind/m^2) na plantação foi muito superior à floresta, com valores de 3.000 e 6.500 ind/m^2 (para o mês de setembro de 1991) e de 900 e 1.500 ind/m^2 (para o mês de fevereiro de 1992) na floresta e na plantação, respectivamente. Em contrapartida, foi observado menor valor de riqueza (n° médio de grupos por amostragem) na plantação de café em relação à floresta, o que evidencia uma comunidade mais simplificada no sistema agrícola (PELLENS; GARAY, 1999).

Em geral, relatos sobre o comportamento ecológico desses organismos em diferentes manejos de adubação do conilon são escassos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos de adubação sobre a meso e macrofauna edáfica em um agroecossistema de café conilon no norte do Estado do Espírito Santo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O “Material e métodos” geral está detalhado no Capítulo 2.

A Figura 1 apresenta dados climáticos mensais do município de Linhares-ES em 2010, ano em que foram realizadas as coletas de fauna edáfica.

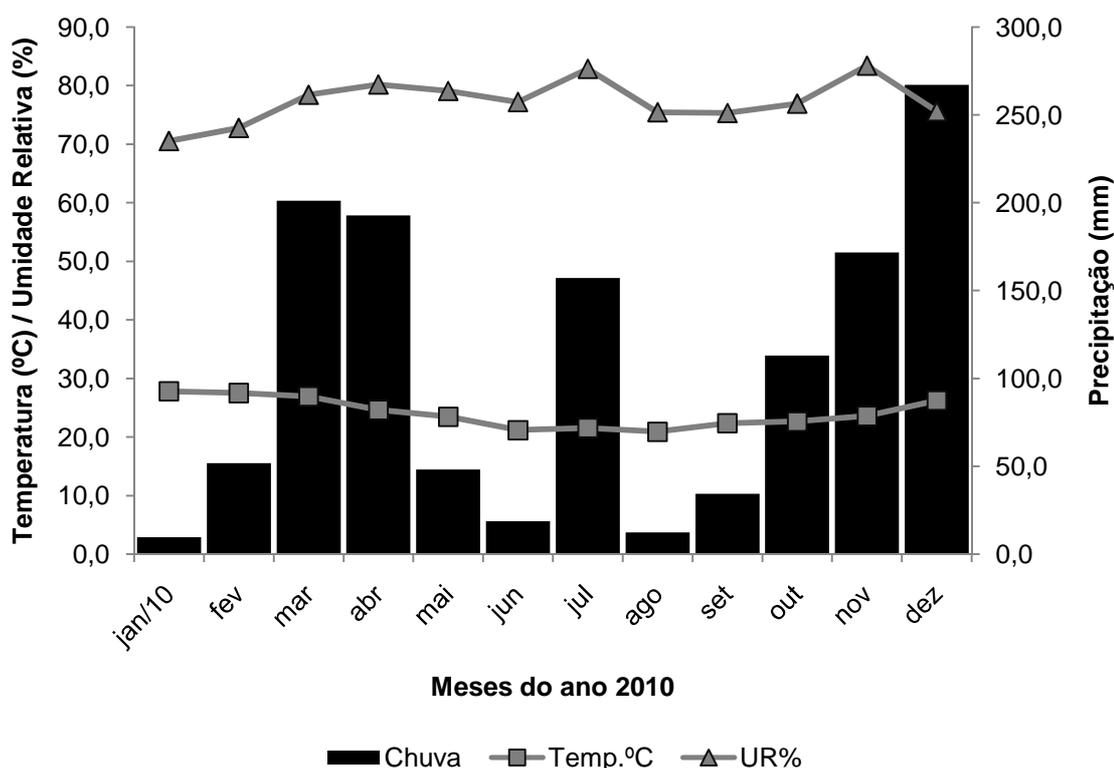


Figura 1. Valores mensais de precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa (%) do município de Linhares-ES no ano de 2010.

Para a coleta da fauna foram utilizadas armadilhas de queda do tipo “pitfall” confeccionadas com potes plásticos de um litro e 14 cm de diâmetro de abertura superior (Figura 3B no apêndice). Cada repetição foi formada por média de 3 armadilhas localizadas em parcela de 30 plantas do cafeeiro. Foram instaladas

próximas aos cafeeiros (na área de abrangência da adubação) equidistantes 1,2 m uma da outra (na parcela) e com 4,8 m de distância entre parcelas. Permaneceram enterradas a aproximadamente 10 cm da superfície do solo e ficaram fechadas até o dia das coletas, quando foram abertas e mantidas assim por 48 horas. Durante esse período, para que os animais não escapassem e fossem conservados, foram utilizados cerca de 200 mL de formol (4%) em cada armadilha.

As coletas de fauna foram realizadas apenas no 1º ano agrícola (2009/2010). Foram realizadas duas coletas, a primeira no período chuvoso (final de fevereiro de 2010) entre a segunda e terceira etapa da adubação do ano agrícola. A segunda foi no período seco (início de julho de 2010), quando todos os tratamentos de adubação estavam no campo. Os animais coletados foram conservados em álcool a 70%, triados e identificados em grandes grupos taxonômicos no laboratório da Fazenda Experimental de Linhares-ES, INCAPER/CRDR-Nordeste.

Para a primeira coleta foi calculado o número total de grupos por tratamento e a frequência relativa (%). Para a segunda coleta, além dessas duas variáveis, foi calculada a abundância (número de indivíduos coletados por dia - Ind.arm.dia^{-1}) e os índices ecológicos: riqueza (número médio de grupos), diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J'). Devido à alta dominância de Formicidae (formigas), esses índices ecológicos foram calculados desconsiderando esse grupo.

O índice de diversidade de Shannon (H') é calculado pela relação: $H' = - \sum p_i \ln p_i$, em que: $p_i = n_i/N$; n_i = número de indivíduos em cada grupo, N = número total de indivíduos de todos os grupos (ODUM, 1983). Esse índice é o mais usado para medir a diversidade de comunidades, pois leva em consideração tanto a riqueza quanto a equitabilidade (uniformidade da comunidade). O índice de equitabilidade (J') é calculado da seguinte forma: $J' = H'/H'_{\text{max}}$, em que: H' = índice de diversidade de Shannon observado, H'_{max} = é a diversidade máxima teórica da comunidade obtida por meio de $\ln S_e$, sendo: S_e = número total de grupos existentes na comunidade (riqueza) (PIELOU, 1975). Esse índice expressa a uniformidade, ou seja, indica se os diferentes grupos possuem abundâncias (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes entre si.

Os dados de abundância (Ind.arm.dia^{-1}), por sua heterogeneidade, foram transformados em \sqrt{x} . O grupo de fauna com frequência acima de 1% foi submetido à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). Efetuou-se também o teste de correlação de Pearson com a abundância da fauna e atributos químicos do solo. Para isso foi realizada amostragem de solo (profundidade de 0-20 cm) em todos os tratamentos em período próximo à segunda coleta de fauna.

Os índices ecológicos (riqueza, H' e J') foram submetidos à análise de variância. Para verificar os efeitos das proporções dos compostos, as médias foram ajustadas pela análise de regressão ($p < 0,10$). Para verificar o efeito da leguminosa (presença e ausência) e do tipo de composto em cada proporção, foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,10$).

A espécie de formiga dominante foi enviada para identificação no laboratório de entomologia da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Os índices ecológicos foram calculados utilizando o programa Estatístico DivEs Versão 2.0 (RODRIGUES, 2007) e as análises estatísticas foram processadas por meio do *software* SISVAR[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PRIMEIRA COLETA: PERÍODO CHUVOSO

3.1.1 Número total de organismos coletados e frequência relativa

Os principais grupos coletados são: Formicidae e Collembola (Figura 2 e Tabela 1). Os organismos com menor frequência de coleta estão reunidos em um grupo denominado “outros” (Figura 2 e Tabela 1), sendo eles: Coleoptera, Thysanoptera, larvas, Isopoda, Araneae, Acari, Pseudoescorpionida, Diptera, Hemiptera, Chilopoda, Orthoptera, Diplopoda, Opilionida, Hymenoptera, Dermaptera, e Blattodea.

Em geral, a frequência relativa de colêmbolos é superior a 20%. No caso das formigas, em todos os tratamentos, a frequência relativa em relação ao total de indivíduos coletados é superior a 40%. Os colêmbolos são muito sensíveis à umidade do solo e ao teor de matéria orgânica, sendo encontrados em ambientes úmidos e raramente em ambientes secos (ASSAD, 1997). Desse modo, possivelmente esse grupo foi favorecido pelas condições edafoclimáticas do período e pelo manejo de irrigação adotado na lavoura. Em estudo de três anos que monitorou o efeito da sazonalidade sobre a fauna, Wiwatwitaya e Takeda (2005) demonstraram que, diferente dos outros grupos, a abundância (organismos por m²) sazonal de colêmbolos foi positivamente correlacionada ($p < 0,01$) com o conteúdo de água no solo (Correlação de Spearman, $r = 0,784$; $0,537$; e $0,720$, no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente).

Formigas possuem grande capacidade de locomoção (PARR et al., 2007), o que explica parte do grande número coletado e a alta frequência. Independente dos tratamentos, ocorreu presença marcante de colônias de *Pheidole* sp. (Formicidae) no solo próximo da base dos pés de café (Figura 4B no apêndice). Essas formigas estão associadas com a cochonilha da roseta do cafeeiro conilon (*Planococcus citri* e *Planococcus minor*), considerada praga dessa cultura (FORNAZIER, 2011). Ao se alimentar da substância açucarada excretada (“honeydew”) pelas cochonilhas, as formigas as defendem dos inimigos naturais ou transportam suas ninfas até os ramos produtivos (MORALES, 2000; DELABIE, 2001).

Ambos com 8 indivíduos da ordem Isopoda (tatuzinho) cada, os tratamentos A100C1F e A75C1F apresentaram frequências relativas maiores para essa ordem em relação aos demais, com 5,06 e 3,60% (sem Formicidae), respectivamente (dados não mostrados). O favorecimento desses organismos por material mais recalcitrante pode estar relacionado com adaptações importantes desse grupo. A associação com microrganismos no seu sistema digestivo (e. g.: *Bacillus cereus* e outras linhagens de *Bacillus*) é fundamental para a degradação, já que os isópodes não são capazes de produzir enzimas que quebram polissacarídeos complexos, como celulose e lignina (KÖNIG, 2006; CORREIA; AQUINO; AGUIAR-MENEZES, 2008).

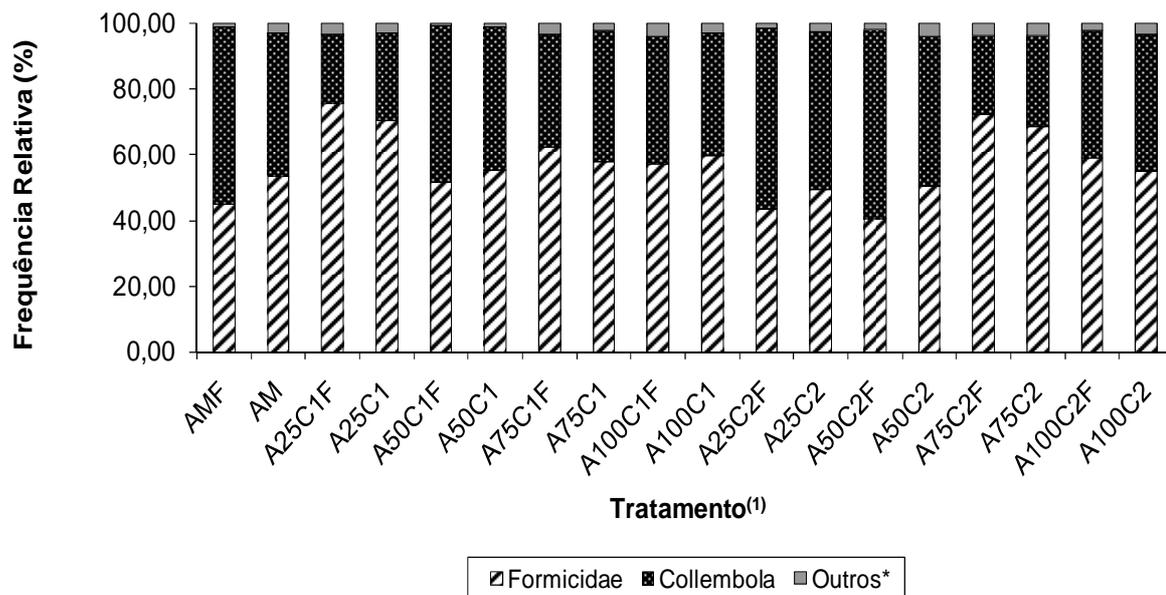


Figura 2. Frequência relativa (%) dos principais grupos da meso e macrofauna edáfica em cada um dos tratamentos avaliados no período chuvoso. Linhares, ES, 2010. ⁽¹⁾Os significados das abreviações dos tratamentos estão detalhados no “Material e métodos” do Capítulo 2.

Tabela 1. Número total de indivíduos coletados (Nº Ind.) dos principais grupos da meso e macrofauna edáfica nos tratamentos* avaliados no período chuvoso. Linhares, ES, 2010.

Grupos da Fauna	AMF	AM	A25C1F	A25C1	A50C1F	A50C1	A75C1F	A75C1	A100C1F	A100C1	A25C2F	A25C2	A50C2F	A50C2	A75C2F	A75C2	A100C2F	A100C2
Formicidae	678	465	651	883	602	991	371	510	209	1061	1005	474	582	563	474	971	888	907
Collembola	809	379	179	329	551	779	204	350	141	654	1274	463	818	502	157	396	580	688
Outros ⁽¹⁾	24	28	32	46	17	35	19	26	15	67	44	27	35	64	33	55	39	69
Total	1511	872	862	1258	1170	1805	594	886	365	1782	2323	964	1435	1129	664	1422	1507	1664

*Os significados das abreviações dos tratamentos estão detalhados no “Material e métodos” do Capítulo 2. ⁽¹⁾Outros: somatório de organismos com menor frequência.

3.2 SEGUNDA COLETA: PERÍODO SECO

3.2.1 Número total de organismos coletados e frequência relativa

Os principais grupos coletados são: Formicidae, Araneae e Collembola (Figura 3 e Tabela 2). Os organismos com menor frequência de coleta estão reunidos em um grupo denominado “outros” (Figura 3), sendo: larvas, Isopoda, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Chilopoda, Orthoptera, Diplopoda, Opilionida, Hymenoptera, Dermaptera, Psocoptera, Lepidoptera, Dermaptera e Blattodea.

Em todos os tratamentos, a frequência relativa de Formicidae é superior a 80%, mostrando novamente a dominância desse grupo (Figura 3). Ressalta-se que ocorreu incremento de 1.461 indivíduos coletados (em todas as armadilhas) da primeira para a segunda amostragem.

As espécies que se alimentam de secreções açucaradas de outros insetos são agrupadas como “formigas subterrâneas dependentes de *honeydew*” (DELABIE; AGOSTI; NASCIMENTO, 2000). Desse modo, as espécies dominantes observadas neste estudo (*Pheidole* sp.) podem ser incluídas nesse grupo, e, a que tudo indica, seu comportamento ecológico (forrageamento, por exemplo) no decorrer do ano apresenta certa relação com o comportamento da cochonilha (DELABIE, 2001). Segundo Fornazier (2011), no inverno a cochonilha da roseta se aloja no solo, e com a indução do florescimento dos cafeeiros por meio das primeiras chuvas (no Espírito Santo ocorre geralmente em setembro) ou irrigações, sobem para a parte aérea. Isso possivelmente explica o maior número de formigas coletadas na segunda amostragem.

Independentemente do tratamento, o número total coletado e a frequência relativa de colêmbolos são muito inferiores aos do período chuvoso (1ª coleta) (Figuras 2 e 3). No período seco, a baixa umidade do solo devido à baixa pluviosidade, pode ter desfavorecido esses organismos. Ressalta-se que, apesar da lavoura do estudo apresentar sistema de irrigação, a precipitação relativamente baixa nos meses de maio e junho de 2010 (Figura 1), resultou em baixa disponibilidade hídrica e inviabilização temporária desse sistema.

Outro fator negativo ao grupo Collembola e a outros representantes da fauna, é o desfolhamento natural dos cafeeiros nesse período (RONCHI; DA MATTA, 2007), levando ao aumento da área de incidência dos raios solares e da evaporação de água do solo. Silveira e Carvalho (1996) verificaram reduções de 60% no número de folhas por nó, no período de maio a setembro, em lavouras de conilon sem irrigação, e de 33% em lavouras irrigadas durante o mesmo período.

Diferentemente do período chuvoso, nesta coleta há efeitos esperados da matéria orgânica com tendência ao aumento no número total de indivíduos coletados com o incremento das proporções dos compostos. Os dados da tabela 2 e figura 4 comprovam isso, sendo que em relação à adubação mineral ocorrem incrementos no número médio de indivíduos de 65,7% e 231,7% na proporção de 100% de substituição para o C1 e C2, respectivamente. A média de indivíduos na adubação mineral é 530, e a média de todas as proporções orgânicas com o C1 é 819 (54,5% maior em relação à adubação mineral) e com o C2 é de 978 (84,5% maior em relação à adubação mineral).

Os tratamentos A100C2 e A100C2F apresentam maior número de organismos coletados, com 2.124 e 1.391 indivíduos, respectivamente (Tabela 2). Desconsiderando Formicidae, esses tratamentos continuaram sendo os de maior expressão. Assim, o C2 pode ter favorecido grupos da fauna (larvas, Isopoda, Collembola e Formicidae) devido a sua maior complexidade e concentração em macro e micronutrientes quando comparado ao C1 (Tabela 2 do Capítulo 2). O impacto sobre a fauna depende principalmente da qualidade do resíduo orgânico envolvido (BIANCHI; CORREIA, 2007). Em estudo em que se objetivou comparar o efeito de pastagens de *Brachiaria brizantha* consorciadas com espécies de leguminosas arbóreas em relação à pastagem sem leguminosas, verificou-se que a presença das árvores favoreceu o aumento da riqueza e da densidade (nº de indivíduos por m²) da macrofauna em resposta à maior qualidade da serapilheira depositada que possuía maior teor de N e menor relação C/N (DIAS et al., 2007).

Os tratamentos de menor expressão são: A25C2F, AMF e AM, com totais de 499, 508 e 552 indivíduos, respectivamente (Tabela 2). Essa tendência suporta os resultados encontrados por Alves et al. (2008), em que o tratamento com somente

adubação mineral foi o de menor abundância (organismos por m²). A adição de adubos orgânicos associados ou não a fontes minerais pode ter efeito benéfico sobre a fauna, como demonstrado para a macrofauna por Alves et al. (2008), pois além do aporte de nutrientes, contribui para alterações físicas do solo e representa fonte energética para esses organismos (MARHANA; SCHEU, 2005; SCHONA; MACKAYB; MINORA, 2011).

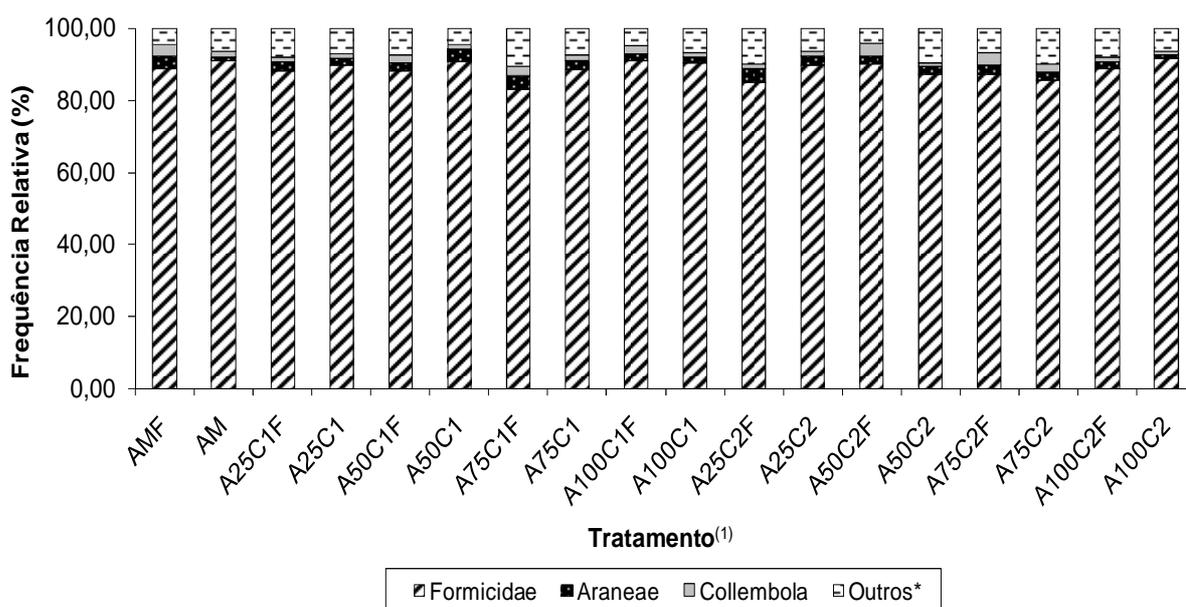


Figura 3. Frequência relativa (%) dos principais grupos da meso e macrofauna edáfica em cada tratamento avaliado no período seco. Linhares, ES, 2010. ⁽¹⁾Os significados das abreviações dos tratamentos estão detalhados no “Material e métodos” do Capítulo 2.

Tabela 2. Número total de indivíduos coletados (Nº Ind.) dos principais grupos da meso e macrofauna edáfica em cada tratamento* avaliado no período seco. Linhares, ES, 2010.

Grupos da Fauna	AMF	AM	A25C1F	A25C1	A50C1F	A50C1	A75C1F	A75C1	A100C1F	A100C1	A25C2F	A25C2	A50C2F	A50C2	A75C2F	A75C2	A100C2F	A100C2
Formicidae	451	503	515	946	578	778	551	872	573	1020	425	612	620	742	687	691	1237	1945
Araneae	18	5	14	20	16	32	25	25	11	16	18	17	14	20	21	18	25	21
Larvas	4	20	19	39	5	14	20	12	6	25	10	5	6	13	13	12	59	54
Outros ⁽¹⁾	35	24	35	49	57	34	67	75	39	65	46	47	47	75	66	86	70	104
Total	508	552	583	1054	656	858	663	984	629	1126	499	681	687	850	787	807	1391	2124

*Os significados das abreviações dos tratamentos estão detalhados no “Material e métodos” do Capítulo 2. ⁽¹⁾Outros: somatório de organismos com menor frequência.

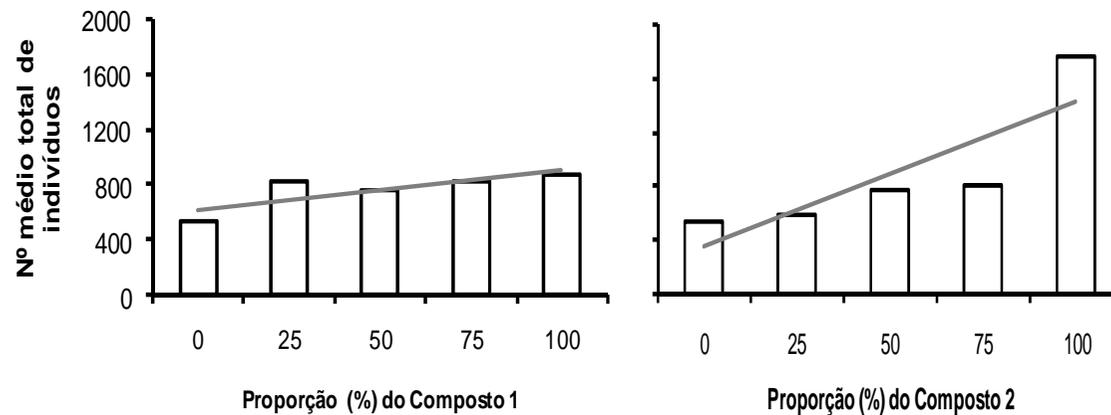


Figura 4. Número médio total de indivíduos coletados em função das proporções (%) do composto 1 e composto 2 no período seco. Linhares, ES, 2010.

3.2.2 Abundância (nº de indivíduos coletados por dia - Ind.arm.dia⁻¹)

Há diferença entre tratamentos para a abundância total e para a abundância dos grupos Coleoptera, Isopoda e Formicidae (Tabelas 3 e 4). Para os outros grupos, não há interação entre os fatores estudados e diferença entre tratamentos. Esse comportamento está ligado à grande mobilidade desses organismos no ambiente (ASSAD, 1997; FERNANDES et al., 2011), que conferiu homogeneidade de coleta entre armadilhas.

A abundância total é maior no tratamento A100C2 comparado aos demais (118,17 Ind.arm.dia⁻¹), relacionada claramente com Formicidae, grupo de fauna mais abundante (Tabela 3).

O tratamento A100C2 apresenta maior abundância para Formicidae comparado aos demais (com valor médio de 108,06 Ind.arm.dia⁻¹) (Tabela 3). Na ausência da leguminosa e na maior proporção (100%) de composto, o C2 demonstra maior abundância para esse grupo comparado ao C1 (Tabela 4). Isso demonstra que esses insetos podem ser beneficiados por composto orgânico de maior qualidade. Determinadas espécies de formigas de solo, nidificam acumulando grande quantidade de resíduos orgânicos que são trazidos das áreas circunvizinhas (FROUZ; JILKOVÁ, 2008). Estudos mostram que esse comportamento pode alterar o balanceamento nutricional do solo (por meio da concentração de nutrientes) (FISCHER et al. 2003), podendo afetar o conteúdo de nutrientes em plantas adjacentes (RODRÍGUEZ-CASTAÑEDA et al., 2011).

O favorecimento de formigas *Pheidole* sp. (associadas à cochonilha da roseta) pelo aporte orgânico, é um indício de que em sistemas orgânicos iniciais pode ocorrer desequilíbrio ecológico desses insetos. Suporta essa hipótese o fato de ter sido observada maior infestação de cochonilhas da roseta no tratamento A100C2 (observação de campo).

Deste modo, quando realizado em situações semelhantes ao estudo, o manejo orgânico deve vir acompanhado de controle prévio desses insetos (controle mecânico, por exemplo) a fim de se evitar prejuízos econômicos em decorrência de perdas de produção.

Para Coleoptera, a proporção de 50% na presença da leguminosa, o C1 demonstra maior abundância comparada ao C2 (Tabela 4). O tratamento A50C1F apresenta maior abundância quando comparado ao A50C1, com valor médio de 1,39 Ind.arm.dia⁻¹ (Tabela 3). Isso demonstra que os coleópteros podem ser favorecidos por adubação balanceada (associação de adubo mineral com o C1) e adubação verde com leguminosa. Em estudo conduzido com a cultura da mandioca em diferentes sistemas de manejo, Silva et al. (2007) verificaram que o sistema de plantio direto com mucuna favoreceu esse grupo, pois encontraram nos resíduos dessa leguminosa alimento de baixa relação C/N. No presente estudo, provavelmente a qualidade da leguminosa favoreceu esse grupo de forma indireta, uma vez que a coleta desses organismos foi realizada quando grande parte da palhada estava decomposta (observação de campo).

Para Isopoda, os tratamentos A50C2, A75C2 e A100C2 apresentam maior abundância em relação aos demais, com valores médios de 1,45; 1,67 e 2,33 Ind.arm.dia⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Isso evidencia que as maiores proporções do C2 favoreceram esse grupo.

Isópodes são funcionalmente classificados como saprófagos, que respondem positivamente ao aporte de matéria orgânica (CORREIA; AQUINO; AGUIAR-MENEZES, 2008). Loureiro et al. (2006) demonstraram que resíduos orgânicos de alta qualidade favorecem esses organismos.

Esses resultados são ratificados pela correlação positiva e significativa ($p < 0,10$) da abundância desse grupo com o teor de matéria orgânica do solo ($r = 0,42$), confirmando o efeito positivo da matéria orgânica como fonte energética para esses organismos, conforme observado por Almerão et al. (2006).

A abundância dos isópodes também se correlaciona positivamente com o pH ($r = 0,50$) e negativamente com o Al³⁺ ($r = - 0,75$), servindo de indícios sobre o efeito tóxico deste elemento para esses organismos. O efeito positivo da matéria orgânica e negativo do Al³⁺ sobre os isópodes pode representar contribuição indireta da matéria orgânica no favorecimento desses organismos, em resposta a complexação desse elemento. O efeito da matéria orgânica na complexação do Al³⁺ e elevação do

pH tem sido frequentemente relatado na literatura (THEODORO et al., 2003; SILVA et al., 2008).

Tabela 3. Abundância (Ind.arm.dia⁻¹) dos grupos da meso e macrofauna edáfica em função das proporções dos compostos orgânicos e da leguminosa⁽¹⁾. Período seco. Linhares, ES, 2010.

Leguminosa (feijão-de-porco)	Proporção do Composto 1 (%)					Proporção do Composto 2 (%)				
	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100
Coleoptera										
Com	0,36 abA*	0,56 abA	1,39 aA	0,61 abA	0,28 bA	0,36 aA	0,56 aA	0,56 aA	0,83 aA	1,06 aA
Sem	0,27 aA	0,72 aA	0,27 aB	0,89 aA	0,61 aA	0,27 aA	0,72 aA	1,00 aA	0,83 aA	0,95 aA
Isopoda										
Com	0,18 aA	0,83 aA	0,44 aA	1,44 aA	0,57 aB	0,18 aA	0,47 aA	0,24 aB	0,83 aA	1,33 aA
Sem	0,24 aA	0,61 aA	0,33 aA	1,55 aA	1,93 aA	0,24 bA	0,41 bA	1,45 abA	1,67 abA	2,33 aA
Formicidae										
Com	25,06 aA	28,61 aA	32,11 aA	30,61 aA	31,83 aA	25,06 aA	23,61 aA	34,44 aA	38,17 aA	68,72 aA
Sem	27,94 aA	52,56 aA	43,22 aA	48,45 aA	56,67 aA	27,94 bA	34,00 bA	41,22 bA	38,39 bA	108,06 aA
Abundância total										
Com	28,20 aA	32,39 aA	36,44 aA	36,83 aA	34,94 aA	28,20 aA	27,72 aA	38,17 aA	43,72 aA	77,28 aA
Sem	30,67 aA	58,61 aA	47,67 aA	54,67 aA	62,56 aA	30,67 bA	37,83 bA	47,22 bA	44,83 bA	118,17 aA

⁽¹⁾Os significados dos tratamentos estão detalhados no “Material e métodos” do Capítulo 2. *Para cada composto orgânico: médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).

Tabela 4. Abundância (Ind.arm.dia⁻¹) dos grupos da meso e macrofauna edáfica em função do tipo de composto orgânico. Período seco. Linhares, ES, 2010.

Leguminosa (feijão-de-porco)	Composto	Proporções (%) dos Compostos				
		0	25	50	75	100
Coleoptera						
Com	C1 ⁽¹⁾	0,36 A*	0,56 A	1,39 A	0,61 A	0,28 B
	C2 ⁽²⁾	0,36 A	0,56 A	0,56 B	0,83 A	1,06 A
Sem	C1	0,27 A	0,72 A	0,27 B	0,89 A	0,61 A
	C2	0,27 A	0,72 A	1,00 A	0,83 A	0,95 A
Isopoda						
Com	C1	0,18 ^{ns}	0,83	0,44	1,44	0,57
	C2	0,18	0,47	0,24	0,83	1,33
Sem	C1	0,24	0,61	0,33	1,55	1,93
	C2	0,24	0,41	1,45	1,67	2,33
Formicidae						
Com	C1	25,06 A	28,61 A	32,11 A	30,61 A	31,83 A
	C2	25,06 A	23,61 A	34,44 A	38,17 A	68,72 A
Sem	C1	27,94 A	52,56 A	43,22 A	48,45 A	56,67 B
	C2	27,94 A	34,00 A	41,22 A	38,39 A	108,06 A
Abundância total						
Com	C1	28,20 A	32,39 A	36,44 A	36,83 A	34,94 A
	C2	28,20 A	27,72 A	38,17 A	43,72 A	77,28 A
Sem	C1	30,67 A	58,61 A	47,67 A	54,67 A	62,56 B
	C2	30,67 A	37,83 A	47,22 A	44,83 A	118,17 A

⁽¹⁾ C1 (composto 1): preparado pela mistura entre capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1; ⁽²⁾C2 (composto 2): preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1. *Para cada nível de leguminosa: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste de Tukey. ^{ns}: não significativo ao nível de 10 % pelo teste de Tukey.

3.2.3 Índices ecológicos (sem Formicidae)

3.2.3.1 Estudo das proporções dos compostos dentro dos níveis do fator “leguminosa”

Na presença da leguminosa, há aumento da riqueza concomitante ao aumento das proporções dos compostos 1 e 2 (Figura 5). Verifica-se por meio dos modelos ajustados, em função das proporções dos dois compostos orgânicos, ajuste ao modelo quadrático para o C1 (Figura 5a) e ao modelo linear para o C2 (Figura 5b). A adubação mineral demonstra menor valor médio de riqueza, com 3 grupos taxonômicos de organismos (Figura 5a e 5b).

Com o aumento das proporções dos compostos na presença da leguminosa, a equitabilidade (J') e a diversidade (H') demonstram ajuste ao modelo linear para o C1 (Figura 6a e Figura 7a) e ao modelo quadrático para o C2 (Figuras 6b e 7b). A

ausência do composto (adubação mineral) demonstra menores valores de equitabilidade (J') e diversidade (H'), correspondendo a 0,296 e 0,356, respectivamente (Figura 6 e Figura 7). Estes resultados estão de acordo com Alves et al. (2008), que também observaram efeito negativo da adubação mineral (feita com uréia) sobre esses índices.

Na ausência de fonte orgânica (tratamentos AMF e AM), verifica-se redução do pH do solo e aumento do Al^{3+} em relação aos tratamentos de maior aporte de matéria orgânica (dados mostrados no Capítulo 2) e em relação a condição inicial do experimento. A acidificação do solo nesses tratamentos já era esperada uma vez que foi utilizada uma fonte amoniacal (sulfato de amônio), que promove redução do pH do solo (COSTA et al., 2008). A acidificação do solo pode ter influenciado negativamente a fauna edáfica, por meio da alteração da dinâmica dos nutrientes, da seleção de microrganismos, ou através da inibição de processos bioquímicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

3.2.3.2 Estudo da “leguminosa” dentro das proporções dos compostos orgânicos

Em relação à riqueza, nas proporções 50, 75 e 100% do composto 1, a presença da leguminosa nas parcelas não difere em relação a sua ausência (Figura 5a). Nas proporções 0 e 25%, a presença da leguminosa demonstra menor riqueza em relação a sua ausência.

A captura de organismos com armadilhas do tipo “pitfall” é um método que avalia a mobilidade da meso e macrofauna habitante da serapilheira (MEDIANERO et al., 2007). A presença da leguminosa na parcela que não recebeu composto orgânico e da que recebeu menor quantidade (25%), possivelmente diminuiu o forrageamento dos organismos, por meio da maior oferta de recursos (micro-habitat, microambiente, alimento, dentre outros) nas entrelinhas dos cafeeiros. O forrageamento próximo às armadilhas também pode ter diminuído em resposta ao não aporte ou baixo aporte de material orgânico via composto (escassez de recurso *in situ*), concentrando os organismos na faixa de solo melhorada pela leguminosa (entrelinhas dos cafeeiros).

A melhoria do solo imposta pela biomassa vegetal da adubação verde está relacionada ao aumento da disponibilidade de macro e micronutrientes, aumento do

pH e redução dos efeitos tóxicos do alumínio e do manganês (RICCI; RODRIGUES, 2009). Além disso, ajuda a trazer para a superfície os nutrientes das camadas mais profundas do solo e atenua as oscilações de temperatura e umidade, favorecendo a biota do solo (ESPINDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2005).

Na proporção 0%, a presença do feijão-de-porco confere maior desuniformidade (menor equitabilidade) em relação a sua ausência (Figura 6a e 6b). Na presença da leguminosa, pode ter ocorrido o favorecimento do forrageamento de alguns grupos específicos em detrimento de outros, o que proporcionou maior frequência de coleta desses grupos.

Em geral, nas proporções de ambos compostos orgânicos, a diversidade (H') demonstra semelhança com o comportamento da equitabilidade (J') em relação à presença e ausência da leguminosa (Figura 7a e 7b). Para a determinação da diversidade de Shannon (H'), além da riqueza, é levada em consideração a contribuição da abundância relativa de cada espécie em relação à proporção do número total de indivíduos da comunidade (equitabilidade) (RICKLEFS, 2003). Desse modo, a diversidade e a equitabilidade estão relacionadas, o que justifica o comportamento semelhante desses índices ecológicos. Assim, na proporção 0% de composto na presença da leguminosa, o provável favorecimento do forrageamento de determinados grupos proporciona maior frequência de coleta desses em detrimento de outros, resultando em menores índices de equitabilidade e diversidade.

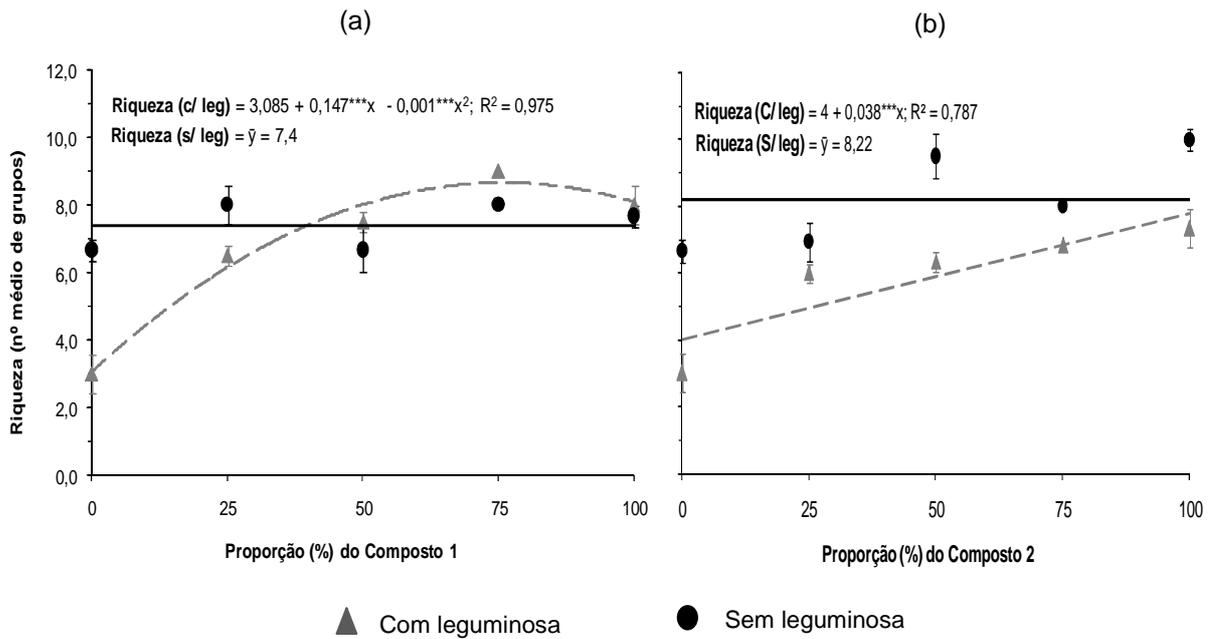


Figura 5. Valores médios de riqueza (nº de grupos da fauna) e erro padrão em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-deporco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 1,40. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

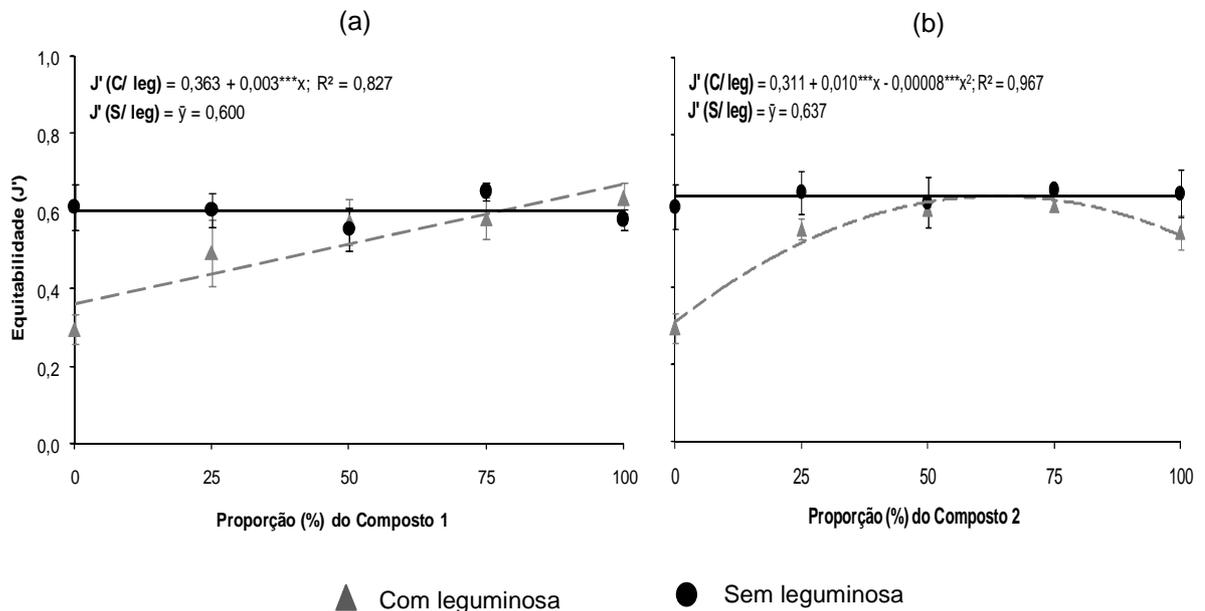


Figura 6. Valores médios de equitabilidade (J') e erro padrão em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-deporco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1157. (***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

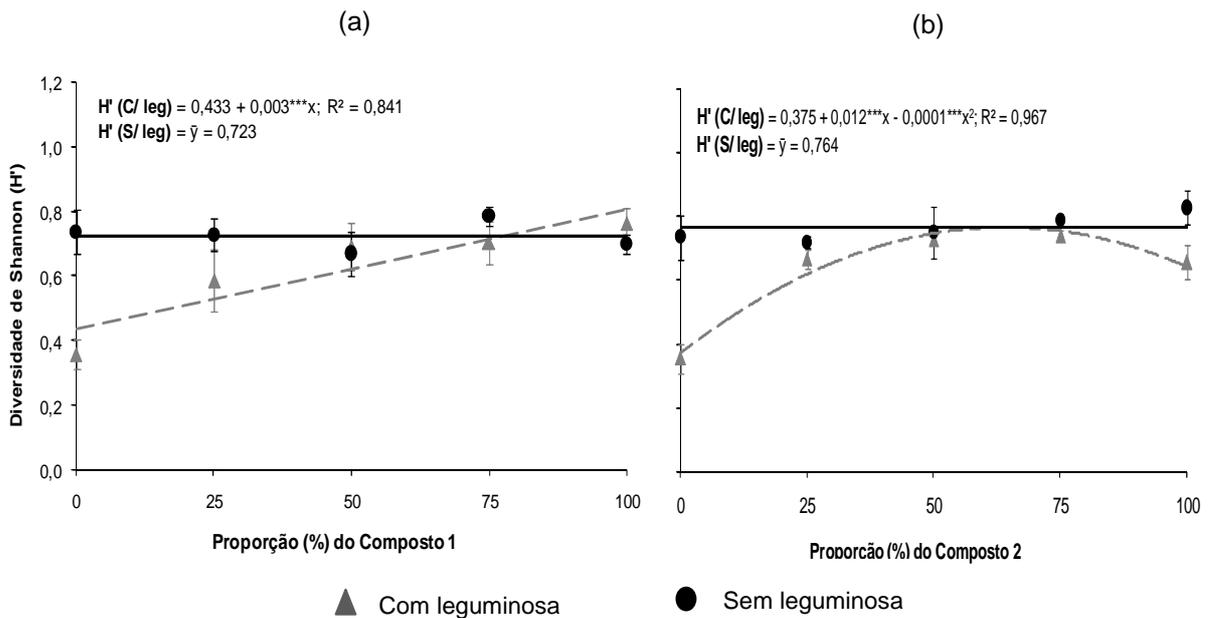


Figura 7. Valores médios de diversidade de Shannon (H') e erro padrão em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos: 0,1298 (***; **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente).

3.2.3.3 Estudo comparativo dos compostos orgânicos

Não há diferença ($p > 0,10$) para equitabilidade (J') na comparação do C1 com o C2 (Tabela 5). Para riqueza, na ausência da leguminosa, o C2 se sobressai em relação ao C1 nas proporções 50 e 100% (Tabela 5).

O índice de diversidade de Shannon (H') na ausência da leguminosa e na proporção de 100% se mostra maior com o C2 comparado ao C1 (Tabela 5).

O C2 possui relações C/N, C/P e C/S menores quando comparado ao C1, ou seja, se trata de um material que possui os elementos N, P e S mais disponíveis (SILVA; MENDONÇA, 2007). Além disso, o P aportado pelo C2 é quase sete vezes maior ao aportado pelo C1. Quando se considera em quantidade, na proporção 100%, são aportados $58,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}$ de P_2O_5 pelo C1 contra $388,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}$ pelo C2 (Tabela 1A no apêndice). Devido a sua baixa disponibilidade no solo, o P é considerado um elemento essencial nos processos de decomposição em regiões tropicais (MENDONÇA; STOTT, 2003).

Assim, é provável que a maior disponibilidade e concentração de nutrientes (principalmente de P) no C2 sejam determinantes para maiores índices de riqueza e diversidade (na proporção 100% e sem leguminosa). Nas áreas que receberam o C2 houve provável favorecimento dos microrganismos pré-existente no solo, que refletiu positivamente nos níveis tróficos acima (micro, meso e macrofauna).

Tabela 5. Riqueza média, Equitabilidade (J') e diversidade de Shannon (H') da meso e macrofauna edáfica em função do tipo de composto orgânico na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). Período seco. Linhares, ES, 2010.

Leguminosa (feijão-de-porco)	Composto	Proporções (%) dos Compostos				
		0	25	50	75	100
Riqueza						
Com	C1 ⁽¹⁾	3,0 A*	6,5 A	7,5 A	9,0 A	8,0 A
	C2 ⁽²⁾	3,0 A	6,0 A	6,3 A	6,8 B	7,3 A
Sem	C1	6,67 A	8,00 A	6,67 B	8,00 A	7,67 B
	C2	6,67 A	6,93 A	9,50 A	8,00 A	10,00 A
Equitabilidade (J')						
Com	C1	0,30 ^{ns}	0,49	0,57	0,58	0,63
	C2	0,30	0,55	0,61	0,62	0,55
Sem	C1	0,61 ^{ns}	0,60	0,56	0,65	0,58
	C2	0,61	0,65	0,62	0,66	0,65
Diversidade de Shannon (H')						
Com	C1	0,36 A	0,58 A	0,69 A	0,70 A	0,76 A
	C2	0,36 A	0,67 A	0,73 A	0,74 A	0,66 A
Sem	C1	0,74 A	0,73 A	0,67 A	0,79 A	0,70 B
	C2	0,74 A	0,72 A	0,75 A	0,79 A	0,83 A

⁽¹⁾ C1 (composto 1): preparado pela mistura entre capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1; ⁽²⁾ C2 (composto 2): preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1. *Para cada nível de leguminosa: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste de Tukey. ^{ns}: não significativo ao nível de 10 % pelo teste de Tukey.

4 CONCLUSÕES

Independentemente do manejo de adubação e do período de avaliação, Formicidae é o grupo de fauna predominante na superfície do solo no agroecossistema de café conilon.

Para os períodos avaliados (chuvoso e seco) e em todos os tratamentos, as formigas dominantes pertencem ao gênero *Pheidole* sp., e estão associadas com a

cochonilha da roseta do cafeeiro conilon (*Planococcus citri* e *Planococcus minor*), considerada “praga” dessa cultura.

O número total e a frequência de colêmbolos é maior no período chuvoso.

A adubação mineral desfavorece os grupos de fauna e a adição de adubos orgânicos associados ou não a fontes minerais pode ser benéfico para esses organismos.

A natureza do composto orgânico (relação C/N e disponibilidade de nutrientes) tem efeito sobre a abundância da fauna, principalmente de Isopoda, o que evidencia o hábito saprófago desse grupo, motivo pelo qual respondem positivamente ao aporte de matéria orgânica.

Em sistemas orgânicos iniciais há um desequilíbrio ecológico que favorece as populações de formigas associadas à cochonilha. Portanto, são necessários estudos sobre a ecologia dessas formigas com o objetivo de desenvolver estratégias de controle.

REFERÊNCIAS

ALMERÃO, M.P.; MENDONÇA JR, M.S., QUADROS, A.F.; PEDÓ, E., SILVA, L.G.R; ARAUJO, P.B. Terrestrial isopod diversity in the subtropical Neotropics: Itapuã State Park, southern Brazil. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 96, p. 473-477, 2006.

ALVES, M.V.; SANTOS, J.C.P.; GOIS, D.T.; ALBERTON, J.V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589-598, 2008.

AQUINO, A.M. **Manual para macrofauna do solo**. Seropédica, RJ: EMBRAPA Agrobiologia, 2001. 21p. (Documentos da Embrapa, 130).

ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. 1.ed. Planaltina: EMBRAPA, 1997. p. 363-443.

BANDYOPADHYAYA, I.; CHOUDHURI, D.K.; PONGE, J-F. Effects of some physical factors and agricultural practices on Collembola in a multiple cropping programme in West Bengal (India). **European Journal of Soil Biology**, v. 38, p. 111–117, 2002.

BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. **Mensuração do consumo de material vegetal depositado sobre o solo por diplópodes**. Seropédica, RJ: EMBRAPA Agrobiologia, 2007. 4p. (Circular Técnica da Embrapa, 20)

BRAGANÇA, S.M.; PREZOTTI, L.C.; LANI, J.A. Nutrição do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. 1.ed. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 299-330.

CORDEIRO, F.C.; DIAS, F.C.; MERLIM, A.O.; CORREIA, M.F.F. AQUINO, A.M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Revista Universidade Rural**, v. 24, p. 29-34, 2004.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p.137-154.

CORREIA, M.E.F.; AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. **Aspectos ecológicos dos Isopoda terrestres**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2008. 23p. (Documentos da Embrapa, 249).

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E.C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. i - alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1591-1599, 2008.

CULIK, M.P.; SOUZA J.L.; VENTURA, J.A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 21, p. 49–58, 2002.

DELABIE, J.H.C. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an Overview. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 501-516, 2001.

DELABIE, J.H.C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests**. Perth, Australia, 2000. p. 1-17.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n.1, p. 38-44, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura sustentável**. 1.ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. p. 435-451.

FERNANDES, M. M.; MAGALHÃES, L. M. S.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Revista Floresta**, v. 41, n. 3, p. 533-540, 2011.

FISCHER, R.C.; WANEK, W.; RICHTER, A.; MAYER, V. Do antsfeedplants? A ¹⁵N labelling study of nitrogen fluxes from ants to plants in the mutualism of Pheidole and Piper. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 126–134, 2003.

FORNAZIER, M. J. Cochonilha da roseta do café conilon. Disponível em: <<http://amarilsonoc.webnode.com/news/cochonilha-da-roseta-do-cafe-conilon/>>. Acesso em 10 set. 2011.

FROUZ, J.; JILKOVÁ, V. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 11, p. 191-199, 2008.

KLADIVKO, E.J.; TIMMENG, H.J. Earthworms and agricultural management. In: BOX, J.E.; HAMMOND, L.C. **Rhizosphere dynamics**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.192-216.

KÖNIG, H. Bacillus species in the intestine of termites and other soil invertebrates. **Journal of Applied Microbiology**, v. 101, p. 620–627, 2006.

LEROY, B.L.M.; SCHMIDT, O.; DEN BOSSCHE, A.V.; REHEUL, D.; MOENS, M. Earthworm population dynamics as influenced by the quality of exogenous organic matter. **Pedobiologia**, v. 52, p. 139-150, 2008.

LOUREIRO, S.; SAMPAIO, A.; BRANDÃO, A.; NOGUEIRA, A.J.A.; SOARES, A.M.V.M. Feeding behaviour of the terrestrial isopod *Porcellionides pruinosus* Brandt, 1833 (Crustacea, Isopoda) in response to changes in food quality and contamination. **Science of the Total Environment**, v. 369, p. 119–128, 2006.

MARHANA, S.; SCHEU, S. The influence of mineral and organic fertilisers on the growth of the endogeic earthworm *Octolasion tyraeum* (Savigny). **Pedobiologia**, v. 49, p. 239-249, 2005.

MEDIANERO, E.; CASTAÑO-MENESES, G.; TISHECHKIN, A.; BASSET, Y.; BARRIOS, H.; ØDEGAARD, F.; CLINEF, A.R.; BAILG, J. Influence of local illumination and plant composition on the spatial and seasonal distribution of litter-dwelling arthropods in a tropical rainforest. **Pedobiologia**, v. 51, p. 131-145, 2007.

MELO, F.V.; BROWN, G.G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, J.W.; ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2009. (Boletim Informativo).

MENDONÇA, E.S.; STOTT, D.E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 57, p. 117–125, 2003.

MERLIM, A.O.; GUERRA, J.G.M.; JUNQUEIRA, R.M.; AQUINO, A.M. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 57-61, 2005.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

MORALES, M.A. Mechanisms and density dependence of benefit in an ant-membracid mutualism. **Ecology**, v. 81, p. 482-489, 2000.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 135p.

MOREIRA, F.M.S; HUISING, E.J.; BIGNELL, D.E. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. 1.ed. Lavras: UFLA, 2010. 368p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 1.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434p.

PARR, C.L.; ANDERSEN, A.N.; CHASTAGNOL, A.; DUFFAUD, C. Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants. **Oecologia**, v. 151, p. 33-41, 2007.

PELLENS, R.; GARAY, I. Edaphic macroarthropod communities in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid (Myrtaceae) and *Acacia mangium* Wild (Leguminosae) in Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 35, p. 77-89, 2000.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975.165p.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória-ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RICCI, M.S.F.; RODRIGUES, M.B. **Desenvolvimento do feijão de porco plantado para adubação verde do cafeeiro cultivado sob manejo orgânico e arborizado**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2009. 20p. (Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, 44).

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2003. 503p.

RODRIGUES, W.C. DivEs - Diversidade de espécies - Guia do Usuário. Disponível em: <<http://www.ebras.bio.br/dives/>>. Acesso em 14 set. 2007.

RODRÍGUEZ-CASTAÑEDA, G.; FORKNER, R.E.; TEPE, E.J.; GENTRY, G.L.; DYER, L.A. Weighing Defensive and Nutritive Roles of Ant Mutualists Across a Tropical Altitudinal Gradient. **Biotropica**, v. 43, p. 343–350, 2011.

RONCHI, C.P.; DA MATTA, F.M. Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café conilon**. 1.ed. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 93-119.

SCHONA, N.L.; MACKAYB, A.D.; MINORA, M.A. Soil fauna in sheep-grazed hill pastures under organic and conventional livestock management and in an adjacent ungrazed pasture. **Pedobiologia**, v. 54, p. 161–168, 2011.

SILVA, E.B.; SILVA, A.C.; GRAZZIOTTI, P.H.; FARNEZI, M.M.M.; FERREIRA, C.A.; COSTA, H.A.O.; HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH_{smp} em organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2007-2013, 2008.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, R.F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C.R.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 865-871, 2007.

SILVEIRA, J.S.M.; CARVALHO, C.H.S. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: SDR/Procafé/EMBRAPA**, 1996. p. 99 – 100.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Blackwell: Oxford, 1979. 372p.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A.; ITAVAARA, M. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v. 72, p. 169-183, 2000.

WINK, C.; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K.; ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, p. 60-71, 2005.

WIWATWITAYA, D.; TAKEDA, H. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. **Ecological Research**, v. 20, p. 59–70, 2005.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há controvérsias sobre substituir a adubação convencional pela adubação orgânica no cafeeiro conilon e o efeito sobre a nutrição e a produtividade dessa cultura. Entre outros motivos, isso ocorre devido aos programas de melhoramento genético que desenvolveram variedades com alto potencial produtivo e grande exigência nutricional. Desse modo, existe a crença de que a nutrição do conilon deve ser feita basicamente por meio de adubos minerais de alta solubilidade. Isso diminui a oportunidade de utilizar os resíduos orgânicos disponíveis nas propriedades rurais, ao mesmo tempo em que se abdica dos benefícios trazidos pelo aporte da matéria orgânica aos solos, como fonte de energia e nutrientes para os organismos e plantas, aumento da capacidade de troca de cátions, tamponamento do pH, aumento do estoque de carbono com consequente redução da emissão de CO₂, entre outros.

Este trabalho mostra que é possível substituir parcialmente a adubação convencional por resíduos orgânicos (previamente compostados) no cafeeiro conilon. No Capítulo 2, verificou-se que essa substituição é uma alternativa para aumentar o estoque de carbono e nitrogênio e a fertilidade do solo no agroecossistema estudado. Os resultados mostram que o pH aumenta ($p < 0,10$) de forma linear com o incremento das proporções dos compostos e esse aumento promove reduções do Al³⁺ e do H + Al. Aos 30 dias após a adubação, ocorre aumento linear ($p < 0,10$) do carbono orgânico e estoque de carbono do solo na profundidade de 0-5 cm. No Capítulo 3, foi mostrada a influência dos tratamentos sobre os teores foliares de nutrientes e a produtividade do cafeeiro. O aumento das proporções dos compostos decresce ($p < 0,10$) os teores foliares de Mn provavelmente em resposta ao incremento do pH do solo. Nas condições deste estudo, para produtividades em torno de 61 a 66 sc ha⁻¹ (sacas beneficiadas por hectare), a proporção sugerida de substituição da fonte mineral por composto orgânico é de 37 a 40%, dependendo da qualidade do composto. Fatores econômicos podem justificar substituir até 75% da fonte mineral por fontes orgânicas sem comprometimento da produtividade. O efeito dos sistemas de adubação sobre

as comunidades da meso e macrofauna edáfica foi abordado no Capítulo 4. Os resultados mostram que independente do tratamento e do período de avaliação, Formicidae (formigas) pertencente ao gênero *Pheidole* sp. (associada com a cochonilha da roseta) é predominante. O estudo também mostrou que a adubação mineral desfavorece os grupos e a diversidade de fauna, e que a adição de composto orgânico associado ou não a fontes minerais é benéfica para esses organismos.

Apesar dos avanços obtidos com este trabalho, futuras pesquisas são necessárias para refinar tecnologicamente a forma de uso da adubação orgânica no cafeeiro conilon. Nesse sentido, são bem vindos estudos de médio e longo prazo que levem em consideração mais de uma colheita. Estudos que tratam de aspectos econômicos também são de muita valia, principalmente para sensibilizar a adesão dos cafeicultores às práticas de manejo conservacionistas. Para ampliar a abrangência de unidades produtivas, são importantes estudos em outras regiões com diferentes tipos de solo e clima. A melhor compreensão dos processos ecológicos que ocorrem no solo pode auxiliar na adoção de práticas sustentáveis.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Aporte de nutrientes por fonte orgânica e mineral

Tabela 1A. Aporte de macronutrientes (kg ha⁻¹ ano) da adubação do 1º ano agrícola (2009/2010) via compostos orgânicos e adubo mineral.

Proporções (%) de adubos	Forma aportada	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
0% Orgânico + 100% Mineral	Mineral ⁽¹⁾	380,0	60,0	350,0	63,3	-	473,7
	C1 ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-
	C2 ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-
25% Orgânico + 75% Mineral	Mineral	285,0	45,0	262,5	47,5	-	265,3
	C1	33,9	14,7	46,8	14,3	3,6	3,2
	C2	33,9	97,1	46,8	44,9	9,5	4,7
50% Orgânico + 50% Mineral	Mineral	190,0	30,0	175,0	31,7	-	238,8
	C1	67,8	29,4	93,7	28,5	7,2	6,3
	C2	67,8	194,2	93,7	89,8	18,9	9,3
75% Orgânico + 25% Mineral	Mineral	95,0	15,0	87,5	15,8	-	118,4
	C1	101,6	44,1	140,5	42,8	10,8	9,5
	C2	101,6	290,8	140,5	134,8	28,4	14,0
100% Orgânico + 0% Mineral	Mineral	-	-	-	-	-	-
	C1	135,5	58,8	187,3	57,1	14,5	12,6
	C2	135,5	388,5	187,4	179,7	37,9	18,7

⁽¹⁾ Mineral: utilizado o sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, como fonte de N, P e K, respectivamente. ⁽²⁾ C1 (composto 1): preparado pela mistura entre capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1 (v:v); ⁽³⁾ C2 (composto 2): preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v).

Tabela 2A. Aporte de micronutrientes (g ha⁻¹ ano) e carbono orgânico (CO) da adubação do 1º ano agrícola (2009/2010) via compostos orgânicos.

Proporções (%) de adubos	Forma aportada	Cu	Mn	Fe	Zn	B	CO
0% Orgânico + 100% Mineral	Mineral ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-
	C1 ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-
	C2 ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-
25% Orgânico + 75% Mineral	Mineral	-	-	-	-	-	-
	C1	63,01	142,94	11543,93	46,75	52,62	779,2
	C2	255,52	618,04	3930,32	512,83	46,18	378,6
50% Orgânico + 50% Mineral	Mineral	-	-	-	-	-	-
	C1	126,01	285,87	23087,87	93,50	105,24	1558,3
	C2	511,03	1236,08	7860,64	1025,65	92,37	757,1
75% Orgânico + 25% Mineral	Mineral	-	-	-	-	-	-
	C1	189,02	428,81	34631,80	140,25	157,85	2337,5
	C2	768,55	1854,11	11790,96	1538,48	138,55	1135,7
100% Orgânico + 0% Mineral	Mineral	-	-	-	-	-	-
	C1	252,03	571,75	46175,74	187,00	210,47	3116,7
	C2	1022,06	2472,15	15721,28	2051,30	184,74	1514,2

⁽¹⁾ Mineral: utilizado o sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, como fonte de N, P e K, respectivamente. ⁽²⁾ C1 (composto 1): preparado pela mistura entre capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e palha-de-café na proporção 1:1 (v:v); ⁽³⁾ C2 (composto 2): preparado pela mistura de capim elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v).

APÊNDICE B – Fotos do experimento de café conilon



Figura 1B. Visão da lavoura de café conilon no momento da colheita de frutos em junho de 2011. Linhares, ES, 2011.



Figura 2B. Manejo dos compostos orgânicos com a participação do agricultor: (A) Montagem das leiras ao lado da lavoura experimental; (B) Reviramento manual das leiras de composto. Linhares, ES, 2009.



Figura 3B. Armadilhas de queda tipo “pitfall” (potes plásticos) utilizadas para a coleta da meso e macrofauna edáfica na lavoura de café conilon. Linhares, ES, 2010.

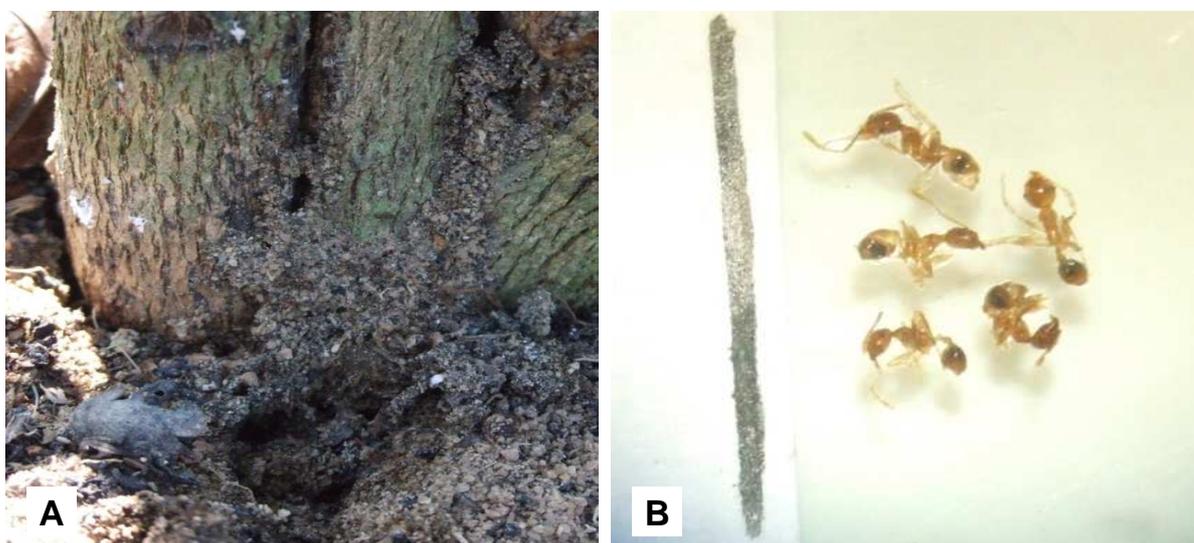


Figura 4B. Formiga *Pheidole* sp. encontrada em associação com a cochonilha da roseta do cafeeiro conilon: (A) colônia localizada no solo da base do cafeeiro; (B) exemplares de *Pheidole* sp. coletadas na lavoura experimental. Linhares, ES, 2010.

APÊNDICE C – Resumos da análise de variância (ANOVA) e coeficiente de variação (CV) do experimento de café conilon

Tabela 1C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de produtividade e teores foliares de macronutrientes em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios						
		Produt.	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2	96,93*	11,32 ^{ns}	0,20**	34,54*	3,95**	0,08 ^{ns}	0,28**
Composto	1	47,44 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	19,72 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Leguminosa	1	70,35 ^{ns}	2,82 ^{ns}	0,22*	17,28 ^{ns}	5,10**	0,34**	0,03 ^{ns}
Dose	4	4294,67***	13,31 ^{ns}	0,57***	24,73*	4,32***	0,08 ^{ns}	0,54***
Composto x leguminosa	1	459,65***	46,82**	0,09 ^{ns}	26,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto x dose	4	46,89 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,11 ^{ns}	19,90 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	52,16 ^{ns}	7,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	6,00 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,15*	0,02 ^{ns}
Composto x leguminosa x dose	4	173,75***	4,27 ^{ns}	0,04 ^{ns}	9,25 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV%		15,06	7,82	12,43	11,68	10,53	11,13	10,66

***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 2C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos teores foliares de micronutrientes em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Cu	Mn	Fe	Zn	B
Bloco	2	14,82*	263,75 ^{ns}	1995,00***	0,47 ^{ns}	48,72 ^{ns}
Composto	1	0,00 ^{ns}	1960,82*	1,67 ^{ns}	0,82 ^{ns}	8,82 ^{ns}
Leguminosa	1	26,67**	1260,42 ^{ns}	201,67 ^{ns}	2,02*	54,15 ^{ns}
Dose	4	135,79***	4244,67***	168,33 ^{ns}	2,72**	520,08**
Composto x leguminosa	1	0,07 ^{ns}	1450,42*	1,67 ^{ns}	0,42 ^{ns}	22,82 ^{ns}
Composto x dose	4	8,46 ^{ns}	774,48 ^{ns}	118,33 ^{ns}	1,02 ^{ns}	31,98 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	5,04 ^{ns}	352,67 ^{ns}	76,67 ^{ns}	0,81 ^{ns}	135,90 ^{ns}
Composto x leguminosa x dose	4	0,94 ^{ns}	376,42 ^{ns}	93,33 ^{ns}	0,21 ^{ns}	7,73 ^{ns}
CV%		23,74	30,93	17,95	10,71	27,15

***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 3C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de pH, H+Al, Al³⁺, Ca e Mg do solo em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		pH	Al ³⁺	H + Al	Ca	Mg
Bloco	2	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,76*	0,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Composto	1	0,40*	0,00 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Leguminosa	1	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Dose	4	5,31***	0,07**	4,56***	0,71**	0,25***
Composto x leguminosa	1	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto x dose	4	0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Composto x leguminosa x dose	4	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}
CV%		6,51	86,56	17,14	32,34	27,83

***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 4C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de P, K, Zn, Fe, Mn e B do solo em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		P	K	Zn	Fe	Mn	B
Bloco	2	26,78 ^{ns}	1231,55 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,03*
Composto	1	6801,09***	35186,82***	0,07***	0,10 ^{ns}	2,52 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Leguminosa	1	193,68 ^{ns}	23720,82**	0,01 ^{ns}	2,32*	4,32*	0,01 ^{ns}
Dose	4	64,94 ^{ns}	74455,07***	0,02***	5,32***	1,65 ^{ns}	0,07***
Composto x leguminosa	1	80,74 ^{ns}	14384,02**	0,00 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto x dose	4	897,42**	26414,73***	0,02***	1,05 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	7,07 ^{ns}	3849,23 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Composto x leguminosa x dose	4	163,25 ^{ns}	8426,77*	0,00 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV%		41,75	28,76	32,11	19,02	41,83	16,40

***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 5C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de soma de bases (SB), saturação por bases (V), CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T) do solo em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		SB	V	t	T
Bloco	2	0,24 ^{ns}	130,60 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Composto	1	1,30*	193,32 ^{ns}	1,19*	0,27 ^{ns}
Leguminosa	1	0,26 ^{ns}	3,60 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,27*
Dose	4	4,34***	1392,12***	3,32***	0,78*
Composto x leguminosa	1	0,66 ^{ns}	111,25 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Composto x dose	4	0,30 ^{ns}	28,18 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	0,59 ^{ns}	48,57 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,05**
Composto x leguminosa x dose	4	0,22 ^{ns}	8,69 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,54 ^{ns}
CV%		25,30	21,04	21,55	10,23

***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 6C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de Ds, COT e NT aos 240 dias após a adubação do 1º ano agrícola em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Ds	COT	NT
Bloco	2	0,03**	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Composto	1	0,02*	0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Leguminosa	1	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Dose	4	0,03***	0,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Composto x leguminosa	1	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto x dose	4	0,01*	0,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto x leguminosa x dose	4	0,01*	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV%		5,29	36,91	45,54

***, **, *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 7C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de Ds, COT, ESTC, NT e ESTN aos 30 dias após a adubação do 2º ano agrícola em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Ds	COT	ESTC	NT	ESTN
Bloco	2	0,07*	666,15***	165,58***	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto	1	0,00 ^{ns}	111,19*	58,97**	0,08**	0,03**
Leguminosa	1	0,01 ^{ns}	46,96 ^{ns}	17,06 ^{ns}	0,15***	0,09***
Dose	4	0,13***	249,51***	83,83 ^{ns}	1,00***	0,31***
Composto x leguminosa	1	0,01 ^{ns}	2,26 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Composto x dose	4	0,03 ^{ns}	33,89 ^{ns}	12,97 ^{ns}	0,68***	0,01*
Leguminosa x dose	4	0,01 ^{ns}	35,85 ^{ns}	21,35 ^{ns}	0,07***	0,03**
Composto x leguminosa x dose	4	0,00 ^{ns}	24,70 ^{ns}	10,61 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV%		11,58	44,15	41,49	22,47	24,70

***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 8C. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) dos valores de Riqueza, Equitabilidade (J') e Diversidade de Shannon (H') da meso e macrofauna edáfica em função das doses ou proporções (0; 25; 50; 75 e 100%) dos compostos orgânicos (C1 e C2) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Riqueza	Equitabilidade (J')	Diversidade de Shannon (H')
Bloco	2	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Composto	1	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Leguminosa	1	31,97***	0,15***	0,21***
Dose	4	22,24***	0,05***	0,08***
Composto x leguminosa	1	11,09***	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Composto x dose	4	2,38*	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Leguminosa x dose	4	5,24***	0,05***	0,07***
Composto x leguminosa x dose	4	2,85*	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV%		14,36	14,76	13,78

***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente; e ^{ns} não significativo pelo teste F