



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES  
SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

**NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES**

**Araras  
2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES  
SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

**NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES**

**ORIENTADORA: PROFa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI  
CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G963a Guimarães, Nathalia de França  
Atributos biológicos da qualidade do solo em  
diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro /  
Nathalia de França Guimarães. -- São Carlos : UFSCar,  
2016.  
59 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de  
São Carlos, 2016.

1. Biomassa microbiana. 2. Urochloa cv.  
decumbens. 3. Cafeeiro arborizado. 4. Coffea  
arabica. 5. Fauna epigéica. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias

Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Nathalia de França Guimarães, realizada em 26/02/2016:

*Anastácia Fontanetti*

---

Profa. Dra. Anastacia Fontanetti  
UFSCar

*Silvana Perissatto Meneghin*

---

Profa. Dra. Silvana Perissatto Meneghin  
UFSCar

*Giuliano Grici Zacarin*

---

Prof. Dr. Giuliano Grici Zacarin  
UNIARARAS

*“Semear ideias ecológicas e plantar sustentabilidade  
é ter a garantia de colhermos um futuro fértil e  
consciente”*

**- Sivaldo Filho**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeiramente, por minha vida, e por ter me propiciado a oportunidade de trabalhar com esse tema.

À minha mãe Rosilene, meu padrasto Antônio e minhas irmãs Camila e Rebeca, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu namorado Anderson, pelo amor, carinho e motivação em todos os momentos de dificuldades.

Aos meus orientadores, doutora Anastácia Fontanetti e doutor Ricardo Toshio Fujihara, pelo interesse no projeto, confiança, apoio e empenho.

Aos meus amigos Maicon e Kátia, pelo companheirismo e pela ajuda na coleta dos dados e análises laboratoriais.

Ao doutor Rogério Ferreira da Silva, pela valiosa amizade.

Ao senhor Jefferson Rissato Adorno, família e funcionários por autorizarem a realização deste estudo na Fazenda Retiro Santo Antônio.

À Universidade Federal de São Carlos e, ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural pela oportunidade de formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

E a todos que, de alguma maneira, ajudaram a desenvolver esse trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>01</b>
<b>2. REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....</b>	<b>05</b>
<b>3. CAPÍTULO I – FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA ASSOCIADA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIRO .....</b>	<b>10</b>
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
3. 1. INTRODUÇÃO.....	13
3. 2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3. 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
3. 4. CONCLUSÕES.....	27
3. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
<b>4. CAPÍTULO II – BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIRO.....</b>	<b>34</b>
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
4. 1. INTRODUÇÃO.....	37
4. 2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4. 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4. 4. CONCLUSÕES.....	50
4. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

### **CAPÍTULO I - FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA ASSOCIADA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

	Pág.
TABELA 1 - Dias com chuva (DC), precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento.....	15
TABELA 2 - Acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ), em diferentes sistemas de cultivo de cafeeiro, pousio e fragmento florestal. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	20
TABELA 3 - Frequência relativa dos grupos taxonômicos (%) da comunidade da fauna invertebrada epigéica do solo, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal, em duas épocas de coleta (abril e julho), utilizando armadilhas pitfall. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	21
TABELA 4 - Abundância ( $n^{\circ}$ de indivíduos $arm^{-1}$ ) e riqueza ( $n^{\circ}$ de grupos) da comunidade de invertebrados epígeos, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	23
TABELA 5. Índice de Diversidade Shannon e Equitabilidade de Pielou da comunidade de invertebrados epígeos, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	26

### **CAPÍTULO II - BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

	Pág.
TABELA 1 - Características químicas e granulométricas do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal na camada de 0,0-0,10 m de profundidade. Fazenda Retiro Santo Antônio, Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	39

TABELA 2 - Dias com chuva (DC), precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento.....	39
TABELA 3 - Acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ), em diferentes sistemas de cultivo de cafeeiro, pousio e fragmento florestal. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	44
TABELA 4 - Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO <sub>2</sub> ), quociente metabólico ( $qCO_2$ ), quociente microbiano ( $qMIC$ ) e matéria orgânica (MOS), em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I - FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA ASSOCIADA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

	Pág.
FIGURA 1 - a) demarcação em vermelho, representa o total da área da Fazenda Retiro Santo Antônio. Em amarelo representação do total de área com Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e <i>U. cv. decumbens</i> (CAU); b) ampliação da área com CAU.....	17
FIGURA 2 - Dendrograma de dissimilaridade da comunidade dos invertebrados epígeos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal (Médias das duas épocas de coleta). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e <i>U. cv. decumbens</i> ; CUD: cafeeiro em consórcio com <i>U. cv. decumbens</i> ; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.....	27

### **CAPÍTULO II - BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

	Pág.
FIGURA 1 - Dendrograma de dissimilaridade dos indicadores microbiológicos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e <i>U. cv. decumbens</i> ; CUD: cafeeiro em consórcio com <i>U. cv. decumbens</i> ; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.....	49

## **ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

**Autor: NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES**

**Orientador: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**Co-orientador: Prof. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA**

### **RESUMO**

A fauna invertebrada epigéica, assim como a biomassa e a atividade microbiana se mostram eficientes indicadoras de qualidade do solo, por apresentarem alta sensibilidade as alterações no ambiente. A sensibilidade desses atributos biológicos do solo tem papel fundamental na avaliação das atividades antrópicas, sendo uma ferramenta para monitorar a qualidade do solo. Objetivou-se com o trabalho avaliar a qualidade do solo, utilizando como bioindicadores a fauna invertebrada epigéica, a biomassa e, a atividade microbiana em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. O estudo foi conduzido no ano de 2015 em uma propriedade particular localizada no município de Santo Antônio do Jardim, SP. O delineamento experimental adotado foi o blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo do cafeeiro e duas áreas testemunhas: 1) Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens*; 2) Cafeeiro em consórcio com *Urochloa cv. decumbens*; 3) Cafeeiro em cultivo exclusivo; 4) Área com solo em pousio e 5) Fragmento de vegetação nativa. Os bioindicadores foram avaliados em duas épocas, sendo a primeira no mês de abril e a segunda no mês de julho de 2015. Para avaliação da fauna invertebrada epigeica, foram instaladas no centro de cada área cinco armadilhas de queda ("pitfall"), totalizando 25 armadilhas. A caracterização da fauna invertebrada epigeica foi realizada com base na composição taxonômica (%); densidade (nº de indivíduos); riqueza (nº de grupos); índice de diversidade de Shannon; índice de equabilidade de Pielou. A biomassa microbiana foi avaliada coletando-se amostras de solo na profundidade 0,0 - 0,10 m. As

variáveis avaliadas foram: carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano e o carbono orgânico do solo. Foi avaliado também, o acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e a umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ). As épocas de coleta influenciaram somente a fauna invertebrada epigéica. Já os sistemas de cultivo do cafeeiro e as testemunhas influenciaram todos os atributos biológicos da qualidade do solo avaliados neste estudo. O sistema Fragmento de vegetação nativa se mostra o mais diversificado e de maior complexidade vegetal, e favoreceu o desenvolvimento dos atributos biológicos de qualidade solo (abundância de organismos, frequência relativa dos grupos taxonômicos, carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente microbiano), seguidos por Café arborizado e *Urochloa cv. decumbens*, Pousio, Cafeeiro consorciado com *Urochloa cv. decumbens* e Cafeeiro em cultivo exclusivo.

**Palavras-chave:** biomassa microbiana, *Urochloa cv. decumbens*, cafeeiro arborizado, *Coffea arabica*, fauna epigéica

## **BIOLOGICAL ATTRIBUTES OF QUALITY OF SOIL IN DIFFERENT COFFEE CULTIVATION SYSTEMS**

**Author: NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES**

**Adviser: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**Co-adviser: Prof. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA**

### **ABSTRACT**

The fauna invertebrate epigeic, as well as biomass and microbial activity are shown efficient indicator of soil quality, because they have high sensitivity to changes in the environment. The sensitivity of these biological attributes of the soil plays a fundamental role in the assessment of anthropogenic activities, with a tool to monitor soil quality. The objective of the study was to evaluate the quality of the soil, using as biomarkers to epigeic invertebrate fauna, biomass and microbial activity in different coffee cultivation systems. The study was conducted in 2015 at a private estate in the municipality of Santo Antônio do Jardim, SP. The experimental design was randomized blocks in split plot in time, with five repetitions. The treatments consisted of three coffee cultivation systems and two witnesses areas: 1) Coffee in consortium with tree and *Urochloa cv. decumbens* species; 2) Coffee in consortium with *Urochloa cv. decumbens*; 3) Coffee in exclusive culture; 4) area with ground fallow and 5) native vegetation fragment. The bioindicators were evaluated in two periods, the first in April and the second in July 2015. To evaluate the epigeica invertebrate fauna were installed in the center of each area five pitfall traps ("pitfall"), totaling 25 traps. The characterization of epigeica invertebrate animals was made based on the taxonomic composition (%); density (number of individuals); richness (number of groups); Shannon diversity index; evenness index of Pielou. The microbial biomass was evaluated by collecting soil samples at depth 0,0 to 0,10 m. The variables evaluated were: microbial biomass carbon, basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and soil organic carbon. It was evaluated also the accumulation of litter ( $t\ ha^{-1}$ ) and soil moisture ( $kg\ kg^{-1}$ ). The collection dates only influenced epigeic invertebrate fauna. As for the

coffee cultivation systems and witnesses influenced all biological attributes of soil quality in this study. The native vegetation fragment system shows the more diverse and more complex plant, and favoured the development of biological attributes soil quality (abundance of organisms on frequency of taxonomic groups, microbial biomass carbon, basal respiration and microbial quotient), followed by Coffee wooded and *Urochloa cv. decumbens*, fallow, Coffee intercropped with *Urochloa cv. decumbens*, Coffee in exclusive culture.

**Keywords:** microbial biomass, *Urochloa cv. decumbens*, wooded coffee, *Coffea arabica*, epigeic fauna

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O cafeeiro da espécie *Coffea arabica* L., é uma planta originária dos altiplanos da Etiópia, onde vegeta espontaneamente em sub-bosques nas regiões de Jimma e Kaffa, com 1.600 a 1.900 metros de altitude, a temperatura do ar varia entre 17°C e 20°C e as chuvas anuais entre 1.500 a 1.800 milímetros bem distribuídos e, com período seco definido entre quatro a cinco meses (COSTE, 1969). A chegada do cafeeiro no Brasil ocorreu em 1727, à primeira planta é oriunda da Guiana Francesa e, adequou-se prontamente ao clima e rapidamente ganhou importância na economia nacional (SEBRAE, 2011). Mesmo em condições diferentes do seu centro de origem o cafeeiro é cultivado em toda faixa tropical e, se adaptou às mais diversas condições ecológicas (LIMA et al., 2007).

O café possui grande importância econômica para o Brasil, uma vez que o país é responsável por 37% da produção mundial e suas exportações representam lucro anual de US\$ 5,7 bilhões (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2015). Para a safra de 2015, foi estimada a produção de 42.148,3 mil sacas beneficiadas de café, com área total de 1.930,1 mil hectares (CONAB, 2015).

Segundo Gabriel (2009), a cafeicultura gerou grandes riquezas no Brasil no decorrer do século passado, porém, atualmente, enfrenta um período de grande instabilidade, devido às oscilações decorrentes das variações da produção e dos valores cotados nos mercados internacionais. Os atuais sistemas de produção do café no Brasil, adensados e cultivados a pleno sol, visam o aumento da produtividade. Tal situação caracteriza o país, no mercado internacional, como um fornecedor de elevada quantidade de cafés comuns e de baixo preço, mesmo produzindo grande diversidade de tipos de café (GIOMO; BORÉM, 2011).

Além disso, as extensas áreas em monocultivos, resulta em diversos impactos ao cafeeiro e ao ambiente. Para o cafeeiro destacam-se o maior efeito da bienalidade da produção (JARAMILLO-BOTERO et al. 2010), o aparecimento de pragas e doenças, compactação e perda de nutrientes via

erosão (CUNHA, 1995); e o empobrecimento gradativo do solo (RICCI et al., 2010).

Por outro lado, a proposta de cultivos de cafeeiros arborizados busca, por meio do sombreamento moderado, atenuar as ocorrências climáticas extremas e proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas de produção (CAMPANHA et al., 2004). Esta técnica aumenta a capacidade de absorção e infiltração de água, reduzindo o risco de erosão e emergência de plantas invasoras (BARBERA et al., 2002). Oferece ainda, proteção contra o impacto das gotas de chuva, evitando variações bruscas na umidade e temperatura, além de ter ligação direta com o desenvolvimento da biota do solo (ALVARENGA; MARTINS, 2004).

Seguindo a mesma proposta dos cafeeiros arborizados, o cultivo de plantas de cobertura nas entrelinhas do cafeeiro contribui para a manutenção da umidade, controle de erosão e melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Entre as plantas de cobertura utilizadas em consórcio com o cafeeiro destacam-se as do gênero *Urochloa*, que, por se tratar de uma espécie perene reduz a necessidade do revolvimento anual do solo para replantio. Além disso, os resíduos vegetais, em virtude da sua baixa taxa de decomposição, exercem eficiente proteção do solo (BORTOLINI et al., 2000). Destacam-se também a contribuição dessa espécie para a estruturação e estabilidade dos agregados do solo, reduzindo a suscetibilidade à compactação devido ao aumento da macroporosidade (ALVARENGA; DAVIDE, 1999).

Esses sistemas de cultivo e práticas que visam aumentar a sustentabilidade do cafeeiro influenciam de maneira positiva na biota do solo, atuando na melhoria e manutenção da qualidade do mesmo. Diversos estudos indicam que culturas em consórcio com espécies arbóreas e, ou, plantas de cobertura acarretam inúmeras modificações na qualidade biológica do solo.

Teixeira et al. (2014), avaliando a artropodofauna em sistemas arborizados do cafeeiro conilon em solo de tabuleiros costeiros, verificaram melhores resultados na riqueza de grupos, dominância e equitabilidade desses organismos nos sistemas arborizados em comparação com o monocultivo. O

mesmo foi observado por Lima et al. (2010), em sistemas de café arborizados com oito anos de implantação. Ponge et al. (2003), verificaram aumentos na densidade de grupos em agroecossistemas arborizados, em comparação com os sistemas de menor diversidade vegetal. Já Santos et al. (2008), estudando o efeito de diferentes plantas de cobertura nos principais grupos da macrofauna do solo, verificaram maior riqueza de grupos no sistema com *Urochloa brizantha*.

Com relação aos atributos microbiológicos, Pereira et al. (2009), avaliando o efeito de diferentes sistemas de cultivo na biomassa microbiana, verificou que áreas com maior diversidade vegetal, favoreceram o desenvolvimento da biomassa microbiana do solo, independentemente da espécie utilizada. Silva et al. (2012), avaliando a atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais, verificaram teores de carbono da biomassa microbiana e respiração basal do solo intermediários entre a área de mata e de agricultura anual.

Os organismos do solo podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade, uma vez que estão intimamente relacionados ao funcionamento do solo, apresentando uma estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos (BARETTA, 2007). Dentre os mais utilizados para caracterizar o componente biológico dos solos, destacam-se as medidas de biomassa e a atividade microbiana (MENDES; REIS JUNIOR, 2004), que incluem bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microalgas, constituindo a fração ativa da matéria orgânica do solo contendo, em média, de 2 a 5% do C orgânico (JENKINSON; LADD, 1981) e de 1 a 5% no N total do solo (SMITH; PAUL, 1990).

A atividade desses organismos apresenta características sensíveis às alterações causadas pelas práticas de manejo adotadas (LOPES et al., 2012). Sendo assim, a biomassa microbiana do solo pode ser considerada um dos componentes que monitoram funções chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, além de representar ainda, uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente assimilados durante os ciclos de crescimento dos agroecossistemas (ARAUJO; MONTEIRO, 2007).

Outro grupo de organismos que se destaca, são os invertebrados epígeos. A abundância e diversidade desses organismos podem ser consideradas um eficiente indicador da qualidade do solo, pois o seu monitoramento é um instrumento que permite avaliar não somente a qualidade, como também o próprio funcionamento do sistema de produção, já que se encontra intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes na interface solo-planta (CORREIA et al., 1995).

A fauna de solo pode ser classificada por diferentes critérios: morfológica - tamanho e/ou diâmetro corporal (SWIFT et al. 1979; LAVELLE et al., 1997); aspectos funcionais (LAVELLE et al., 1994; LAVELLE et al., 1997; LAVELLE; SPAIN 2001) e categorias ecológicas segundo o critério de localização espacial e mobilidade (BOUCHÉ, 1977). Em relação às classificações morfológicas e funcionais propostas por Lavelle et al. (1994), os organismos pertencentes ao grupo da microfauna possuem diâmetro corporal  $< 0,2$  mm composta por protozoários, nematoides e pequenos indivíduos da ordem Collembola, atuando de forma indireta na ciclagem de nutrientes. Já a mesofauna possui diâmetro de 0,2 a 4 mm, constituída pelos grupos Acari, Collembola, dipluros, pequenos miriápodes, entre outros pequenos insetos, que movimentam-se nos poros do solo entre a serapilheira. A macrofauna é classificada por possuir diâmetro corporal  $> 4$  mm, composta por anelídeos, formigas, coleópteros e aracnídeos, caracterizados por possuir mobilidade, construindo ninhos e cavidades, transportando partículas de solo.

Bouché (1977) propôs a classificação ecológica segundo o critério de localização espacial e mobilidade dos organismos da macrofauna edáfica de invertebrados, classificados como epigeica, anécica e endogeica. Entre estes grandes grupos, se destacam os organismos epigígeos que vivem e se alimentam na superfície do solo, fragmentam os materiais que ingerem e participam da decomposição da matéria orgânica do solo, sendo responsáveis por pequenos artrópodos saprófagos, pequenos anelídeos, formigas e coleópteros.

Torna-se crescente o interesse em estudar parâmetros que consigam identificar, de maneira precoce e eficaz, as alterações sofridas nos solos e,

com isso, apontar sistemas de manejo capazes de preservar e/ou melhorar a sua qualidade e garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas (CHAER et al., 2009). Desta forma, a sensibilidade dos atributos biológicos do solo tem papel fundamental na avaliação das atividades antrópicas, sendo uma ferramenta para monitorar a qualidade do solo (BARETTA et al., 2011). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do solo, utilizando os bioindicadores fauna invertebrada epigéica, biomassa e atividade microbiana, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.

ALVARENGA, M. I. N.; MARTINS, M. Fatores edáficos de cafezais arborizados. In: **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, p. 45-84, 2004.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 23, p. 66-75, 2007.

BARBERA, N. et al. Diversidad de especies de hormigas en sistemas agroforestales contrastantes de café, en Turrialba, Costa Rica. **Agroforesteria em las Américas**, Turrialba, v. 9, n. 35, p. 75-80, 2002.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo**, 2007, 159p. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P. R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.897-903, 2000.

- BOUCHÉ, M.B. Strategies lombriciennes. In: LOHM, U.; T. PERSSON (eds.). **Soil Organisms as Components of Ecosystems**. Estocolmo: Ecology Bulletin, p.122-132, 1977.
- CAMPANHA, M. M. et al. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 63, n. 01, p. 75-82, 2004.
- CHAER, G. M. et al. Shifts in microbial community composition and physiological profiles across a gradient of induced soil degradation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 73, n. 4, p. 1327-1334, 2009.
- CHIODEROLI, C. A. et al. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 30, n.6, p. 1101-1109, 2010.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – Safra de 2015**. Brasília, 2014, 58p.
- COSTE, R. **El café**. Barcelona: Editorial Blume, 1969. 285p.
- CORREIA, M. E. F. et al. Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em plantios de eucalipto e leguminosas arbóreas. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1995, Viçosa. **Anais...**, p. 442-444, 1995.
- CUNHA, G. M. **Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um latossolo Vermelho-Amarelo Álico, de encosta, sob duas coberturas: café e mata natural**, 1995, 65p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- GABRIEL, J. E. F. **Análise da produtividade e rentabilidade de lavouras cafeeiras agroquímica e orgânica na região da Alta Paulista**, 2009, 142p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 261, p. 1-16, 2011.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 639-645, 2010.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**, New York: Marcel Decker, p. 415-471.1981.

LAVELLE, P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p.159-193, 1997.

LAVELLE, P. et al. The relationship of between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: J. Wiley & Sons, p. 137-169, 1994.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654p.

LIMA, J. M. et al. Crescimento dos componentes de um agrossistema composto por cafeeiros e grevíleas. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2007, Águas de Lindóia. **Anais...**, p. 1-5, 2007.

LIMA, S. S. et al. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.

LOPES, H. S. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, p. 565-570, 2012.

MENDES, I. C; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidades de fósforo (P) nos solos**: uma análise crítica. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2004, 26p.

PEREIRA, F. H.; MERCANTE, F. M.; PADOVAN, M. P. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 3, suplemento especial, p. 130-133, 2009.

PONGE, J. F. et al. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 35, n. 6, p. 813-826, 2003.

RICCI, M. D. S. F. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes pela vegetação espontânea em cultivo de café orgânico. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 17-27, 2010.

SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SEBRAE. **Boletim setorial do agronegócio** – Café, Recife, 2011, 31p.

SILVA, M. S. C. et al. Estoque de serapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 431-441, 2012.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The Significance of soil biomass estimates. In: BOLLAG, J. M.; STOTTZKY, G. **Soil Biochemistry**, New York, v. 6, p. 357-396, 1990.

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

TEIXEIRA, A. F. R.; SILVA, V. M.; MENDONÇA, E. S. Fauna edáfica em sistemas arborizados de café conilon em solo de tabuleiros costeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 385-393, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Coffee**: world markets and trade. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>>. Acessado em: 01 de junho de 2015.

**3. CAPÍTULO I – FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA ASSOCIADA A  
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIRO**

## **FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA ASSOCIADA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO**

**Autor: NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES**

**Orientador: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**Co-orientador: Prof. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA**

### **RESUMO**

O trabalho teve como objetivo avaliar a estrutura da comunidade da fauna invertebrada epigéica associada a diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Foram avaliadas duas épocas, sendo a primeira no mês de abril e a segunda no mês de julho de 2015. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo do cafeeiro e duas áreas testemunhas: 1) Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens*; 2) Cafeeiro em consórcio com *Urochloa cv. decumbens*; 3) Cafeeiro em cultivo exclusivo; 4) Área com solo em pousio e 5) Fragmento de vegetação nativa. Em cada sistema foram instaladas cinco armadilhas de queda “pitfall” para captura da fauna invertebrada epigéica. Avaliou-se também, o acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e a umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ), próximo às armadilhas. Os sistemas adotados favoreceram os grupos Collembola, Formicidae e Diptera, principalmente em épocas com maior precipitação pluviométrica. O sistema Fragmento de vegetação nativa se mostrou o mais diversificado e de maior complexidade vegetal, sendo este tratamento o que ofereceu melhores condições de desenvolvimento da fauna epigéica, seguidos por Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens*, Pousio, Cafeeiro em consórcio com *Urochloa cv. decumbens* e Cafeeiro em Consórcio Exclusivo.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, fauna edáfica, *Urochloa cv. decumbens*, espécies arbóreas

## **EPIGEIC INVERTEBRATE FAUNA ASSOCIATED WITH DIFFERENT SYSTEMS OF GROWING OF COFFEE TREE**

**Author: NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES**

**Adviser: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**Co-adviser: Prof. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA**

### **ABSTRACT**

The study aimed to assess the structure community of the epigeic invertebrate fauna associated with different coffee tree farming systems. The experimental design was completely block in split plot in time, with five repetitions. Two seasons were evaluated, the first in April and the second in month July. The treatments consisted of three coffee tree cultivation systems and two witnesses areas: 1) Coffee tree intercropped with tree and *Urochloa cv. decumbens* species; 2) Coffee intercropped with *Urochloa cv. decumbens*; 3) Coffee in exclusive culture; 4) area with ground fallow and 5) native vegetation fragment. In each system were installed five pitfall traps "pitfall" to capture epigeic invertebrate fauna. In addition, they evaluated the burlap accumulation ( $t\ ha^{-1}$ ) and soil moisture ( $kg\ kg^{-1}$ ), near the traps. The systems adopted favoured the groups Collembola, Diptera, Formicidae and mainly in times with greater precipitation. The native vegetation fragment system proved the more diverse and more complex plant, being this treatment which offered better conditions for development of epigéica fauna, followed by Coffee tree intercropped with *Urochloa cv. decumbens*, fallow, Coffee intercropped with *Urochloa cv. decumbent* and Coffee in exclusive culture.

**Keywords:** *Coffea arabica*, edaphic fauna, *Urochloa cv. decumbens*, tree species

### 3. 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira, em sua maioria, adota o cultivo a pleno sol, adensado e com maiores populações de plantas, visando o aumento do rendimento de grãos (COELHO et al., 2004). Este sistema de produção caracteriza o país, no mercado internacional, como um fornecedor de elevada quantidade de cafés comuns e de baixo preço, mesmo produzindo grande diversidade de tipos de café (GIOMO; BORÉM, 2011).

Afora, a maior vulnerabilidade do agricultor quanto à instabilidade nos preços do café verde tradicional, o modelo descrito pode ocasionar consequências negativas ao ambiente e ao sistema produtivo. Ricci et al. (2010) relatam prejuízos na qualidade física, química e biológica do solo. Carvalho (2011) observou redução da água no solo e no lençol freático no sistema de cultivo convencional em comparação ao sistema agroflorestal. Por consequência, o solo é restritivo à manutenção e crescimento de uma nova biota, reduzindo a viabilidade de recuperação ambiental (SILVA et al., 2009).

Por outro lado, nos últimos anos, a introdução de espécies arbóreas no interior dos cafezais vem ressurgindo nos sistemas produtivos e ganhando importância. O sombreamento dos cafeeiros permite a produção em regiões com déficit hídrico ou geadas, ajuda na manutenção da biodiversidade e na diversificação da produção (JARAMIRO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006).

Seguindo a mesma proposta dos cafeeiros arborizados, o consórcio das plantas de cobertura com a cultura do café vem sendo adotado para a conservação dos solos e da água. As plantas de cobertura comumente consorciadas com o cafeeiro pertencem ao gênero *Urochloa*, que, por se tratar de uma espécie perene reduz a necessidade de revolvimento anual do solo para o semeio. Além disso, promove alterações nos atributos físico-hídricos do solo, resultando no aumento de água prontamente disponível, devido à ação agregante do seu sistema radicular (ROCHA et al., 2014).

Este conjunto de práticas aumenta a sustentabilidade dos cafeeiros, e influencia positivamente a biota do solo, atuando na melhoria e manutenção de sua qualidade. Diversos estudos indicam que os sistemas consorciados com

espécies arbóreas e/ou plantas de cobertura, acarretam inúmeras modificações na qualidade biológica do solo. Cafeeiros arborizados apresentaram melhores resultados na riqueza de grupos, dominância e equitabilidade da fauna edáfica em comparação ao monocultivo (LIMA et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2014). Santos et al. (2008) avaliando a macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em Goiás, verificaram que a *Urochloa brizantha* foi a planta de cobertura que proporcionou a maior riqueza de grupos da macrofauna do solo.

Os invertebrados epígeos são excelentes bioindicadores da qualidade do solo. Percebe-se então, que monitorar a fauna de solo é um instrumento que permite avaliar não só a qualidade de um solo, como também o próprio funcionamento de um sistema produtivo, pois se encontra intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, na interface solo-planta (MANHAES; FRANCELINO, 2013).

A fauna epigéica destaca-se por sua contribuição significativa na regulação das populações microbianas, fragmentação de resíduos vegetais, dispersão de sementes, decomposição, ciclagem de nutrientes, estruturação do solo e na predação de outros invertebrados (DAVIS et al., 2001; ANTONINI et al., 2003; SILVA et al., 2012; ABREU et al., 2014).

Tornou-se então crescente o interesse em estudar parâmetros que consigam identificar, de maneira precoce e eficaz, as alterações ocorridas nos solos e, com isso, apontar sistemas de manejo capazes de preservar e/ou melhorar a sua qualidade e garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas (CHAER et al., 2009). Dentre estes, a fauna do solo pode contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade ambiental de uma determinada prática (HOFMANN; NASCIMENTO; DINIZ et al., 2009).

O trabalho teve como objetivo avaliar a estrutura da comunidade da fauna invertebrada epigéica associada a diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro.

### 3. 2. MATERIAL E MÉTODOS

#### Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido nos meses de abril e julho de 2015 na Fazenda Retiro Santo Antônio (FRSA), localizada no município de Santo Antônio do Jardim, estado de São Paulo (22°06'57"S e 46°40'48 W, 850 m de altitude). O solo é classificado como Argissolo Vermelho-amarelo (EMBRAPA, 2006).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cwb, caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas amenas para as regiões serranas limítrofes com o estado de Minas Gerais (local em que se localiza a propriedade). Sua vegetação é formada por florestas latifoliadas tropicais, variando de decídua a perenifólias. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na tabela 1.

TABELA 1 - Dias com chuva (DC), precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento.

Meses	DC	PP (mm)		T (°C)			UR (%)		
	Total	Total	Média	Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Fev	14	348	12,4	19,9	28,3	24,1	80	94	87
Mar	18	475	15,3	18,1	26,6	22,3	87	98	92
Abr*	4	165	5,5	17,5	27,2	22,3	70	93	81
Mai	7	123	4,0	14,6	23,1	18,8	88	98	93
Jun	3	27	0,9	14,7	24,4	19,5	89	95	92
Jul*	2	30	1,0	14,5	24,4	19,4	90	95	92
Ago	1	10	0,3	15,0	25,7	20,3	78	92	85

\* Meses de coleta. Fonte: Estação meteorológica da FRSA (2015).

#### Delineamento experimental e caracterização do experimento

O delineamento experimental adotado foi o blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. A fauna invertebrada epigéica, a umidade do solo e a serrapilheira foram avaliados em duas épocas, abril e julho de 2015. As cinco áreas foram selecionadas e

delimitadas, com 52,0 m de comprimento e 47,0 m de largura (2.444 m<sup>2</sup>). Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo do cafeeiro:

1) Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa* cv. *decumbens* (CAU): a variedade cultivada é a Obatã, implantada em 2007, com espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,8 m linha (3.571 plantas ha<sup>-1</sup>), consorciado com as espécies arbóreas *Persea americana* (abacateiro), *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), *Hymenaea* sp. (jatobá), *Carica papaya* (mamão), *Anadenanthera colubrina* (angico-branco), *Peltophorum dubium* (canafístula), e *Cassia grandis* (cássia-rosa), implantadas em 2009, com espaçamento de 14 m entrelinha e 16 m linha (44 plantas ha<sup>-1</sup>). Em 2014, na entrelinha do cafeeiro foi semeada *U.* cv. *decumbens*, cujo manejo é realizado por roçada a cada três meses, em média. A adubação do café é realizada com aplicação de uréia (quatro vezes ao ano), cloreto de potássio (duas vezes ao ano), fosfato reativo, boro e composto à base de esterco bovino, cama de frango e palha de café (uma vez ao ano). A aplicação de defensivos é realizada em média a cada três meses, utilizando os seguintes produtos: Boveril<sup>®</sup>, Natur'l óleo<sup>®</sup>, melação, Supera<sup>®</sup>, Zapp QI 620<sup>®</sup>, Metiltiofan<sup>®</sup>, Aurora 400 EC<sup>®</sup> e Triona<sup>®</sup>. Consta o uso de máquinas e implementos agrícolas para a realização de preparo do solo, aplicação de defensivos e colheita;

2) Cafeeiro em consórcio com *Urochloa* cv. *decumbens* (CUD): a variedade cultivada é a Mundo Novo, implantada em 2012, com espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,8 m linha (3.571 plantas ha<sup>-1</sup>), consorciado com *U.* cv. *decumbens*, semeada em 2014. O manejo é realizado por roçada a cada três meses em média. A adubação, os defensivos e as máquinas e implementos agrícolas utilizados são os mesmos descritos para o sistema CAU.

3) Cafeeiro em cultivo exclusivo (CCE): a variedade cultivada é a Obatã, implantada em 2007, com espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,8 m linha (3.571 plantas ha<sup>-1</sup>). A adubação, defensivos e máquinas e implementos agrícolas são os mesmos descritos para CAU.

Duas áreas foram utilizadas como referencial para a qualidade do solo: 4) Pousio (P): área que permanece em pousio a três anos, havendo somente o crescimento de vegetação espontânea herbácea, cultivado anteriormente com cafeeiro que permaneceu na área por aproximadamente 50 anos; 5) Fragmento

florestal nativo (FF), em estágio sucessional intermediário, localizado a 800 m das áreas de estudo. No fragmento florestal há uma trilha ecológica desde 1994.

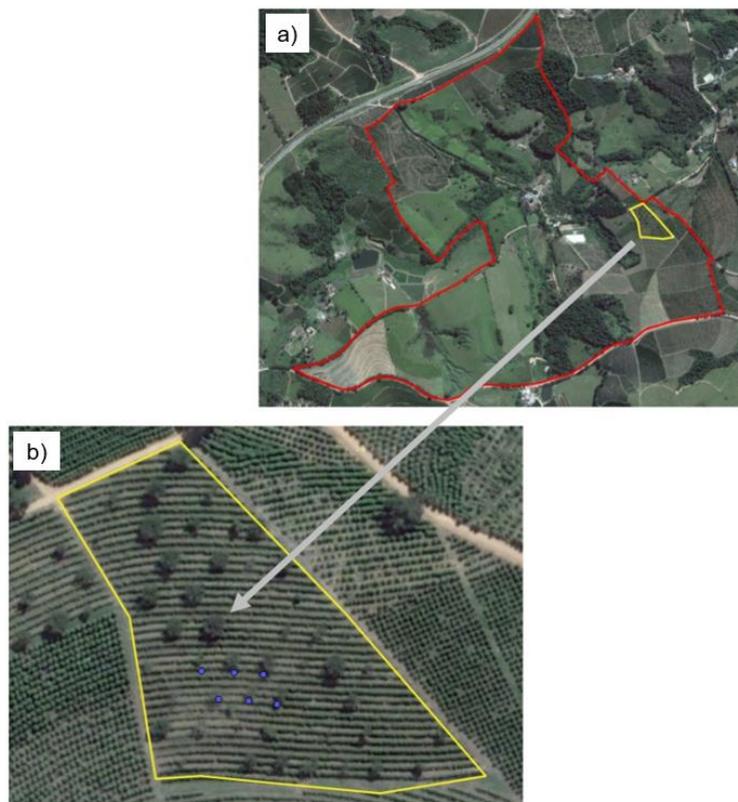


FIGURA 1 – a) demarcação em vermelho, representa o total da área da Fazenda Retiro Santo Antônio. Em amarelo representação do total de área com Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens* (CAU); b) ampliação da área com CAU.

### Condução do experimento

#### Acúmulo de serrapilheira

Foi avaliado o acúmulo de serrapilheira depositada sobre o solo ( $t\ ha^{-1}$ ) próxima às armadilhas, com o auxílio de um gabarito de madeira de  $0,25 \times 0,25$  m. O material coletado foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e transportados à estufa de secagem com circulação de ar forçada ( $65^{\circ}C$ ), até atingirem massa constante, quando foram pesados. Os dados obtidos foram transformados em toneladas por hectare.

### Umidade do solo

Para a determinação da umidade do solo foram realizadas coletas próximo às armadilhas, com o auxílio de trado holandês, na profundidade de 0,0-0,10 m. As amostras foram submetidas ao método termogravimétrico, conforme Claessen (1997), que consiste em pesar a massa de solo úmido (MU) e em seguida secá-lo em estufa a 105–110°C por 24 horas e, após esse período, determinar sua massa seca (MS). A umidade foi calculada pela equação:  $U (\text{kg kg}^{-1}) = \frac{Mu - Ms}{Mu} \times 100$ . Onde: U = umidade do solo ( $\text{kg kg}^{-1}$ ); Mu = massa de solo úmido (g); Ms = massa de solo seco em estufa (g).

### Fauna invertebrada epigéica

Para avaliação da fauna invertebrada epigéica, foram instaladas no centro de cada área de avaliação cinco armadilhas de queda (“pitfall”), ao longo de um transecto, equidistantes 7 m entre si. Estas foram confeccionadas com recipientes plásticos de 13 x 8 cm (altura x diâmetro). Nas áreas com cafeeiro, foram instaladas sob a copa das plantas de café. Cada uma continha 200 ml de solução conservante de formol a 4% e cinco gotas de detergente. Após sete dias, as armadilhas foram retiradas e os invertebrados armazenados em solução de álcool a 70%. Posteriormente, com o auxílio de um estereoscópio, foram realizadas a triagem e identificação dos organismos em nível de grandes grupos taxonômicos (classe, ordem ou família).

A caracterização da comunidade da fauna invertebrada epigéica foi realizada com base na composição taxonômica (%); abundância ( $n^{\circ}$  de indivíduos  $\text{arm}^{-1}$ ); riqueza ( $n^{\circ}$  de grupos); índice de diversidade de Shannon, obtido pela relação:  $H' = - \sum p_i \ln p_i$ , onde:  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = abundância de cada grupo e N =  $n^{\circ}$  total de grupos (SHANNON; WEAVER, 1949); e índice de equitabilidade de Pielou ( $e = H/\log S$ , onde H = índice de Shannon e S = número total de grupos na comunidade) (PIELOU, 1977).

### **Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, excetuando-se a composição taxonômica. As análises estatísticas foram realizadas pelo software Assistat (7.6 beta versão 2012) (SILVA, 2012). Os dados frequência relativa dos grupos taxonômicos, abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade foram submetidos à análise multivariada de agrupamento (*cluster analysis*), adotando-se o método do vizinho mais distante (*complete linkage*), para descrever a dissimilaridade entre os sistemas. O agrupamento dos dados foi realizado pelo método de Joining, por meio das distâncias Euclidianas (STATISTICA, 1997).

## **3. 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Acúmulo de serrapilheira e umidade do solo**

Não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e as épocas de avaliação para as variáveis serrapilheira e umidade do solo (Tabela 2). Contudo, houve diferença significativa para acúmulo de serrapilheira entre os sistemas avaliados (Tabela 2). O maior acúmulo foi verificado nos sistemas FF, CAU e CUD que não diferiram entre si, e, foram superiores ao CCE. Guimarães et al. (2015), avaliando o estoque de serrapilheira em diferentes sistemas de cafeeiro orgânico arborizado no Mato Grosso do Sul, também não verificaram diferença significativa entre a vegetação nativa e os sistemas de cafeeiro consorciados com espécies florestais e frutíferas

Ao analisar as épocas, verifica-se que o maior acúmulo ocorreu no mês de julho (Tabela 2). Este resultado está relacionado, provavelmente, à queda de folhas que nesta época do ano aumenta, devido ao déficit hídrico, fenômeno este considerado natural. A maior deposição em períodos secos pode ser uma resposta da vegetação, que com a derrubada de folhas, reduziria a perda de água por transpiração (SILVA et al., 2007).

TABELA 2 - Acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ), em diferentes sistemas de cultivo de cafeeiro, pousio e fragmento florestal. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Sistemas de cultivo	Serrapilheira	Umidade
	$t\ ha^{-1}$	$kg\ kg^{-1}$
CAU	4,25 ab	0,16 b
CUD	4,69 ab	0,18 b
CCE	3,05 b	0,19 b
P	---	0,15 b
FF	6,04 a	0,31 a
Épocas de avaliação		
Abril	3,72 b	0,21 a
Julho	5,30 a	0,18 a
Sistemas de cultivo (CV%)	33,82	29,90
Épocas (CV%)	23,41	28,19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: pousio; FF: fragmento florestal.

No que se refere à umidade do solo, o maior valor foi verificado no FF em comparação aos demais sistemas, e, não houve diferença entre as épocas de coleta (Tabela 2). Tal constatação pode estar associada ao maior acúmulo de serrapilheira no fragmento florestal. A cobertura vegetal reduz a incidência da radiação solar direta e, conseqüentemente, favorece a manutenção da umidade do solo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008).

Oliveira et al. (2005), avaliando a umidade do solo em resposta à cobertura vegetal em um Argissolo, verificaram que a cobertura e o nível de sombreamento influenciam diretamente nas flutuações de umidade. Silva et al. (2011), avaliando atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa, verificaram maior umidade na floresta nativa, seguidos do sistema agroflorestal com espécies frutíferas e adubação orgânica e, no cultivo convencional de mamoeiro irrigado. Outros autores também verificaram maior armazenamento de água no solo em função da cobertura vegetal (DALMAGO et al., 2009; SEKI et al., 2015). Pois a proteção por meio de resíduos vegetais reduz a evaporação, aumenta a infiltração da água no solo (FABRIZZI et al., 2005), diminui a amplitude

térmica da superfície do solo e, conseqüentemente conserva a umidade (ALMEIDA et al., 2011).

### Fauna invertebrada epigéica

No que concerne à composição da comunidade da fauna invertebrada epigéica, verificou-se que em todos os sistemas de cultivo avaliados houve forte dominância do grupo Collembola (50,6%), seguido de Formicidae (13,5%) e Diptera (12,9%) nas duas épocas de avaliação (Tabela 3).

TABELA 3 - Frequência relativa dos grupos taxonômicos (%) da comunidade da fauna invertebrada epigéica do solo, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal, em duas épocas de coleta (abril e julho), utilizando armadilhas pitfall. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Grupos	CAU		CUD		CCE		P		FF	
	%									
	Abr	Jul								
Collembola	75,6	56,4	83,3	39,6	57,0	36,1	92,1	53,5	42,1	30,2
Formicidae	8,5	20,9	9,5	32,5	19,4	18,4	2,6	9,4	5,6	8,8
Diptera	7,5	11,0	2,5	7,8	7,2	8,0	1,8	4,5	33,5	45,3
Coleoptera	0,8	0,8	0,8	4,5	2,0	2,4	0,5	1,6	3,3	2,4
Araneae	3,9	2,6	2,9	3,8	9,6	1,9	1,5	4,2	2,3	3,6
Homoptera	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	27,5	0,1	14,4	0,0	0,0
Hymenoptera*	0,6	0,6	0,2	1,1	0,5	0,9	0,2	0,7	1,4	1,2
Acarina	1,0	2,8	0,3	1,1	1,2	1,2	0,2	3,2	0,9	1,7
Pscoptera	0,7	1,2	0,0	2,2	0,5	1,5	0,4	2,1	1,5	0,3
Thysanoptera	0,9	0,2	0,1	0,0	0,2	0,8	0,1	0,0	1,8	1,6
Amphipoda	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0
Outros**	0,2	3,6	0,5	6,7	2,6	1,3	0,6	6,4	5,1	4,8

\*Excluindo-se Formicidae. \*\* Outros grupos capturados: Larvas de Formicidae, Coleoptera, Lepidoptera e Diptera; Blattodea, Chilopoda, Dermaptera, Diplura, Hemiptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Oligochaeta, Orthoptera, Protura e Pseudoscorpionida. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: pousio; FF: fragmento florestal.

A dominância do grupo Collembola tem sido observada em vários estudos relacionados à fauna epigéica. Avaliando a fauna invertebrada epigéica influenciada pelos consórcios de plantas de cobertura com culturas econômicas, Silva et al. (2013), observaram que o grupo com maior predominância nos sistemas avaliados foram os colêmbolos, seguido por

Acarina e Hymenoptera, que representaram 86% do total de indivíduos. Baretta et al. (2006), avaliando o efeito dos diferentes cultivos do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense, também verificaram que em todos os sistemas houve mais de 35% de ocorrência total do grupo Collembola. Sua dominância está associada, provavelmente, a maior mobilidade e adaptação às condições climáticas (ABREU et al., 2014).

Os colêmbolos são encontrados em todo o mundo e estão entre os invertebrados mais abundantes no solo, podendo viver também na serapilheira (MAUNSELL et al., 2012). A maioria se desenvolve no solo, alimentando-se de fungos, bactérias, algas e matéria vegetal morta (BERUDE et al., 2015). Por serem abundantes, elevada diversidade e sensibilidade a alterações ambientais, são considerados bons indicadores da qualidade do solo (CASSAGNE et al., 2006). Portanto, a dominância desse grupo nos sistemas estudados, pode estar relacionada com o hábitat que forneça alimento, umidade, temperatura favorável, e proteção às intempéries climáticas (GUIMARÃES et al., 2015).

Houve efeito significativo da interação sistemas de cultivo e as épocas de avaliação na abundância de organismos, riqueza de grupos, índice de diversidade Shannon e índice de equitabilidade de Pielou (Tabelas 4 e 5).

TABELA 4 - Abundância (nº de indivíduos arm<sup>-1</sup>) e riqueza (nº de grupos) da comunidade de invertebrados epígeos, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Sistemas de cultivo	Abundância		Riqueza	
	(nº de indivíduos arm <sup>-1</sup> )		(nº de grupos)	
	Abril	Julho	Abril	Julho
CAU	230,0 bc A	100,4 bc B	8,0 b A	8,2 b A
CUD	336,0 ab A	89,8 c B	7,0 b B	9,4 b A
CCE	131,2 c B	211,6 ab A	8,2 b B	10,0 b A
P	399,4 a A	245,8 a B	8,0 b B	12,6 a A
FF	133,2 c A	116,0 bc A	10,8 a A	10,4 ab A
S. de cultivo (CV%)	31,47		17,14	
Épocas (CV%)	29,90		13,57	

Médias com letras semelhantes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: pousio; FF: fragmento florestal.

Verificou-se menor abundância de organismos no sistema CCE na primeira época de avaliação (abril). Este resultado pode estar associado ao menor acúmulo de serrapilheira (Tabela 2), demonstrando um ambiente desfavorável aos organismos do solo. Silva et al. (2012) relatam que em sistemas com baixa diversidade e cobertura vegetal, há menor disponibilidade de alimento e maior amplitude térmica, além de apresentarem condições químicas e microbiológicas do solo desfavoráveis para a sobrevivência de um maior número de indivíduos.

Já na segunda época de avaliação (julho) a redução na abundância ocorreu nos sistemas CAU, CUD e P. Esta ocorrência deve-se, provavelmente, ao menor índice pluviométrico observado no mês de julho (Tabela 1). Simpson et al. (2012) enfatizam os possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre a atividade da fauna do solo. Oscilações de temperatura e umidade e características das estações do ano são fatores que influenciam diretamente na abundância da fauna epígea (FERNANDES et al., 2011). Guimarães et al. (2015), avaliando a abundância de

organismos epígeos em sistemas de café orgânico arborizado, observaram redução na população desses indivíduos no período com menor precipitação pluviométrica.

Ao comparar os sistemas dentro da primeira época de avaliação (abril), verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas avaliados. A maior abundância de organismos ocorreu no sistema P e CUD que não diferiram entre si, mas foram superiores aos sistemas CAU, CCE e FF.

No que se refere à segunda época de avaliação (julho), a maior abundância verificada também ocorreu no sistema P em relação ao CAU, CUD e FF, não diferindo estatisticamente do sistema CCE. As maiores médias observadas nas duas épocas de avaliação no pousio podem ser atribuídas ao fato de que a área permaneceu sem atividade antrópica por aproximadamente três anos, e, esta condição, favoreceu a abundância dos organismos epígeos. O pousio é uma técnica para recuperação do solo após cultivo, derrubada e, ou, queima da vegetação, onde o solo não é manejado (MARTINS et al., 2014). Ressalta-se que nestas áreas não há aplicação de agroquímicos e trânsito de maquinário agrícola, favorecendo a população dos organismos do solo; que se apresenta como uma fração sensível a variações nas práticas de manejo, como sistema de cultivo, adubação, calagem e aplicação de defensivos agrícolas (DRESCHER et al., 2011).

Para a riqueza de grupos (Tabela 4), verificou-se que houve menor riqueza nos sistemas CUD, CCE e P, na primeira época de avaliação (abril). Estes dados diferem dos encontrados por Oliveira Filho; Baretta; Santos (2014), que avaliando a influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Santa Catarina, verificaram redução da riqueza de grupos na época de menor precipitação. O mesmo foi constatado por Pereira et al. (2012), avaliando a diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas, BA.

Vale ressaltar que os sistemas CAU e o FF foram os que apresentaram maior estabilidade em relação à variação na riqueza dos grupos, indicando a

manutenção das condições ideais para a sobrevivência dos organismos epígeos, independente da época de avaliação.

Ao comparar os sistemas dentro da primeira época de avaliação (abril) (Tabela 4), verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas avaliados. O maior número de grupos ocorreu na FF em relação aos demais sistemas de manejo. Já na segunda época de avaliação (julho) o maior número de grupos ocorreu no sistema FF e P que não diferiram entre si e, foram superiores ao CAU, CUD e CCE. Fato, possivelmente, relacionado à maior diversidade das áreas naturais, como observado no sistema FF (OLIVEIRA FILHO et al., 2015).

De acordo com Lawes et al. (2006), áreas de florestas nativas, em geral, possuem hábitat com maior heterogeneidade e são capazes de dar maior suporte à diversidade de organismos edáficos; pois as plantas desempenham papel principal na formação da estrutura física do hábitat, além de fazerem parte da cadeia alimentar (FROUZ et al. 2006). Em relação ao tratamento P, a inatividade da área por aproximadamente três anos pode ter favorecido a recomposição da fauna epigéica.

Quanto ao índice de diversidade ( $H'$ ) e ao índice de equitabilidade ( $e$ ) (Tabela 5), verificou-se menores valores nos sistemas CAU, CUD e P, na primeira época de avaliação (abril). Na comparação entre os sistemas verificaram-se menores valores nos mesmos tratamentos. O que indica distribuição desuniforme dos indivíduos da comunidade de invertebrados epígeos na primeira coleta (abril). Esses resultados evidenciam que o alto número de indivíduos da fauna nesta época do ano, pode ter reduzido a diversidade (NUNES; ARAÚJO FILHO; MENEZES, 2008).

Na avaliação do mês de abril houve grande dominância de Collembola (Tabela 3), que representaram 75,6%, 83,3% e, 92,1% do total de organismos nos sistemas CAU, CUD e P, respectivamente. Além disso, verificou-se maior abundância de organismos e menor riqueza de grupos na amostragem realizada no mesmo mês. Quanto maior a abundância de fauna do solo em determinado componente, maior será a chance da predominância de um grupo, reduzindo a equitabilidade, pois a diversidade de espécies está associada a

uma relação entre número de espécies (riqueza de grupos) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (WALKER, 1989). Toledo (2003), avaliando a fauna do solo em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral - RJ atribuiu as variações observadas para os índices de Pielou e Shannon à influência exercida pela riqueza de grupos taxonômicos.

TABELA 5. Índice de Diversidade Shannon e Equitabilidade de Pielou da comunidade de invertebrados epígeos, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Sistemas de cultivo	Índice de diversidade		Índice de Equitabilidade	
	Abril	Julho	Abril	Julho
CAU	0.41 bc B	0.55 a A	0.45 b B	0.62 a A
CUD	0.28 cd B	0.68 a A	0.33 bc B	0.71 a A
CCE	0.57 ab A	0.66 a A	0.62 a A	0.67 a A
P	0.17 d B	0.57 a A	0.18 c B	0.52 a A
FF	0.62 a A	0.67 a A	0.61 a A	0.66 a A
S. de cultivo (CV%)	21,34		21,79	
Épocas (CV%)	19,74		20,10	

Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: pousio; FF: fragmento florestal.

De acordo com a análise de agrupamento, técnica cujo objetivo é agrupar sistemas de manejo com base em características comuns, observou-se a formação de dois grandes grupos distintos, com relação à comunidade de invertebrados epígeos (Figura 1). Observa-se que o fragmento florestal se isolou das demais áreas, com 100% de dissimilaridade. Este resultado pode ter ocorrido devido a maior diversidade de organismos, em resposta à maior complexidade vegetal na área. Segundo Warren e Zou (2002), a diversidade vegetal oferece diferentes recursos alimentares, que influenciam na diversidade da fauna edáfica.

No outro grupo percebe-se a formação de dois níveis independentes e distantes. Considerando os níveis, verificou-se uma dissimilaridade de 65%

entre o CCE e os sistemas CAU, CUD e P, que se mostraram próximos entre si, com 63% de semelhança. Ainda neste mesmo nível observou-se a similaridade de 96% entre os sistemas CAU e CUD. Este agrupamento, provavelmente ocorreu devido a maior diversidade vegetal nestas duas áreas; demonstrando que cultivos consorciados possuem maior capacidade para o estabelecimento da fauna edáfica, quando comparados a cultivos solteiros ou áreas sem cobertura (SILVA et al., 2013). De acordo com Guimarães et al. (2015), sistemas de manejo que adotam práticas conservacionistas, favorecem a manutenção da fauna invertebrada epigéica em áreas agrícolas.

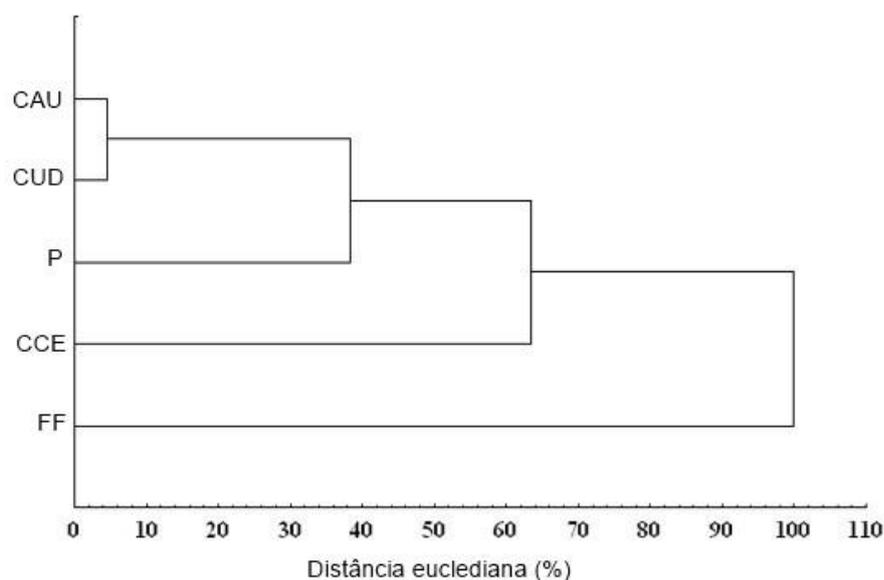


FIGURA 2 - Dendrograma de dissimilaridade da comunidade dos invertebrados epigeos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal (Médias das duas épocas de coleta). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

### 3. 4. CONCLUSÕES

1. Os fatores climáticos relacionado as épocas de coleta, assim como os diferentes sistemas avaliados influenciam na abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade dos grupos de organismos do solo.

2. Os sistemas adotados favorecem os grupos Collembola, Formicidae e Diptera, principalmente em épocas de maior precipitação pluviométrica.
3. O sistema FF se mostra o mais diversificado e de maior complexidade vegetal, sendo este tratamento o que ofereceu melhores condições de desenvolvimento da fauna epigéica, seguidos por CAU, P, CUD e CCE.

### 3. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. R. L. et al. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 409-416, 2014.

ALMEIDA, D. O. et al. Soil microbial biomass under mulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 217-222, 2011.

ANTONINI, Y. et. al. Fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade brasileira: uma síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Eds.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a Biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. p. 317-324.

BARETTA, D. et al. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 2, p. 108-117, 2006.

BERUDE, M. C. et al. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 14-28, 2015.

CARVALHO, A. F. **Água e Radiação em sistemas agroflorestais com café no território da Serra do Brigadeiro - MG**. 2011. 118 p. Tese (Solos e Nutrição de plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CASSAGNE, N. et al. Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. **Pedobiologia**, Leipzig, v. 50, n. 2, p. 127-134, 2006.

- COELHO, R. A. et al. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 23-28, 2004.
- CHAER, G. M. et al. Shifts in microbial community composition and physiological profiles across a gradient of induced soil degradation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 73, n. 4, p. 1327-1334, 2009.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997, 212p.
- DALMAGO, G. A. et al. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 855-864, 2009.
- DAVIS, A. J. et al. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 38, n. 3, p. 593-616, 2001.
- DRESCHER, M. S. et al. Fauna epigeica em sistemas de produção de *Nicotianatabacum* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 1499-1507, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.
- FABRIZZI, K. P. et al. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 57–69, 2005.
- FERNANDES, M. M. et al. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 533-540, 2011.

FROUZ, J. et al. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: results of a field microcosm experiment. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 308-320. 2006.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 261, p. 1-16, 2011.

GUIMARÃES, N. F. et al. Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 280-288, 2015.

HOFMANN, R. B.; NASCIMENTO M. S. V.; DINIZ, A. A. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 121-125, 2009.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

LIMA, S. S. et al. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.

LAWES, M. J et al. Epigeic invertebrates as potential ecological indicators of afro-montane forest condition in South Africa. **Biotropica**, Belo Horizonte, v. 37, n. 1, p. 109-118. 2006

MANHAES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. Biotas do solo e suas relações ecológicas com o sistema radicular. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 2, p. 127-138, 2013.

MAUNSELL, S. C. et al. Springtail (Collembola) assemblages along an elevational gradient in Australian subtropical rainforest. **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 52, p. 114–124, 2012.

MARTINS, S. C. S. et al. Efeito do pousio na recuperação de um solo sob caatinga no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 2194-2204, 2014

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R.I. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de Caatinga submetidas a queimadas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 214-220, 2008.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 69-77, 2014.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I. Mesofauna de solo construído em área de mineração de carvão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 14, n. 1, p.55-64, 2015.

OLIVEIRA, M. L. et al. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, 2005.

PEREIRA, R. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, número especial, p. 63-76, 2012.

PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. 1. ed. New York: Wiley, 1977, 385p.

RICCI, M. D. S. F. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes pela vegetação espontânea em cultivo de café orgânico. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 17-27, 2010.

ROCHA, O. C. et al. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 516-526, 2014.

SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SEKI, A. S. et al. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015.

SHANNON, E. V.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. 1. ed. Urbana: University of Illinois Press, 1949, 144p.

SILVA, C. F. et al. Fauna edáfica em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 52, n. 1, p. 107-115, 2009.

SILVA, C. J. et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

SILVA, D. C. et al. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011.

SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT versão 7. 6 beta (2012)**. Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2015.

SILVA, J. et al. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. Gurupi, v. 3, n. 2, p. 59-71, 2012.

SILVA, J. et al. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, n.7, v.2, p.112-125, 2012.

SILVA, R. F. et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 43, n. 2, p.130-137, 2013.

SIMPSON, J. E. et al. Factors affecting soil fauna feeding activity in a fragmented lowland temperate deciduous woodland. **PLoS ONE**, São Francisco, v. 7, n. 1, p. 1-6, 2012.

STATISTICA for Windows release 4.5 **Statsoft: modulo cluster análises, joining, tree clostering**. Hamburg: Pearson R Single Linkage, 1997.

TEIXEIRA, A. F. R.; SILVA, V. M.; MENDONÇA, E. S. Fauna edáfica em sistemas arborizados de café conilon em solo de tabuleiros costeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 385-393, 2014.

TOLEDO, L. O. **Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

WALKER, D. Diversity and stability. In: CHERRETT, J. M. (Ed.). 1. ed. **Ecological concepts**. Oxford: Blackwell Scientific Public, p. 115-146, 1989.

WARREN, M. W.; ZOU, X. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, Leuven, v. 170, n. 1, p. 161-171, 2002.

**4. CAPÍTULO II – BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIRO**

## BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO CAFEIEIRO

**Autor:** NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES

**Orientador:** Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI

**Co-orientador:** Prof. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA

### RESUMO

O trabalho objetivou avaliar a influência dos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro na biomassa e atividade microbiana do solo. O delineamento experimental adotado foi o blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Foram avaliadas duas épocas, sendo a primeira no mês de abril e a segunda no mês de julho de 2015. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo do cafeeiro e duas áreas testemunhas: 1) Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens*; 2) Cafeeiro em consórcio com *Urochloa cv. decumbens*; 3) Cafeeiro em cultivo exclusivo; 4) Área com solo em pousio e 5) Fragmento de vegetação nativa. A biomassa e atividade microbiana foram avaliadas coletando-se amostras de solo na profundidade 0,0 - 0,10 m. As variáveis avaliadas foram: carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano e carbono orgânico do solo. Avaliou-se também o acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e a umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ). Os sistemas Fragmento de vegetação nativa, Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens* e Cafeeiro consorciado com *U. cv. decumbens* favorecem a biomassa e a atividade microbiana do solo, independente da época de coleta.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, *Urochloa cv. decumbens*, espécies arbóreas bioindicadores

## BIOMASS AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN DIFFERENT SYSTEMS OF COFFEE CULTIVATION

**Author:** NATHALIA DE FRANÇA GUIMARÃES

**Adviser:** Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI

**Co-adviser:** Prof. Dr. RICARDO TOSHIO FUJIHARA

### ABSTRACT

The work aimed to evaluate the influence of different coffee farming systems in biomass and soil microbial activity. The experimental design was randomized blocks in split plot in time, with five repetitions. Two seasons were evaluated, the first in April and the second in July 2015. The treatments consisted of three coffee cultivation systems and two witnesses areas: 1) Coffee in consortium with tree and *Urochloa cv. decumbens* species; 2) Coffee in consortium with *Urochloa cv. decumbens*; 3) Coffee in exclusive culture; 4) area with ground fallow and 5) native vegetation fragment. The biomass and the microbial activity were assessed by collecting soil samples in the depth from 0,0 to 0,10 m. The variables evaluated were: microbial biomass carbon, basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and soil organic carbon. Also assessed whether it litter accumulation ( $t\ ha^{-1}$ ) and soil moisture ( $kg\ kg^{-1}$ ). The systems fragment of native vegetation, Coffee in consortium with tree species and *U. cv. decumbens* and Coffee intercropped with *U. cv. decumbens* favor biomass and soil microbial activity, regardless of the time of collection.

**Keywords:** *Coffea arabica*, *Urochloa cv. decumbens*, tree species bioindicators

#### 4. 1. INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos naturais tem se tornado uma preocupação constante, principalmente quando se refere ao setor agropecuário (GOMES et al, 2015). Para reduzir à degradação dos solos agrícolas a utilização de técnicas que possuem como premissa a manutenção da qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas produtivos tem ganhado importância (ALMEIDA et al., 2008).

Seguindo esta tendência, o cafeeiro arborizado vem ganhando destaque tanto no âmbito nacional como global. A arborização do cafeeiro é uma técnica antiga predominante no norte da América Latina e, muito utilizada no Brasil nas regiões norte e nordeste, na década de 60 (JARAMIRO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006). Esse sistema de cultivo tem sido estudado como forma de proteção da lavoura contra intempéries climáticas e também para a promoção da sustentabilidade da cultura (GUIMARÃES et al., 2015).

O sombreamento reduz os efeitos da bienalidade na produção de grãos, aumenta a longevidade do cafeeiro, uniformiza a maturação dos frutos, melhorando a qualidade da bebida (MORAIS et al., 2007). Além disso, contribui para a manutenção da umidade e redução da amplitude térmica do solo, com implicações indiretas nos atributos físicos, químicos e biológicos do mesmo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010).

Assim como a arborização, o uso de plantas de cobertura é uma importante prática conservacionista, pois protege a superfície dos solos contra os agentes erosivos, melhora a estabilidade da estrutura e promove a formação e manutenção de agregados no solo (RESCK et al., 2008). Além de adicionar C e N, reciclar e mobilizar nutrientes de camadas mais profundas do solo, refletindo no incremento produtivo das culturas (ROSCOE et al, 2006; FERREIRA et al, 2012; CORREA, et al, 2014).

Entre as plantas de cobertura comumente consorciadas com o cafeeiro destacam-se as do gênero *Urochloa*, que, por se tratar de uma espécie perene reduz a necessidade de revolvimento anual do solo para o semeio. Além disso, promove alterações nos atributos físico-hídricos do solo, resultando no

aumento de água prontamente disponível, devido à ação agregante do seu sistema radicular (ROCHA et al., 2014).

As práticas mencionadas influenciam positivamente a biota do solo, atuando na melhoria e manutenção da sua qualidade. Em geral, áreas produtivas com maior diversidade vegetal favorecem o desenvolvimento da biomassa microbiana, e aumentam o teor de C-orgânico no solo (PEREIRA et al., 2008; SILVA et al., 2012). Os organismos do solo, por estarem intimamente relacionados ao funcionamento desses, apresentando estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos, podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade do solo (BARETTA, 2007). Dentre os mais utilizados para caracterizar o componente biológico, destacam-se as medidas de biomassa e a atividade microbiana (MENDES; REIS JUNIOR, 2004). A atividade desses organismos apresenta características sensíveis às alterações causadas pelas práticas de manejo adotadas (LOPES et al., 2012). Alterações na comunidade microbiana e na sua atividade interferem diretamente nos processos biológicos e bioquímicos do solo, na produtividade agrícola e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas (MATSUOKA et al., 2003).

Nesse contexto, é de fundamental importância a avaliação dos indicadores mais sensíveis às práticas de manejo, visando o monitoramento dos impactos positivos ou negativos sobre o solo (XAVIER et al., 2006).

Diante do exposto o presente trabalho objetivou avaliar a influência dos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro na biomassa e atividade microbiana do solo.

## **4. 2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área de estudo**

O estudo foi conduzido nos meses de abril e julho de 2015 na Fazenda Retiro Santo Antônio (FRSA), localizada no município de Santo Antônio do Jardim, estado de São Paulo (22°06'57" S e 46°40'48 W, 850 m de altitude). O solo é classificado como Argissolo Vermelho-amarelo (EMBRAPA, 2006), e as características químicas e físicas (granulometria) estão descritas na tabela 1.

TABELA 1 - Características químicas e granulométricas do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal na camada de 0,0-0,10 m de profundidade. Fazenda Retiro Santo Antônio, Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Sistemas de manejo	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	M.O	Areia	Silte	Argila
	Ca Cl <sub>2</sub>	Mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			g dm <sup>-3</sup>	-----%-----			
CAU	5,7	27	4,0	33	15	16	25	42	30	28
CUD	6,0	62	6,5	32	18	18	33	47	17	36
CCE	5,3	84	9,6	26	16	29	25	46	13	41
P	6,0	34	8,4	29	14	19	20	41	13	46
FF	3,9	22	2,2	30	8	104	35	53	26	21

CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cwb, caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas amenas para as regiões serranas limítrofes com o estado de Minas Gerais (local em que se localiza a propriedade). Sua vegetação é formada por florestas latifoliadas tropicais, variando de decídua a perenifólias. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na tabela 2.

TABELA 2 - Dias com chuva (DC), precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento.

Meses	DC	PP (mm)		T (°C)			UR (%)		
	Total	Total	Média	Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Fev	14	348	12,4	19,9	28,3	24,1	80	94	87
Mar	18	475	15,3	18,1	26,6	22,3	87	98	92
Abr*	4	165	5,5	17,5	27,2	22,3	70	93	81
Mai	7	123	4,0	14,6	23,1	18,8	88	98	93
Jun	3	27	0,9	14,7	24,4	19,5	89	95	92
Jul*	2	30	1,0	14,5	24,4	19,4	90	95	92
Ago	1	10	0,3	15,0	25,7	20,3	78	92	85

\*Meses de coleta. Fonte: Estação meteorológica da FRSA (2015).

### **Delineamento experimental e caracterização do experimento**

O delineamento experimental adotado foi o blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. As coletas de solo e avaliações foram realizadas em duas épocas, abril e julho de 2015. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo do cafeeiro:

1) Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa* cv. *decumbens* (CAU): a variedade cultivada é a Obatã, implantada em 2007, com espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,8 m linha (3.571 plantas ha<sup>-1</sup>), consorciado com as espécies arboréas *Persea americana* (abacateiro), *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), *Hymenaea* sp. (jatobá), *Carica papaya* (mamão), *Anadenanthera colubrina* (angico-branco), *Peltophorum dubium* (canafístula), e *Cassia grandis* (cássia-rosa), implantadas em 2009, com espaçamento de 14 m entrelinha e 16 m linha (44 plantas ha<sup>-1</sup>). Em 2014, na entrelinha do cafeeiro foi semeada *U.* cv. *decumbens*, cujo manejo é realizado por roçada a cada três meses, em média. A adubação do café é realizada com aplicação de ureia (quatro vezes ao ano), cloreto de potássio (duas vezes ao ano), fosfato reativo, boro e composto à base de esterco bovino, cama de frango e palha de café (uma vez ao ano). A aplicação de defensivos é realizada em média a cada três meses, utilizando os seguintes produtos: Boveril®, Natur'l óleo®, melação, Supera®, Zapp QI 620®, Metiltiofan®, Aurora 400 EC® e Triona®. Consta o uso de máquinas e implementos agrícolas para a realização de preparo do solo, aplicação de defensivos e colheita;

2) Cafeeiro em consórcio com *Urochloa* cv. *decumbens* (CUD): a variedade cultivada é a Mundo Novo, implantada em 2012, com espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,8 m linha (3.571 plantas ha<sup>-1</sup>), consorciado com *Urochloa* cv. *decumbens*, semeada em 2014. O manejo é realizado por roçada a cada três meses em média. A adubação, os defensivos e as máquinas e implementos agrícolas utilizados são os mesmos descritos para CAU.

3) Cafeeiro em cultivo exclusivo (CCE): a variedade cultivada é a Obatã, implantada em 2007, com espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,8 m linha (3.571 plantas ha<sup>-1</sup>). A adubação, defensivos e máquinas e implementos agrícolas são os mesmos descritos para CAU.

Duas áreas foram utilizadas como testemunha para a qualidade do solo: 4) Pousio (P): área que permanece em pousio a três anos, havendo somente o crescimento de vegetação espontânea herbácea, cultivado anteriormente com cafeeiro que permaneceu na área por aproximadamente 50 anos; 5) Fragmento florestal nativo (FF), em estágio sucessionário intermediário, localizado a 800 m das áreas de estudo. No fragmento florestal há uma trilha ecológica desde 1994.

As cinco áreas experimentais foram selecionadas e delimitadas, com 52,0 m de comprimento e 47,0 m de largura (2.444 m<sup>2</sup>).

### **Condução do experimento**

#### Acúmulo de serrapilheira

Foi avaliado o acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>) próxima aos pontos de coleta do solo, com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 x 0,25 m. O material coletado foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados, e transportados à estufa de secagem com circulação de ar forçada (65°C), até atingirem massa constante, quando foram pesados. Os dados obtidos foram transformados em toneladas por hectare.

#### Umidade do solo

Para a determinação da umidade do solo foram realizadas coletas, com o auxílio de trado holandês, na profundidade de 0,0-0,10 m. Nas áreas com cafeeiro, foram coletadas amostras sob a copa das plantas de café. As amostras foram submetidas ao método termogravimétrico, conforme Claessen (1997), que consiste em pesar a massa de solo úmido (MU) e em seguida secá-lo em estufa a 105 – 110°C por 24 horas e, após esse período, determinar sua massa seca (MS). A umidade foi calculada pela equação:  $U \text{ (kg kg}^{-1}\text{)} = \frac{Mu - Ms}{Mu} \times 100$ . Onde: U = umidade do solo (kg kg<sup>-1</sup>); Mu = massa de solo úmido (g); Ms = massa de solo seco em estufa (g).

#### Biomassa microbiana do solo

Para avaliação da biomassa microbiana do solo, em cada parcela foi realizada a amostragem de solo na camada de 0,0 – 0,10 m de profundidade. Nas

áreas com cafeeiro, foram coletadas amostras sob a copa das plantas de café. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos medindo 35 cm x 45 cm, transportadas para o laboratório em caixa térmica e posteriormente armazenado em câmara fria (4°C). O carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foi avaliado pelo método da fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987). Determinou-se, ainda, a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), obtida pela incubação das amostras com captura de CO<sub>2</sub> em NaOH, durante sete dias, pela adaptação do método da fumigação-incubação, proposto por Jenkinson e Powlson (1976). O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foi obtido a partir da relação C-CO<sub>2</sub>/C-BMS (ANDERSON & DOMSCH, 1990) e o quociente microbiano ( $qMIC$ ), pela relação C-BMS/ C-orgânico. O conteúdo do carbono orgânico foi determinado, conforme a metodologia descrita por Claessen (1997).

### **Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no software Assistat (7.6 beta versão 2012) (SILVA, 2012). Os dados de C-BMS, C-CO<sub>2</sub>,  $qCO_2$  e  $qMIC$  (x) foram transformados de acordo com a expressão  $X=\sqrt{X}$ , em seguida submetidos à análise de variância.

Os atributos microbiológicos também foram submetidos à análise de agrupamento (“cluster analysis”), adotando-se o método do vizinho mais distante (“complete linkage”), a partir da Distância Euclidiana, para avaliar a dissimilaridade entre os sistemas estudados.

## **4. 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Acúmulo de serrapilheira e umidade do solo**

Para as variáveis acúmulo de serrapilheira e umidade do solo, não houve interação significativa entre os sistemas de manejo e as épocas de avaliação (Tabela 3). Contudo, houve diferença significativa para acúmulo de serrapilheira entre os sistemas avaliados (Tabela 3). O maior acúmulo foi verificado nos sistemas FF, CAU e CUD que não diferiram entre si, e, foram

superiores ao CCE. Guimarães et al. (2015) avaliando o estoque de serrapilheira em diferentes sistemas de cafeeiro orgânico arborizado no Mato Grosso do Sul, também não verificaram diferença significativa entre a vegetação nativa e os sistemas de cafeeiro consorciados com espécies florestais e frutíferas

Ao analisar as épocas, verifica-se que o maior acúmulo ocorreu no mês de julho (Tabela 3). Este resultado está relacionado, provavelmente, a maior queda das folhas nesta época do ano, devido ao déficit hídrico, fenômeno este considerado natural. A maior deposição em períodos secos pode ser uma resposta da vegetação, que com a derrubada das folhas, reduziria a perda de água por transpiração (SILVA et al., 2007).

No que se refere à umidade do solo, o maior valor foi verificado no FF em comparação aos demais sistemas, e, não houve diferença entre as épocas de coleta (Tabela 2). Tal constatação pode estar associada ao maior acúmulo de serrapilheira no fragmento florestal. A cobertura vegetal reduz a incidência da radiação solar direta e, conseqüentemente, favorece a manutenção da umidade do solo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008).

Oliveira et al. (2005), avaliando a umidade do solo em resposta à cobertura vegetal em um Argissolo, verificaram que a cobertura e o nível de sombreamento influenciam diretamente nas flutuações de umidade. Silva et al. (2011), avaliando atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa, verificaram maior umidade na floresta nativa, seguidos do sistema agroflorestal com espécies frutíferas e adubação orgânica e, no cultivo convencional de mamoeiro irrigado. Outros autores também verificaram maior armazenamento de água no solo em função da cobertura vegetal (DALMAGO et al., 2009; SEKI et al., 2015). A proteção por meio de resíduos vegetais reduz a evaporação, aumenta a infiltração da água no solo (FABRIZZI et al., 2005), diminui a amplitude térmica da superfície do solo e, conseqüentemente conserva a umidade (ALMEIDA et al., 2011).

TABELA 3 - Acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ), em diferentes sistemas de cultivo de cafeeiro, pousio e fragmento florestal. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Sistemas de cultivo	Serrapilheira	Umidade
	$t\ ha^{-1}$	$kg\ kg^{-1}$
CAU	4,25 ab	0,16 b
CUD	4,69 ab	0,18 b
CCE	3,05 b	0,19 b
P	---	0,15 b
FF	6,04 a	0,31 a
Épocas		
Abril	3,72 b	0,21 a
Julho	5,30 a	0,18 a
Sistemas de cultivo (CV%)	33,82	29,90
Épocas (CV%)	23,41	28,19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

### Biomassa microbiana do solo

Para as variáveis carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano e carbono orgânico do solo não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e as épocas de avaliação (Tabela 4). Este resultado pode estar relacionado à adaptação gradativa da microbiota do solo às mudanças do ambiente podendo ter havido, ao longo dos meses que separaram as coletas, mudanças qualitativas, o que não é possível determinar pelos métodos de avaliação utilizados neste estudo (REIS JUNIOR; MENDES, 2007). Glaeser et al. (2010), avaliando a biomassa microbiana do solo em diferentes cultivos orgânico do cafeeiro no Cerrado brasileiro, também não verificaram interação entre as épocas de avaliação e os diferentes sistemas avaliados.

Os maiores valores de carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foram verificados nos sistemas CAU, CUD, P e FF em comparação ao sistema CCE (Tabela 4). Valores elevados de C-BMS indicam que os nutrientes ficam imobilizados temporariamente, o que resulta em menores perdas dos nutrientes no sistema solo-planta (ROSCOE et al., 2006). Os resultados encontrados no

presente estudo indicam que a maior diversificação vegetal em sistemas agrícolas estimula positivamente a população da biomassa microbiana, provavelmente, por esses sistemas proporcionarem condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Gerando micro habitats favoráveis e sítios de refúgios, além do fato dos resíduos vegetais servirem como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo (BADEJO et al., 2002; MERLIN et al., 2005).

Almeida et al. (2007), avaliando a biomassa microbiana em sistema agroflorestal na Zona da Mata Mineira verificaram que os maiores teores de C-BMS foram encontrados nas áreas de cultivo de café em sistema agroflorestal e na vegetação nativa. O mesmo foi observado por Glaeser et al. (2010), que avaliando os atributos microbiológicos do solo na região Centro-oeste do país, não verificaram diferenças entre a vegetação nativa e o cafeeiro em consórcio com a *Musa* spp. (bananeira) e *Acacia* sp. (acácia).

Para a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), os maiores valores foram verificados no FF, CAU e CUD que não diferiram entre si e foram superiores ao CCE e P (Tabela 4). Este índice é expresso pela taxa de respiração dos microorganismos, e, conforme Reis Junior e Mendes (2007), taxa superior de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes, considerando que a decomposição do material vegetal poderá disponibilizar nutrientes para as plantas. O resultado observado nesta variável indica que o aporte de resíduos vegetais advindo da queda das folhas da arborização e dos resíduos da *Urochloa* cv. *decumbens* estimulou a atividade dos microorganismos no solo. Esse estímulo deve-se ao enriquecimento do solo, (XAVIER et al., 2003), por meio do aumento da biodiversidade vegetal (MURGUEITIO et al., 2007), e conseqüentemente maior disponibilidade de alimento para microbiota; sendo essa a principal fonte de energia para a atividade desses organismos (PINTO NETO et al., 2014). Além disso, a deposição da serrapilheira propicia maior proteção da superfície do solo, mantendo a umidade e reduzindo a amplitude térmica do mesmo (XAVIER et al., 2006), promovendo um ambiente propício ao seu desenvolvimento.

Souza et al. (2013), avaliando a biomassa e a atividade microbiana de solo em consórcios de plantas de cobertura, verificaram que os sistemas

consorciados foram superiores aos sistemas em monocultivo e ao pousio. Já Glaeser et al. (2010) avaliando a biomassa e a atividade da microbiota em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, verificaram que o cafeeiro em consórcio com *Musa* spp. (bananeira) e *Acacia* sp. (acácia), cafeeiro em consórcio com *Tabebuia* sp. (ipê) e a vegetação nativa obtiveram valores semelhantes e foram superiores ao sistema monocultivo do cafeeiro.

Para a variável quociente metabólico ( $qCO_2$ ) não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados (Tabela 4). Porém, elevados valores de  $qCO_2$ , como os observados neste estudo, indicam que pode estar ocorrendo maior gasto de energia para a manutenção da comunidade microbiana, ou seja, em razão da condição de estresse ou distúrbio, os micro-organismos têm que consumir mais substrato para sua sobrevivência (CARNEIRO et al., 2008; SILVA et al., 2010; GOMIDE et al., 2011). Outra justificativa para este resultado pode estar associada ao fato de que quocientes metabólicos elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento com maior proporção de micro-organismos ativos em relação aos inativos (ROSCOE et al. 2006).

Glaeser et al. (2010), avaliando a biomassa microbiana do solo sob diferentes cultivos do cafeeiro orgânico, em Glória de Dourados, MS, também não verificaram diferença significativa entre os sistemas avaliados. Avaliando plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. Duarte et al. (2014) avaliando plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo, também não constataram diferença entre os tratamentos adotados.

No que se refere ao quociente microbiano ( $qMIC$ ), que expressa a quantidade de carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana (DUARTE et al., 2014), observou-se, nesse trabalho, o menor valor para o sistema CCE quando comparado aos demais sistemas avaliados (Tabela 4). Esse índice, quando elevado, indicam elevados valores de carbono no solo, enquanto que valores reduzidos indicam perda de carbono no solo, ao longo do tempo (MERCANTE et al., 2004). Esse quociente é influenciado por

diversos fatores, como o grau de estabilização do C-orgânico e o histórico de manejo do solo na área (SILVA et al., 2010).

Destaca-se que o CCE não apresenta cobertura do solo, além da fornecida pelo próprio cafeeiro e, poucas plantas espontâneas, ou seja, possui menor diversidade vegetal e provavelmente condições menos favoráveis para os organismos do solo. Ambientes menos complexos acarretam variações negativas na microbiota do solo, pois estão diretamente ligadas ao regime hídrico, à estrutura e ao manejo do solo, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais aportados (ROGERS; TATE III, 2001; TIEDJE et al., 2001). Um solo com heterogeneidade das fontes de carbono tende a manter a população microbiana mais estável, provavelmente, em decorrência da riqueza de nichos ecológicos (DE FEDE et al., 2001; GRAYSTON et al., 2001).

O alto valor do quociente microbiano ( $q_{MIC}$ ) observado na área em pousio (P), pode ser atribuído ao fato de que esta área permaneceu sem atividade antrópica por aproximadamente três anos, e, esta condição, favoreceu a imobilização do carbono orgânico na biomassa microbiana do solo. Ressalta-se que nestas áreas não há aplicação de agroquímicos e trânsito de maquinários agrícolas.

O teor do carbono orgânico (C-orgânico) encontrado no FF foi superior aos demais sistemas avaliados (Tabela 4). Este resultado corrobora com os obtidos por Ribeiro (2011), avaliando a matéria orgânica em solo de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais, verificou que os maiores valores de carbono orgânico total foram encontrados na vegetação nativa em comparação com o cafeeiro e *Theobroma cacao* L. (cacau) em consórcio com o *Cedrella fissilis* (cedro). Os maiores valores de C-orgânico no FF devem-se, provavelmente, as condições de ecossistemas naturais, onde há fornecimento constante de material orgânico mais susceptível à decomposição, permanecendo o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade (SANTOS et al., 2004).

Entre os sistemas agrícolas (CAU, CUD, CCE e P) observados neste estudo, não houve diferença para os valores de C-orgânico (Tabela 4). Apesar do C-orgânico ser considerado um indicador sensível, as alterações

promovidas no solo não foram suficientes para promover modificações na sua concentração (ASSIS et al., 2003). Em geral, as alterações no conteúdo do C-orgânico do solo ocorrem em médio ou em longo prazo, requerendo maior tempo para ser quantificada (OLIVEIRA et al., 2001; ROSCOE et al., 2006).

TABELA 4 - Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), quociente microbiano (qMIC) e carbono orgânico (C-orgânico), em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Sistemas de cultivo	C-BMS	C-CO <sub>2</sub>	qCO <sub>2</sub>	qMic	C-orgânico
	µg C g <sup>-1</sup> solo seco	µg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo dia <sup>-1</sup>	µg C-CO <sub>2</sub> µg <sup>-1</sup> C-BMS h <sup>-1</sup>	%	g kg <sup>-1</sup>
CAU	701,62 a	35,13 ab	30,25 a	3,06 a	39,74 b
CUD	598,71 a	32,12 ab	25,10 a	2,93 a	35,50 b
CCE	359,60 b	20,60 b	29,87 a	1,42 b	43,66 b
P	689,40 a	24,30 b	15,33 a	3,41 a	35,57 b
FF	796,83 a	48,89 a	26,52 a	2,65 a	57,82 a
Épocas					
Abril	577,22 a	32,35 a	26,30 a	2,35 a	43,68 a
Julho	681,25 a	32,11 a	24,53 a	2,94 a	41,23 a
S. de cultivo (CV%)	15,75	19,00	25,57	17,42	15,09
Épocas (CV%)	22,66	17,59	30,89	21,57	16,51

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

Com base na análise de agrupamento, cujo propósito consiste em agrupar sistemas de manejo, baseando-se nas características similares que estes possuem, observou-se a formação de dois grandes grupos distintos no que concerne aos indicadores microbiológicos (Figura 1). Observa-se que o CCE se isolou das demais áreas, com 100% de dissimilaridade. Este isolamento ocorreu devido ao fato deste sistema de produção se apresentar como o menos diversificado observado neste estudo. Sistemas simplificados como este apresentam menor capacidade de auto regulação e suficiência, e isto reflete diretamente no ambiente (BALSAN, 2006). Portanto, esse sistema

se mostra desfavorável a manutenção dos micro-organismos do solo, devido a sua menor complexidade vegetal.

No outro grupo constata-se a formação de dois níveis independentes e longínquos. Analisando os níveis, verificou-se uma dissimilaridade de 46% entre o FF e os sistemas CUD, P e CAU, que se mostraram próximos entre si, com 76% de semelhança. Ainda neste mesmo nível observou-se a similaridade de 94% entre os sistemas CAU e P.

O distanciamento do FF dos sistemas CUD, P e CAU se justifica por sua maior estabilidade, complexidade ecológica e estrutural (MARTINS et al., 2011), quando comparado à sistemas agrícolas, que são mais simplificados e que sofrem com constante perturbação por práticas agrícolas.

O agrupamento dos sistemas CUD, P e CAU deve-se ao fato de que a utilização de espécies arbóreas e de plantas de cobertura como a *Urochloa cv. decumbens* em consórcio com o cafeeiro oferece maior sustentabilidade a esses sistemas produtivos. Provavelmente, por meio da adição regular de resíduos vegetais, menor revolvimento do solo, maior permeabilidade e estruturação do solo (CHIODEROLI et al., 2012).

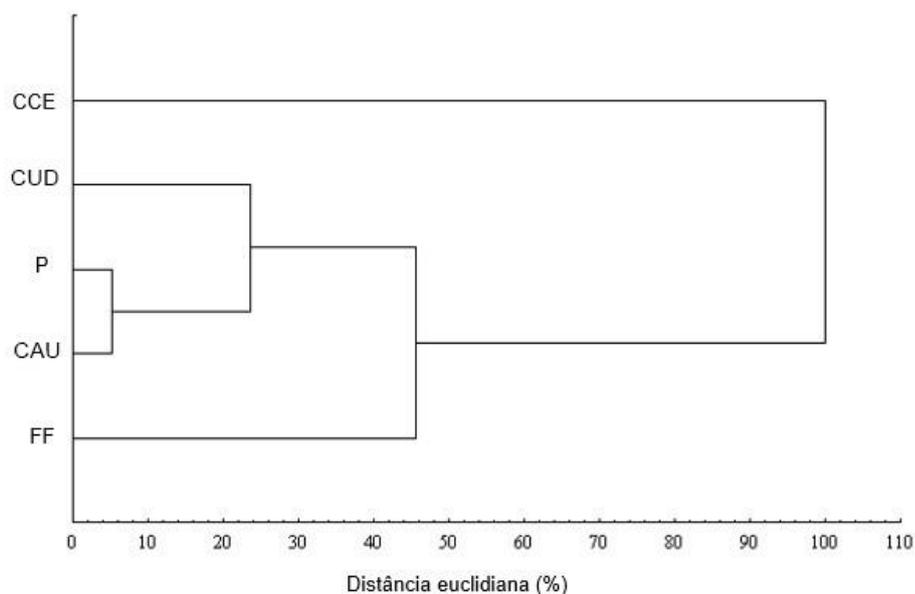


FIGURA 1 - Dendrograma de dissimilaridade dos indicadores microbiológicos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de coleta. Santo Antônio

do Jardim, SP, 2015. CAU: cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consórcio com *U. cv. decumbens*; CCE: cafeeiro em cultivo exclusivo; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

#### 4. 4. CONCLUSÕES

1. Os fatores climáticos relacionado as épocas de coleta não influenciaram na biomassa e atividade dos micro-organismos do solo.
2. Os sistemas FF, CAU e CUD favorecem a biomassa e a atividade microbiana do solo.
3. O sistema FF oferece maior complexidade vegetal e, portanto, favoreceu o desenvolvimento da comunidade dos micro-organismos do solo, seguidos por CUD, P e CCE.

#### 4. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F. et al. Biomassa microbiana em sistema agroflorestal na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz alta, v. 2, n. 2, p. 739-742, 2007.

ALMEIDA, M. C. et al. Influências dos diferentes sistemas de manejo no comportamento da microbiota do solo em áreas sob cultivo de mamão na região de Cruz das Almas, BA. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 8, p. 67 - 75, 2008.

ALMEIDA, D. O. et al. Soil microbial biomass under mulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 217-222, 2011.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of e co-physiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 22, n. 2, p. 251–255, 1990.

ASSIS, E. P. M. et al. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, p. 07-112, 2003.

BADEJO, M. A. et al. Soil oribatid mite communities under three species of legumes in an ultisol in Brasil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.27, p.283-296, 2002.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista de geografia agrária - Campo-território**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo**, 2007, 159p. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas), Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2007.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P. R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 897-903, 2000.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 621-632, 2008.

CHAER, G. M. et al. Shifts in microbial community composition and physiological profiles across a gradient of induced soil degradation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 73, n. 4, p. 1327-1334, 2009.

CHIODEROLI, C. A. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Revista atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997, 212p.

CORRÊA, A. L. et al. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 956-963, 2014.

DALMAGO, G. A. et al. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 855-864, 2009.

DE FEDE, K. L.; PANACCIONE, D. G.; SEXTONE, A. J. Characterization of dilution enrichment cultures obtained from size-fractionated soil bacteria by BIOLOGR community-level physiological profiles and restriction analysis of 16S rDNA genes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 11, p. 1555-1562, 2001.

DUARTE, I. B. et al. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 150-165, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, p. 33-38, 2012.

GALLO, A. S. et al. Biomassa microbiana em solo cultivado com mandioca em sucessão a adubos verdes. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013, Florianópolis. **Anais...**, p. 1-4, 2013.

- GLAESER, D. F. et al. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.
- GOMES, S. S. et al. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de La Facultad de Agronomia**, La Plata, v. 114, n. Especial, p. 30-37, 2015.
- GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 567-577, 2011.
- GRAYSTON, S. J. et al. Accounting of variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 4-5, p. 533-551, 2001.
- GUIMARÃES, N. F. et al. Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. **Coffee Science**, Lavras. v. 10, n. 3, p. 280-288, 2015.
- JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.
- JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 639-645, 2010.
- JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreamento no norte da América latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. a method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.
- LOPES, H. S. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 565-570, 2012.
- MARTINS, L. et al. Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre as comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. **Revista Brasileira Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 174-179, 2011.
- MATSUOKA, M; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste/MT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- MENDES, I. C; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidades de fósforo (P) nos solos**: uma análise crítica. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2004, 26p.
- MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z. et al. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2004, 31p.k~~
- MERLIM, A. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, p.57-61, 2005.
- MORAIS, H. et al. Microclima de café cultivar iapar 59 consorciado com quando (*Cajanus cajan*) no norte do paraná. V Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2007, Brasília. **Anais...** Brasília, p. 1-4, 2007.
- MURGUEITIO, E. et al. Pago por servicios ambientales a productores ganaderos en el proyecto Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo

de ecossistemas em Colombia. In: NOGUERA-FERNANDES, E. et al. (Eds.).

**Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades.** Juiz de Fora: EMBRAPA, p. 69–104, 2007.

OLIVEIRA, J. O. A. P. et al. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 443-450, 2001.

PEREIRA, F. H.; MERCANTE, F. M.; PADOVAN, M. P. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 3, n. especial, p. 130-133, 2009.

PINTO NETO, J. N. et al. Efeito das variáveis ambientais na produção de café em um sistema agroflorestal. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 187-195, 2014.

REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, L. C. **Biomassa microbiana do solo.** Planaltina: EMBRAPA Cerrado, 2007. 38p.

RIBEIRO, P. H. **Matéria orgânica e atributos químicos em solo de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais.** 2011, 50p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2011.

ROCHA, O. C. et al. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 516-526, 2014.

ROGERS, B. F.; TATE III, R. L. Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in Pineland soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 10, p. 1389-1401, 2001.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares.**

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). Dourados, p. 163-198, 2006.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. et al. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, p. 333-338, 2004.

SEKI, A. S. et al. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015.

SILVA, C. J. et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

SILVA, D. C. et al. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011.

SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT versão 7. 6 beta (2012)**. Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: < <http://www.assistat.com/index.html> >. Acesso em: 20 out. 2015.

SILVA, M. S. C.; DA SILVA, E. M. R.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F. Estoque de serrapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 431-441, 2012.

SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SOUZA, M. D. B. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob consórcio de plantas de cobertura. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013, Florianópolis. **Anais...**, p. 1-4, 2013.

STATISTICA for Windows release 4.5 **Statsoft: modulo cluster análises, joining, tree clostering**. Hamburg: Pearson R Single Linkage, 1997.

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some diferente calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford v. 20, p. 329-335, 1988.

TIEDJE, J. M. et al. Soil teeming with life: new frontiers for soil science. In: REES, R. M. et al. (Org.). **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 393-412.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.19, n. 6, p.703-707, 1987.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; et al. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 25, n. 1, p. 23-26, 2003.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

A fauna invertebrada epigéica, assim como a biomassa e a atividade microbiana são eficientes bioindicadores da qualidade do solo, por apresentarem alta sensibilidade as alterações no ambiente, sejam elas de origem antrópica ou oriunda das variações climáticas.

Neste estudo as épocas das coletas, cujo objetivo foi avaliar os efeitos das possíveis variações climáticas na fauna invertebrada epigéica, na biomassa e atividade microbiana, afetaram apenas a variação da fauna invertebrada epigéica, provavelmente pelo fato da fauna se localizar na interface solo-serrapilheira, ou seja, na superfície do solo, proporcionando a ela maior susceptibilidade as alterações ocorridas no ambiente.

Os sistemas adotados Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens* (CAU), Cafeeiro em consórcio com *Urochloa cv. decumbens* (CUD), Cafeeiro em cultivo exclusivo, Pousio e fragmento de vegetação nativa influenciaram todos os atributos biológicos da qualidade do solo avaliados neste estudo.

Os sistemas Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas (CAU) e *Urochloa cv. decumbens* e o fragmento de vegetação nativa (FF) mostraram-se mais complexos, com relação aos atributos biológicos da qualidade solo, seguidos por pousio (P), cafeeiro em consórcio com *Urochloa cv. decumbens* (CUD) e cafeeiro em cultivo exclusivo (CCE), isto porque sistemas com maior aporte de resíduos vegetais favorecem a biota do solo. Nos solos de ambiente tropicais, a matéria orgânica (resíduos vegetais em estágios variados de decomposição, a biomassa microbiana, as raízes e húmus) tem grande importância na estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração, e serve como fonte de carbono e energia aos micro-organismos heterotróficos, constituindo-se num componente fundamental do potencial produtivo desses solos (BAYER & MIELNICZEK, 2008).

Porém, verificou-se que o sistema Cafeeiro em consórcio com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens*, foi bastante semelhante ao cafeeiro consorciado somente com a *Urochloa cv. decumbens*. Fato que demonstra a elevada eficiência dessa planta de cobertura, no que se refere ao aporte de

resíduos e, proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento da biota do solo.

Entretanto, outros estudos em longo prazo devem ser realizados para avaliar os efeitos da associação dos sistemas de cafeeiros em consórcio com espécies arbóreas e plantas de cobertura na qualidade do solo. Destaca-se entre esses estudos o acompanhamento da queda das folhas das espécies arbóreas (acúmulo de serrapilheira) e sua qualidade.

---

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e Função da Matéria Orgânica. In: SANTOS, G, A.; [et al.]. **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo: ecossistemas tropicais e sub tropicais.** – Porto Alegre: Metrópole, p. 7-18, 2008.