

# Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro

## Biomass and soil microbial activity in different systems of coffee cultivation

Nathalia de F. Guimarães<sup>1,\*</sup>, Anderson de S. Gallo<sup>1</sup>, Anastácia Fontanetti<sup>2</sup>, Silvana P. Meneghin<sup>2</sup>, Maicon D. B. de Souza<sup>3</sup>, Kátia P. G. Morinigo<sup>3</sup> e Rogério F. da Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 23.897-970, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil;

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, 13.560-970, Araras, São Paulo, Brasil;

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, 13.560-970, Araras, São Paulo, Brasil;

<sup>4</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade de Glória de Dourados, 79.730-000, Glória de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

(\*E-mail: n.fguimaraes@hotmail.com)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16041>

Recebido/received: 2016.03.30

Recebido em versão revista/Received in revised form: 2016.06.02

Aceite/accepted: 2016.06.03

### RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro na biomassa e atividade microbiana do solo. O delineamento experimental consistiu em blocos casualizados, com cinco repetições. A primeira avaliação foi realizada 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 consociação com espécies arbóreas e *Urochloa cv. decumbens*; 2) Cafeeiro em consociação com *Urochloa cv. decumbens*; 3) Cafeeiro em monocultura; 4) Área com solo em pousio e 5) Fragmento de vegetação nativa. A biomassa e atividade microbiana foram avaliadas em amostras de solo colhidas à profundidade de 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 manta morta ( $t\ ha^{-1}$ ) e a umidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ). Os sistemas Fragmento de vegetação nativa, Cafeeiro em consociação com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens* e Cafeeiro consociado com *U. cv. decumbens* favorecem a biomassa e a atividade microbiana do solo, independente da época de amostragem.

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

### ABSTRACT

The work aimed to evaluate the influence of different coffee farming systems in soil microbial biomass and activity. The experimental design consisted in randomized blocks in split plot, 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 control areas: 1) Coffee intercropped with trees species and *Urochloa cv. decumbens*; 2) Coffee intercropped with *Urochloa cv. decumbens*; 3) Coffee in monoculture; 4) ground fallow and 5) native vegetation fragment. The soil microbial biomass and activity were assessed in soil samples collected at 0.0-0.10 m depth. The following variables were evaluated: microbial biomass carbon, basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and soil organic carbon. Litter accumulation ( $t\ ha^{-1}$ ) and soil moisture ( $kg\ kg^{-1}$ ) were also evaluated. The systems fragment of native vegetation, Coffee in consortium with tree species and *U. cv. decumbens* and Coffee intercropped with *U. cv. decumbens* favour soil microbial biomass and activity, regardless the sampling time.

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

## 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 a 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, muito utilizada no Brasil e no mundo. Este 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 e uniformiza a maturação dos frutos, melhorando a qualidade da bebida (Morais *et al.*, 2007). Além disso, contribui para a manutenção da humidade 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).

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 (Silva *et al.*, 2012). Os organismos do solo, por estarem intimamente relacionados ao funcionamento deste, 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 atividade microbiana (Mendes e Reis Junior, 2004). 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 gestão, visando a monitorização dos impactos positivos ou negativos sobre o solo (Xavier *et al.*, 2006).

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

## 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 do local é classificado como Argissolo Vermelho-amarelo (Embrapa Solos, 2006) e as características químicas e físicas (granulometria) estão descritas no Quadro 1.

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 (onde se localiza a propriedade). A sua vegetação é formada por florestas latifoliadas tropicais, variando de decídua a perenifólia. Os dados climáticos verificados durante a condução do estudo estão sumarizados no Quadro 2.

**Quadro 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 cultivo	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	M.O	Areia	Limo	Argila
	CaCl <sub>2</sub>	Mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol, dm <sup>-3</sup> -----			g dm <sup>-3</sup>		-----%-----		
CAU	5,7	27	4,0	33	15	16	25	42	24	34
CUD	6,0	62	6,5	32	18	18	33	47	17	36
CM	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	45	22	33

CAU: cafeeiro em consociação com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consociação com *U. cv. decumbens*; CM: cafeeiro em monocultura; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

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

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 amostragem. Fonte: Estação meteorológica da FRSA (2015).

#### Delineamento experimental e caracterização do experimento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas com cinco repetições e duas épocas de amostragem. 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>). Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo do cafeeiro:

1) Cafeeiro em consociação 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>), consociada com as espécies arbóreas *Persea americana* (abacateiro), *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), *Hymenaea sp.* (jatobá), *Carica papaya* (mamão), *Anadenanthera colubrina* (angico-branco), *Peltophorum dubium* (canafistula) 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*, cuja gestão é realizada por corte 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, estrume de galinha e palha de café (uma vez ao ano). A aplicação de produtos fitossanitários é realizada em média a cada três meses, utilizando os seguintes produtos: Boveril®, Natur'l óleo®, melço, Supera®, Zapp QI 620®, Metiltiofan®, Aurora 400 EC® e Triona®. Consta o uso de máquinas e alfiás agrícolas para a mobilização do solo, aplicação de produtos fitossanitários e colheita;

2) Cafeeiro em consociação 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>), em consociação com *Urochloa cv. decumbens*, semeada em 2014. A gestão é realizada por corte a

cada três meses, em média. A adubação, os produtos fitossanitários e as máquinas e alfaias agrícolas utilizados são os mesmos descritos para CAU.

3) Cafeeiro em monocultura (CM): 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, produtos fitossanitários e máquinas e alfaias 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 há três anos, havendo somente o crescimento de vegetação espontânea herbácea, cultivada anteriormente com cafeeiro que permaneceu na área por aproximadamente 50 anos; 5) Fragmento florestal nativo (FF), em estágio sucessionar intermediário, localizado a 800 m das áreas de estudo. No fragmento florestal há uma trilha ecológica desde 1994.

#### *Condução do ensaio*

#### **Acumulação de manta morta**

Foi avaliada a acumulação de manta morta (t ha<sup>-1</sup>) próxima aos pontos de amostragem do solo, com o auxílio de uma quadrícula de madeira de 0,25 × 0,25 m. O material colhido foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e transportados para 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.

#### **Humidade do solo**

Para a determinação da humidade do solo foram realizadas amostragens, com o auxílio de sonda holandesa, à profundidade de 0,0-0,10 m. Nas áreas com cafeeiro, foram colhidas 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 húmido e em seguida secá-lo em estufa a 105–110° C por 24 horas e, após esse período, determinar sua massa seca. A humidade foi calculada pela equação:  $U \text{ (kg kg}^{-1}\text{)} = \frac{Mu - Ms}{Mu} \times 100$ . Onde: U = humidade do solo (kg kg<sup>-1</sup>); Mu = massa de solo húmido (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 colhidas amostras sob a copa das plantas de café. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos medindo 35 cm × 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 ( $q\text{CO}_2$ ) foi obtido a partir da relação C-CO<sub>2</sub>/C-BMS (Anderson e Domsch, 1990) e o quociente microbiano ( $q\text{MIC}$ ) pela relação C-BMS/ C-orgânico. O conteúdo do carbono orgânico foi determinado, conforme a metodologia descrita por Claessen (1997).

#### *Análises estatísticas*

Os dados de C-BMS, C-CO<sub>2</sub>,  $q\text{CO}_2$  e  $q\text{MIC}$  (X) foram transformados de acordo com a expressão  $x = \sqrt{X}$ . 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 Assisat (Silva, 2012).

Os parâmetros 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.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *Acumulação de manta morta e humidade do solo*

Para as variáveis acumulação de manta morta e humidade do solo, não houve interação significativa entre os sistemas de gestão e as épocas de avaliação (Quadro 3).

Contudo, houve diferença significativa para acumulação de manta morta entre os sistemas avaliados (Quadro 3). A maior acumulação

verificou-se nos sistemas FF, CAU e CUD, que não diferiram entre si e foram superiores ao CM. Guimarães *et al.* (2015), avaliando a acumulação de manta morta em diferentes sistemas de café orgânico arborizado no Mato Grosso do Sul, também não verificaram diferença significativa entre a vegetação nativa e os sistemas de café em consociação com espécies florestais e frutíferas.

Ao analisar as épocas, verifica-se que a maior acumulação ocorreu no mês de julho (Quadro 3). Este resultado está relacionado, provavelmente, com 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 queda das folhas reduziria a perda de água por transpiração (Silva *et al.*, 2007).

No que se refere à humidade do solo, o maior valor foi verificado no FF em comparação aos demais sistemas e não houve diferença entre as épocas de amostragem (Quadro 3). Tal constatação pode estar associada a maior acumulação de manta morta no fragmento florestal, apesar de não ter sido verificada diferença estatística entre a área e os sistemas CAU e CUD. A cobertura vegetal reduz a incidência da radiação solar direta e, conseqüentemente, favorece a manutenção da humidade do solo (Jaramillo-Botero *et al.*, 2008).

Oliveira *et al.* (2005), avaliando a humidade do solo em resposta à cobertura vegetal em um Argissolo,

verificaram que a cobertura e o nível de ensombreamento influenciam diretamente as flutuações de humidade. Silva *et al.* (2011), avaliando atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa, verificaram maior humidade na floresta nativa, seguido do sistema agroflorestal com espécies frutíferas e adubação orgânica e do 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 humidade (Almeida *et al.*, 2011).

#### *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 (Quadro 4).

Este resultado pode estar relacionado à adaptação gradual da microbiota do solo às mudanças do ambiente podendo ter havido mudanças na composição da população microbiana ao longo dos meses que separaram as coletas, o que não é possível determinar pelos métodos de avaliação utilizados neste estudo (Reis Junior e Mendes, 2007). Glaeser *et al.* (2010), avaliando a biomassa microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo orgânico do

**Quadro 3** - Acumulação de manta morta ( $t\ ha^{-1}$ ) e humidade do solo ( $kg\ kg^{-1}$ ), em diferentes sistemas de cultivo de café, pousio e fragmento florestal. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015

Sistemas de cultivo	Manta morta	Humidade
	$t\ ha^{-1}$	$kg\ kg^{-1}$
CAU	4,25 ab	0,16 b
CUD	4,69 ab	0,18 b
CM	3,05 b	0,19 b
P	---	0,15 b
FF	6,04 a	0,31 a
<b>Épocas</b>		
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: café em consociação com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: café em consociação com *U. cv. decumbens*; CM: café em monocultura; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

cafeieiro 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 CM (Quadro 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 biomassa microbiana, provavelmente por esses sistemas proporcionarem condições favoráveis ao seu desenvolvimento, gerando micro habitats favoráveis e sítios de refúgio, além do facto dos resíduos vegetais servirem como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo (Badejo *et al.*, 2002; Merlim *et al.*, 2005).

Almeida *et al.* (2007), avaliando a influência de um sistema agroflorestal desenvolvido na Zona da Mata Mineira na biomassa microbiana do solo, verificaram que os maiores teores de C-BMS foram encontrados em áreas de cultivo de café em sistema agroflorestal e sob mata nativa, relativamente a áreas de cultivo de café não arborizadas. 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 cafeieiro

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 CM e P (Quadro 4). Este índice é expresso pela taxa de respiração dos microrganismos e, conforme Reis Junior e Mendes (2007), uma 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 microrganismos no solo. Este estímulo deve-se ao enriquecimento do solo (Xavier *et al.*, 2003) por meio do aumento da biodiversidade vegetal (Murgueitio, 2007) e consequentemente maior disponibilidade de alimento para a microbiota, sendo essa a principal fonte de energia para a atividade desses organismos (Pinto Neto *et al.*, 2014). Além disso, a deposição da manta morta propicia maior proteção da superfície do solo, mantendo a humidade e reduzindo a amplitude térmica do mesmo (Xavier *et al.*, 2006), promovendo um ambiente propício ao desenvolvimento das populações microbianas. Souza *et al.* (2013), avaliando a biomassa e a atividade microbiana de solo em consociações de plantas de cobertura, verificaram que os sistemas consociados foram superiores aos sistemas em monocultura e ao pousio.

**Quadro 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 cafeieiro, pousio e fragmento florestal em duas épocas de amostragem. 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
CM	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
<b>Épocas</b>					
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: cafeieiro em consociação com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeieiro em consociação com *U. cv. decumbens*; CM: cafeieiro em monocultura; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

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 consociação com *Musa* spp. (bananeira) e *Acacia* sp. (acácia), cafeeiro em consociação com *Tabebuia* sp. (ipê) e a vegetação nativa obtiveram valores semelhantes e foram superiores ao sistema de monocultura do cafeeiro.

Para a variável quociente metabólico ( $qCO_2$ ) não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados (Quadro 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, devido a uma situação de estresse ou distúrbio, possivelmente determinada pelo manejo intensivo do solo e pelo frequente uso de agrotóxicos, os microrganismos poderão ter que consumir mais substrato para sua sobrevivência (Carneiro *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010; Gomide *et al.*, 2011). Outra explicação para este resultado pode estar associada ao fato de que quocientes metabólicos elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento e com maior proporção de microrganismos ativos em relação aos inativos (Roscoe *et al.*, 2006).

No que se refere ao quociente microbiano ( $qMIC$ ), que expressa a quantidade de carbono orgânico do solo que está imobilizado na biomassa microbiana (Duarte *et al.*, 2014), observou-se, neste trabalho, o menor valor para o sistema CM quando comparado aos demais sistemas avaliados (Quadro 4). Este índice, quando elevado, indica elevados valores de carbono no solo, enquanto que valores reduzidos indicam perda de carbono no solo (Mercante *et al.*, 2004). Este quociente é influenciado por diversos fatores, como o grau de estabilização do C-orgânico e o histórico de gestão do solo na área (Silva *et al.*, 2010).

Destaca-se que o CM não apresenta cobertura do solo, além da fornecida pelo próprio cafeeiro e de 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 à gestão do solo, e à quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais aportados (Rogers e Tate III,

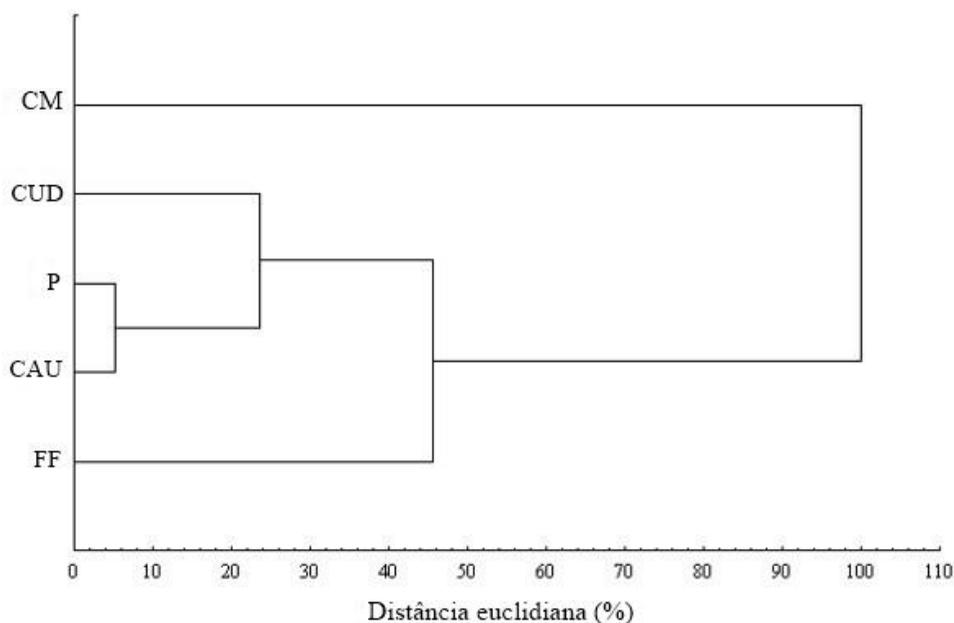
2001; Tiedje *et al.*, 2001). Um solo com heterogeneidade das fontes de carbono tende a manter a população microbiana mais estável, provavelmente em resultado da riqueza de nichos ecológicos (De Fede *et al.*, 2001; Grayston *et al.*, 2001).

O alto valor do quociente microbiano ( $qMIC$ ) observado na área em pousio (P) pode ser atribuído ao facto de que esta área permaneceu sem atividade antrópica por aproximadamente três anos, o que pode ter favorecido a imobilização do carbono orgânico na biomassa microbiana do solo. Ressalta-se que nestas áreas não há aplicação de agroquímicos e trânsito de máquinas agrícolas.

O teor do carbono orgânico (C-orgânico) encontrado no FF foi superior aos demais sistemas avaliados (Quadro 4). Este resultado corrobora com os obtidos por Ribeiro (2011) que, 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 consociação com o *Cedrella fissilis* (cedro). Os maiores valores de C-orgânico no FF devem-se, provavelmente, às 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 humidade (Santos *et al.*, 2004).

Entre os sistemas agrícolas (CAU, CUD, CM e P) avaliados neste estudo não houve diferença para os valores de C-orgânico (Quadro 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 longo prazo, requerendo maior tempo para ser quantificada (Oliveira *et al.*, 2001; Roscoe *et al.*, 2006).

Com base na análise de agrupamento, cujo propósito consistiu em agrupar sistemas de gestão 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).



**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 consociação com espécies arbóreas e *U. cv. decumbens*; CUD: cafeeiro em consociação com *U. cv. decumbens*; CM: cafeeiro em monocultura; P: solo em pousio; FF: fragmento florestal.

Observa-se que o CM se isolou das demais áreas, com 100% de dissimilaridade. Este isolamento ocorreu devido ao facto deste sistema de produção se apresentar como o menos diversificado entre os observados neste estudo. Sistemas simplificados como este apresentam menor capacidade de auto regulação e suficiência, e isto reflete-se diretamente no ambiente (Balsan, 2006). Portanto, esse sistema mostra-se desfavorável à manutenção dos microrganismos 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 justifica-se pela sua maior estabilidade, complexidade ecológica e estrutural (Martins *et al.*, 2011), quando comparado a sistemas agrícolas, que são mais simplificados e que sofrem constante perturbação por práticas agrícolas.

O agrupamento dos sistemas CUD, P e CAU deve-se ao facto de a utilização de espécies arbóreas e de plantas de cobertura como a *Urochloa cv. decumbens* em consociação com o cafeeiro oferecer 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).

## CONCLUSÕES

- 1 - Os fatores climáticos relacionados com as épocas de amostragem não influenciaram a biomassa e atividade dos microrganismos 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, favorece o desenvolvimento da comunidade dos microrganismos do solo, seguido por CUD, P e CM.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao senhor Jefferson Rissato Adorno, família e funcionários da Fazenda Retiro Santo Antônio, por autorizarem a realização deste

estudo em sua propriedade e por toda ajuda disponibilizada ao longo da realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, E.F.; Polizel, R.P.H.; Gomes, L.C.; Xavier, F.A. e Mendonça, E.S. (2007) – Biomassa microbiana em sistema agroflorestal na zona da mata mineira. *Revista Brasileira de Agroecologia*, vol. 2, n. 2, p. 739-742.
- Almeida, M.D.C.; Trindade, A.V.; Maia, I.C.S. e Marques, M.C. (2008) – 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*, vol. 8, p. 67-75.
- Almeida, D.D.O.; Klauberg Filho, O.; Almeida, H.C.; Gebler, L. e Felipe, A.F. (2011) – Soil microbial biomass under mulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. *Scientia Agricola*, vol. 68, n. 2, p. 217-222. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000200012>
- Anderson, T.H. e Domsch, K.H. (1990) – 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*, vol. 22, n. 2, p. 251-255.
- Assis, É.P.M.; Cordeiro, M.A.S.; Paulino, H.B. e Carneiro, M.A.C. (2003) – 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*, vol. 33, p. 7-12.
- Badejo, M.A.; Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Aquino, A.M. e Correa, M.E.F. (2002) – Soil oribatid mite communities under three species of legumes in an ultisol in Brasil. *Experimental and Applied Acarology*, vol. 27, n. 4, p. 283-296. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023399607317>
- Balsan, R. (2006) – Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. *Revista de geografia agrária – Campo-território*, vol. 1, n. 2, p. 123-151.
- Baretta, D. (2007) – *Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. Piracicaba, Universidade de São Paulo. 159 p.
- Carneiro, M.A.C.; Siqueira, J.O.; Moreira, F.D.S. e Soares, A.L.L (2008) – 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*, vol. 32, p. 621-632. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200017>
- Chioderoli, C.A.; Mello, L.D.; Grigolli, P.J.; Furlani, C.E.; Silva, J.O. e Cesarin, A.L. (2012) – Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, n. 1, p. 37-43. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100005>
- Claessen, M.E.C. (1997) – *Manual de métodos de análise de solo*. 2ª ed. Revista atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997, 212 p.
- Dalmago, G.A.; Bergamaschi, H.; Bergonci, J.I.; Kruger, C.A.M.B.; Comiran, F. e Heckler, B.M.M. (2009) – Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 13, p. 855-864. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000700007>
- De Fede, K.L.; Panaccione, D.G. e Sexstone, A.J. (2001) – 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*, vol. 33, n. 11, p. 1555-1562. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00075-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00075-X)
- Duarte, I.B.; Gallo, A.S.; Gomes, M.S.; Guimarães, N.F.; Rocha, D.P. e Silva, R. F. (2014) – Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. *Acta Iguazu*, vol. 3, n. 2, p. 150-165.
- Embrapa Solos. (2006) – *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 306 p.
- Fabrizzi, K.P., Garcia, F.O., Costa, J.L. e Picone, L.I. (2005) – 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*, vol. 81, n. 1, p. 57-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2004.05.001>

- Glaeser, D.F.; Mercante, F.M.; Alves, M.A.M.; Silva, R.F. e Komori, O.M. (2010) – Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. *Ensaios e Ciência*, vol. 14, n. 2, p. 103-114.
- Gomes, S.S.; Gomes, M.S.; Gallo, A.S.; Mercante, F.M.; Batistote, M. e Silva, R.F. (2015) – Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. *Revista de La Facultad de Agronomía*, vol. 114, n. 3, p. 30-37.
- Gomide, P.H.O.; Silva, M.L.N. e Soares, C.R.F.S. (2011) – Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 35, n. 2, p. 567-577. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200026>
- Guimarães, N.F.; Gallo, A.S.; Souza, M.D.B.; Agostinho, P.R.; Gomes, M.S e Silva, R.F. (2015) – Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. *Coffee Science*, vol. 10, n. 3, p. 280-288.
- Grayston, S.J.; Griffith, G.S.; Mawdsley, J.L.; Campbell, C.D. e Bardgett, R.D. (2001) – Accounting of variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 33, n. 4-5, p. 533-551. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00194-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00194-2)
- Jaramillo-Botero, C.; Santos, R.H.S.; Fardim, M.P.; Pontes, T.M. e Sarmiento, F. (2008) – Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Árvore*, vol. 32, n. 5, p. 869-877. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000500012>
- Jaramillo-Botero, C.; Santos, R.H.S.; Martinez, H.E.P.; Cecon, P.R. e Fardin, M.P. (2010) – Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. *Scientia Agricola*, vol. 67, n. 6, p. 639-645. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000600004>
- Jenkinson, D.S. e Powlson, D.S. (1976) – The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V: A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 8, n. 3, p. 209-213. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(76\)90005-5](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(76)90005-5)
- Martins, L.; Almeida, F.S.; Mayhé-Nunes, A.J. e Vargas, A.B. (2011) – Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre as comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, vol. 9, n. 2, p. 174-179.
- Matsuoka, M.; Mendes, I.C. e Loureiro, M.F. (2003) – 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*, vol. 27, n. 3, p. 425-433. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300004>
- Mendes, I.C. e Reis Junior, F.B. (2004) – *Microrganismos e disponibilidades de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 26 p. [cit. 2016-02-23] <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/568171>
- Mercante, F.M.; Fabricio, A.C.; Machado, L.A.Z. e Silva, W.M. (2004) – *Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária*. Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Dourados. 31 p. [cit. 2016-02-10] <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/252733>
- Merlim, A.D.O.; Guerra, J.G.M.; Junqueira, R.M. e Aquino, A.M.D. (2005) – Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Scientia Agricola*, vol. 62, n. 1, p. 57-61. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000100011>
- Morais, H.; Caramori, P.H.; Koguish, M.S.; Andrade, G.A. e Souza, F.S.D. (2007) – Microclima de café cultivar iapar 59 consorciado com guandu (*Cajanus cajan*) no norte do paraná. In: *5rd Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Brasília, Distrito Federal, p. 1-4.
- Murgueitio, E. (2007) – Pago por servicios ambientales a productores ganaderos en el proyecto Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas en Colombia. In: Noguera-Fernandes, E. (Ed.) – *Sistemas agrossilvopastoris na América do Sul: desafios e potencialidades*. Embrapa, Juiz de Fora. p. 69-104.
- Oliveira, J.O.A.P.; Vidigal Filho, P.S.; Tormena, C.A.; Pequeno, M.G.; Scapim, C.A.; Muniz, A.S. e Sagrilo, E. (2001) – Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 25, n. 2, p. 443-450. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200020>
- Oliveira, M.L.; Ruiz, H.R.; Costa, L.M. e Schaefer, C.E.G.R. (2005) – Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura à cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 9, n. 4, p. 535-539.
- Pinto Neto, J.N.; Alvarenga, M.I.N.; Corrêa, M.P. e Oliveira, C.C. (2014) – Efeito das variáveis ambientais na

- produção de café em um sistema agroflorestal. *Coffee Science*, vol. 9, n. 2, p. 187-195.
- Reis Junior, F.B. e Mendes, L.C. (2007) – *Biomassa microbiana do solo*. Embrapa Cerrado, Planaltina. 40 p. [cit. 2016-01-30] <[www.cpac.embrapa.br/download/1292/tz](http://www.cpac.embrapa.br/download/1292/tz)>
- Resck, D.V.S.; Ferreira, E.A.B.; Santos Junior, J.D.G.; Sá, M.A.C. e Figueiredo, C.C. (2008) – Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: Faleiro, F.G. e Farias Neto, A.L. (Eds.) – *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina, Embrapa Cerrado, p. 417-473.
- Ribeiro, P.H. (2011) – *Matéria orgânica e atributos químicos em solo de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais*. Dissertação de Mestrado. Jerônimo Monteiro, Universidade Federal do Espírito Santo. 50 p.
- Rocha, O.C.; Guerra, A.F.; Ramos, M.L.G.; Oliveira, A.S. e Bartholo, G.F. (2014) – Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. *Coffee Science*, vol. 9, n. 4, p. 516-526.
- Rogers, B.F. e Tate III, R.L. (2001) – Temporal analysis of the soil microbial community along a topequence in Pineland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 33, n. 10, p. 1389-1401. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00044-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00044-X)
- Roscoe, R.; Mercante, F.M.; Mendes, I.D.C.; Reis Júnior, F.B.; Santos, J.C.F. e Hungria, M. (2006) – Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: Roscoe, R.; Mercante, F.M. e Salton, J.C. (Eds.) – *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados, Embrapa, p. 163-198.
- Santos, V.B.; Castilhos, D.D.; Castilhos, R.M.V; Pauletto, E.A.; Gomes, A.S. e Silva, D.G. (2004) – Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Agrociência*, vol. 10, p. 333-338.
- Seki, A.S.; Seki, F.G.; Jasper, S.P.; Silva, P.R.A. e Benez, S.H. (2015) – Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 46, n. 3, p. 460-468.
- Silva, C.J.; Sanches, L.; Bleich, M.E.; Lobo, F.D.A. e Nogueira, J.S. (2007) – Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Acta Amazônica*, vol. 37, n. 4, p. 543-548. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000400009>
- Silva, D.C.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Oliveira, A.H.; Souza, F.S.; Martins, S.G. e Macedo, R.L.G. (2011) – Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. *Revista de Estudos Ambientais*, vol. 13, n. 1, p. 77-86.
- Silva, F.A.S. (2012) – *ASSISTAT versão 7. 6 beta*. Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN – Universidade Federal de Campina Grande [cit. 2015-11-19] <http://www.assistat.com/index.html>
- Silva, M.S.C.; Silva, E.M.R.D.; Pereira, M.G. e Silva, C.F.D. (2012) – Estoque de serapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. *Floresta e Ambiente*, vol. 19, n. 4, p. 431-441. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.058>
- Silva, R.R.; Silva, M.L.N.; Cardoso, E.L.; Moreira, F.M.D.S.; Curi, N. e Alovisei, A.M.T. (2010) – Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, p. 1585-1592.
- Souza, M.D.B.; Gallo, A.S.; Agostinho, P.R.; Guimarães, N.F.; Rocha, D.P. e Silva, R.F. (2013) – Biomassa e atividade microbiana de solo sob consórcio de plantas de cobertura. In: *XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Florianópolis, Santa Catarina, p. 1-4.
- Tiedje, J.M.; Cho, J.C.; Murray, A.; Treves, D.; Xia, B.; Zhou, J. e Watson, C.A (2001) – Soil teeming with life: new frontiers for soil science. In: Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D e Watson, C.A. *Sustainable management of soil organic matter*. CAB International, Wallingford. p. 393-412.
- Vance, E.D.; Brookes, P.C. e Jenkinson, D. S. (1987) – An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 19, n. 6, p. 703-707. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)
- Xavier, F.A.S.; Maia, S.M.F.; Oliveira, T.S. e Mendonça, E.S. (2006) – 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*, vol. 30, n. 2, p. 247-258. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200006>
- Xavier, D.F.; Carvalho, M.M.; Alvim, M.J. e Botrel, M.D.A. (2003) – Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* com leguminosas arbóreas. *Pasturas Tropicais*, vol. 25, n. 1, p. 23-26.