

Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

**RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO NO  
CARBONO ORGÂNICO E NOS ATRIBUTOS  
MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO  
COM CAFEIEIRO ORGÂNICO**

EDUARDO HENRIQUE PORTO MAGALHÃES

Brasília  
Julho de 2013

Eduardo Henrique Porto Magalhães

**RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO NO  
CARBONO ORGÂNICO E NOS ATRIBUTOS  
MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO  
COM CAFEIEIRO ORGÂNICO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília – UnB, como exigência do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo

Brasília  
Julho de 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

Porto, Eduardo Henrique

“RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO NO CARBONO ORGÂNICO E NOS ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO ORGÂNICO”

Orientação: Cícero Célio de Figueiredo, Brasília 2012.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2012.

1. Resíduo orgânico 2. Café orgânico 3. Biomassa microbiana 4. Atividade microbiana

I. Figueiredo, C.C.de. II. Drº.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PORTO, E. H. Resíduo de café (borra) e seu efeito no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 47 páginas. Monografia.

## CESSÃO DE DIREITOS

**Nome do Autor:** EDUARDO HENRIQUE PORTO MAGALHÃES

**Título da Monografia de Conclusão de Curso:** Resíduo de café (borra) e seu efeito no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico.

**Grau:** 3º **Ano:** 2013.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

EDUARDO HENRIQUE PORTO MAGALHÃES

Eduardo Henrique Porto Magalhães

# **RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO NO CARBONO ORGÂNICO E NOS ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO ORGÂNICO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília – UnB, como exigência do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo

## BANCA EXAMINADORA

---

Cícero Célio de Figueiredo  
Doutor, Universidade de Brasília – UnB  
Orientador / email: cicerocf@unb.br

---

Carlos Roberto Spehar  
PhD, Universidade de Brasília – UnB  
Examinador / email: spehar@unb.br

---

Thais Rodrigues Coser  
Msc. Universidade de Brasília – UnB  
Examinadora / email: thacoser@gmail.com

*Dedico este trabalho ao meu pai Eduardo,  
minha mãe Maria Lúcia e a minha irmã  
Nathália.*

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, por guiar-me sempre pelo caminho certo.*

*Aos meus pais, Eduardo Humberto e Maria Lúcia, pelos valores ensinados, por estarem sempre ao meu lado nas mais diversas situações, e principalmente por todo carinho e amor.*

*A minha irmã Nathália, pelo companheirismo, atenção e todo amor.*

*A minha tia Mada, pela oportunidade que me foi dada e por toda ajuda oferecida.*

*Ao professor Dr. Cícero Célio, pelos seus ensinamentos e orientação, por instigar-me sempre ao conhecimento, pela confiança e pela paciência ao longo desse processo.*

*Por todas as pessoas que me ajudaram ao longo dessa caminhada, meus colegas de curso e semestre, Renan Rolim, Vinicius Nogueira, Bruna Medeiros, Maria Thereza, João Lucas, Filipe Viana, Pedro Henrique, Thiago Brito, Bruno Kerber, Clarissa Izetti, Pedro Paulo, Patrícia Rodrigues, Tiago Mendes, Bruna Gonçalves, Déborah, Alexandre Costa, Gilma Rosa, Heitor Vicente, Raphael Medeiros, Murilo Peres e outros que do seu modo, contribuíram para que eu concluísse com sucesso essa jornada.*

*Para todos que foram meus professores durante o curso, pelos ensinamentos e o conhecimento que me passaram, e a parcela que cada um deu para minha formação acadêmica.*

*Pelos estágios e serviços que passei ao longo do curso, no Cenargen, na UnB, no Ministério da Agricultura e na empresa Celeiro, por todo conhecimento prático que adquiri, pela experiência de vida e pelas pessoas que conheci.*

*Muito obrigado!*

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.  
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”  
(Madre Teresa de Calcutá)

PORTO, Eduardo Henrique. **Resíduo de café (borra) e seu efeito no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico**. 2013. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

## **RESUMO**

A demanda crescente por alimentos orgânicos e por fontes alternativas de adubos intensificou as pesquisas a respeito do uso de matérias-primas e sua adaptabilidade ao uso como fontes de nutrientes ou como condicionadores do solo. O uso do resíduo de café (RC), como um desses materiais com potencial aplicação agrícola, pode ser vantajoso visto que é um material abundante e de baixo custo de aquisição. Como são poucas as informações sobre o seu uso em culturas agrícolas e na qualidade dos solos, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de doses crescentes de resíduo de café sobre o carbono orgânico e os atributos microbiológicos do solo. Para isso foram coletadas amostras de um experimento com cafeeiro orgânico, instalado com delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições. Os tratamentos se constituíram das seguintes doses de RC, em kg por planta: 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0. Amostras de solos foram coletadas na camada de 0-10 cm nas quais fizeram-se as seguintes determinações: carbono orgânico total (COT); carbono da biomassa microbiana (CBM); atividade microbiana e os quocientes microbiano e metabólico. O uso de RC no cafeeiro orgânico aumentou os teores de COT, CBM e da atividade microbiana do solo. O resíduo de café diminuiu o quociente metabólico, indicando melhor uso do substrato pelos microrganismos do solo. Os maiores teores de carbono e atividade microbiana foram verificados até a dose de 1,5 kg do resíduo de café por planta, com possível efeito inibitório na dose mais elevada.

**Palavras-chave:** Resíduo orgânico, café orgânico, biomassa microbiana, atividade microbiana.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Resíduo de café coado secando ao ar livre sobre lona plástica - Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2011.....	23
Figura 2. Ensaio experimental no agrossistema cafeeiro orgânico, Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2010.....	23
Figura 3. Adição do resíduo de pó de café coado por planta de cafeeiro, Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2011.....	24
Figura 4. Carbono orgânico total em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico.....	31
Figura 5. Carbono microbiano em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico.....	32
Figura 6. Quociente microbiano em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico. ** modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ....	33
Figura 7. Respiração basal em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico. ** modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ....	34
Figura 8. Quociente metabólico em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico. ** modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ....	35

## **LISTAS DE TABELAS**

Tabela 1. Resultados analíticos e caracterização química do resíduo de café por infusão. FAV/UnB/2013. ....	25
Tabela 2. Atributos químicos do solo da área experimental com cafeeiro orgânico, antes da aplicação do resíduo de café. FAL/UnB/2010. ....	26

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. A Importância da Cafeicultura no Brasil.....	14
2.1.1. Café Orgânico.....	15
2.2. Matéria Orgânica do Solo.....	16
2.2.1. Carbono Orgânico Total (COT).....	17
2.3. Biomassa e Atividade Microbiana.....	18
2.3.1. Uso de Resíduos Orgânicos.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Obtenção e Processamento do Resíduo de Café Coado.....	22
3.2. Composição Química do Resíduo de Café e do Solo da Área Experimental.....	25
3.3. Determinação do Carbono Orgânico Total.....	27
3.4. Carbono da Biomassa Microbiana.....	27
3.5. Atividade Microbiana.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Carbono Orgânico Total (COT).....	30
4.2. Carbono da Biomassa Microbiana.....	31
4.3. Quociente Microbiano.....	32
4.4. Atividade Microbiana do Solo.....	34
4.5. Quociente Metabólico.....	35
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

## 1. INTRODUÇÃO

A descoberta do café ocorreu no século VI, na região montanhosa de Keffa, atual Etiópia, em seguida foi levado para Arábia e posteriormente para Europa no final do século XV. A sua entrada no continente americano ocorreu por volta de 1700 e no Brasil mais precisamente em 1727. A palavra café tem origem na palavra árabe “qahwa” que significa vinho. Por tal razão, quando o café foi levado da Etiópia para Europa, foi chamado de vinho da Arábia (ILLY, 2002).

O café pertence à família Rubiaceae e o seu gênero *Coffea* é representado por pelo menos 103 espécies, destacando-se comercialmente *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (DAVIS et al., 2006), sendo que a espécie arábica corresponde por aproximadamente 74 % da produção comercial brasileira.

A variedade do café arábica é do tipo arbusto lenhoso e está difundida em vários países tropicais, destacando-se principalmente no Brasil e na Colômbia, devido à sua importância econômica. A planta é composta por um caule ereto e delgado, folhas verde-escuras, perenes e ovais, pequenas flores estreladas de cor branca, e frutos sob a forma de bagas vermelhas ou amarelas. Cada fruto contém duas sementes, consideradas os grãos, são utilizadas para a preparação da bebida do café (CARVALHO et al., 1991).

De acordo com dados da CONAB (2013), em 2012 a produção cafeeira (arábica e conilon) no Brasil alcançou a marca de 50,83 milhões de sacas, sendo esta a maior safra já produzida no país, superando a marca da safra 2002/2003 quando a produção atingiu 48,48 milhões de sacas, e que representa um crescimento de 16,88 % se comparada com a produção da safra anterior de 2011.

A crescente demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis e de origem certificada fizeram com que o café orgânico ganhasse cada vez mais espaço na produção nacional, aliado aos bons preços obtidos pelos produtores. Esse segmento de mercado é o que mais cresce no mundo, chegando, nos últimos cinco anos, a uma taxa de 500% ao ano (XAVIER et al., 2006). O marketing de produtos orgânicos é feito por todos os grupos ambientalistas do mundo. A produção brasileira de café orgânico ainda é relativamente limitada sendo basicamente direcionado ao mercado externo (LEITE & SILVA, 2000).

Um agrossistema baseado em cultivo orgânico é benéfico, pois sem o uso dos defensivos químicos não há risco de contaminação do ambiente e das pessoas envolvidas no

processo de produção, possibilita equilíbrio de todos os fatores associados à produção e proporciona condições menos favoráveis ao surgimento de pragas e doenças, além de agregar mais valor ao produto final.

O grande consumo de café no Brasil, que, de acordo com a ABIC (2013) é de 1,08 milhões de toneladas anuais gera enormes quantidades de resíduos sólidos. A borra de café que é a sobra após o preparo da bebida ainda não tem um destino certo e com isso cria um problema de descarte, agravado pela grande quantidade gerada. Uma alternativa para o destino do resíduo de café é o seu uso em cultivos orgânico como um adubo ou condicionador do solo, proporcionando sustentabilidade maior ao sistema.

O custo elevado dos fertilizantes comerciais e a crescente poluição ambiental tornam o uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico (MORAL et al., 2005).

Pesquisas mostram que o uso de resíduos orgânicos proporciona melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo um ambiente propício ao estabelecimento microbiano (GULLO, 2007). Na matéria orgânica do solo, a biomassa microbiana (BMS) é a parte viva e com maior atividade, constituída de bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas e microfauna. A BMS possui diversas funções como controlar a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica e regular a ciclagem de nutrientes no solo.

A atividade da microbiota do solo pode ser avaliada pelos teores de dióxido de carbono liberados ou pelo consumo de oxigênio (ALEF, 1995; SEVERINO et al., 2004). A atividade microbiana é dependente de vários fatores, dentre eles, a qualidade do substrato, a qual pode estimular ou reduzir a atividade dos microrganismos.

Considerando o potencial de uso do resíduo de café na cafeicultura orgânica, faz-se necessário ampliar o conhecimento do efeito da aplicação desse resíduo no acúmulo de matéria orgânica do solo e sua influência na biomassa e na atividade microbiana.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de doses de resíduo de café no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A Importância da Cafeicultura no Brasil**

Desde sua chegada ao país, em 1727, o café foi o maior gerador de riquezas e o produto mais importante da agricultura nacional por um longo período. O Brasil é o maior produtor mundial de café representando mais de 30 % da produção global e o segundo maior consumidor da bebida.

O café faz parte da rotina da população brasileira. De acordo com o IBGE (2012), o café é a bebida mais ingerida no Brasil, com o seu consumo por pessoa atingindo 215,1 mililitros da bebida por dia em valores médios. E os consumidores brasileiros continuam aumentando o consumo de café. No período compreendido entre novembro/2010 e outubro/2011, foi registrado o consumo de 19,72 milhões de sacas, representando um acréscimo de 3,11% em relação a igual período no ano anterior (ABIC, 2013).

O café arábica é uma planta perene de porte arbustivo, produtora de frutos tipo baga onde suas sementes, que representam o produto comercial, depois de um devido processamento são consumidas na forma de infusão (THOMAZIELLO et al., 2000). Possui um ciclo anual de crescimento e de frutificação, na época de seca ocorre uma aceleração do crescimento de raízes e a iniciação floral. Com o início do período chuvoso ocorre um rápido crescimento vegetativo e abertura dos botões florais e, durante o verão, os frutos se desenvolvem para atingir a maturação na próxima estação fria e seca (THOMAZIELLO et al., 2000).

Cultivares tem sido disponibilizadas para os produtores, como resultado dos programas de melhoramento genético do país, desenvolvidas por diversas instituições de pesquisa. Essas cultivares apresentam ampla variabilidade de características, adaptações a diferentes regiões de plantio, e aos diversos sistemas de manejo, como o adensamento, colheita mecanizada e escalonamento de colheitas (FAZUOLI et al., 2002; PEREIRA et al., 2002; SERA et al., 2002).

A Obatã é um cultivar de porte baixo, resistente ao agente de ferrugem e indicado para plantios adensados ou em renque. Segundo Moura et al. (2007), em trabalho realizado para analisar as cultivares adaptáveis ao cultivo orgânico, a cultivar Obatã (IAC 1969-20) foi uma

das que apresentaram melhor desempenho, demonstrando ampla adaptabilidade climática, e uma produtividade maior do que a média de outras cultivares.

### ***2.1.1. Café Orgânico***

Na cafeicultura orgânica, dada certas restrições quanto ao uso de fertilizantes e defensivos, é preciso adotar diferentes técnicas para promover o pleno desenvolvimento da planta, como a adoção de manejo integrado de pragas e manejo ecológico de doenças, variedades melhoradas, integração das adubações orgânica e verde, calagem, práticas recomendadas para a conservação do solo e da água e reciclagem de resíduos orgânicos de origem vegetal e animal (THEODORO et al., 2001).

A agricultura orgânica, dentre os vários pilares que a sustentam, se baseia em um conjunto de processos de produção que parte do pressuposto que a fertilidade do solo está relacionada diretamente com a matéria orgânica.

A manutenção da população de microrganismos do solo faz com que sua atuação nos compostos biodegradáveis existentes ou colocados no solo sejam mais incisivas, e com isso ocorrerá maior liberação e conseqüentemente disponibilidade de elementos minerais e químicos para as plantas se desenvolverem por sua atuação como agente de transformação bioquímica dos resíduos e compostos orgânicos, na ciclagem de nutrientes e como reservatório de N e P (SRIVASTAVA & SINGH, 1991; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Com uma população microbiana abundante, os desequilíbrios na natureza, resultado da ação antropogênica, têm os seus efeitos atenuados. Adubação adequada e ambiente saudável resultam em plantas mais vigorosas e mais resistentes a pragas e doenças (ORMOND, 2002).

A produção de café orgânico é uma iniciativa de quem visa se adequar aos requisitos atuais da sociedade por produtos mais saudáveis, menos danosos ao meio ambiente e de maior sustentabilidade com o reuso de resíduos que se tornariam problema. Estudo realizado por Moura et al. (2010) relata que os atributos mais valorizados e procurados por consumidores quando optam pela compra de produtos orgânicos estão relacionados à tríade saúde, meio ambiente e o sabor, e o fato de que não contêm agrotóxicos na sua produção é o grande diferencial desses produtos.

O mercado de produtos orgânicos é predominantemente constituído por consumidores conscientes das questões ligadas à saúde e questões de caráter ambiental e social (RICCI &

NEVES, 2004). Aliado a isso o cultivo de café orgânico consegue render um bom retorno financeiro aos seus produtores. É um produto diferenciado que consegue agregar bastante valor, possuindo um mercado que está em plena expansão e se estabelecendo fortemente.

Theodoro (2001) estudou a viabilidade agrônômica do cultivo orgânico de café em relação à mata nativa e a uma lavoura em processo de conversão, e foi visto que o sistema orgânico apresentou a maior taxa de fertilidade e melhores atributos físicos no solo.

## **2.2. Matéria Orgânica do Solo**

As primeiras etapas da formação da matéria orgânica do solo começam na planta, que, captura do dióxido de carbono atmosférico e o transforma em compostos orgânicos. Estes são usados como fonte de energia pelas plantas ou ainda convertidos em outras substâncias como peptídeos e estruturas com um grau de complexidade maior, como proteínas, amido lignina e outras (CAMPBELL, 1995; BALDOCK & NELSON, 2000).

Com a geração desses compostos, o carbono assim fixado ao longo do crescimento da planta é depois depositado nas folhas ou incorporado ao solo por meio das raízes e seus exsudados. Esse material então passa a desempenhar um papel nutricional, e os organismos do solo vão realizar o trabalho de decomposição e mineralização. Toda a cadeia produz formas mais complexas de carbono, tais como quitinas, proteínas, polissacarídeos, entre outros (BALDOCK & NELSON, 2000).

Segundo Silva & Mendonça (2007), a matéria orgânica do solo pode ser vista como a fração que engloba todos os organismos vivos e seus restos que se encontram no solo, nos mais variados graus de decomposição. É produto de resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, ressintetizados. A adição de novos resíduos de plantas e animais sobre os existentes e também a ação contínua dos microrganismos do solo fazem com que grande parte da matéria orgânica seja de caráter transitório.

A partir da acumulação de restos de plantas e animais parcialmente decompostos, juntamente com produtos que começam a ser sintetizados, é formada a matéria orgânica do solo. De acordo com Silva & Resck (1997), esses produtos sofrem um ataque contínuo da microbiota presente no solo e como consequência, são lábeis, e com a adição de mais resíduos oriundos de plantas e animais, serão continuamente renovados.

A matéria orgânica favorece importantes características dos solos e desempenha diversas funções, como ser fonte de nutrientes para as plantas em desenvolvimento, promover o aumento em quantidade e qualidade da população microbiana do solo. Quanto à física, que contribui para estruturação e maior capacidade de reter água no solo. Além disso, a matéria orgânica está envolvida na agregação das partículas do solo, na quelação de metais, na bioatividade, na persistência e biodegradabilidade de agrotóxicos (BRUM, 2002).

A matéria orgânica contribui com a maior porção da capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos em regiões tropicais, incluindo os solos do cerrado, por ionização de grupos carboxílicos, enólicos e fenólicos, devido a aumentos no pH do meio (SILVA & RESCK, 1997). A ciclagem de nutrientes e o tamponamento do solo contra alterações bruscas de pH também são características influenciadas pela matéria orgânica.

A matéria orgânica é, portanto, um componente essencial no solo, e por isso deve ser conservada e manejada adequadamente, para que esteja presente em um nível de equilíbrio, permitindo o desenvolvimento de agricultura sustentável e com bons índices agronômicos.

### ***2.2.1. Carbono Orgânico Total (COT)***

O carbono (C) é o elemento mais relacionado aos teores de matéria orgânica do solo. O solo é considerado um importante reservatório de carbono e estima-se que na camada de 0-30 cm o solo armazene aproximadamente a mesma quantidade de C que a atmosfera (CERRI et al., 2006).

O carbono que está presente no solo encontra-se preferencialmente nos compostos orgânicos e estes são extremamente suscetíveis às práticas de manejo e fatores edafoclimáticos. Solos manejados indevidamente podem liberar o C do solo para a atmosfera sob a forma de dióxido de carbono por um processo denominado de mineralização da matéria orgânica. Ao contrário do que pode acontecer quando o solo é manejado de maneira correta, favorecendo o estoque de carbono e de nitrogênio no sistema, promovendo o aumento da qualidade do solo. Sistemas de manejo que aumentem a adição de resíduos orgânicos e a retenção de carbono no solo se constituem em alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO<sub>2</sub> atmosférico e aumentar o estoque do solo (Amado et al., 2001; Bayer et al., 2006).

Kunde et al. (2009), estudando diferentes sistemas de manejo em um Planossolo háplico, concluíram que os sistemas conservacionistas de manejo do solo, pela característica da adição de resíduos vegetais, promovem a manutenção dos teores de carbono orgânico total, principalmente na camada superficial do solo.

Atualmente, são conhecidos efeitos isolados de diferentes manejos e culturas de cobertura nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Entretanto existem, no solo, diversas inter-relações entre esses atributos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço. Qualquer alteração do teor no solo pode alterar diretamente a estrutura, atividade biológica e, conseqüentemente, a fertilidade, com reflexos na sua qualidade e na produtividade das culturas (CARNEIRO et al., 2009).

De modo geral, considera-se que a matéria orgânica do solo contém cerca de 58 % de C, em relação à massa total. Assim, a determinação do carbono orgânico total (COT) tem sido utilizada para estimar quantitativamente a fração orgânica do solo (NELSON & SOMMERS, 1982). Sua determinação auxilia no entendimento das várias propriedades químicas, físicas e biológicas. Esse atributo, a matéria orgânica do solo, também é a principal fonte de nitrogênio do solo, além de um determinante fator da qualidade do solo.

Leite et al. (2003) concluíram que a mudança do ambiente de mata atlântica para a agricultura convencional diminuiu os estoques de C orgânico e o nitrogênio total. Estes autores verificaram ainda que o sistema com adubação orgânica proporcionou maiores teores de COT e N total do que aquele de adubação mineral. Os estoques de carbono da fração leve e do carbono lábil foram reduzidos com maior intensidade do que o COT, principalmente nos sistemas de produção sem adubação orgânica.

### **2.3. Biomassa e Atividade Microbiana**

Os microrganismos desempenham importantes funções no solo. Compõem a parte viva e mais ativa da matéria orgânica e são responsáveis pelo funcionamento do solo. O interesse no estudo dos microrganismos presentes no solo é cada vez maior, uma vez que estes representam um papel chave na ciclagem de nutrientes e na manutenção de sua fertilidade (MENDES & BUENO, 2010).

A biomassa microbiana, segundo Silva & Mendonça (2007), é o principal constituinte da fração viva da matéria orgânica do solo, atuando como agente decompositor e como

reserva lábil de carbono e nutrientes e também no fluxo de energia no solo, sendo encontrada em maior quantidade nas camadas superficiais do solo dada a maior quantidade de matéria orgânica, água e nutrientes.

A biomassa microbiana do solo (BMS) atua na decomposição da matéria orgânica, com a produção de compostos extracelulares que ajudam na formação dos agregados do solo e o seu enriquecimento, e também alguns grupos especializados que promovem a ciclagem do nitrogênio (BALDOCK & NELSON, 2000).

De acordo com Devi & Yadava (2006), a BMS representa até 1,8% e 7,6 % do total de N e P, respectivamente, presentes no solo. A imobilização temporária de elementos minerais pela BMS pode diminuir, por exemplo, as perdas de nitrogênio por lixiviação, a fixação de fósforo pelos sesquióxidos (SIQUEIRA et al. 2005). A mensuração da biomassa microbiana mostra a potencialidade de estocagem de carbono no solo que participa do processo de humificação (GAMA-RODRIGUES, 1997).

Apesar da sua importância para o solo, as determinações apenas da BMS não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações de microrganismos, sendo preciso para isso, avaliar outros atributos. Pode ocorrer no sistema do solo biomassa microbiana inativa em grandes quantidades e com isso se justifica a importância dos parâmetros que medem a sua atividade para avaliar o estado metabólico atual e potencial dessas comunidades (TÓTOLA & CHAER, 2002).

Um dos parâmetros que podem ser usados para a medição da sua atividade é a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pela respiração dos microrganismos, sendo este um dos métodos mais tradicionais e mais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (ZIBILSKA, 1994). É resultante da atividade de microrganismos aeróbios e anaeróbios (GAMA-RODRIGUES, 1999). E sua quantificação depende do estado fisiológico das células (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A atividade microbiana é representada pela emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ou pelo consumo de O<sub>2</sub>. O seu desencadeamento se dá, na grande maioria, pelos microrganismos heterotróficos existentes no solo e situados, principalmente, na rizosfera (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O manejo do solo afeta diferencialmente a atividade da biomassa microbiana, resultando em maior ou menor liberação de CO<sub>2</sub> (FERREIRA et al., 2010).

Passianoto (2001), em trabalho realizado em Pelotas, concluiu que carbono orgânico adicionado ao solo, presente em lodos de curtume aumentou a biomassa microbiana, assim como a sua atividade.

Atributos biológicos do solo como a biomassa microbiana, respiração microbiana, por serem mais sensíveis a alterações ambientais ou antrópicas, são mais adequados que os indicadores físicos ou químicos empregados na qualificação do manejo e/ou cobertura.

### ***2.3.1. Uso de Resíduos Orgânicos***

O uso de resíduos orgânicos como forma de adubação evita que esses resíduos sejam descartados no ambiente sem as devidas precauções (BRIEDIS, 2011).

A adubação das culturas com resíduos orgânicos tem se destacado pelo seu potencial fertilizante devido à presença dos nutrientes essenciais às plantas e, principalmente, devido a seu elevado teor de matéria orgânica, que atua positivamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ANDREOLA et al., 2000; BRITO et al., 2005; COSTA et al., 2009), beneficiando o desenvolvimento vegetal.

O efeito da adubação orgânica pode ser evidenciado já na primeira safra após a sua aplicação, com o melhor desempenho produtivo das culturas (BRIEDIS, 2011).

Além do efeito imediato da aplicação de fontes orgânicas, o efeito residual também é muito importante nesse tipo de fertilização. A aplicação de cama de aviário e de esterco de suínos, ao longo de nove anos, proporcionou maiores crescimento e produção na cultura do milho, comparado ao uso de adubação mineral (VEIGA, 2010).

Várias pesquisas sobre esse tema vêm sendo apresentadas, como as de Leal (2006), Abreu (2008) e Brito (2008), que demonstram a aplicação de adubo orgânico proveniente da compostagem da mistura de resíduos orgânicos (restos de alimentos) e resíduos de podas em diferentes cultivos, tais como alface, beterraba e girassol. O resultado dessas aplicações foi positivo, uma vez que o adubo produzido propiciou condições favoráveis ao desenvolvimento das mudas.

Ferreira (2011), utilizando resíduos do café, a borra na forma fresca e na forma compostada, verificou que as doses devem ser diferentes conforme o tipo de borra utilizada, colocando menores doses para o uso in natura (2,5% a 5%), enquanto que para a forma compostada podem ser utilizadas doses superiores a 15%. Entretanto, nos dois casos o

trabalho conseguiu evidenciar um incremento em biomassa vegetal, de pigmentos fotossintéticos e de macronutrientes foliares na hortaliça, superiores aos obtidos nas plantas sem aplicação da borra de café.

Brito et al. (2010) avaliaram a influência do pó de café coado, utilizado como substrato na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. cv Vera.), sobre a respiração microbiana. Os autores constataram que o resíduo de café promoveu um efeito significativo sobre a respiração microbiana, sendo que as amostras que possuíam a mesma proporção de solo e resíduo foram as que mais liberaram dióxido de carbono e que tiveram maior eficiência no processo de mineralização.

Apesar de crescente o uso de resíduos orgânicos na agricultura, ainda são poucos os trabalhos que avaliam o efeito dessa prática sobre os atributos microbiológicos do solo. Este estudo objetiva suprir a carência de informação sobre o uso agrícola de resíduo de café, principalmente sobre a sua ação na biomassa microbiana do solo cultivado com cafeeiro orgânico.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na fazenda Água Limpa, pertencente à Universidade de Brasília, localizada próximo ao núcleo Rural Vargem Bonita, ao sul da BR 251, que liga Brasília-DF a Unaí-MG, com coordenadas geográficas em torno de 15° 56' de latitude Sul e 47° 56' de longitude Oeste e a 1080 m de altitude. Segundo Köppen, o clima é do tipo AW tropical chuvoso e de inverno seco. O solo do local é um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, com boa drenagem e baixa fertilidade na condição de solo virgem.

#### **3.1. Obtenção e Processamento do Resíduo de Café Coado**

O resíduo de pó de café coado ou como é chamado mais comumente borra de café foi coletado em estabelecimentos públicos e privados do Distrito Federal. Utilizaram-se como coletores vasos plásticos com capacidade para 50 litros. Durante a coleta, detectou-se que apesar dos vários tipos de preparo de cafés para bebida, aqueles usualmente mais utilizados no Distrito Federal são: o expresso e por infusão. Sendo este último produzido em maior escala, portanto, a matéria prima utilizada como objeto desta pesquisa.

O resíduo de pó de café coado apresentou em média 75% de umidade no momento da coleta, sendo posto para secar ao ar livre sobre lonas plásticas de polietileno, por um período de 72 horas. Em seguida o material passou por pré-limpeza peneirado em malha de 2mm. Na sequência, foi posto para uma nova secagem (Figura 1), para reduzir ao máximo sua umidade até atingir de 3 a 5%. Depois o material foi acondicionado em sacos de tecido de algodão e armazenado em local arejado para a preservação de seus atributos físico-químicos.



Foto: Adjaci Brito/ 2011

**Figura 1.** Resíduo de café coado secando ao ar livre sobre lona plástica - Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2011.

A cultivar Obatã vermelho IAC 1669-20 foi a escolhida para o experimento, ela possui característica de elevada resistência à ferrugem, maturação tardia, frutos grandes e vermelhos, exigente em nutrição e água e boa qualidade da bebida. A cultivar foi plantada no espaçamento de 0,5 m entre plantas na linha; 2,0 m entre linhas simples e 3,6 m entre linhas duplas. Cada parcela foi constituída por 24 plantas com 12 plantas na área útil.



Foto: Adjaci Brito/ 2010

**Figura 2.** Ensaio experimental no agrossistema cafeeiro orgânico, Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2010.

No período compreendido entre 28/12/2009 e 04/01/2010 foi realizada uma poda de recepa para permitir a recuperação da lavoura, deixando dois ramos por planta.

O controle das plantas invasoras na linha de plantio foi feito por meio de capina manual com uso de enxada e gadanho, e nas entrelinhas com roçadeira a tração motora e costal.

O resíduo de café foi adicionado ao solo na projeção da copa da planta, no sistema de coroamento sendo as doses ajustadas mediante resultados de análises químicas e disponibilizadas à cultura a cada seis meses.

Foram realizadas três aplicações do resíduo de café nas seguintes dosagens: 2,0kg, 1,5 kg, 1,0 kg, 0,5 kg e 0,0 kg, em cada uma das épocas de aplicação, com a primeira ocorrendo em novembro/2010, a segunda em junho/2011 e a terceira em dezembro/2011, abrangendo os períodos de chuva e seca, sendo que ao final, as dosagens acumuladas foram de: 6,0kg, 4,5 kg, 3,0 kg, 1,5 kg e 0,0 kg. Para facilitar a distribuição e permitir maior eficiência do resíduo de café em cada planta, utilizaram-se como medida de controle, formas de madeira nas dimensões 0,50m x 0,50m (Figura 3).



Foto: Adjaci Brito/ 2011

**Figura 3.** Adição do resíduo de pó de café coado por planta de cafeeiro, Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2011.

Todas as atividades acima mencionadas foram mantidas ao longo do ciclo da cultura visando mantê-la sempre em boas condições de vigor vegetativo. O modelo estatístico adotado foi do tipo blocos ao acaso, com cinco repetições, totalizando 25 parcelas.

### 3.2. Composição Química do Resíduo de Café e do Solo da Área Experimental

Nas tabelas 1 e 2 são apresentadas as características químicas do resíduo de café e do solo da área experimental. A baixa fertilidade natural do solo foi corrigida adotando recomendações de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais – quinta aproximação (RIBEIRO et al.; 1999). A adubação nas linhas de plantio obedeceu às seguintes doses por metro linear, 972,16g, 111,11g, 104,02g, 68g e 5g dos adubos: torta de mamona, termofosfato magnésiano (yoorin), sulfato de potássio, sulfato de zinco e boro, respectivamente.

**Tabela 1.** Resultados analíticos e caracterização química do resíduo de café por infusão. FAV/UnB/2013.

Propriedades	Resíduo de café
M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	960
C.O. (g kg <sup>-1</sup> )	533
C/N	26,7
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,2
N (g kg <sup>-1</sup> )	20,0
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,2
K (mg dm <sup>-3</sup> )	1,8
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,0
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,0
S (g kg <sup>-1</sup> )	0,7
B (mg kg <sup>-1</sup> )	12,6
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	13,4
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	926,0
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	37,6
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	21,6
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	62,0

**Tabela 2.** Atributos químicos do solo da área experimental com cafeeiro orgânico, antes da aplicação do resíduo de café. FAL/UnB/2010.

Atributos	Profundidade (cm)
	0 – 10
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	3,9
pH (H <sub>2</sub> O)	6,0
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,2
Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0
H + Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,9
CTCt (cmolc dm <sup>-3</sup> )	9,2
V (%)	47,0
P (mg dm <sup>-3</sup> )	21,1
K (mg dm <sup>-3</sup> )	176,0
S (mg dm <sup>-3</sup> )	8,4
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,2
Mg ( cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,6
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,6
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	15,8
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	40,0
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	13,1
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	1,8

A coleta do solo foi realizada no dia 12 de setembro de 2012, em um período de final de época seca. Utilizou-se trado para coleta de solo da camada de 0 a 10 cm de profundidade, feita logo abaixo do espaço compreendido pela copa da planta, espaço este que foi utilizado na marcação para deposição dos resíduos de café. Após a extração, o solo foi depositado em um balde para ser homogeneizado e posteriormente guardado em recipientes de plástico devidamente identificado e que ao término da coleta foram todos armazenados refrigerados (~ 4<sup>o</sup>C) até o momento das análises.

### 3.3. Determinação do Carbono Orgânico Total

Para determinação do COT utilizou-se a metodologia de Walkley & Black ( NELSON & SOMMERS, 1982), sem fonte externa de calor. Amostras de TFSA contendo 0,5 gramas foram transferidas para um erlenmeyer, e adicionado 10 mL de dicromato de potássio 1N e em seguida foi realizada agitação. Logo após foram adicionados 20 mL de ácido sulfúrico em cada amostra e agitadas, em seguida, deixadas em repouso de 30 minutos. Com o término do período de repouso foram adicionados 200 mL de água destilada e mais 1 mL de indicador Difenilamina 0,16 %. As amostras foram tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,5N.

### 3.4. Carbono da Biomassa Microbiana

As amostras foram retiradas da refrigeração, tamisadas em peneira de 2 mm, e após excluídos os restos de raízes, foram deixadas em temperatura ambiente por 12 horas.

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi realizada pelo método de irradiação-extração, proposto por Islam & Weil (1998), onde foram pesadas seis sub-amostras de 20 g de solo (três irradiadas e três não irradiadas). As amostras foram irradiadas em forno de micro-ondas por período de 137 segundos.

O tempo de irradiação foi calculado em função da potência real do forno micro-ondas, que foi medida da seguinte forma: aqueceu-se 1L de H<sub>2</sub>O e mediu-se a variação de temperatura da água antes e 120 segundos após exposição ao micro-ondas (Equação 1).

$$P = \frac{C_p \cdot K \cdot \Delta T \cdot m}{t} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que:

P = potência real do aparelho em W;

C<sub>p</sub> = 1 J mL<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, capacidade da água de receber calor;

K = 4,184; fator de correção de cal J mL<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> para watts (J S<sup>-1</sup>);

ΔT = variação de temperatura de 1L de H<sub>2</sub>O em 2 minutos de exposição em °C;

m = 1000g, massa da água em gramas;

t = 120 s, tempo de exposição da água ao micro-ondas.

Em seguida, o tempo de exposição foi determinado de acordo com a equação 2.

$$t = \frac{r.m}{P}$$

Equação 2.

Em que:

t = tempo de exposição das amostras ao micro-ondas;

r = 800 J g<sup>-1</sup> de solo, quantidade de energia necessária para a exposição;

m = peso total das amostras a serem irradiadas em gramas;

P = potência real do aparelho em W.

Posteriormente, a extração foi realizada com 80 mL de sulfato de potássio 0,5 mol L<sup>-1</sup> por amostra. As amostras foram agitadas em agitador horizontal por 30 minutos a 150 rpm. Logo após, foram deixadas em repouso por 30 minutos para decantação dos sedimentos. O sobrenadante foi passado em filtro de passagem lenta (8 µm). Foi utilizada uma alíquota de 8 mL do extrato filtrado para a determinação do CBM.

Adicionaram-se 2 mL de dicromato de potássio 0,066 mol L<sup>-1</sup> e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após agitação manual, as amostras ficaram em repouso por mais 30 minutos para esfriar e adicionaram-se 50 mL de água destilada, e o indicador Ferroin (1,485 g de Orto-Fenantrolina + 0,695 g de Sulfato Ferroso em 100 mL de água). Posteriormente as amostras foram tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,033 mol L<sup>-1</sup>

O carbono da biomassa microbiana foi calculado pela fórmula: CBM = (CI- CNI)/Kec, onde, CI e CNI: representam o total de carbono orgânico liberado das subamostras irradiadas e não irradiadas, respectivamente; o Kec: fator que representa a quantidade de carbono proveniente da biomassa microbiana. Os valores de Kec citados na literatura são muito variáveis. Neste estudo utilizou-se o Kec = 0,33 (MENDONÇA & MATOS, 2005).

### 3.5. Atividade Microbiana

As amostras foram retiradas da refrigeração para condução das análises em triplicatas. Em seguida sub-amostras de 20 g foram pesadas e colocadas em recipientes de plástico com fechamento hermético. Dentro de cada recipiente foi inserido um frasco que continha 20 mL

de solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> para a captura do C-CO<sub>2</sub>. Os recipientes foram fechados e incubados por sete dias em sala escura.

Após o período de incubação, o recipiente foi aberto e retirado o frasco contendo a solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> das amostras que ficaram 15 minutos abertas para que se realizassem as devidas trocas de ar.

Enquanto esse tempo decorria, foi transferida uma alíquota de 10 mL da solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> para um erlenmeyer e adicionado 3 mL da solução de BaCl<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> e mais 3 gotas de fenolftaleína 1 % e posterior titulação com solução de HCl 0,4 mol L<sup>-1</sup>.

O cálculo do C-CO<sub>2</sub> foi feita na unidade de mg C-CO<sub>2</sub>/kg/dia de solo seco sendo obtida através equação 3.

$$C - CO_2 \text{ (mg)} = (B - V) \times M \times 6 \times (v_1 / v_2) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

B = Volume do HCl no branco (mL);

V = Volume de HCl gasto na amostra (mL);

M = Concentração real de HCl (mol L<sup>-1</sup>);

6 = Massa atômica do carbono (12) dividido pelo número pelo número de mols de CO<sub>2</sub> que reagem com o NaOH;

v<sub>1</sub>=Volume total de NaOH usado na captura de CO<sub>2</sub> (mL);

v<sub>2</sub>= Volume de NaOH usado na titulação (mL);

Com os valores de COT, CBM e atividade microbiana foram obtidos os quocientes microbiano (*q*Mic) e metabólico (*q*CO<sub>2</sub>) do solo. O *q*Mic foi obtido pela relação entre o CBM e o COT, enquanto que o *q*CO<sub>2</sub> pela relação entre atividade microbiana e o CBM.

Foram realizadas análises de regressão para verificar os efeitos de doses de RC sobre os atributos do solo. As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico XLSTAT.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Carbono Orgânico Total (COT)**

A aplicação de doses crescentes de resíduo de café (RC) promoveu aumento dos teores de COT do solo (figura 4). Os teores de COT variaram, em média, de 28,79 g kg<sup>-1</sup> na ausência de aplicação de resíduo a 35,09 g kg<sup>-1</sup> na aplicação da dosagem mais elevada (2,0 kg de resíduo por planta).

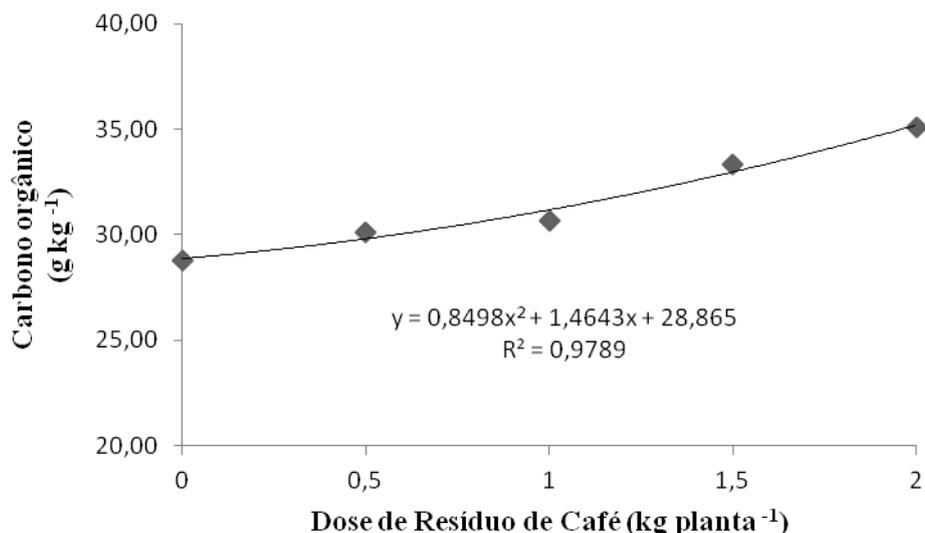
O aumento de COT em função da dose de RC seguiu modelo quadrático, com aumentos mais expressivos a partir da dose de 1,5 kg do resíduo.

Esse crescimento obtido está de acordo com o resultado encontrado por Soares et al. (2008), no qual aplicações de composto orgânico de lodo de esgoto na cultura do milho promoveram aumentos do carbono orgânico do solo, chegando a aumentar em até 92,6 % o teor do C orgânico com a dose mais alta do composto, comparada à dose zero.

Observa-se que mesmo na área controle, sem aplicação de resíduo de café, o COT foi considerado alto, comparado a valores normalmente encontrados em latossolos do Cerrado. Isso é decorrente do aporte de material orgânico depositado ao longo dos anos de implantação do experimento sob sistema orgânico.

De acordo com Mellek (2009), a tendência de incremento no estoque de carbono é atribuída a duas causas, uma de origem direta e outra de origem indireta. De origem direta é a própria adição do resíduo, que é material orgânico e pode ser incorporado ao estoque de matéria orgânica do solo, principalmente na camada superficial de 0-5 cm. A causa indireta é o aumento na adição de carbono pelas culturas.

Portanto, verificou-se que a adição de RC possibilitou aumentos dos teores de COT mesmo em sistemas orgânicos já estabelecidos.



**Figura 4.** Carbono orgânico total em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico.

#### 4.2. Carbono da Biomassa Microbiana

As aplicações das doses do resíduo de café aumentaram os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo (Figura 5). O modelo que melhor representou esse efeito foi o quadrático, com aumentos mais expressivos até a dose de 1,5 kg de RC por planta, com incrementos menos intensos a partir desta dose. Essa diminuição da taxa de aumento do CBM com a dose de 2,0 kg por planta pode ser decorrente de uma possível inibição do crescimento microbiano pela concentração elevada do substrato.

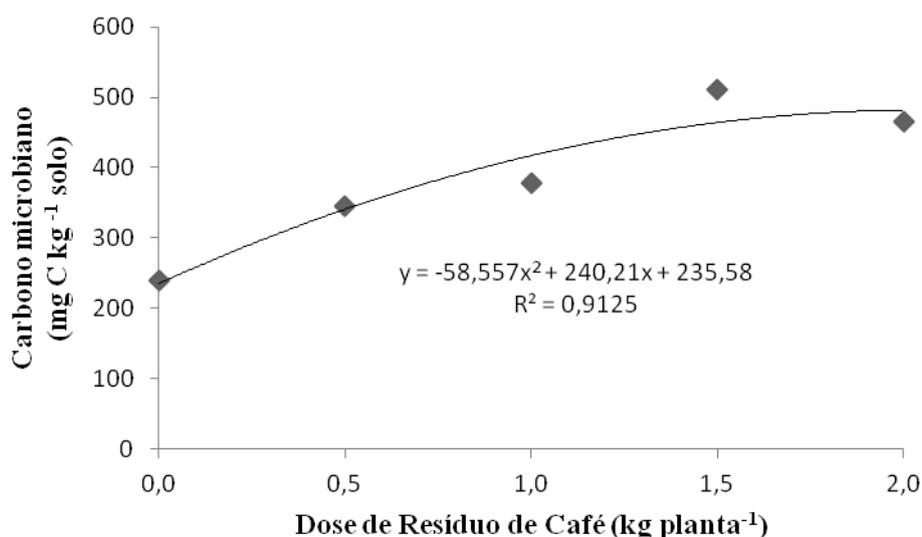
De maneira geral os teores de CBM foram elevados, comparados a solos de áreas nativas, como os valores encontrados por Abbruzzini (2011). Esses altos teores de CBM indicam que mais nutrientes estão imobilizados temporariamente na BMS, o que resulta em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (ROSCOE et al., 2006).

Quadro et al. (2011) utilizando o dejetos suíno evidenciaram também aumentos nos teores de carbono microbiano com aumento do dejetos até a dose de 18 ton. ha<sup>-1</sup>, obtendo-se decréscimo de CBM com a aplicação de doses mais elevadas. De acordo com os autores, o aumento do CBM foi decorrente da presença de um substrato orgânico de fácil degradação, enquanto que a diminuição da biomassa microbiana em doses mais elevadas pode ser

atribuída ao fato de que houve diminuição da disponibilidade de oxigênio para a microbiota do solo em função da grande quantidade de substrato aplicada.

O uso de diferentes resíduos orgânicos para a produção de hortaliças sob manejo orgânico promoveram alterações dos teores de CBM, com aumentos de 77% com a utilização de bagaço de coco e 20% com a aplicação de esterco caprino, tendo como referência o solo sem aplicação de resíduo orgânico (FRANÇA et al., 2005).

Kuwano et al. (2012) utilizando lodo de estação de tratamento de efluentes com doses crescentes de resíduos de 0; 63,6; 127; 191; 254; 382 e 510 t ha<sup>-1</sup> verificaram que o aumento da dose não foi acompanhado pelo aumento do CBM, não formando uma relação proporcional, mesmo que a última dose de 510 t ha<sup>-1</sup> do resíduo tenha sido a que apresentou o maior valor de CBM (145,52 mg kg<sup>-1</sup>).



**Figura 5.** Carbono microbiano em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico.

#### 4.3. Quociente Microbiano

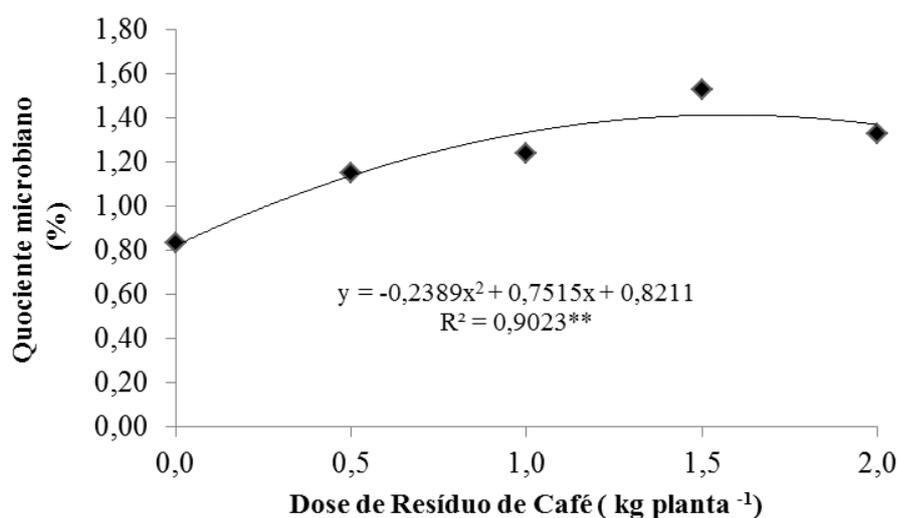
O quociente microbiano ( $q_{Mic}$ ) variou de 0,80 % a 1,50 %, conforme a dose de RC aplicada. Estes valores estão dentro da faixa normalmente encontrada para solos tropicais. O comportamento do  $q_{Mic}$  foi similar ao apresentado para o CBM, com aumento dos valores

mais expressivos até a dose de 1,5 kg do resíduo por planta e diminuição da taxa de incremento a partir desta dose.

Ao estudar sistemas culturais, Xavier et al. (2006) verificaram maior quociente microbiano no sistema sob pastagem quando comparado às áreas de cultivo. Este fato indica o aumento de nutrientes na área de pastagem por meio da biomassa microbiana, a qual apresenta rápido tempo de ciclagem no solo. Esse sistema se assemelha ao de cultivo perene, que recebe menos intervenção, e conseqüentemente menos estresse a biomassa, fazendo com que a capacidade de utilização do carbono não diminua, e que os valores de quociente microbiano permaneçam elevados.

De acordo com Sparling (1992), mudanças no quociente microbiano podem refletir em acréscimos de MOS, na eficiência de conversão do C-orgânico do solo para C-microbiano, nas perdas de carbono do solo e na estabilização de frações minerais do solo. Portanto, valores maiores ou menores do quociente microbiano podem expressar a ocorrência, respectivamente, de acúmulo ou perda de C no solo (BALOTA et al.,1998).

Como a biomassa microbiana é um indicador biológico de sustentabilidade do sistema e tem uma forte correlação com a matéria orgânica do solo, alterações em um desses fatores reflete no outro. Quociente microbiano é um atributo que oferece o controle, o monitoramento da dinâmica da matéria orgânica do solo (BALOTA et al.,1998).



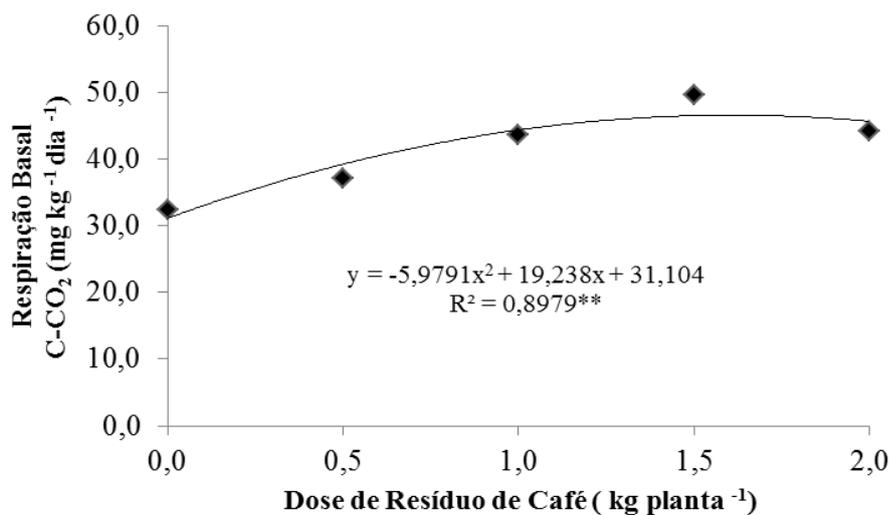
**Figura 6.** Quociente microbiano em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico. \*\* modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

#### 4.4. Atividade Microbiana do Solo

A atividade microbiana também chamada de respiração basal do solo, mensurada pela liberação de C-CO<sub>2</sub> dos microrganismos, aumentou com o incremento da dose do resíduo de café, repetindo similar comportamento visto no CBM e no quociente microbiano.

O acréscimo na respiração basal e conseqüentemente a maior liberação de C-CO<sub>2</sub> pode ser atribuída ao incremento no conteúdo de matéria orgânica e nutriente ao solo com a aplicação de doses crescentes de resíduo de café, estimulando assim a atividade microbiana e, ainda, a maior ciclagem da biomassa microbiana, ocasionando um aumento na mineralização de carbono (CHANDER & BROOKES, 1993).

Resultados semelhantes foram obtidos por Quadro et al. (2011), que observaram aumento da atividade microbiana do solo quando da aplicação de doses crescentes de dejetos de suínos, com pequena redução dessa atividade com a dose mais elevada do dejetos.

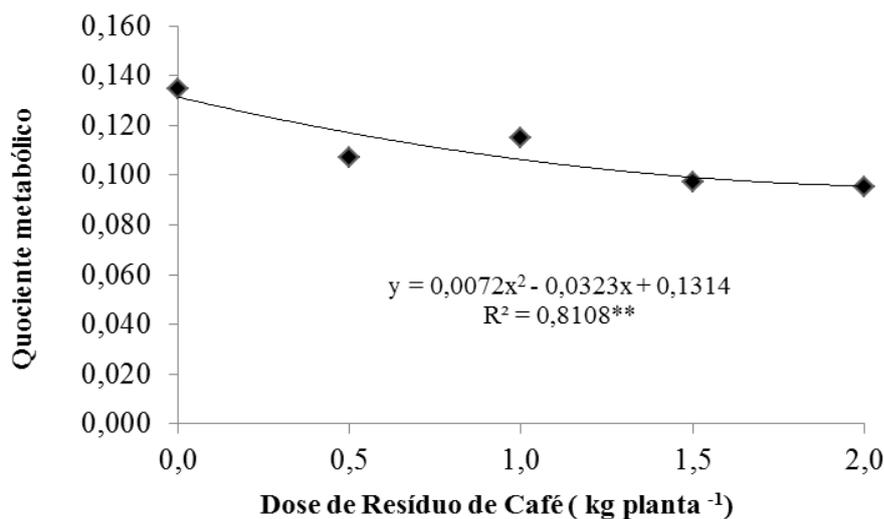


**Figura 7.** Respiração basal em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico. \*\* modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

#### 4.5. Quociente Metabólico

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) diminuiu com a aplicação do resíduo de café. O modelo quadrático indica que essa diminuição foi mais intensa até a dose de 1,5 kg do RC por planta. Esses resultados indicam que o uso de RC até esta dose promoveu maior eficiência no uso do substrato pela biomassa microbiana do solo. Isto indica maior estabilidade do sistema com o uso do RC, visto que, quanto maior a estabilidade do sistema, menor a respiração microbiana por unidade de biomassa (BALOTA et al., 1998) e maior a proporção de carbono incorporada aos tecidos microbianos (TÓTOLA & CHAER, 2002).

Esse parâmetro permite determinar quais aplicações causam alterações na proporção de evolução de  $CO_2$  pela quantidade de microrganismos existentes. Solos estressados têm um maior valor desse parâmetro, pois uma menor quantidade de biomassa tem o dever de degradar uma maior quantidade de matéria orgânica (QUADRO et al., 2011).



**Figura 8.** Quociente metabólico em função da aplicação de doses de resíduo de café ao solo cultivado com cafeeiro orgânico. \*\* modelo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

## **5. CONCLUSÕES**

- 1) O uso de resíduo de café no cafeeiro orgânico aumenta os teores de carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e da atividade microbiana do solo.
- 2) A diminuição do quociente metabólico indica melhor uso do substrato pelos microrganismos do solo.
- 3) Os maiores teores de carbono e atividade microbiana ocorrem até a dose de 1,5 kg do resíduo de café por planta, com possível efeito inibitório em doses mais elevadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. **Estatísticas**. Disponível em <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=52>. – acesso em 13 de setembro de 2012.

ABBRUZZINI, T. F. **Qualidade e quantidade da matéria orgânica do solo em cultivo convencional e orgânico de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Ciências de solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2011.

ABREU, I. M. O. **Produtividade e qualidade microbiológica de alface sob diferentes fontes de adubos orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008.

ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: Alef. K., Nannipieri, P. (Eds.) **Methods in soil microbiology and biochemistry**. New York: Academic Press, p.464-470, 1995.

ALVES. T. S.; CAMPOS. L. L.; NETO. N. E.; MATSUOKA. M.; LOUREIRO. M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p.341-347, 2011.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. & BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.189-197, 2001.

AMADORI, C.; FUMAGALI, L. G.; MELLO, N. A. Análise de métodos quantitativos de atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo. **Synergismuss Cyentifica**, v.4, 2009.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.857-865, 2000.

BALDOCK, J. A.; NELSON, P. N.; Soil organic matter. *In* M.E. Sumner et al. (Eds.) **Handbook of Soil Science**.CRC Press, Boca Raton, U.S.A. 2000.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641-649, 1998.

BRIEDIS, C.; SÁ, J.C.M.; FERREIRA, A. O.; RAMOS, F. S. Efeito primário e residual de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do trigo. **Revista Verde**, v.6, p.221-226, 2011.

BRITO, A. D.; SUGASTI, J.; NASCIMENTO, L. M.; FIGUEIREDO. C. C.; RAMOS, M.L.G. Influência do pó de café coado na respiração microbiana do solo e sua utilização como substrato. **Revista Acta Tecnológica**, v.5, 2010.

BRITO, M. J .C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, 2008.

BRITO, O. R.; VENDRAME, P. R. S.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.26, p.33-40, 2005.

BRUM, M. H. L. **Fracionamento físico da material orgânica do solo com diferentes energias de sonicação em três latossolos brasileiros sob vegetação nativa**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

CAMPBELL, N. A. **Biologie**. 3. Ed Saint-Laurent. Quebec: De Boeck. 1190 p. 1995.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W.R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M. M. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, p. 135-183, 1991.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; NETO, S. M.; METAY, A.; PERRIN, A. et. al. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.26, p.1-8, 2006.

CHANDER, K.; BROOKES, P. C. Residual effects of zinc, copper and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.1231-1239, 1993.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1055-1064, 2002.

CONAB. Acompanhamento da safra Brasileira. **Café Safra 2013**. Disponível em [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_01\\_09\\_17\\_43\\_49\\_boletim\\_cafe\\_janeiro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_43_49_boletim_cafe_janeiro_2013.pdf) - acesso em 4 de jun de 2013.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1991-1998, 2009.

DANTAS, A. M. **Materiais orgânicos e produção de alface americana**. Monografia de graduação. Universidade de Brasília, 38p, 2011.

DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**. v.152, p.465-512,2006.

DEVI, B. N.; YADAVA, P. S. Seasonal dynamics in soil microbial biomass C, N and P in a mixed-oak Forest ecosystem of Manipur, North-East India. **Applied Soil Ecology**, v.31, p.220-227, 2006.

FAZUOLI, L. C.; MEDINA-FILHO, H. P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O.; SILVAROLLA, M. B. Melhoramento do cafeeiro: Variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônômico de Campinas. In: ZAMBOLIM L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**, UFV, p.163-216, 2002.

FERREIRA, A. D. **Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Dissertação (Mestrado em Qualidade e segurança alimentar) – Escola Superior Agrária de Bragança, 2011.

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.177-183, 2010.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, p.907-916, 2010.

FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; MARTINS, L. M. V.; MOTA, E. F.; SILVA, A. F.; GAVA, C. A. T. Biomassa microbiana de solos adubados com diferentes compostos orgânicos. Congresso brasileiro de agroecologia. Seminário estadual de agroecologia. **Anais...** Florianópolis, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**, Porto Alegre, p.227-244, 1999.

GLAESER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M.; SILVA, R. F.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.14, p.103-114, 2010.

GULLO, M. J. M. **Uso de condicionador de solo a base de ácido húmico na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.

IBGE. **Pesquisa de Orçamento familiar**. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1937&id\\_pagina=1POF](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1937&id_pagina=1POF) 2008-2009 – acesso em 21 de setembro de 2012

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v.27, p.408-416, 1998.

ILLY, E. The complexity of coffee. **Scientific American**, p.86-91, 2002.

KUNDE, R. J.; SANTOS, D. C.; PILLON, C. N.; LIMA, C. L. R.; CRUZ, L. E. C. Carbono orgânico total, particulado e associado aos minerais de um Planossolo háplico sob sistemas de manejo. **XVIII CIC, Mostra científica**, UFPEL, 2009.

KUWANO, B. H.; BALBINOTJUNIOR, A. A.; FONSECA, J. A.; VOGT, G. A.; FILHO, J.T.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Atividade microbiana e enzimática em um latossolo ácido sob doses de resíduo de reciclagem de papel - **FERTBIO 2012**, Maceió (Al), 2012.

LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese (Doutorado em

Ciências do solo)– Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

LEITE, C. A. M; SILVA, O. M. A. Demanda de cafés especiais. In: Café: Produtividade, Qualidade e Sustentabilidade. **Anais ...**Viçosa, p.51-73, 2000.

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

LOSS, A.; MORAES. A. G. L.; PEREIRA. M. G.; SILVA. E. M. R.; ANJOS. L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.57-64, 2010.

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; SANTOS, F. S. Métodos de Preparo de Amostras e de Determinação de Carbono em Solos Tropicais. **Circular Técnica: Embrapa solos**, v.19, p.1-9, 2003.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; SENNA, O. T.; MENDONCA, E. S. & ARAUJO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systemy**, v.71, p.127-138, 2007.

MARCHI, E. C. S. **Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) – Agronomia, Universidade Federal de Lavras, 2006.

MELLEK, J. E. **Dejeto líquido bovino e alterações em atributos físicos e estoque de carbono de um latossolo sob plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal Paraná, 2009.

MENDES, I. C.; BUENO, F. R. J. **Microrganismos do solo a e a sustentabilidade dos agroecossistemas.** Disponível em <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/188/11/Jun/2010> – acesso em 12 de agosto de 2012.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.107, 2005.

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZ-MURCIA, M.D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B. & PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. **Bioresource Technology**, v.96, p.153-158, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, p.729, 2006.

MOURA, L. R. C.; MONTEIRO, E. R.; MOURA, L. E. L.; CUNHA, N. R. S. Um estudo sobre o comportamento dos consumidores de produtos orgânicos. **XIII SemeAd**, 2010.

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; PERTEL, J.; SANO, P. M.; RIBEIRO, P. M.; CONDÉ, A. B. T.; SILVA, B. M.; FREITAS, M. A. S. Avaliação de cultivares de café no sistema de cultivo orgânico nos municípios de Araponga, Espera Feliz e Tombos - Minas Gerais. In Simposio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, **Anais...** Brasília, 2007.

NARA, C. M.; CIMELIO, B.; VIEIRA, F. S. M.; ROBERTO., E. P.; ADRIANO, A. J. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.33,p.1161-1164, 2003.

NELSON, D. W. & SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., (Eds.) **Methods of soil analysis: Chemical and microbiological Properties. Part2.** Madison, p.539-579, 1982.

NOIRTIN, E. L. R. **Caracterização da matéria orgânica de solo irrigado com efluente de estação de tratamento de esgoto**. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2010.

ORMOND, J. G. P.; LIMA, S. R. P.; FILHO, P. F.; ROCHA, L. T. M. Agricultura orgânica: Quando o passado é futuro. **BNDES Setorial**, v.15, p.3-34, mar.2002

PASSIANOTO, C. C.; CASTILHOS D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; LIMA, A. C. R.; LIMA, C.L.R. Atividade microbiana em solo sujeito a aplicação de dois diferentes lodos de curtume. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, p.71-76, 2001.

PEREIRA, A. A.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; CHAVES, G. M. Melhoramento genético do cafeeiro no estado de Minas Gerais – cultivares lançados e em fase de obtenção. In: ZAMBOLIM, L (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**, UFV,p.253-296, 2002.

PICOLLO, A.; CELANO, G.; PIETRANELLA, G. Effects of fractions of coal derived humic substances on seed germination and growth of seedlings *L. sativa* and *L. sculentum*. **Biology and Fertility of Soils**, v.6, p.11-15, 1993.

QUADRO, M. S.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; VIVIAN, G. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suíno. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.17,p.85-93, 2011.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GONTIJO, P. T.; GUIMARÃES, L. R. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciências e Agrotécologia**, v.32,p.429-437, 2008.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo.**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31,p.1609-1623, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Vicosá, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.359, 1999.

RICCI, M. S. F. NEVES, M. C. P. Cultivo do Café Orgânico. **Sistemas de produção**, Embrapa Agrobiologia, p.95, 2004.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Embrapa Agropecuária Oeste, p.86, 2006.

SERA, T.; ALTEIA, M. Z.; PETEK, M. R. Melhoramento do cafeeiro: Variedades melhoradas no Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). In: ZAMBOLIM L (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**, UFV, p.217-251, 2002.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.5, 2004.

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

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: CPAC, p.467-524, 1997.

SIQUEIRA, A.; LIMA, A. A.; LIMA, W. L.; MARINHO, N. F.; BERBARA R. L. L. Quantificação e importância da biomassa microbiana e evolução de CO<sub>2</sub> em sistemas agrícola e florestal. **VII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2005.

SOARES, E. M. B.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O.; BETTIOL, W.; BELIZÁRIO, M. Frações da matéria orgânica de Latossolo sob influência de doses de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43,p.231-1240,2008.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

SRIVASTAVA, S. C.; SINGH, J. S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrient flux. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, p.117-124, 1991.

THEODORO, V. C. de. A.; CAIXETA, I. F.; GUIMARÃES, R. J. **Bases para a produção de café orgânico**. Lavras, p.101, 2001.

THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. **Café Arábica: cultura e técnicas de produção**. Boletim Técnico IAC 187, p.82, 2000.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como Bioindicadores de qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V. & COSTA, L. M., (Eds.) **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.195-276, 2002.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p.524, 2008.

VEIGA, M. **Propriedades de um Nitossolo vermelho após nove anos de uso de sistemas de manejo e efeito sobre culturas**. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

WALKLEY, A.; BLACK, A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. 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**, v.30, p.247-258, 2006.

ZIBILSKÉ, L. M.; Carbon mineralization. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P.J.; (Eds.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Soil Science Society of America, p.10-35, 1994.