

**EMERSON FERREIRA VILELA**

**CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEIEIRO E FRAÇÕES DE NITROGÊNIO E  
CARBONO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA  
ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

V699c  
2011

Vilela, Emerson Ferreira, 1983-

Crescimento inicial de cafeeiro e frações de nitrogênio e carbono da matéria orgânica do solo em função da adubação orgânica / Emerson Ferreira Vilela. – Viçosa, MG, 2011. ix, 53f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Solo - Fertilidade. 2. Solo - Matéria orgânica. 3. Solo - Teor de nitrogênio. 4. Solo - Teor de carbono. 5. Café - Adubação. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 631.42

**EMERSON FERREIRA VILELA**

**CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEIEIRO E FRAÇÕES DE NITROGÊNIO E  
CARBONO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA  
ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de julho de 2011

---

Prof. Eduardo de Sá Mendonça

---

Prof. Gilberto Bernardo de Freitas

---

Prof. Ivo Jucksch

---

Prof<sup>a</sup>. Tatiana Pires Barrella

---

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me dado o dom da vida e pela presença constante durante todo o meu percurso que fez na minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao Prof. Ricardo Henrique Silva Santos pela orientação e amizade ao longo da graduação e pós graduação.

Ao Prof. Eduardo de Sá Mendonça pela amizade, conselhos e orientações.

À Silvânia pelo carinho e amor.

Aos colegas do Laboratório de Agroecologia, um agradecimento especial pela ajuda e amizade.

À meus pais Devair e Cleuza e meus irmãos Reggiani e Wadson por estarem sempre presentes na minha vida.

À família Pelinsari por me fazer sentir como um membro da família.

Aos técnicos do Laboratório de Matéria orgânica e Resíduos Brás, e Luís Carlos.

À igreja Universal do Reino de Deus pelos ensinamentos.

## **BIOGRAFIA**

EMERSON FERREIRA VILELA, filho de Devair Rezende Vilela e Cleuza Gonçalves Ferreira Vilela nasceu em Coronel Fabriciano, Minas Gerais, em 03 de agosto de 1983.

Iniciou o curso de graduação em Agronomia em 2004, na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em 2009.

Em 2009 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em julho de 2011.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2

### **CAPÍTULO 1**

#### **CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS ADUBADOS COM MUCUNA, AMENDOIM-FORRAGEIRO OU SULFATO DE AMÔNIO.**

Resumo	4
1. Introdução	5
2. Objetivos	7
2.1- Objetivo geral	7
2.2- Objetivos específicos	7
3. Material e métodos	7
3.1 Localização e características gerais do experimento	7
3.2 Variáveis avaliadas nos cafeeiros	8
3.3 Estatística	9
4. Resultados e discussão	9
4.1 Crescimento dos cafeeiros	9
4.2 Efeito sobre a fertilidade do solo	14
5. Conclusões	17
6. Referências bibliográficas	17

### **CAPÍTULO 2**

#### **COMPARTIMENTALIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E FORMAS DO NITROGÊNIO EM SOLOS DE CAFEZAIS SOB ADUBAÇÃO VERDE COM LEGUMINOSAS**

Resumo	21
1. Introdução	22

2. Objetivos	24
2.1- Objetivo geral	24
2.2- Objetivos específicos	24
3. Materiais e métodos	25
3.1 Localização e características gerais do experimento	25
3.1.1 Tratamentos	26
3.2. Cronograma de manejo do experimento	26
3.3 Análises N e C solo	29
3.5 Estatística	31
4. Resultados e discussões	31
4.1 COT e N.Total	31
4.2 Carbono e Nitrogênio nas substâncias húmicas	33
4.3 Carbono Oxidável	38
4.4 Carbono e nitrogênio na biomassa microbiana	40
5. Conclusões	43
6. Considerações finais	43
7. Referências bibliográficas	44
8 Anexo	50

## RESUMO

VILELA, Emerson Ferreira. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2011. **Crescimento inicial de cafeeiro e frações de nitrogênio e carbono da matéria orgânica do solo em função da adubação orgânica.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.

O presente trabalho foi conduzido em dois experimentos, ambos com cafeeiros cultivar Oeiras. O primeiro experimento avaliou o efeito do fornecimento de macro e micronutrientes, exceto do N, por leguminosas sobre o crescimento inicial de cafeeiros e sobre a fertilidade do solo. Os tratamentos consistiram de três tipos de adubações, sendo adubação apenas com massa de leguminosas (massa de mucuna – *Mucuna pruriens* ou de amendoim-forrageiro – *Arachis pintoi*) ou adubação apenas com sulfato de amônio. O crescimento dos cafeeiros foi avaliado por um ano, mensalmente, pelos dados da altura da planta (cm), perímetro do caule (cm), número total de folhas, número total de ramos plagiotrópicos, número total de nós e diâmetro da copa (cm). A fertilidade do solo foi avaliada por análise de rotina ao final do experimento. O segundo experimento avaliou o efeito da adubação verde e de doses de adubação orgânica sobre o teor e compartimentalização de C e N no solo de cafezal em campo. Os tratamentos foram: L100%- café consorciado com a leguminosa labelabe cortada aos 90 dias, com 100% adubação orgânica; L50%- café consorciado com a leguminosa labelabe cortada aos 90 dias, com 50% adubação orgânica; T100%- café sem leguminosa, com 100% adubação orgânica; T50%- café sem leguminosa, com 50% da adubação orgânica. Foram realizadas coletas de solo em out/09; fev/10; mar/10; abr/10 out/10; fev/11; mar/11; abr/11. As determinações na matéria orgânica do solo foram: Teor de C e N da biomassa microbiana, de carbono orgânico total (COT), de nitrogênio total (NT), de C e N das substâncias húmicas (a fração ácidos fúlvicos (FAF), a fração ácidos húmicos (FAH) e as huminas (HUM)) e frações de carbono oxidável (F1, F2, F3, F4). No primeiro experimento os cafeeiros que receberam adubações com massa de mucuna ou massa de amendoim forrageiro apresentaram maior crescimento vegetativo e o solo apresentou maior fertilidade do que com a adubação com sulfato de amônio. No segundo experimento não houve efeito de interação entre tratamentos e épocas de avaliação em nenhuma das variáveis avaliadas. Tanto no início quanto no final das avaliações não houve efeito dos tratamentos sobre nenhuma das variáveis. Houve efeito da época de amostragem sobre todas as variáveis exceto o teor de carbono para a fração ácido húmico e as frações oxidáveis (F2, F3). O COT aumentou em média de 1,47 para



1,87dag/Kg, o teor de NT diminuiu em média de 0,16 para 0,13 dag/Kg, o teor de carbono humina diminuiu em média de 1,2 para 1,13 dag/Kg, o teor de nitrogênio humina também diminuiu, em média de 0,105 para 0,075dag/Kg, o teor de carbono da biomassa foi em média de 193 para 94mg/Kg e nitrogênio da biomassa foi de 15,49 para 21,49 mg/Kg. Esses resultados indicam que houve mudança de carbono e nitrogênio nos compartimentos da matéria orgânica.

## ABSTRACT

VILELA, Emerson Ferreira. M.Sc., Federal University of Viçosa, July 2011. **Early coffee shrub growth and nitrogen and carbon fractions in soil as a function of organic fertilization.** Advisor: Ricardo Henrique Silva Santos.

This research was conducted in two experiments, both with coffee variety Oeiras. The first assessed the effect of the supply of nutrients other than N-legume on the initial growth of coffee and on soil fertility. The treatments consisted of three types of fertilizer: ammonium sulphate; mass of grey velvet bean or mass of pinto peanut. The growth of coffee plants was monthly assessed by measuring plant height (cm), stem perimeter (cm), total number of leaves, total number of branches, total number of nodes and diameter of the tree (cm). Soil fertility was assessed by routine analysis at the end of the experiment. The second experiment evaluated the effect of green manure and organic fertilizer application on the content and compartmentalization of C and N in the soil of coffee plantation under organic fertilization treatments were: (L100%) coffee intercropped with a legume to cut labelabe 90 days, with 100% organic fertilizer, (L50%) coffee intercropped with the legume labelabe cut to 90 days, with 50% organic fertilizer; (% T100) coffee without legume, with 100% organic fertilizer, (T50%) coffee without legume, with 50% of organic manure. Soil samples were collected in Oct/09, Feb/10, Mar/10, Apr/10 Oct/10; fev/11; mar/11; abr/11. The analysis in soil organic matter were: C and N microbial biomass, total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), C and N of humic substances [fulvic acid fraction (FAF), humic acid fraction (HAF) and humin (HUM)], fractions of carbon oxidized (F1, F2, F3, F4). In the second experiment there was no interaction effect between treatment and evaluation periods in any of the variables evaluated. At each time either the beginning or the end of the evaluations there was no treatment effect on any of the variables. There was an effect of sampling time on all variables, except for carbon FAH and carbon oxidized (F2, F3). The COT has increased on average from 1.47 to 1.87 dag / kg, the amount of NT decreased on average from 0.16 to 0.13 dag / kg, the carbon humin decreased on average from 1.2 to 1, 13 dag / kg, the humin nitrogen content also decreased on average from 0.105 to 0.075 dag / kg, the carbon content of biomass was on average 193 to 94mg/Kg biomass and nitrogen was 15.49 to 21 49 mg / kg. These results

indicate that there was a change of carbon and nitrogen in the compartments of soil organic matter.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Uma lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.) pode requerer recomendações entre 120 e 470 kg/ha de N, 120 a 400 kg/ha de K<sub>2</sub>O e de 15 a 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MATIELLO *et al.*, 2005) sendo que o preço dos fertilizantes é um dos itens que mais encarece os custos de produção, com um valor médio de 23% do custo total de produção do café. Além disso, o Brasil importa 90% do K, 50% do P utilizados em sua agricultura.

Paralelamente há uma crescente demanda por utilização de insumos de origem biológica e renovável para produção agrícola e processos de ciclagem de nutrientes devem crescer de importância para a nutrição dos cafeeiros.

Nesse sentido a adubação verde com leguminosas, além de contribuir para a melhoria da fertilidade do solo, poderá reduzir problemas como os gastos com capinas, e redução na utilização de fertilizantes inorgânicos, significando redução nos custos dessa prática, aumento da ciclagem de nutrientes e manutenção da microbiota fornecendo a maior parte do nitrogênio e potássio para a nutrição de cafeeiros conduzidos em sistemas orgânicos (LIMA *et al.*, 2002). CHAVES *et al.* (2001) verificaram que a adubação verde promoveu melhorias no ambiente radicular do cafeeiro, conduzindo a uma nutrição mais equilibrada e tornando-o menos sujeito à ataques da doença cercosporiose e mais resistente à perda de ramos produtivos.

No cultivo orgânico, a oferta de nutrientes pela adubação orgânica é distinta da adubação com fertilizantes altamente solúveis. Se, na utilização dos adubos industriais, o objetivo é suprir as plantas com diferentes formulações e concentrações, a adubação orgânica busca o equilíbrio entre os diferentes constituintes do solo. A disponibilização dos nutrientes contidos nos resíduos orgânicos é lenta, o que pode levar a uma redução das perdas. Além disso, observa-se o aumento da população de minhocas, insetos, fungos e bactérias benéficas ao solo. Esses organismos vivem associados às raízes e podem ser úteis às plantas mediante processos simbióticos ou mesmo pela mineralização dos resíduos. Outro fato que merece destaque é a melhoria das propriedades físicas do solo, permitindo um melhor desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento vegetal (CANELLAS *et al.*, 2005).

Entre os efeitos da adubação verde na fertilidade do solo estão o aumento do teor de matéria orgânica (CALEGARI, *et al.*, 1995; LIMA *et al.*, 2002). Para facilitar o entendimento da natureza dinâmica da Matéria Orgânica do Solo - MOS e a influência do manejo sobre a disponibilidade de nutrientes e mudanças no ambiente do solo, têm-

se desenvolvido o conceito de compartimentos da matéria orgânica. Quatro compartimentos baseados na dinâmica do C são propostos: (1) o compartimento constituído pela biomassa microbiana do solo e (2) o compartimento lábil, de compostos prontamente oxidáveis, são indicadores mais sensíveis ao manejo. (3) o compartimento físico ou estruturalmente protegido, muito lentamente oxidável, associado aos agregados do solo e controlado pelas práticas de manejo e (4) o compartimento recalcitrante, sob influência direta da mineralogia da argila, dificilmente afetado pelas práticas de manejo (DUXBURY *et al.*, 1989).

Os estudos da compartimentalização da matéria orgânica do solo auxiliam o entendimento da qualidade, disponibilidade e atividade dos nutrientes nos substratos orgânicos em diferentes compartimentos do solo, sendo a chave para entender e descrever os processos de mineralização-imobilização dos nutrientes na forma orgânica.

A mineralização líquida do N, P e S da MOS ocorre quando as relações C/N, C/P e C/S forem, respectivamente, menores que 30, 200 e 300. Isso indica que o requerimento relativo de N pelos microrganismos é proporcionalmente maior que o de P e esse maior que o de S. Em geral, resíduos orgânicos contendo menos que 1,2% de N; 0,2% de P e 0,2% de S promoverão imobilização líquida desses nutrientes durante sua decomposição (SIQUEIRA, 1993).

A presente dissertação foi dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo teve como objetivos avaliar o efeito do fornecimento de outros nutrientes além do N por leguminosas sobre o crescimento inicial de cafeeiros e sobre a fertilidade do solo. O objetivo do segundo capítulo foi avaliar o efeito da adubação verde e de doses de adubação orgânica sobre o teor e compartimentalização de C e N na matéria orgânica do solo de cafezal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CALEGARI, A. Leguminosas de verão para adubação verde no Paraná. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1995. 117 p.(Circular, 80).

CANELLAS, L.P.; BUSATO, J.G.; CAUME, D.J. O uso e manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In.: CANELLAS.L.P. & SANTOS, G. A. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, p. 244-267, 2005.

CHAVES, J.C.D. Contribuições adicionais da adubação verde para a lavoura cafeeira. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001, Vitória. Resumos... Brasília: EMBRAPA CAFÉ. 1, p.164-165, 2001.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C. et al. Eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, Niftal Project, 1989. p. 33-67.

LIMA, P.C.; MOURA, W.M.; AZEVEDO, M.S.F.R.; CARVALHO, A.F. Estabelecimento de cafezal orgânico. Informe Agropecuário, 23, 33-52, 2002.

MATIELLO, J.B; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R; ALMEIDA, S.R; FERNANDES, D.R. **Cultura do café do Brasil**, Novo manual de Recomendação. Brasília: MAPA/ Procafé e Fundação Procafé, 434p. 2005.

SIQUEIRA, J. O. Biologia do solo. ESAL-FAEPE, Lavras, 1993. 230p.

## CAPÍTULO 1

### CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS ADUBADOS COM MUCUNA, AMENDOIM-FORRAGEIRO OU SULFATO DE AMÔNIO.

#### Resumo

O cafeeiro possui alta demanda nutricional e o preço dos fertilizantes encarecem os custos de produção. Paralelamente há crescente demanda por insumos de origem biológica e renovável para produção agrícola e a adubação verde pode contribuir com a nutrição dos cafeeiros. No entanto os estudos sobre adubação verde em cafezais têm como foco o N enquanto as leguminosas acumulam em seus tecidos quantidades significativas de outros nutrientes. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do fornecimento de macronutrientes exceto o N por leguminosas sobre o crescimento inicial de cafeeiros e sobre a fertilidade do solo. O trabalho foi realizado de 01/10/2009 até 01/09/2010. Os tratamentos consistiram de três tipos de adubações: sulfato de amônio; massa de mucuna e massa de amendoim-forrageiro. O crescimento dos cafeeiros foi avaliado por um ano, mensalmente, pelos dados da altura da planta (cm), perímetro do caule (cm), número total de folhas, número total de ramos plagiotrópicos, número total de nós e diâmetro da copa (cm). A fertilidade do solo foi avaliada por análise de rotina ao final do experimento. As diferenças no crescimento vegetativo do cafeeiro expressaram-se a partir do quarto mês após o plantio. Os cafeeiros que receberam adubações com massa de mucuna ou massa de amendoim forrageiro apresentaram crescimento vegetativo cerca de 60% maior do que os cafeeiros que receberam somente adubação nitrogenada com sulfato de amônio. Os solos adubados com leguminosas apresentaram maior fertilidade nos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu) do que os solos que receberam sulfato de amônio, a despeito do maior crescimento dos cafeeiros verificado nesses solos.

## 1. Introdução

A alta demanda nutricional dos cafeeiros pode atingir recomendações entre 120 e 470 kg/ha de N, 120 a 400 kg/ha de K<sub>2</sub>O e de 15 a 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MATIELLO *et al.*, 2005). O preço dos fertilizantes é um dos itens que mais encarece os custos de produção do café. Além disso, o Brasil importa cerca de 90% do K, 50% do P que utiliza na agricultura e 70% da energia utilizada na fabricação de fertilizantes nitrogenados.

Paralelamente há uma crescente demanda por utilização de insumos de origem biológica e renovável para produção agrícola e processos de ciclagem de nutrientes devem crescer de importância para a nutrição dos cafeeiros. Nesse sentido é importante o estudo de alternativas nutricionais que visem diminuir os custos e a dependência de insumos industriais da cafeicultura, sem implicar em perdas significativas de produtividade e qualidade. O custo da adubação representa cerca de 23% do custo total de produção do café.

A utilização de leguminosas capazes de realizar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico pode atuar como fonte de N para os cafeeiros (COELHO *et al.*, 2006; RICCI *et al.*, 2002). A adubação verde com leguminosas concentra outros nutrientes na camada superficial do solo e promove melhorias no ambiente radicular dos cafeeiros (CHAVES *et al.*, 2001). Em sistemas agroecológicos, uma alternativa para adubação com potássio consiste no uso de rochas como fonte de potássio, e para aumentar a eficiência do uso de rochas nos agroecossistemas, a adubação verde com leguminosas merece destaque (ESPINDOLA *et al.*, 2005). CANTO (1989), estudando os efeitos da introdução de leguminosas (mucuna preta e feijão guandu) de cobertura em culturas perenes encontrou acréscimos nos valores médios de cálcio e na soma de bases nos solos. Com relação ao enxofre no solo, ele encontra-se principalmente armazenado na forma orgânica. A manutenção de teores adequados de matéria orgânica garante o suprimento gradual de S às plantas, através da mineralização. A maior parte do enxofre do solo, em geral mais de 90%, encontra-se em formas orgânicas. A redução do revolvimento do solo associada à rotação de culturas com alta produção de resíduos vegetais é uma alternativa para a recuperação dos teores de matéria orgânica.

O fósforo dos fertilizantes minerais reage de modo mais ou menos rápido com determinados componentes do solo sendo por isso convertido em outras formas que as plantas não absorvem ou só o faz com dificuldades. Uma alternativa para minimizar



esse efeito é o uso de leguminosas. MATOS (2008) observou que cerca de 40% do fosforo é liberado após primeiros 15 dias de decomposição das leguminosas, mostrando o fornecimento gradual desse nutriente no solo.

Apesar do potencial da adubação verde para a cafeicultura, existem aspectos pouco conhecidos e mesmo resultados contraditórios quanto aos seus efeitos. Essas diferenças de resultados podem ser atribuídas à escolha certa da época de plantio e corte ou poda, uma vez que a disponibilização dos nutrientes da massa das leguminosas deve ocorrer em sincronia com o período de maior demanda de nutrientes pelos cafeeiros (outubro-março no Sudeste) e não no período de crescimento reduzido ou paralisado (BARRELLA, 2010). Por exemplo, há relatos do efeito do guandu em elevar a produtividade de cafeeiros adubados organicamente de 33 para 40,8 sc/ha, quando não foi aplicada palha de café (MALTA *et al.*, 2007). Contudo, a mesma espécie não influenciou a produtividade em experimento similar (THEODORO *et al.*, 2009).

A maioria dos estudos sobre adubação verde em cafezais tem como foco o N. No entanto as leguminosas acumulam em seus tecidos quantidades significativas de outros nutrientes (ARAÚJO & BALBINO, 2007; MATOS *et al.*, 2008). Em solo de alta fertilidade o cultivo de *Crotalaria juncea* por 68 dias resultou no acúmulo de 32,48 kg/ha de P, 293,28 kg/ha de K, 90,87 kg/ha de Ca e 64,03 kg/ha de Mg (PERIN *et al.*, 2010). Dentre as leguminosas a mucuna cinza (*Mucuna pruriens*) e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) se destacam pela rusticidade, facilidade de associação com rizóbios e produção de massa e incorporação de N-FBN (BORKET *et al.*, 2003). A mucuna pode acumular cerca de 280, 26, 144, 70 e 24 kg/ha de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, em locais onde a produção de massa seca é superior a 7,5 t/ha<sup>1</sup> ano (BORKET *et al.*, 2003).

Os nutrientes acumulados nas leguminosas são mineralizados após o corte, tornando-se disponíveis para absorção pelos cafeeiros. Em experimento na Zona da Mata de Minas Gerais, foram avaliadas a decomposição da massa e a liberação de nutrientes das diversas leguminosas e todas apresentam uma fase inicial de rápida decomposição (cerca de 15 dias) (LIMA *et al.*, 2009).

A decomposição e a mineralização dos nutrientes da massa das leguminosas podem alterar as características químicas dos solos. A presença de leucena nas entrelinhas dos cafeeiros, podada três vezes ao ano, elevou o pH do solo a 60 cm profundidade (CHAVES, 2000). O mesmo autor relata efeito de bombeamento de nutrientes pela leucena, resultando em elevação dos teores de Ca, Mg e K, além de

carbono orgânico, na camada superficial. Contudo, em amostras coletadas 60 dias após a incorporação de *C. juncea*, *C. spectabilis*, guandu, mucuna-anã ou soja, somente o teor de matéria orgânica foi mais elevado do que a testemunha (sem consorciação com leguminosas), permanecendo similares o pH e os teores de K, Ca e Mg, H+Al e CTC (PAULO *et al.*, 2001).

## **2- Objetivos**

### **2.1- Objetivo geral**

Avaliar o efeito do fornecimento de macro e micronutrientes por leguminosas no desenvolvimento inicial de cafeeiro.

### **2.2- Objetivos específicos**

1. Avaliar o efeito de macro e micronutrientes exceto N presentes na biomassa de mucuna cinza e amendoim forrageiro sobre o crescimento inicial de cafeeiro.
2. Avaliar o efeito de macro e micronutrientes exceto N presentes na biomassa de mucuna cinza e amendoim forrageiro sobre a fertilidade do solo sob cafeeiro.

## **3. Material e Métodos**

### **3.1 Localização e características gerais do experimento**

O experimento foi conduzido em Viçosa-MG, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010. Mudanças de cafeeiro do cultivar 'Oeiras' foram plantadas em vasos de 60 L, contendo substrato formado por uma mistura de solo (Horizonte B de um Latossolo vermelho amarelo) e areia na proporção de 3:1, com as seguintes características químicas após a realização de calagem com calcário dolomítico calcinado: pH em água (1:2,5) 5,5; 6,9 mg dm<sup>-3</sup> de P; 310 mg dm<sup>-3</sup> de K; 1,61 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup> e 2,07 dag kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. O volume de substrato no vaso foi equivalente a 50L. As plantas foram mantidas em ambiente aberto e irrigadas duas vezes por semana durante o período experimental.

O experimento adotou três tratamentos, sendo duas espécies de leguminosas empregadas como adubação verde (mucuna cinza – *Mucuna pruriens* e amendoim forrageiro – *Arachis pintoi*) e um tratamento com adubação mineral nitrogenada (sulfato de amônio). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com

seis repetições, totalizando 18 parcelas. A parcela experimental foi constituída por um vaso, com uma planta de café.

O sulfato de amônio foi fornecido na dose de 15 g/planta de N parcelados em três vezes. A quantidade aplicada de massa das leguminosas foi calculada baseando-se no seu teor de N, de modo a conter os mesmos 15 g de N fornecidos com o adubo mineral (Tabela 1). A composição de nutrientes das leguminosas consta na Tabela 1. As leguminosas, plantadas em outubro de 2008, em área adjacente, foram cortadas em fevereiro de 2009, secas em casa de vegetação e armazenadas, sendo aplicadas sobre o solo sem incorporação. A aplicação da massa das leguminosas foi parcelada em três vezes e ocorreram nas mesmas datas da aplicação do sulfato de amônio. A primeira e segunda adubação foram realizadas nos meses de outubro e dezembro de 2009, respectivamente, e a terceira adubação foi realizada em janeiro de 2010.

### 3.2 Variáveis avaliadas nos cafeeiros

O crescimento do cafeeiro foi avaliado por meio dos dados de altura da planta (cm) do solo até a gema apical, diâmetro da copa (cm), perímetro do caule (cm) a 1,0 cm acima do solo, número total de folhas, número total de ramos plagiotrópicos e número total de nós. Os dados foram coletados mensalmente a partir de outubro de 2009, com exceção dos meses de junho e julho, quando os cafeeiros apresentam crescimento muito pequeno e perda de folhas nas condições climáticas da região.

Tabela 1 – Valores médios da massa da matéria seca (MS), teores de macro e micronutrientes e relação C:N de amendoim forrageiro (AF) e mucuna cinza (MZ)

	C:N	N	K	P	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	
		-----dag kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
AF	10,81	2,17	1,44	0,22	0,70	0,31	194,03	55,37	110,87	3,07	
MZ	13,54	2,16	1,62	0,33	0,32	0,25	154,51	46,00	100,87	2,37	

O número de folhas foi avaliado nos meses de maio e agosto. A avaliação no mês de maio representa o máximo de crescimento dos cafeeiros no último ano e o mês de agosto representa o estágio imediatamente anterior do início do novo ciclo de crescimento após o período de temperaturas baixas. O diâmetro da copa foi avaliado com dados do mês de maio de 2010. As características: Perímetro do caule, N<sup>o</sup> de nós, N<sup>o</sup> ramos entre os tratamentos foram avaliadas com os dados de agosto de 2010.

Com objetivo de avaliar os possíveis efeitos dos tratamentos sobre as características do solo, em outubro de 2010 foi realizada análise de rotina do solo de cada parcela na profundidade de 0 a 20 cm.

### **3.3 Estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) com auxílio do programa SAEG 9.1 (FUNARBE, 2006).

## **4. Resultados e discussão**

### **4.1 Crescimento dos cafeeiros**

Embora houvesse aumento de 24% na altura de plantas adubadas com leguminosas em relação às plantas que receberam sulfato de amônio, os cafeeiros apresentaram alturas estatisticamente similares ao final de um ciclo de crescimento (Tabela 2). PAULO *et al.*, (2001) verificaram que a altura dos cafeeiros é pouco sensível a tratamentos que não envolvam sombreamento do cafeeiro quando em consórcio com leguminosas. A avaliação do efeito da consorciação feijão-de-porco ou labelabe (1, 2, 3 ou 4 meses) sobre o crescimento e primeira safra de cafeeiros ‘Oeiras’, resultou em que a altura dos cafeeiros não foi alterada pela consorciação, mas o aumento do período de consorciação com as leguminosas reduziu o diâmetro da copa. (MOREIRA *et al.*, 2008).

Na Figura 1 observa-se que os cafeeiros apresentam caules com perímetros similares até janeiro. A partir desse mês a fertilização com leguminosas resultou em engrossamento mais elevado do caule comparado a fertilização com sulfato de amônio, chegando a 49% de aumento em relação ao início, na avaliação final. Cafeeiros que receberam massa de leguminosas apresentaram perímetros de caule similares e maiores do que aqueles fertilizados com sulfato de amônio ao final do primeiro ano (Tabela 2).

Tabela 2. Altura, perímetro do caule, número total de nós, diâmetro da copa, número total de folhas e número de ramos plagiotrópicos, aos 11 meses após o plantio em cafeeiros adubados com amendoim forrageiro (AF), mucuna cinza (MZ) ou sulfato de amônio (AS). Médias de 6 repetições

Trat.	Altura (cm)	Perímetro do caule (cm)	Nº de nós	Diâmetro da copa (cm)	Nº folhas (maio)	Nº folhas (agosto)	Nº ramos pl.
SA	51,4 a	5,5 b	92,7 b	53,5 b	105,5 b	65,7 b	17,7 b
AF	56,9 a	7,3 a	147,4 a	73,6 a	199,3 a	131,6 a	20,6 a
MZ	59,8 a	7,3 a	133,5 a	73,7 a	218,2 a	114,6 a	21,3 a
CV (%)	10,51	10,63	18,59	19,23	23,01	30,22	9,60

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

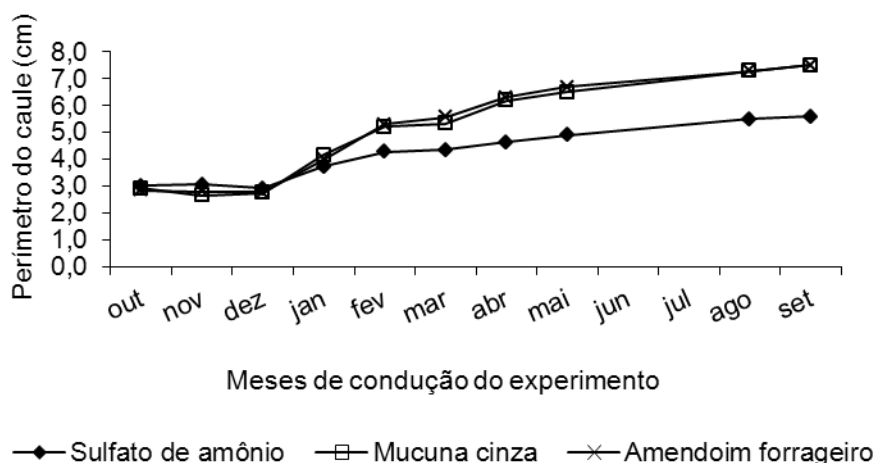


Figura 1. Evolução do perímetro do caule de cafeeiros fertilizados com sulfato de amônio, mucuna cinza ou amendoim forrageiro ao longo dos meses de condução do experimento. Média de 6 repetições.

O diâmetro da copa dos cafeeiros apresentou comportamento similar ao observado quanto ao perímetro do caule (Figura 2). As diferenças entre os tratamentos tornam-se mais pronunciadas a partir de fevereiro e ao final do período de crescimento (agosto) os cafeeiros que foram fertilizados com mucuna cinza e amendoim forrageiro apresentaram diâmetros de copa similares e cerca de 50% maiores do que aqueles fertilizados com sulfato de amônio (Tabela 2), indicando efeito benéfico da aplicação da massa das leguminosas. Reduções do diâmetro da copa de cafeeiros foram observadas no consórcio com as leguminosas

mucuna preta (*M. aterrima*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) (BERGO *et al.*, 2006).

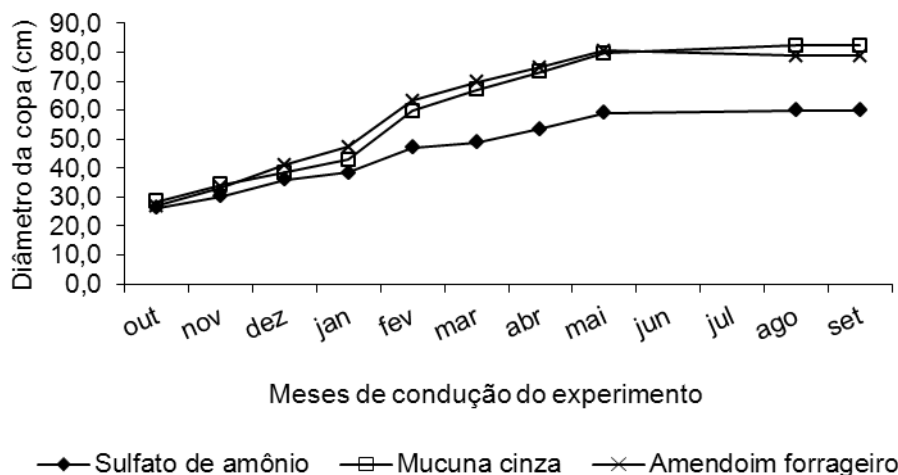


Figura 2. Evolução do diâmetro da copa de cafeeiros fertilizados com sulfato de amônio, mucuna cinza ou amendoim forrageiro ao longo dos meses de condução do experimento. Média de 6 repetições.

O número total de nós cresceu em todos os cafeeiros, com incremento mais pronunciado até o mês de abril (Figura 3). As diferenças entre os tratamentos quanto ao incremento no número total de nós passaram a ser mais marcantes também a partir de janeiro (Figura 3). Cafeeiros que receberam leguminosas apresentaram número total de nós similares entre si e maiores do que aqueles fertilizados com sulfato de amônio ao final do período avaliado (Tabela 2). Houve incremento de até 68% no número total de nós nos cafeeiros que receberam leguminosas em relação à testemunha com sulfato de amônio.

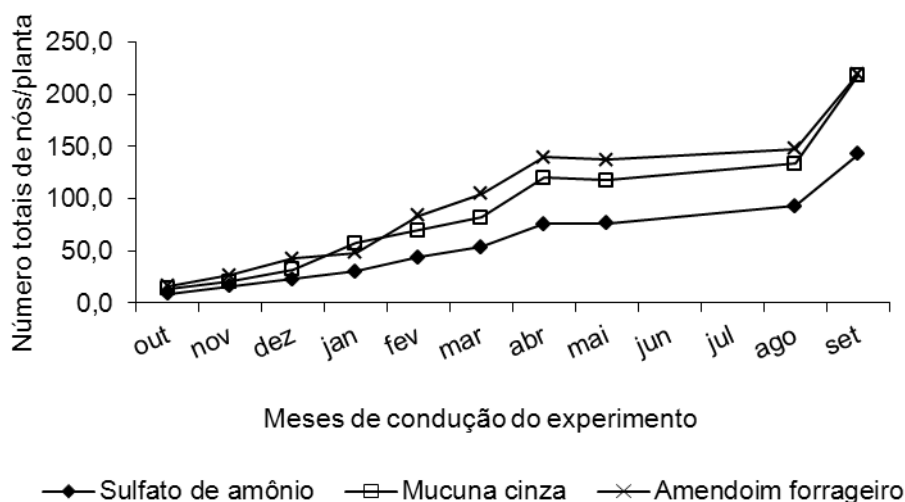


Figura 3. Evolução do número total de nós de cafeeiros fertilizados com sulfato de amônio, mucuna cinza ou amendoim forrageiro ao longo dos meses de condução do experimento. Média de 6 repetições

O número total de folhas nos cafeeiros cresceu até maio com um declínio até agosto, seguido de aumento a partir deste mês (Figura 4). Ao final do período de crescimento (maio), cafeeiros fertilizados com amendoim forrageiro ou mucuna apresentam maior número folhas do que aqueles fertilizados com sulfato de amônio, o mesmo sendo observado ao final do período de perda de folhas (Tabela 2). Diferenças entre os cafeeiros passaram a ser mais pronunciadas a partir de janeiro.

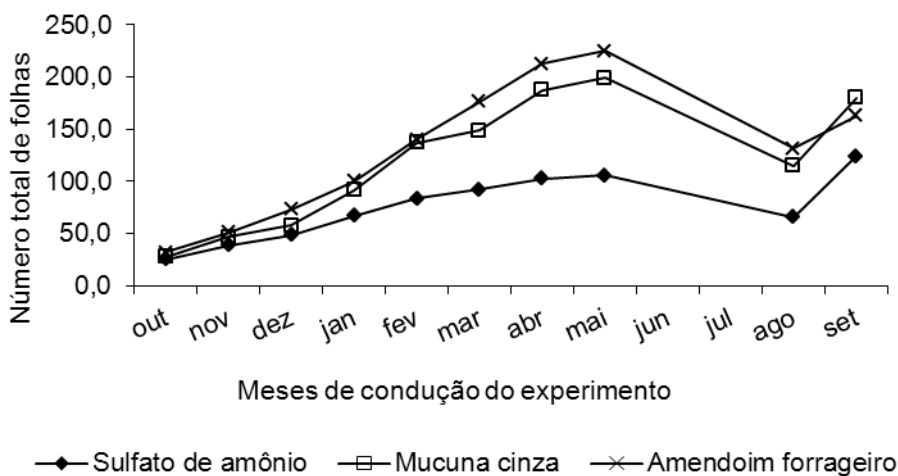


Figura 4. Evolução do número total de folhas em cafeeiros fertilizados com sulfato de amônio, mucuna cinza ou amendoim forrageiro ao longo dos meses de condução do experimento. Média de 6 repetições.

O número de ramos plagiotrópicos dos cafeeiros (Figura 5), apresentou comportamento similar ao observado quanto ao perímetro do caule, diâmetro da copa, número total de folhas e número total de nós, com diferença estatística entre os cafeeiros que receberam leguminosas e aqueles fertilizados somente com sulfato de amônio (Tabela 2). As diferenças entre os tratamentos tornaram-se mais pronunciadas a partir de fevereiro e ao final do período de crescimento os cafeeiros que receberam leguminosas apresentaram número de ramos similares entre si e maiores que aqueles fertilizados com sulfato de amônio, chegando a 31 % de aumento (Tabela 2).

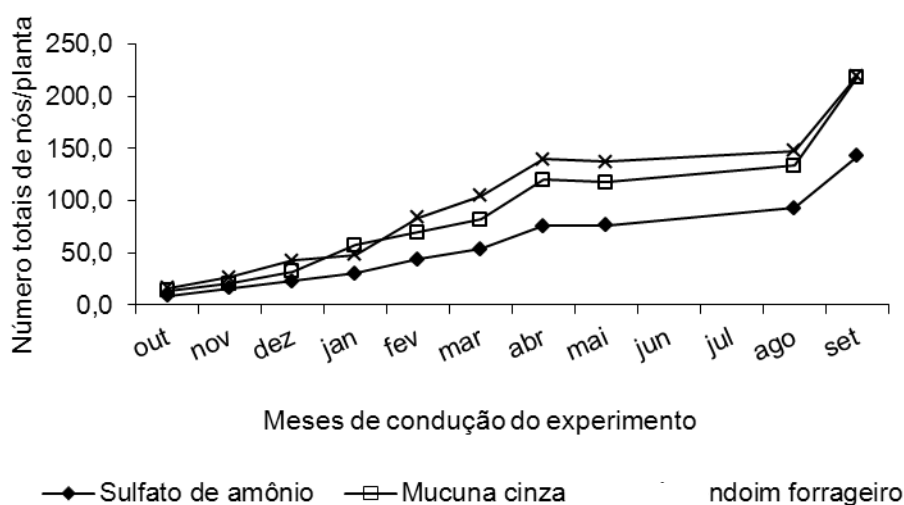


Figura 5. Evolução do número ramos plagiotrópicos em cafeeiros fertilizados com sulfato de amônio, mucuna cinza ou amendoim forrageiro ao longo dos meses de condução do experimento. Média de 6 repetições

No presente trabalho não existiu a possibilidade de competição das leguminosas com os cafeeiros, uma vez que não houve consorciação, mas somente a adição de suas massas. O consórcio de leguminosa com cafeeiro pode haver competição por nutrientes (TOLEDO & SANTOS, 2005) e água (ALVARENGA *et al.*, 2004), em um determinado período de desenvolvimento da leguminosa.

O acúmulo de nutrientes e o aporte de N-FBN das leguminosas devem ser acompanhados da escolha certa da época de plantio e corte ou poda, uma vez que a



disponibilização dos nutrientes da massa das leguminosas deve ocorrer em sincronia com o período de maior demanda de nutrientes pelos cafeeiros (outubro-março no Sudeste) e não no período de crescimento reduzido ou paralisado (BARRELLA, 2010). Isto pode explicar a existência de resultados de pesquisa que mostram a melhoria de algumas características do solo pelas leguminosas, sem resultar ou estar associado à maiores produtividades ou crescimento dos cafeeiros. Em alguns casos, o incremento da matéria orgânica e dos teores de alguns nutrientes do solo, associados às leguminosas em cafezais, podem ser devido à baixa exportação de nutrientes causada pela baixa produção e pequeno crescimento dos cafeeiros (BARRELLA, 2010).

Os dados permitiram verificar maior crescimento dos cafeeiros que receberam leguminosas. Uma vez que os cafeeiros adubados com sulfato de amônio receberam a mesma quantidade de N, sendo que os efeitos devem-se ao fornecimento dos demais nutrientes proporcionados pelas massas das leguminosas e aos efeitos que a adição de massa de leguminosas fazem no solo, como ao aumento da umidade do solo, e aumento da matéria orgânica do solo (RICCI *et al.*, 2002), dessa forma corrigindo o pH do solo (REYES-HERNANDEZ *et al.*, 2002) ao aumento da agregação do solo (ROSCOE & MACHADO, 2002).

#### 4.2 Efeitos sobre a fertilidade do solo

Tabela 3. Quantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca e Mg contidas nas massas fornecidas anualmente de amendoim forrageiro e mucuna cinza

Leguminosas	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
	g/vaso			
Mucuna	6,71	17,34	2,84	2,22
Amendoim	4,86	16,75	6,76	2,99

As recomendações de adubação de cafeeiros (RIBEIRO *et al.*, 1999) nos dois primeiros anos de formação correspondem a 40 g/planta ano de K<sub>2</sub>O e 80 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e elevação da soma Ca + Mg para 3,5 cmol<sub>c</sub>/ dm<sup>3</sup>. Com os valores apresentados verifica-se que as leguminosas continham em suas massas cerca de 40% do K<sub>2</sub>O e 6% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> requeridos. Descontando-se os valores presentes no solo, o amendoim forrageiro continha cerca de 90% e a mucuna, cerca de 49% do Ca + Mg requeridos. Tais valores, embora não sejam suficientes para uma adubação completa, representam

importante contribuição das leguminosas aos cafeeiros, contribuições estas que vão além do fornecimento de N à cultura.

As características do solo após um ano de condução do experimento constam na Tabela 4. Comparativamente às características originais do solo, o fornecimento unicamente de sulfato de amônio resultou em valores menores de pH, P, K, Ca, Mg, SB, t, V e P-rem (Tabela 3). Paralelamente houve elevação das concentrações de  $Al^{+3}$ , H+Al, e m. Tais resultados decorrem da associação entre a alta extração de nutrientes pelo cafeeiro e o fornecimento incompleto dos mesmos pelo sulfato de amônio.

O solo que recebeu a massa das leguminosas apresentou pH mais elevado e maiores teores de P, embora estes ainda continuem em baixa concentração considerando as recomendações para cafezais. Nos solos adubados com leguminosas foram encontrados maiores valores de SB, CTC efetiva, v e P-rem do que o solo que recebeu somente sulfato de amônio (Tabela 3). Os mesmos tratamentos resultaram em solos com menores valores de  $Al^{+3}$ , H+Al e m do que os solos que receberam sulfato de amônio. A CTC-total foi similar em todos os tratamentos e apresentou valor médio de 7,16  $cmol_c/dm^3$ . Tais resultados também decorrem do fornecimento de matéria orgânica e outros nutrientes que não o N pela massa das leguminosas. As concentrações de Ca e Mg foram reduzidas nos solos fertilizados somente com sulfato de amônio, ao passo que os solos que receberam leguminosas tenderam a manter os valores das concentrações iniciais do solo. Conseqüentemente, a despeito do maior crescimento dos cafeeiros, os valores da soma e saturação por bases se mantiveram nos solos que receberam leguminosas.

Foi observado aumento de pH e dos teores de N, P, K, Mg, Cu, Zn, e carbono orgânico na camada de 0-20 cm em solos de cafezais adubados com *G. sepium* (GUNARATNE & HEENKENDA, 2002). Existem diversos relatos de ausência ou de poucos efeitos dos adubos verdes sobre características dos solos de cafezais. Em amostras coletadas 60 dias após a incorporação de *C. juncea*, *C. spectabilis*, Guandu, Mucuna-anã ou soja, somente o teor de matéria orgânica foi mais elevado do que a testemunha (sem adubação com leguminosas), permanecendo similares o pH e os teores de K, Ca e Mg, H+, Al e CTC (PAULO *et al.*, 2001).

Os adubos verdes aplicados foram capazes de aumentar as concentrações de nutrientes e reduzir as concentrações de Al trocável no solo e conseqüentemente promoverem maior crescimento dos cafeeiros. CHAVES, (2000) ao cultivar leucena nas entrelinhas dos cafeeiros, observou que os resíduos da leguminosa elevou o pH e os

teores de Ca, Mg e K. Os resíduos de leguminosas são capazes de elevar o pH dos solos de cafezais. Solos de cafezais sob *Albizia lebbbeck* apresentaram menor acidez que os solos cafezais em monocultura (REYES-HERNANDEZ *et al.*, 2002) efeito atribuído à capacidade da matéria orgânica de complexar o Al, retirando-o da solução do solo (MENDONÇA *et al.*, 2006)

O solo que recebeu sulfato de amônio apresentou concentração de K cerca de seis vezes menor do que a inicial, ao passo que os solos que receberam as leguminosas tenderam a manter ou aumentar a concentração de K. Resultado similar foi obtido na avaliação do efeito de doze espécies leguminosas, as quais elevaram a fertilidade do solo, em comparação com a testemunha, com incrementos significativos de pH e de cátions trocáveis, em especial ao potássio, refletindo positivamente na CTC e no índice de saturação por bases (NASCIMENTO *et al.*, 2003).

Tabela 3 – Características químicas iniciais e finais de substratos (0 – 20 cm) cultivados com cafeeiros, durante um ano de cultivo, e fertilizadas com sulfato de amônio, massa de amendoim-forrageiro ou de mucuna. Média de 6 repetições

Tratamento	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
	...H <sub>2</sub> O...	.....mg/dm <sup>3</sup> .....	.....	.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....	.....	.....	.....
Início	5,5	6,9	310	1,61	0,60	0,00	4,0
S. Amônio	4,28 b	2,76 b	48,33 c	0,35 c	0,12 c	1,05 a	6,43 a
Amendoim	6,05 a	7,03 a	291,66 b	1,77 a	1,08 a	0,00 b	3,80 b
Mucuna	6,18 a	7,13 a	417,00 a	1,65 b	0,64 b	0,00 b	3,56 b

Tabela 3- continuação

Tratamento	SB	(t)	V	m	P-rem
	....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ....	.....%	.....	.....	..mg/L..
Início	3,0	3,0	42,9	0,0	21,9
S. Amônio	0,60 b	1,65 b	8,53 b	63,43 a	16,46 b
Amendoim	3,56 a	3,56 a	47,96 a	0,0 b	24,86 a
Mucuna	3,36 a	3,36 a	48,90 a	0,0 b	23,86 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

## 5. Conclusões

A adição de macro e micronutrientes por meio da massa de mucuna cinza ou massa de amendoim forrageiro aumenta o crescimento vegetativo do cafeeiro.

A adubação com a adição da massa de mucuna cinza ou massa de amendoim forrageiro melhora a fertilidade do solo. Ao final do período avaliado os solos adubados com as leguminosas apresentaram maior fertilidade do que aqueles que receberam somente sulfato de amônio, a despeito do maior crescimento dos cafeeiros nesses solos.

## 6. Referências bibliográficas

- ALVARENGA, A.P.; SANTOS, I.C.; RIBEIRO, M.F.; VAZ DE MELO, A.; SOUZA, L.V.; SANTOS, L.D.T. Ocorrência de pragas e doenças em café cultivado sob sistema orgânico, em função do tipo de cobertura do solo. In: III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2004. Resumos... CD-Rom.
- ARAÚJO; J.B.S.; BALBINO, J.W.S. Manejo de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp) sob dois tipos de poda em lavoura cafeeira. *Coffee Science*, Lavras, v.2, n.1, p. 61-68. 2007.
- BARRELLA, T.P. Manejo de espécies de leguminosas em cafezal sob cultivo orgânico. Viçosa, UFV, Universidade Federal de Viçosa. 2010. 92p. Dissertação de Doutorado.
- BERGO, L.C; PACHECO, E.P; MENDONÇA, H.A.; MARINHO, J.T.S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. *Acta Amazônica*, Manaus, v.36, n.1, p.19-24, 2006.
- BORKET, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.1, p.143-153, jan. 2003.
- CANTO, A.C. Importância ecológica do uso de leguminosas como plantas de cobertura em guaranzais no estado do Amazonas. Manaus, INPA/FUA, 1989. 121p. Dissertação de Doutorado.
- CHAVES, J.C.D. Contribuições adicionais da adubação verde para a lavoura cafeeira. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2., 2001 : Vitória, ES. *Anais...* Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. v.1, p. 2440-2448.

- CHAVES, J.C.D. Efeito de adubações mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1., 2000: Poços de Caldas, MG. Resumos expandidos... Brasília, DF: Embrapa Café; MINASPLAN, 2000. v.2, p.1389-1392.
- COELHO, R.A.; SILVA, G.T.A.; RICCI, M.S.F.; RESENDE, A.S. Efeito de leguminosas arbóreas na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre exFroehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. *Coffee Science*, Lavras, v.1, n.1, p.21-27. 2006.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABBOUD, A.C. S. Adubação verde com leguminosas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 49 p
- FUNARBE. Sistema para análises estatísticas – SAEG, versão 9.1. Viçosa, 2006.
- GUNARATNE, W.D.L.; HEENKENDA, A.P. Green manure (*Gliricidia sepium*) effects on growth and yield of coffee and quantification of nitrogen recovery using <sup>15</sup>N dilution. In: Nuclear Techniques in Integrated Plant Nutrient, Water and Soil Management Proceedings of an International Symposium. Viena: (Austria), 2000. Proceedings ... Viena: IAEA 2002. p. 26-31.
- LIMA, P.C; MOURA, W. de M.; MENDONÇA, E. de S.; MANABE, P.M.S.; SANTOS, J. dos; REIGADO, F.R.; REIS, I.L. Produção de biomassa, conteúdo e mineralização de nutrientes de leguminosas e plantas espontâneas para adubação verde de cafezais sob cultivo orgânico. In: VI Simpósio de Pesquisas de Cafés do Brasil, 2009, Vitória, ES. Resumos... Brasília: CBP&D-Café/ EMBRAPA CAFÉ, 2009. CD-Rom.
- MALTA, M.R.; CHAGAS, S.J.R.; PEREIRA, G.F.A.; ROSA, S.D.V.F. Produtividade de lavouras cafeeiras em conversão para o sistema de produção orgânico. *Coffee Science*, Lavras, v.2, n.2, p.183-191, 2007.
- MATIELLO, J.B; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R; ALMEIDA, S.R; FERNANDES, D.R. Cultura do café do Brasil, Novo manual de Recomendação. Brasília: MAPA/ Procafé e Fundação Procafé, 2005. 434p.
- MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.C.; COELHO, M.S.; MATEUS, R.F.; CARDOSO, I.M. Green Manure in coffee system in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 5, p.2027-2035, 2008.

- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L.; MARTINS, A. G.; SILVA, A. P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 132, p. 131-142, 2006.
- MOREIRA, G.M.; BARRELLA, T.P.; SOUZA, F.L.A.; SANTOS R.H.S.; PEREIRA, L.C.; GOULART, P.L.; FONTANÉTTI, A. Impacto de adubos verdes sobre o desenvolvimento vegetativo e produção de café (*Coffea arabica*) cultivado no sistema orgânico. In: 34º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 2008, Caxambu, MG. Trabalhos Apresentados... Brasília, DF: CBP&D-Café/ EMBRAPA CAFÉ, 2008. p. 162-163.
- NASCIMENTO, J.T.; IVANDRO DE F. SILVA, I.S.; ROBEVAL D.; SANTIAGO, R.D.; NETO, L.F.S. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.3, p.457-462, 2003.
- PAULO, E.M.; BERTON, R.S.; CAVICHIOLI, J.C.; BULISANI, E.A.; KASAI, F.S. Produtividade do café Apoatã em consórcio com leguminosas na região da alta paulista. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n.3, p.195-199, dec. 2001.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; GUSMÃO, L.A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 274-281, 2010.
- REYES-HERNANDEZ, A.; MANES-SUAREZ, A.B.; AGUILA-PADRON, Y.; CAIRO-CAIRO, P.; MACHADO DE ARMAS, J.; QUINONES-RAMOS, R. Efectos de los distintos sistemas de producción cafetaleros sobre las propiedades de un suelo ferralítico rojo de La localidad de Topes de Collantes. *Centro Agrícola*, Havana, v.29, n.2, p.94-96, 2002.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (eds). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.
- RICCI, M.S.F.; ALVES, B.J.R.; AGUIAR, L.A.; MANOEL, R.M.; SEGGES, J.H.; OLIVEIRA, F.F.; MIRANDA, S.C. Influência da adubação verde sobre o crescimento, estado nutricional e produtividade do café (*Coffea arabica*) cultivado no sistema orgânico. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 29p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 153).
- ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa

Solos, 86p. 2002.

THEODORO, V.C.A.; MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. Resposta de lavouras cafeeiras em transição agroecológica a diferentes manejos do solo. *Coffee Science*, Lavras, v.4, n.1, p. 56-66. 2009.

TOLEDO, D.S.; SANTOS, I.C. Assimilação de nutrientes e desenvolvimento de cafezal orgânico em função do manejo da cobertura do solo. In: IV Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2005, Londrina. Anais... Brasília: EMBRAPA CAFÉ. 2005. CD-rom.

## CAPÍTULO 2

### COMPARTIMENTALIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E FORMAS DO NITROGÊNIO EM SOLOS DE CAFEZAIS SOB ADUBAÇÃO VERDE COM LEGUMINOSAS

#### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação verde e de doses de adubação orgânica sobre o teor e compartimentalização de C e N no solo de cafezal sob adubação orgânica. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados, constando cada parcelas de 6 plantas úteis, com 5 repetições. Os tratamentos foram: LL100%- café consorciado com a leguminosa lablab cortada aos 90 dias, com 100% da adubação orgânica; LL50%- café consorciado com a leguminosa lab-lab cortada aos 90 dias, com 50% da adubação orgânica; T100%- café sem leguminosa, com 100% da adubação orgânica; T50%- café sem leguminosa, com 50% da adubação orgânica.

O experimento foi conduzido durante 18 meses sendo a leguminosa semeada em outubro de 2009 e outubro de 2010, com corte em janeiro de 2010 e 2011, respectivamente. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, a 40 cm do caule do cafeeiro, em out/2009, fev/2010, mar/2010, abr/2010, out/2010, fev/2011 mar/2011 e abr/2011. Foi analisada uma amostra composta, formada a partir de seis amostras simples. Foi determinada a massa de matéria seca da leguminosa na data de corte em cada ano. As análises na matéria orgânica do solo foram: C e N da biomassa microbiana, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), C e N das substâncias húmicas [ácidos fúlvicos (FAF), a fração ácidos húmicos (FAH) e as huminas (HUM)] e frações de carbono oxidável (F1, F2, F3, F4). No primeiro ano a lablab acumulou 4,01 t/ha de matéria seca. No segundo ano a lab-lab acumulou 3,80 t/ha de matéria seca. Não houve efeito de interação entre tratamentos e épocas de avaliação em nenhuma das variáveis avaliadas. Tanto no início quanto no final das avaliações não houve efeito isolado dos tratamentos sobre nenhuma das variáveis. Houve efeito da época de amostragem sobre todas as variáveis exceto o teor de carbono na fração ácido húmico e as frações oxidáveis F2 e F3. O COT aumentou em média de



1,47 para 1,87dag/kg, o teor de NT diminuiu em média de 0,16 para 0,13 dag/kg, o teor de carbono humina diminuiu em média de 1,2 para 1,13 dag/kg, o teor de nitrogênio humina também diminuiu, em média de 0,105 para 0,075 dag/kg, o teor de carbono da biomassa foi em média de 193 para 94 mg/kg e nitrogênio da biomassa foi de 15,49 para 21,49 mg/kg. Esses resultados indicam que houve mudança de carbono e nitrogênio nos compartimentos da matéria orgânica do solo ao final de 18 meses de adubação orgânica.

## 1- Introdução

A qualidade do solo está relacionada com sua funcionalidade dentro dos ecossistemas naturais ou manejada, a fim de sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais (DORAN & PARKIN, 1994).

A maioria dos estudos tem mostrado que o C orgânico total do solo (COT) é um indicador pouco sensível para detectar mudanças químicas de curto prazo na matéria orgânica do solo em decorrência de diferentes manejos. No entanto o COT é um indicador da qualidade do solo (WENDLING *et al.*, 2005), capaz de evidenciar mudanças decorrentes do manejo no longo prazo (BLAIR *et al.*, 1995), refletindo, de certo modo, o histórico do manejo em relação às áreas nativas.

Para facilitar o entendimento da natureza dinâmica da MOS e a influência do manejo sobre a disponibilidade de nutrientes e mudanças no ambiente do solo, têm-se desenvolvido o conceito de compartimentos da matéria orgânica. Quatro compartimentos baseados na dinâmica do C são propostos: (1) um compartimento constituído pela biomassa microbiana do solo e (2) um compartimento lábil, de compostos prontamente oxidáveis são indicadores mais sensíveis ao manejo (CHAN, 1997), (3) compartimento físico ou estruturalmente protegido, muito lentamente oxidável, associado aos agregados do solo e controlado pelas práticas de manejo e (4) um compartimento recalcitrante, sob influência direta da mineralogia da argila, dificilmente afetado pelas práticas de manejo (DUXBURY *et al.*, 1989).

As análises que podem extrair a fração mais lábil, preferencialmente, podem ser uma abordagem mais útil para a caracterização de C orgânico do solo resultante dos diferentes manejos (CHAN, 2001). Entre estas frações, destaca-se o C e N da biomassa microbiana e o C extraído com diferentes concentrações de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. As frações que

possuem maior labilidade são mais importantes para manutenção da qualidade do solo e são indicadores mais sensíveis e/ou prematuros do impacto de determinadas práticas de manejo (LEIFELD & KOGEL-KNABNER, 2005). A relação entre o C microbiano (C<sub>bio</sub>) e o COT ((C<sub>bio</sub>/COT) x 100), também denominada quociente microbiano, fornece uma medida da qualidade da matéria orgânica. Segundo WARDLE (1994), em circunstâncias em que a biomassa microbiana encontra-se sob algum fator de estresse (deficiência de um nutriente, acidez, etc.), a capacidade de utilização do C é diminuída.

Dentre os compartimentos da MOS as substâncias húmicas (SH) possuem maior recalcitrância, baixa taxa de ciclagem e conseqüentemente é o maior compartimento em climas tropicais (SILVA & MENDONÇA, 2007)

As relações entre as frações húmicas servem como indicativo do grau de formação da matéria orgânica bem como do manejo local. A relação C<sub>AH</sub>/C<sub>AF</sub>, (C<sub>AH</sub>: carbono de ácido húmicos, C<sub>AF</sub>: carbono de ácido fúlvicos), é uma indicadora da condensação da matéria orgânica, sendo que valores inferiores a 1 podem indicar evolução limitada da matéria orgânica. A relação C<sub>HUM</sub>/(C<sub>AH</sub>+C<sub>AF</sub>), (C<sub>HUM</sub>: carbono humina) indica a estabilidade estrutural da matéria orgânica, sendo que quanto mais elevado o valor, maior sua estabilidade. A relação C<sub>AH</sub>+C<sub>AF</sub>+C<sub>HUM</sub>/COT<sub>TOTAL</sub>, avalia o grau de humificação da matéria orgânica, sendo valores usuais entre 65 e 92%. Valores inferiores a 65% são indicativos de aporte recente de resíduos e valores acima de 92% são indicativos de solos empobrecidos, sem aporte de matéria orgânica (LABRADOR MORENO, 1996).

CANELLAS (2004) avaliou a qualidade da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com diferentes espécies de leguminosas herbáceas perenes: amendoim forrageiro cv. BR-14951 (*A. pintoi*), cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*). O autor observou que as leguminosas avaliadas não alteraram o conteúdo de carbono orgânico total, mas promoveram acúmulo de substâncias húmicas na camada superficial, com predomínio dos ácidos fúlvicos. O cultivo do amendoim forrageiro resultou na menor relação C<sub>AH</sub>/C<sub>AF</sub> seguido do cudzu tropical, mostrando um caráter mais fulvático da MOS quando leguminosas são cultivadas, comparativamente a uma área adjacente com vegetação espontânea (mata de capoeira). Essas diferenças na formação das substâncias húmicas podem estar relacionadas tanto aos diferentes teores de C e N quanto às formas destes elementos encontrados nesses resíduos. Os AH podem ser utilizados como compostos indicadores dos efeitos do manejo sobre a fração orgânica do solo, pois

apesar do pouco tempo de condução do experimento foi verificada incorporação significativa de C e N provenientes dos resíduos orgânicos das leguminosas nessa fração húmica.

As análises de compartimentalização da matéria orgânica do solo contribuem também para o entendimento da qualidade, disponibilidade e atividade dos nutrientes nos substratos orgânicos, sendo a chave para entender e descrever os processos de mineralização-imobilização dos nutrientes na forma orgânica. Independente da forma orgânica do nutriente, a matéria orgânica dos diferentes tipos de solos difere muito quanto a qualidade e habilidade de suprir nutrientes para as plantas (CANTARELLA, 1992).

A mineralização do N, P e S da MOS ocorre simultaneamente com a mineralização do C. Haverá mineralização líquida desses nutrientes quando as relações C/N, C/P e C/S forem, respectivamente, menores que 30, 200 e 300. Isso indica que o requerimento relativo de N pelos microrganismos é proporcionalmente maior que o de P e esse maior que o de S. Em geral, resíduos orgânicos contendo menos que 1,2% de N e 0,2% de P e S promoverão imobilização líquida desses nutrientes durante sua decomposição (SIQUEIRA, 1993). A imobilização do N pode ocorrer, também, em resíduos ricos em polifenóis (compostos com grande capacidade de retenção de N) que terão grande influência nos estágios iniciais de decomposição dos resíduos orgânicos e poderão acarretar deficiência de N na fase inicial da cultura a ser implantada (MENDONÇA & OLIVEIRA, 2000).

## **2- Objetivos**

### **2.1- Objetivo geral**

Avaliar o efeito da adubação verde com lablab (*Dolichos lablab*) e de doses de adubação orgânica com cama de frango e torta de mamona sobre o teor e a compartimentalização de C e N no solo sob cafezal.

### **2.2- Objetivos específicos**

1. Avaliar o efeito da adubação verde com lablab e de doses de adubação orgânica com cama de frango e torta de mamona no acúmulo da matéria orgânica do solo sob cafezal.

2. Estimar o teor de C e N no solo decorrente da adubação verde com lablab e de doses de adubação orgânica com cama de frango e torta de mamona.
3. Avaliar a contribuição da adubação verde com lablab e de doses de adubação orgânica com cama de frango e torta de mamona na formação e no teor de C e N nas frações húmicas do solo sob cafezal.

### **3. Materiais e métodos**

#### **3.1 Localização e características gerais do experimento**

A área em estudo está localizada no município de Viçosa, MG, a uma altitude de 650 m.

A região apresenta inverno frio e seco e verão quente e chuvoso, com temperatura média de 19,4 °C e precipitação média anual é de 1.221 mm.

Os cafeeiros foram plantados em um latossolo, em outubro de 2007, no espaçamento de 2,80 m entre linhas e 0,75 m entre plantas, resultando em uma população de 4.761 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de plantio constou de 3,0 L cama de aviária cova<sup>-1</sup> (750 g MS cova<sup>-1</sup>), 300 g de termofosfato cova<sup>-1</sup> e 50 g de calcário cova<sup>-1</sup>. As adubações de cobertura foram realizadas a cada 30 dias, no período chuvoso, com cama de aviário e os micronutrientes foram fornecidos em uma única aplicação, com o fertilizante FTE, segundo recomendações de RIBEIRO *et al.* (1999). Após o pegamento das mudas foi aplicado 325 g.planta<sup>-1</sup> de matéria seca de cama de frango (5 g.planta<sup>-1</sup> de N) em dois parcelamentos.

A adubação do 1º ano (2008/2009) foi realizada com cama de frango aplicando-se 653,25g.planta<sup>-1</sup> de matéria seca (10 g.planta<sup>-1</sup> de N) em três parcelamentos.

O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados, constando cada parcelas de 6 plantas úteis com 5 repetições.

### 3.1.1 Tratamentos

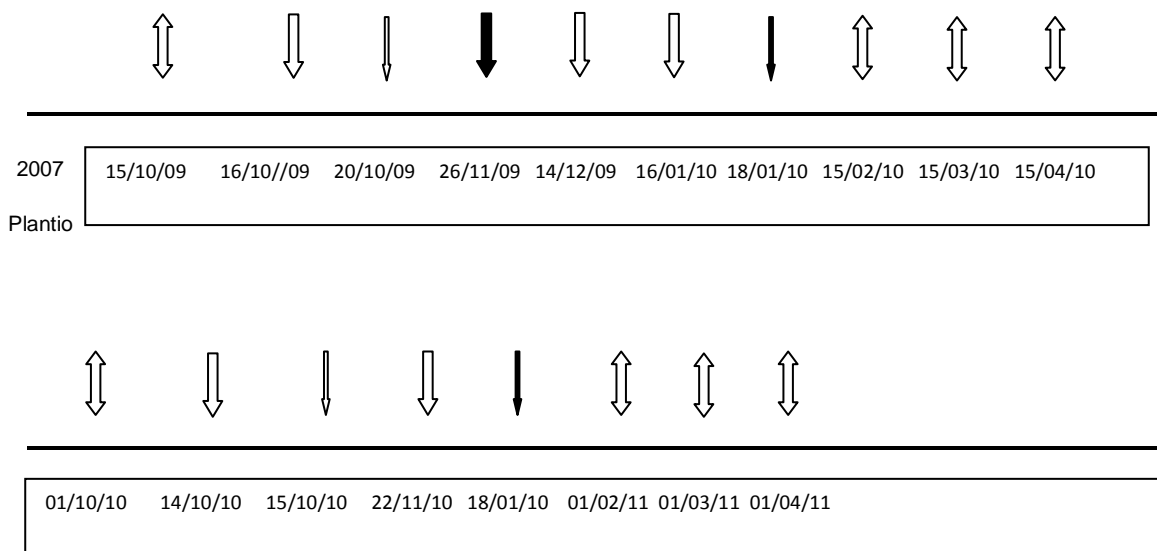
As avaliações foram feitas nos seguintes tratamentos:

### 3.1.1 Tratamentos

As avaliações foram feitas nos seguintes tratamentos:

- 1- Lablab cortada aos 90 dias, com 100% adubação orgânica - LL 50%.
- 2- Lablab cortada aos 90 dias, com 50% adubação orgânica - LL 100%.
- 3- Testemunha sem leguminosa, com 100% adubação orgânica - T 50%.
- 4- Testemunha sem leguminosa, com 50% da adubação orgânica- T 100%

### 3.2. Cronograma de manejo do experimento.



- ⇕ → Adubação orgânica com torta de mamona
- ⇓ → Adubação orgânica com cama de frango
- ⇕ → Coleta de solo
- ⇓ → Plantio da leguminosa
- ⇓ → Corte da leguminosa

A caracterização química do solo em outubro de 2009 encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1** - Resultados das análises químicas do solo da área experimental, em outubro de 2009, na camada de 00-20 cm.

Tratamento	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
	...H <sub>2</sub> O...	.....mg/dm <sup>3</sup> .....			.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....		
Início	6,8	117,7	132	3,9	1,4	0,00	1,15

Tabela 3- continuação

Tratamento	SB	(t)	V	m	P-rem
	....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ....		.....%.....		..mg/L..
Início	5,64	5,64	83	0,0	24,2

Através de coleta realizada em algumas plantas da bordadura admitiu-se uma produtividade de 60 sc ha<sup>-1</sup>. Seguindo a recomendação de RIBEIRO *et al.* (1999) de 300kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N.

As adubações no cafeeiro foram realizadas na projeção da copa com torta de mamona e cama de frango. No período de 2009/2010 foram realizadas adubações em outubro/2009 (304,85 g planta de matéria seca, torta de mamona), novembro/2009 (1.044 g/planta de matéria seca de cama de frango), dezembro/2009 (383,24 g/planta de matéria seca de torta de mamona) e janeiro/2010 (304,85 g/planta de matéria seca de torta de mamona), para as adubações com 100% da recomendação (RIBEIRO *et al.*, 1999).

O plantio da leguminosa (lablab) foi realizado em outubro de 2009 e o corte em janeiro de 2010.

A leguminosa foi semeada em 3 sulcos nas entrelinhas do café em outubro de cada ano, espaçados 0,4 m e na densidade de 6 sementes por metro linear, sendo cortadas aos 90 dias após o plantio (janeiro de 2009 e de 2011) . A massa cortada foi alocada, sem incorporação, ao longo da linha de plantio do cafeeiro, na projeção da copa.

Em outubro de 2010 foi realizado o plantio do adubo verde e o corte em janeiro 2011.

As adubações com torta de mamona no período agrícola de 2010/2011 foram realizadas em outubro (420 g/planta de matéria seca) e novembro (420 g/planta de matéria seca). As adubações foram realizadas em forma de meia lua.

Procurando avaliar o efeito das adubações a curto e em longo prazo foram realizadas coletas de solo nas seguintes datas: outubro/2009, fevereiro/2010, março/2010, abril/2010, outubro/2010, fevereiro/2011, março/2011 e abril/2011.

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, a 40 cm do caule do cafeeiro no sentido da entrelinha. Foi analisada uma (1) amostra composta por parcela, formada a partir de 6 amostras simples.

A caracterização química da torta de mamona e da cama de aviário consta na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises químicas da cama de frango, torta de mamona e da lablab utilizada nas adubações de cobertura.

Tratamentos	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>CO</b>	<b>C/N</b>
	%							
Torta de mamona	5,85	0,61	0,88	1,64	0,47	0,55	15,75	2,69
Cama de frango	1,82	2,90	1,84	12,23	0,56	0,79	8,11	4,45
LabLab	2,26	0,27	1,53	0,51	0,28	-	-	-

Tratamentos	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>B</b>	<b>pH</b>	<b>Umidade</b>
	ppm					H <sub>2</sub> O	(%)
Torta de mamona	120	9355	216	23	26,6	5,91	12,9
Cama de frango	743	1858	503	63	54,4	7,00	42
LabLab	50,68	174,3	105	2,72	-	-	-

A média da produção de massa de matéria seca da leguminosa no período de 2009/2010 foi de 4,01t/ha e no período de 2010/2011 a média da produção de massa seca da leguminosa foi de 3,8t/ha, já descontando a área do café nos dois períodos.

### **3.3 Análises N e C solo.**

Para a determinação da biomassa microbiana, as amostras foram mantidas em geladeira (4 a 6 °C) até o momento da análise. Para as demais análises as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 0,2 mm.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado via oxidação úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988). A quantificação do nitrogênio total (NT) foi realizada após digestão sulfúrica e posterior destilação Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

As substâncias húmicas foram fracionadas, quimicamente, segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se as frações ácidos fúlvicos (FAF), a fração ácidos húmicos (FAH) e as huminas (HUM), de acordo com os conceitos de frações húmicas estabelecidas pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996). Como extrator, foi utilizado NaOH 0,1 mol/L. O teor de C de cada fração foi quantificado via oxidação úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988) e o teor de N via digestão sulfúrica e posterior destilação Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

As substâncias húmicas foram avaliadas pesando-se 2 g de solo em tubos de centrífuga de 50 mL, com adição de 20 mL de NaOH 0,1 mol/L. Em seguida os tubos foram levados para a agitação em agitador vertical por 1 hora, após esse período foram deixados em descanso por 24 horas e levados para a centrifugação a 3.000 g (FCR) por 20 minutos, sendo o sobrenadante filtrado em tubos com papel quantitativo. Ao sobrenadante filtrado adicionou-se novamente 20 ml de NaOH 0,1 mol/L, repetindo-se o procedimento. O extrato alcalino nos tubos foi aferido para pH próximo a 1,5 com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (20%) e depois centrifugado por 5 minutos. O sobrenadante (FAF) foi filtrado com papel quantitativo em tubos de 50 ml e teve seu volume aferido para 50 ml, com água destilada.

O precipitado retido no tubo, FAH, foi diluído em 30 mL de NaOH 0,1 mol/L, depois o volume foi aferido para 50 mL com NaOH 0,1 mol/L. Os tubos com a fração humina foram levados a estufa a 45°C por 24 horas.



Para as análises de C das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos foram pipetados em tubos de digestão 5 mL de extrato e 5mL de dicromato de potássio 0,0167mol/L, mais 7,5mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Após o pré-aquecimento do bloco a 170 °C, foram colocados os tubos no bloco por 30 minutos, após esse período deixou-se esfriar, sendo transferido o material no tubo de digestão para erlenmeyers de 250ml, completando o volume para 100 mL. Depois foi realizada a titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol/L. Foram realizados 3 brancos frios e 3 brancos quentes. O C da fração humina foi determinado conforme descrito para a análise de carbono orgânico total, determinado via oxidação úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988).

Para a determinação do teor de N das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, foi retirado uma alíquota de 20 ml do extrato, mais uma pitada de mistura digestora e 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, colocado em bloco digestor a 200 °C, durante 30 minutos e depois a 350 °C. Após resfriados foi titulado com HCl 0,005 mol/L. Para a determinação do N da fração humina, foi realizado conforme descrito para a análise de nitrogênio total.

O C da biomassa microbiana foi realizado utilizando-se o método descrito por ISLAM & WEIL (1998). Foram pesados 20 g de solo, sendo o solo peneirado em peneira de 2 mm, sendo colocadas para a irradiação em microondas e pesado outros 20 gramas de solo e colocado em erlenmeyers e 10 gramas de solo foram pesados e colocados em estufas a 105°C por 24 horas. Após a irradiação foi transferido o solo para erlenmeyers e colocados em todos os erlenmeyers 80 mL de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Agitou os erlenmeyers com o solo e a solução de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 30 minutos em agitador horizontal, deixando em repouso por 30 minutos, depois filtrou o sobrenadante em papel de filtro lento. Para o carbono da biomassa foi pipetado 10 mL do extrato para erlenmeyers, adicionou 2 mL de dicromato de potássio 0,066 mol/L, acrescentou 10mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, adicionou 50 mL de água destilada e tituló com sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol/L, o indicador usado foi o ferroin. Para o nitrogênio da biomassa pipetou 20 mL do extrato em tubos de digestão, adicionou uma pitada de mistura digestora e 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Colocando no bloco a 150 °C, até que o volume abaixa-se para 5 ml depois foi elevando a temperatura até a 350°C por 2 horas. Deixou os tubos de digestão esfriar e destilou com 25 mL de NaOH 10mol/L. O destilado foi titulado com HCl 0,005mol/L.

Para as análises de C oxidável foram feitas 3 pesagens de solo para cada amostra: 1<sup>o</sup> concentração – Pesou 0,5 g de solo em erlenmeyers de 250 ml adicionou 10 ml de dicromato 0,167 mol/L, acrescentou 2,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 2<sup>o</sup> concentração – Pesou

0,5 g de solo em erlenmeyers de 250 ml adicionou 10 ml de dicromato 0,167 mol/L, acrescentou 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 3<sup>o</sup> concentração – Pesou 0,5 g em erlenmeyers de 250 ml adicionou 10 ml de dicromato 0,167 mol/L, acrescentou 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Sendo feito 2 brancos para cada concentração. Para todas as concentrações adicionou 100 ml de água deionizada, esperou esfriar, colocou uma pitada de fluoreto de sódio, 3 ml de ácido fosfórico, o indicador usado foi o difenilamina. Titulou com sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol/L.

Fração1(F1) - Carbono oxidado na 1<sup>o</sup> concentração (3 mol/L).

Fração2 (F2) - Diferença do carbono oxidado na 2<sup>o</sup> concentração (6 mol/L) e na 1<sup>o</sup> concentração (3 mol/L).

Fração 3 (F3) - Diferença do carbono oxidado na 3<sup>o</sup> concentração (9 mol/L) e na 2<sup>o</sup> concentração (6 mol/L).

Fração 4 (F4) - Diferença do carbono orgânico total e o oxidado na 3<sup>o</sup> concentração (9 mol/L).

O teor de C na fração F1 + F2 foi considerado como carbono lábil (C<sub>L</sub>) do solo, enquanto que o carbono não lábil (C<sub>NL</sub>) foi obtido da soma das F3 e F4, Labilidade (L) = C<sub>L</sub>/ C<sub>NL</sub> de acordo com BLAIR *et al.* (1995).

### **3.4 Análise Estatística**

Foram realizadas análises de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade. O experimento estava instalado em delineamento de blocos casualizados com 4 tratamentos e 5 repetições, no esquema de parcela subdividida no tempo. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa SAEG versão 9.1 (FUNARBE, 2006).

## **4. Resultados e discussão**

### **4.1 COT e N.Total**

Não houve efeito de interação entre adubações e épocas de avaliação, nem dos tratamentos isoladamente sobre as variáveis COT e NT. Houve efeito da época de avaliação sobre as variáveis COT, NT. O Teor de COT foi maior após 18 meses do que

antes da implantação dos tratamentos em 13,6; 29,6; 32,8; 27,9 % nos tratamentos de T 50%, T 100%, LL 50% e LL 100% respectivamente. Os teores de NT foram reduzidos após 18 meses.

O valor da relação COT/NT aumentou ao longo período do experimento. Esse aumento deve-se tanto ao maior teor de COT do solo como ao menor teor de nitrogênio do solo ao final do experimento.

Tabela 2. Teores totais de COT e NT, relação COT / NT nos solos sob tratamentos: adubação sem leguminosa com 50% da adubação orgânica (T 50%), adubação sem leguminosa com 100% da adubação orgânica (T 100%.); adubação com leguminosa com 50% da adubação orgânica (LL 50%); adubação com leguminosa com 100% da adubação orgânica (LL 100%).

	COT		NT		Relação COT/NT	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
	..... dag/kg .....					
T 50%	1,58 b	1,80 a	0,16 a	0,14 b	9,86	13,25
T 100%	1,43 b	1,90 a	0,16 a	0,13 b	8,67	13,82
LL 50%	1,36 b	1,80 a	0,17 a	0,12 b	8,08	14,39
LL 100%	1,53 b	2,00 a	0,17 a	0,13 b	8,95	14,63
CV %	12,99		4,79			

Para cada variável, médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste F ( $P \geq 0,05$ ).

Considerando que em média 42,32% da MS da leguminosa é C (MATOS, 2008) e uma produção acumulada de MS de 7,8 t/ha. A quantidade de C aportado pelas

leguminosas no sistema foi de 3,3 t/ha. Considerando a população de planta de 4761 plantas/ha. A quantidade de carbono aportado pelas leguminosas por cafeeiro foi de 0,693Kg. Esse baixo aporte de carbono pela leguminosa, associado ao fato da baixa relação C/N das leguminosas, dificulta o incremento da matéria orgânica do solo (NASCIMENTO *et al.*, 2003). Esses dados explicam o fato da adubação com leguminosa não ter aumentado o COT e o NT do solo.

Ao final do experimento não houve diferença nos teores de N total do solo entre os tratamentos. No período de 2009 a 2011 o N total no solo foi reduzido em 15,39; 18,67; 25,39; 21,72% nos tratamentos de T 50%, T 100%, LL 50% e LL 100%, respectivamente. Indicando que a adubação orgânica não foi suficiente para atender a demanda de nitrogênio pelo cafeeiro, levando a um consumo de nitrogênio do solo pelo cafeeiro. Parte do nitrogênio adicionado pela adubação orgânica foi volatilizada e pode ter sido lixiviada. O consumo de N pelo cafeeiro, a volatilização e possíveis perdas por lixiviação do N, acarretou em perda desse elemento no solo. Essa diminuição de N no solo desfavoreceu o desenvolvimento de microrganismos o que acarretou em aumento no teor do COT. Outro fator que pode ter levado a um aumento no COT é o fato do C da matéria orgânica do solo ir para estruturas mais recalcitrante e menos disponível, o que dificulta o acesso por microrganismos do solo que atuam no processo decomposição/mineralização do material aportado (SILVA & MENDONÇA, 2007).

#### **4.2 Carbono e Nitrogênio nas substâncias húmicas**

Não houve efeito de interação entre tratamentos e épocas de avaliação, nem dos tratamentos isoladamente sobre os teores de C e N nas substâncias húmicas. Houve efeito da época de amostragem sobre as variáveis C-AF, C-HUM (Tabela 3).

A relação C-SH/COT indica o grau de humificação da matéria orgânica. O menor valor da relação C-SH/COT no solo no ano de 2011 quando comparado ao ano de 2009 (Tabela 4) indica que os resíduos orgânicos não tiveram tempo para formar frações humificadas, ou não permaneceram no local aplicado. Valores normais encontram-se entre 65 e 92%. Valores inferiores a 65% são indicativos de aporte recente de resíduos e valores acima de 92% são indicativos de solos empobrecidos, sem aporte de matéria orgânica (LABRADOR MORENO, 1996). As leguminosas apresentam baixo teor de lignina e, sendo este composto um importante precursor na formação das

SH no solo, atuando em várias rotas de formação, pode afetar a formação das SH (SILVA E MENDONÇA, 2007).

Os teores de C da fração humina foram menores ao final do experimento, quando comparados com o teor inicial. PIZAURO *et al* (1995) verificaram que a incorporação da parte aérea de plantas de sorgo ou lablab reduzem significativamente os teores de C na fração humina. O C-HUM é a fração das substâncias húmicas que contém a maior parte do carbono orgânico do solo. A fração ácidos fúlvicos aumentou no período de 2009 a 2011. Essa fração é o grupo de menor peso molecular e maior densidade de grupamentos carboxílicos, o que confere maior mobilidade no solo em relação as substâncias húmicas, a fração ácidos fúlvicos e ácidos húmicos são os principais responsáveis formação da carga negativa da matéria orgânica, sendo que os ácidos fúlvicos contribuem 2,15 vezes a contribuição dos ácidos húmicos (SILVA & MENDONÇA, 2007). Isso indica que a fração ácidos fúlvicos é a fração mais ativa das SH, o aumento nessa fração aumenta a labilidade da MOS, aumentando a ciclagem de nutrientes e do C.

Os teores de C da fração AF aumentaram após 18 meses de experimento, quando comparados com o teor inicial. A FAF é constituída por compostos orgânicos de peso molecular menor (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002), o que facilita sua formação, pois isso indica que são menos polimerizados e apresentam-se num estágio menos avançado de humificação. Não houve efeito da época de amostragem sobre o C-AH, a FAH apresenta composição mais complexa e polimerizada (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Esses resultados podem indicar que a quantidade de massa adicionada não foi suficiente para atender a demanda microbiana, devido a estreita relação C/N dos materiais adicionados, havendo consumo de frações orgânicas mais estáveis do solo (Humina) pelos microrganismos. O que pode acarretar aumento da fração AF e AH.

O aumento dos teores de N aportados ao solo, por um curto período de tempo, aumenta a atividade biológica no solo e pode desencadear um processo conhecido como efeito priming, que pode consumir tanto formas de C labéis como de C mais protegido (KUZUYAKOV *et al.*,2000).

Tabela 3. Teores de C na fração ácidos fúlvicos (C-FAF), na fração ácidos húmicos (C-FAH) e na humina (C-HUM) em solos sob tratamentos: adubação sem leguminosa com 50% da adubação orgânica (T 50%), adubação sem leguminosa com 100% da adubação orgânica (T 100%.); adubação com leguminosa com 50% da adubação orgânica (LL 50%); adubação com leguminosa com 100% da adubação orgânica (LL 100%).

Trat.	C-HUM		C-FAF		C-FAH	
	dag/kg					
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
T.50%	1,27 a	1,11 b	0,16 b	0,24 a	0,22 a	0,24 a
T.100%	1,20 a	1,14 b	0,17 b	0,19 a	0,22 a	0,21 a
LL.50%	1,17 a	1,11 b	0,17 b	0,20 a	0,22 a	0,24 a
LL. 100%	1,18 a	1,14 b	0,16 b	0,20 a	0,24 a	0,26 a
CV (%)	7,79		14,63		11,14	

Para cada variável, médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem pelo teste F ( $P \geq 0,05$ ).

Tabela 4. Relação C-FAH/C-FAF, C-FAH+C-FAF/C-FHUM e proporção do COT (C-SH)/COT) recuperado pelo fracionamento das substâncias húmicas em solo sob café com adubação orgânica.

Trat.	(C-FAH/ C-FAF)		(C-SH)/COT		C-FAH+ C-FAF/ C-FHUM	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
	T 50%	1,37	1,01	0,96	0,62	0,32
T 100%	1,29	1,07	1,13	0,63	0,32	0,34
LL 50%	1,34	1,20	1,14	0,62	0,30	0,40
LL 100%	1,47	1,29	1,04	0,61	0,33	0,38

Após 18 meses de experimento houve um valor mais elevado da relação C-AF+C-AH / C-HUM, indicando a estabilidade estrutural da matéria orgânica. Quanto mais elevado o valor, menor o grau de humificação da matéria orgânica, menor estabilidade de SH, devido a presença menor da fração humina, que é a fração mais estável dentre as SH (CUNHA *et al.*, 2005). Indicando que os resíduos orgânicos não tiveram tempo para formar a fração orgânica humificada mais estável (humina).

A relação entre as frações ácidos fúlvicos e húmicos é indicadora do grau de estabilidade da matéria orgânica do solo (VILLATORO, 2004). A relação C-AH/C-AF do solo no ano de 2011 apresentou valor maior que 1 e valor menor que a encontrada no solo no início do experimento, o que indica aporte recente de matéria orgânica, essa relação é um indicador de decomposição da matéria orgânica, valores normais estão superiores a 1 (LABRADOR MORENO 1996). Os ácidos húmicos são considerados marcadores da direção do processos de humificação (CUNHA *et al.*, 2005). Houve aumento do COT ao longo do tempo e este não se converteu em substâncias húmicas.

Não houve efeito de interação entre tratamentos e épocas de avaliação, nem dos tratamentos isoladamente sobre as variáveis N-AF, N-AH, N-HUM. Houve efeito da época de amostragem sobre as variáveis N-AF, N-AH, N-HUM (Tabela 5). Os teores de N das frações ácidos fúlvicos e humina diminuíram após 18 meses de experimento, quando comparados com o teor inicial. Entretanto o teor de N na fração ácidos húmicos no solo foi maior no ano de 2011 em relação ao ano de 2009. A relação N-AF+N-AH / N-HUM mostra que o N é melhor distribuído entre as frações quando comparado ao C, mostrando uma composição química diferente entre as frações das SH com o C predominando no C-HUM e o N melhor distribuído entre as frações. O maior teor de N na fração humina indica predomínio da rota de polimerização na formação das SH (SILVA & MENDONÇA, 2007), e esta associada ao teor de argila (VENKE FILHO *et al.*, 2008).

Tabela 5. Teores de N da fração ácidos fúlvicos (FAF), fração ácidos húmicos (FAH) e humina (HUM), em solo sob café com adubação orgânica.

Trat.	N-HUM		N-FAF		N-FAH	
	dag/kg					
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
T.50%	0,110 a	0,080 b	286,13 a	0,0276 b	0,0271 b	0,0307 a
T.100%	0,107 a	0,080 b	310,63 a	0,0291 b	0,0249 b	0,0299 a
LL. 50%	0,106 a	0,070 b	317,63 a	0,0266 b	0,0275 b	0,0310 a
LL. 100%	0,097 a	0,070 b	303,63 a	0,0297 b	0,0219 b	0,0304 a
CV (%)	9,61		7,01		13,58	

Para cada variável médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem pelo teste F ( $P \geq 0,05$ ).

A proporção N-FAH/N-FAF apresentou valores mais elevados ao final do período de 18 meses devido ao aumento do N-FAH. A maior relação N-SH / N-total, após o final do experimento indica que o N está participando do processo de formação das SH (SILVA & MENDONÇA, 2007) (Tabela 6), seguindo para formas menos disponíveis para as plantas e com tempo de ciclagem mais longo.



Tabela 6. Relação N-FAF/N-FAH, N-FAH+ N-FAF/ N-FHUM e proporção do NT recuperado pelo fracionamento das substâncias húmicas em solo sob café com adubação orgânica.

Trat.	(N-FAH/ N-FAF)		$\Sigma(N-SH)/N_{total}$		N-FAH+ N-FAF/ N-FHUM	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
T.50%	0,95	1,11	1,04	1,03	0,50	0,71
T.100%	0,80	1,03	0,99	1,03	0,52	0,74
LL. 50%	0,87	1,16	0,98	1,03	0,56	0,81
LL. 100%	0,72	1,02	0,87	1,00	0,54	0,81

### 4.3 Carbono Oxidável

Após 18 meses de experimento as frações de carbono orgânico (CO) extraído em um gradiente crescente de oxidação não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. No início do experimento a maior proporção do C esteve associada à fração mais facilmente oxidável (Tabela 7), o que implica em uma maior predominância, no solo sob cultivo de cafeeiro, de matéria orgânica de maior biodisponibilidade (RANGEL *et al* 2008) ao final do experimento houve uma menor participação do carbono na fração lábil do solo. O valor do  $C_{NL}$  aumentou devido ao aumento da fração mais dificilmente oxidável ( $F_4 = COT - 9 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$ ), evidenciando o acúmulo nesse local de composto orgânico de maior estabilidade química e alto peso molecular, oriundos da decomposição e humificação da MOS. O menor valor para  $C_L$  e o maior valor de  $C_{NL}$  indicam o crescimento dos compartimentos química e fisicamente protegidos e também reforçam a importância do aporte contínuo de resíduos vegetais na superfície (CHAN *et al.*, 2001; MARIN, 2002).

Os resultados de carbono das substâncias húmicas não estão em concordância com os resultados encontrados na análise de carbono oxidável. Esses resultados diferentes podem ser devido as formas diferentes em que são realizadas essas análises. O C das substâncias húmicas é extraído em meio básico, o carbono das frações

oxidáveis é extraído em meio ácido. Contudo o carbono nas substâncias húmicas do solo no mês de abril de 2011 foi maior que o COT do solo no mês de outubro de 2009, o que indica uma superestimação para essa análise.

Tabela 7. Frações do carbono orgânico de um solo cultivado com cafeeiro

Trat.	2009	2011	2009	2011	2009	2011
	-----C <sub>NL</sub> -----		-----C <sub>L</sub> -----		-----L-----	
	-----dag/kg-----					
T.50%	0,73	1,08	0,89	0,72	0,71	0,31
T.100%	0,72	1,13	0,95	0,73	0,98	0,33
LL 50%	0,51	1,06	0,98	0,74	0,85	0,34
LL 100%	0,59	1,20	1,00	0,75	0,91	0,36

Adubação com leguminosa com 50% da adubação orgânica (LL 50%); adubação com leguminosa com 100% da adubação orgânica (LL 100%.); adubação sem leguminosa com 50% da adubação orgânica (T 50%), adubação sem leguminosa com 100% da adubação orgânica (T 100%). O carbono não lábil (C<sub>NL</sub>) representa soma de F2 +F3 e o C<sub>L</sub> O carbono lábil (C<sub>L</sub>) representa a soma de F1 + F2. A labilidade (L) foi representada por C<sub>L</sub>/C<sub>NL</sub>.

Houve uma redução na fração lábil (< 6 mol/L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), (Tabela 7) e um aumento na proporção de N-SH/ Ntotal (Tabela 6). Esses resultados estão de acordo com CHAN *et al.* (2001), os autores obtiveram um coeficiente de correlação de 0,86 entre a fração 1 (< 6 mol/L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e o nitrogênio mineralizável.

O menor valor de labilidade (L) implica em uma menor proporção de C<sub>L</sub> com o tempo representando uma menor biodisponibilidade do carbono, afetando a biomassa microbiana.

#### 4.4 Carbono e nitrogênio na biomassa microbiana

A biomassa microbiana (Cbio), não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Contudo pode observar que a uma tendência de queda da biomassa entre o período de 2009/2010 para o ano de 2010/2011.

(Tabela 8).

Tabela 8. Teores de C (Cbio) e N(Nbio) na Biomassa Microbiana, proporção de Cbio e Nbio no COT e a relação Cbio/Nbio nos solos sob tratamentos: adubação com leguminosa com 50% da adubação orgânica (LL 50%); adubação com leguminosa com 100% da adubação orgânica (LL 100%.); adubação sem leguminosa com 50% da adubação orgânica (T 50%), adubação sem leguminosa com 100% da adubação orgânica (T 100%).

Tratamento	.....C bio <sup>ns</sup> .....		.....N bio <sup>ns</sup> .....		Cbio/Nbio
	2009	2011	2009	2011	
	mg/kg		mg/kg		2009
T.50%	203,46 a	111,93 b	19,84 b	25,39 a	10,25
T.100%	163,36 a	107,37 b	15,38 b	22,07 a	10,62
LL 50%	218,29 a	95,16 b	14,47 b	19,26 a	15,09
LL 100%	190,75 a	63,63 b	12,28 b	19,24 a	15,54
CV (%)	37,24		28,90		
	%Cbio/COT		%Nbio/NT		
T.50%	1,28	0,62	1,23	1,87	4,41
T.100%	1,14	0,58	0,93	1,64	4,87
LL 50%	1,50	0,53	0,86	1,54	4,94
LL 100%	1,24	0,32	0,72	1,44	3,31

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). <sup>ns</sup> não significativo.

Ao final do experimento os teores de C<sub>bio</sub> foram similares em todos os tratamentos, mas diminuindo ao longo do tempo. No entanto o N<sub>bio</sub> aumentou ao longo de tempo. (Figura 1 e Figura 2)

No presente trabalho houve uma diminuição no valor do quociente microbiano (C<sub>bio</sub>/COT). Esse resultado indica que o sistema está em desequilíbrio. O quociente microbiano ideal esta na faixa de 2,3 para monocultivos e 4,4 para rotação de cultura (ANDERSON & DOMSCH, 1989). Em todos os tratamentos a inclinação foi negativa, demonstrando decréscimo do valor da relação C<sub>bio</sub>/COT com o tempo.

A significativa redução do C na biomassa microbiana pode indicar que houve pouca disponibilidade de C para atender ao provável aumento inicial da biomassa microbiana devido à adubação orgânica rica em N. Esses dados são corroborados pelos dados de C oxidável onde os menores valores de C na fração mais facilmente oxidável (C lábil) é um indicativo da menor presença de compostos prontamente mineralizáveis, essa fração esta estreitamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes (MAIA, 2004). Segundo KAISER & HEINEMEYER (1993), o conteúdo de biomassa microbiana de um solo depende, além do conteúdo de C, de vários fatores, como a qualidade e distribuição do CO, que podem sofrer variação espacial e temporal. Provavelmente, isso tenha ocorrido nos solos estudados, em que houve aumento da quantidade da fração mais recalcitrante e menos disponível da MOS. GUEDES (1997) sugeriu que com o aumento na fração lábil da MO do solo o C estaria mais disponível como substrato para a biomassa microbiana.

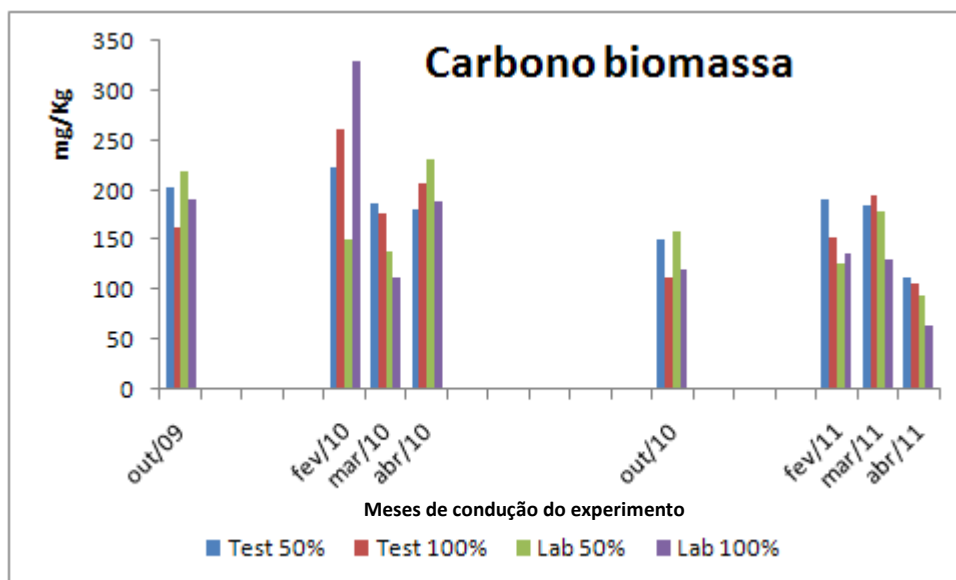


Figura 1: Teor de carbono orgânico total nos solos sob tratamentos: adubação com leguminosa com 50% da adubação orgânica (Lab 50%); adubação com leguminosa com 100% da adubação orgânica (Lab 100%.); adubação sem leguminosa com 50% da adubação orgânica (Test 50%), adubação sem leguminosa com 100% da adubação orgânica (Test. 100%). Durante o período de condução do experimento

Ocorreu diminuição na relação C/N dos microrganismos devido a diminuição do C da biomassa e ao aumento do N da biomassa.

O aumento do N<sub>bio</sub> ao longo do período do experimento está relacionado provavelmente com um aumento da disponibilidade desse nutriente no solo logo após a adubação orgânica.

Após 18 meses maiores valores da proporção N<sub>bio</sub>/NT foram observados no solo em relação ao solo inicial, indicando maior quantidade de N imobilizado como biomassa microbiana.

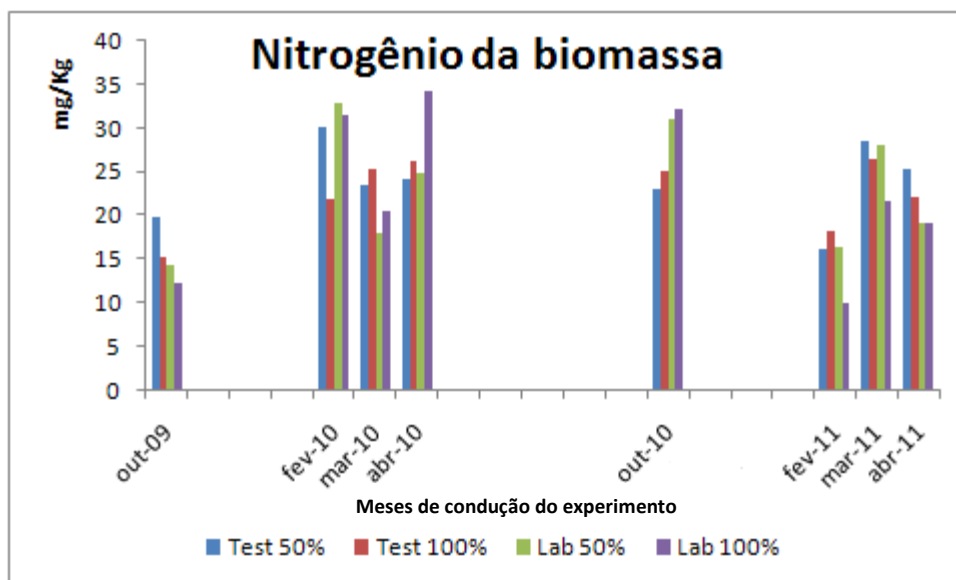


Figura 2: Teor de carbono orgânico total nos solos sob tratamentos: adubação com leguminosa com 50% da adubação orgânica (Lab 50%); adubação com leguminosa com 100% da adubação orgânica (Lab 100%.); adubação sem leguminosa com 50% da adubação orgânica (Test. 50%), adubação sem leguminosa com 100% da adubação orgânica (Test. 100%). Durante o período de condução do experimento

## 5. Conclusões

As adubações com cama de frango, torta de mamona e lablab alteraram a compartimentalização do C e N do solo.

As adubações com cama de frango, torta de mamona e lablab, mostraram-se desbalanceada, pois diminuiu a fração mais lábil do C e o N total no solo.

## 6. Considerações finais

O uso de leguminosas (amendoim forrageiro, mucuna cinza) como adubo verde foi eficiente no crescimento inicial de cafeeiros, visto que proporcionaram aporte de material orgânico, melhorando a fertilidade do solo, mesmo após um ano de crescimento do cafeeiro, o solo apresentou aumento na fertilidade do solo. Esses efeitos

benefícios foram atribuídos aos nutrientes liberados pela decomposição das leguminosas, exceto o N, e a matéria orgânica formada a partir dos resíduos das leguminosas.

Embora os diferentes tratamentos com adubação orgânica não apresentaram diferenças. As adubações com torta de mamona, cama de frango e leguminosa (lablab) alteraram a compartimentalização da matéria orgânica. A análise de carbono oxidável e a análise de fracionamento das substâncias húmicas, apresentaram resultados contrários, isso pode ser atribuído às diferentes formas de extração de carbono para cada análise, sendo a análise de carbono oxidável realizada em meio ácido e a análise de fracionamento em meio básico.

Houve um aumento no teor de COT, e uma queda no teor de NT e da biomassa microbiana. Isso indica que o aporte de N ao solo foi insuficiente para a demanda do cafeeiro, o que levou a uma diminuição de N para a biomassa microbiana e conseqüentemente um aumento no teor de COT do solo. A diminuição de N pode estar atribuída à volatilização e à lixiviação de N.

Esses dados demonstram a complexidade da adubação orgânica e a importância de mais estudos para se entender melhor a dinâmica da matéria orgânica.

## **6. Referências bibliográficas**

- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon total organic carbon in arable soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 1989, v.21, p. 471-479.
- BLAIR, G.J. LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agric. Res.*, 1995, v.46, p.1459-1466.
- CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; DA SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v35, n.1, p133-143. 2000.
- CANELLAS, L.P.; ESPINDOLA, J.A.; REZENDE, C.E.; CAMARGO, P.B.;

- ZANDONADI, J.A.A.; RUMJANEK, V.M.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; BRAZ-FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. *Scientia Agricola*, 2004, v.61, 53-61.
- CANTARELLA, H.; ABREU, C.A.A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas. 1992, p.63-122.
- CHAN, K.Y.; BOWMAN, A.; OATES, A.; Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil Science*, v.166. p.61-67.2001
- CHAN, K.Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in Vertisols under pasture and cropping. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v.61. p.1376–1382. 1997.
- COELHO, M.S. Adubos verdes na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo de cafezais em sistema de cultivo orgânico. Viçosa, UFV, 2009. 51p. Dissertação de mestrado.
- CUNHA, T.J.F.; CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RIBEIRO, L.P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. 1ª Ed. Campos Goytacazes. 2005, p. 54-80.
- DORAN, J.W.; PARKINSON, T.B. Defining and assessing soil quality. In Doran, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A (Eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994, p.3-21. (Special Publication)
- DUXBURY, J.M., SMITH, M.S., DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C. et al. Eds. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, Niftal Project, 1989. p. 33-67.
- FUNARBE. Sistema para análises estatísticas – SAEG, versão 9.1. Viçosa, 2006.
- GUEDES, H.M. Efeito de diferentes sistemas de manejo na distribuição de



classes de agregados e nos teores de carbono orgânico em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso na região dos Cerrados. Brasília, Universidade de Brasília, 1997. 153p. Dissertação de Mestrado.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measure of microbial biomass carbon. *Biol Fertil Soils*. V.27. p.408-416.1998

KAISER, E.A.; HEINEMEYER, O. Seasonal variations of soil microbial biomass carbon within the plough layer. *Soil Biology e Biochemistry*. v.25, p.1649-1656, 1993.

KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J.K. STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology e Biochemistry*. v.32, p.1485-1498. 2000.

LABRADOR-MORENO, J. La materia orgánica e los agrosistemas. Madri:

Ministeria Agricultura, 1996. 176p

LAL, R. Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água

nos trópicos; tradução e adaptação de Cláudia Conti Medugno e José Flávio Dynia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 97p. (Embrapa Meio Ambiente – Documentos, 03).

LEIFELD, J. & KOGEL-KNABNER, I. Soil organic matter fractions as early

indicators for carbon stock changes under different land-use? *Geoderma*, v.124. p.143-155. 2005.

MAIA, STOÉCIO MALTA FERREIRA. Compartimentos da matéria orgânica e

perdas de solo e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi-árido cearense. Tese de mestrado. 89p. 2004.

MARIN, A.M.P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do

solo. Viçosa, UFV, 2002. 83p. Dissertação de mestrado.

- MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.C.; COELHO, M.S.; MATEUS, R.F.; CARDOSO, I.M. Green Manure in coffee system in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v.32, p.2027-2035. 2008
- MENDONÇA, E. S. ; OLIVEIRA, F. H. T. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. *Anais do 1º Simpósio sobre fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto*. Associação de Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p.70-81.
- MIELNICZUK, J., BAYER, C., BESAN, F.M., LOVATO, T., FERNÁNDEZ, F.F., DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N., MARQUES, J.J., GUILHERME, L.R.G., LIMA, J.M., LOPES, A.S., ALVAREZ, V.H., eds. *Tópicos em ciência do solo*. 1. Ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3. P. 209-248.2003.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Ed. Ufla, Lavras, 2002. 626p.
- NASCIMENTO, J. T.; IVANDRO DE F. SILVA, I.S.; ROBEVAL D.; SANTIAGO, R.D.; NETO, L.F.S. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.3, p.457-462. 2003.
- PIZAURO Jr.; J.M.; MELO, W. J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p.95-103, 1995.
- RANGEL , O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com cafeeiros em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008.

- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (eds). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5<sup>a</sup> Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.
- SIQUEIRA, J.O. Biologia do solo. ESAL-FAEPE, Lavras, 1993.230p.
- SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, v.241, p.155-176. 2002.
- 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.L. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG., P.275-374, 2007.
- SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.6, p.1113-1122, 2003.
- SWIFTY, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, K. *Methods of soil analysis part 3: chemical methods*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 1996, p 1011-1020.
- TEDESCO, M.J.; BOHNNEM, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1995. 174p.
- VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C.C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais – Tibagi, PR. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32.p.599-610, 2008.
- VILLATORO, M.A.A. Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico. Seropédica, RJ, UFRRJ, 2004. 51p. Dissertação de doutorado.
- WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do

solo. In: HUNGRIA, M.& ARAUJO, R.S., eds. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p.419-436. 1994.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.40. p.487-495, 2005.

YEOMANS, J.C. BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Comum. Soil Sci. Plant Ananl., v.19. p1467-1476, 1988.

## Anexos

Tabela 9. Frações do carbono orgânico de um latossolo cultivado com cafeeiro

Trat.	Frações de C extraídos							
	Fração 1		Fração 2		Fração 3		Fração 4	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
	-----dag/kg-----							
	-----Fração/COT (%) -----							
T 50%	41,59	23,98	14,69	15,99	36,36	30,15	9,59	29,86
T 100%	49,58	24,84	16,53	14,19	34,10	29,52	15,90	31,43
LL 50%	46,02	25,32	26,54	15,66	33,85	22,49	10,67	26,52
LL 100%	47,56	26,33	19,46	12,24	30,10	27,70	9,11	33,72

Trat.	Frações de C extraídos							
	Fração 1		Fração 2		Fração 3		Fração 4	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
	-----dag/kg-----							
T 50%	0,66 a	0,43b	0,23 a	0,29 a	0,58 a	0,54 a	0,15 b	0,54 a
T 100%	0,71 a	0,46b	0,24 a	0,26 a	0,49 a	0,55 a	0,23 b	0,58 a
LL 50%	0,62 a	0,45b	0,36 a	0,28 a	0,46 a	0,40 a	0,15 b	0,65 a
LL 100%	0,71 a	0,52b	0,29 a	0,24 a	0,45 a	0,54 a	0,14 b	0,66 a
CV (%)	10,27		24,35		13,29		27,05	

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). <sup>Ns</sup> não significativo. 100% da adubação orgânica respectivamente LL 50% e 100% = café consorciado com leguminosa e 50 e 100% da adubação orgânica respectivamente. T 50% e 100% = café sem consorciação com leguminosa com 50% e 100% da adubação orgânica respectivamente

Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) dos atributos químicos do solo e do tempo, na profundidade de 0-10 cm.

Fonte de variação	GL	Coef, Variação	F	Significância
COT	3	12,99	1,57	0,2352
Tempo-COT	1	12,99	6,53	0,0212
NT	3	4,79	0,19	*****
Tempo- NT	1	4,79	234,52	0,0000
C-HUM	3	7,79	0,11	*****
Tempo- C-HUM	1	7,79	45,35	0,0000
C-AH	3	11,143	1,14	0,3647
Tempo- C-AH	1	11,143	2,72	0,1188
C-AF	3	14,635	0,4	*****
Tempo- C-AF	1	14,635	26,70	0,0001
N-HUM	3	9,609	1,41	0,2777
Tempo- N-HUM	1	9,609	111,44	0,0000
N-FAH	3	13,582	0,43	*****
Tempo- N-FAH	1	13,582	9,94	0,0062
N-FAF	3	7,012	0,34	*****
Tempo- N-FAF	1	7,012	10,82	0,0046
CF1	3	10,272	2,24	0,1225
Tempo- CF1	1	10,272	128,53	0,0000

---

CF2	3	24,357	0,98	*****
Tempo- CF2	1	24,357	2,24	0,1230
CF3	3	13,292	8,20	0,1704
Tempo- CF3	1	13,292	0,66	*****
CF4	3	27,050	0,89	*****
Tempo- CF4	1	27,050	212,87	0,0000
C-bio	3	37,246	2,66	0,0832
Tempo- C-bio	1	37,246	33,69	0,0000
N-bio	3	28,901	3,08	0,0570
Tempo- N-bio	1	28,901	13,38	0,0021

---