ANALISE MULTIVARIADA DE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM CAFEEIRO CONILON SOB MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

Fábio Luiz Partelli[2]; Henrique Duarte Vieira[3]; Marco Antônio Martins[3]; Segundo Urquiaga[4]; Enderson Petrônio de Brito Ferreira[5]; Vladia Correcheu[2]; Wilson Mozena Leandro[2]

[1] Trabalho financiado pela FAPERJ e com apoio da UENF, EMBRAPA, INCAPER, UFG, FUNAPE/UFG, Gerson Coser e Chão Vivo.
[2] Professor D.Sc., Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia-GO, partelli@yahoo.com.br, vladiacorrechel@hotmail.com, wilson.mozena@pq.cnpq.br
[3] Professor D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, henrique@uenf.br
[4] Pesquisador DSc., Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ, jose@cnpab.embrapa.br, urquiaga@cnpab.embrapa.br
[5] Pesquisador DSc., Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia-GO, enderson@cnpaf.embrapa.br

RESUMO: O cultivo de *Coffea* sp. utilizando o manejo convencional e orgânico abrange grandes áreas, entretanto, há falta de informação sobre a sustentabilidade dessas formas de cultivo. No presente trabalho, teve-se por objetivo realizar uma análise conjunta das características químicas e microbiológicas do solo cultivado com cafeeiros Conilon (*C. canephora*) em manejo orgânico e convencional. Foram selecionadas duas áreas cultivadas com café Conilon (manejo orgânico e convencional) e uma área de fragmento de Mata Atlântica, utilizada como referência. Realizou-se análise química, granulométrica, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e atividade respiratória de microrganismos do solo, em janeiro e julho, na profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Os dados foram submetidos à análise multivariada das variáveis. O carbono da biomassa microbiana foi o atributo microbiológico do solo que mais contribuiu para agrupar as diferentes formas de cultivo. O solo da Mata Atlântica seguido pelo do café Conilon sob manejo orgânico apresentaram os melhores índices da qualidade do solo. Há certa divergência entre os manejos de café orgânico e convencional e uma maior proximidade do manejo do café Conilon orgânico com o fragmento de Mata Atlântica de referência, o que permite sugerir que o manejo orgânico é mais sustentável.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, qualidade do solo, atividade da biomassa microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, café sustentável.

MULTIVARIATE ANALYSIS OF MICROBIAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL CULTIVATED WITH CONILON COFFEE UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL MANAGEMENT

ABSTRACT: Coffee crops under conventional and organic management have a great area extension; however, there is a lack of information about the sustainability of these cultivation systems. This work has as objective to performe a combined analysis of the chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic management in Conilon (*Coffea canephora*) coffee areas. Two areas cultivated with Conilon coffe (conventional and organic management) were assayed and compared to aAtlantic Forest area (used as reference). Chemical, texture, carbon and nitrogen microbial biomass and soil microorganism respiratory activity analysis were performed in January and July, at 0-10 cm and 10-20 cm depths. Multivariate data analyses were performed. Microbial biomass carbon showed the most contribution for the clustering of the different cropping managements. Atlantic Forest Conilon coffee soil under organic management showed the best soil quality indexes. It was observed some divergence between organic and conventional coffee management systems, while organic management and Atlantic Forest area were closest, suggesting that the organic coffe management is more sustainable than conventional coffe management.

Key words: *Coffea canephora*, soil quality, microbial biomass activity, carbon and nitrogen microbial biomass, sustainable coffee.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de café nos últimos anos tem sido superior a 110 milhões de sacas, produzido principalmente nos países em desenvolvimento (ICO, 2008). Na safra de 2006/2007, a produção nacional de *C. canephora* foi de 9,5 milhões de sacas e a produção total de 42,5 milhões de sacas, numa área de 2,15 milhões de hectares com 5,67 bilhões de cafeeiros (Conab, 2007), sendo exportados em 2007, 28 milhões de sacas, o que equivale a 65% da produção nacional e, aproximadamente, 29% das exportações mundiais do produto (ICO, 2008).

O cultivo de *Coffea* sp., utilizando o manejo convencional, ocorre na maioria das áreas cafeeiras do Brasil, entretanto, o manejo orgânico tem crescido, criando um novo nicho de mercado muito peculiar de cafés especiais, o nicho dos “cafés orgânicos”. Essa forma de produção pode ser favorecida pela existência de um mercado disposto a pagar maior valor pelo produto e enquadramento no “mercado justo”. Contudo, possui limitações, como custo de

certificação, falta de profissionais e pesquisas específicas para o manejo da cultura, dificuldades em substituir a adubação e em obtenção de melhores preços (Partelli et al., 2006).

A biomassa microbiana é a parte viva da matéria orgânica do solo e contém de 1 a 4% de carbono e de 3 a 5% de nitrogênio, os quais representam um reservatório de nutrientes para as plantas, que através do processo de decomposição da matéria orgânica, promove a sustentabilidade biológica e a produtividade nos ecossistemas (Schloter et al., 2003). A biomassa microbiana pode apresentar respostas rápidas à adição de insumos orgânicos no solo, sendo determinante para a decomposição da matéria orgânica, na relação C:N e na mineralização e imobilização de nutrientes (Hatch et al., 2000). O rápido retorno de N ao solo pelos microrganismos contribui para o processo de mineralização, sendo considerado relevante para a manutenção de ecossistemas naturais (Jenkinson et al., 2000).

A agricultura convencional trouxe muito progresso para a Ciência Agronômica em termos de conhecimentos e de produtividade por unidade de área em curto prazo, entretanto, o uso inadequado dessa tecnologia tem ocasionado degradação do solo e do ambiente (Balota et al., 1998; Oliveira et al., 2003). A agricultura convencional também requer maior consumo de energia fóssil, principalmente pelo alto consumo de fertilizantes e defensivos agrícolas (Castellini et al., 2006; Gündoğmuş, 2006), e contribui para o efeito estufa através do aumento da liberação de CO_2 para atmosfera (Kaltsas et al., 2007), colocando em cheque a sobrevivência deste modelo de desenvolvimento. Assim, novos conceitos e procedimentos agrícolas surgem em busca de sustentabilidade, dentre eles a agricultura orgânica (Brasil, 2003), a qual pode promover um desenvolvimento rural mais sustentável, principalmente para a agricultura familiar (Partelli et al., 2006).

Um conhecimento interdisciplinar que permita integrar os diversos componentes de um agrossistema (solo - planta - ambiente) é importante para melhor entender os fatores que estão relacionados à produtividade e ao manejo dos cafeeiros orgânicos e convencionais. Assim, no presente trabalho teve-se por objetivo realizar uma análise conjunta das características químicas e microbiológicas do solo cultivado com cafeeiros Conilon (*C. canephora*) em manejo orgânico e convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Jaguaré, Estado do Espírito Santo - Brasil, localizado a uma altitude de, aproximadamente 80 m, com coordenadas 18º latitude Sul e 40º longitude Oeste. A região é caracterizada pelo clima tropical, com verão quente e úmido e inverno seco. A precipitação anual média é de 1200 mm e a temperatura nos meses mais frios é superior a 12ºC, e nos meses mais quentes, inferior a 34ºC (Incaper, 2007).

Foram selecionadas duas áreas cultivadas com *Coffea canephora* cv. Conilon (manejo orgânico e convencional) e outra área de fragmento de Mata Atlântica, sendo utilizada como referência. Os solos das três áreas estudadas apresentaram textura franco argilo arenoso.

A área de fragmento de mata Atlântica não sofreu queimada nos últimos 25 anos, mas há 15 anos foram retiradas árvores de valor comercial.

A área de café orgânico caracterizava-se por ser certificada desde o plantio, como regulamentado em lei brasileira (Brasil, 2003). A lavoura com 8 anos de idade foi implantada com mudas de estacas, conduzida com aproximadamente 20.000 hastes ortotrópicas ha^{-1}, irrigada por gotejamento, com produtividade de 50 sacas ha^{-1} em 2005 e em 2006. Em nenhum momento foi aplicado calcário no solo, sendo que no plantio aplicou-se 30g de rocha moída fonte de micronutrientes (FTE) por cova e, aos 5 anos de idade, utilizou-se 2 toneladas de MB4 (agrosílicio). Ao longo de todos os anos, do plantio até os 6 anos de idade, foi realizada adubação com 4 a 5 kg por cova de esterco de gado misturado com palha de café. Nos últimos anos, o cafeeiro foi adubado duas vezes por ano com esterco bovino e com turfa líquida. Antes do plantio do café, a área era ocupada por capoeira.

A área do cafeeiro sob manejo convencional com 9 anos de cultivo, proveniente de mudas de estacas, apresentava, aproximadamente, 20.000 hastes ortotrópicas ha^{-1}, produtividade de 60 sacas em 2005 e em 2006. A lavoura recebeu aplicação de 4 litros de palha de café decomposta aos 6 anos de idade. Há dois anos, foram adicionadas duas toneladas de calcário ha^{-1}. No ano anterior à coleta de amostras do solo e folhas, foram adicionadas ao solo 4 aplicações de 150 g cada, de nitrogênio, fósforo e potássio (25, 05, 20%, respectivamente) e foi feita uma capina manual e duas capinas com aplicação de herbicidas e uma pulverização com fungicida composto por epoxiconazole e piraclostrobina, aplicadas com trator. A lavoura é irrigada por gotejamento e, quando nova, utilizava-se enxada rotativa para limpeza das plantas espontâneas da lavoura. Antes do plantio do café a área era ocupada por capoeira e pastagem.

As áreas de estudo foram divididas em quatro talhões de, aproximadamente, 5.000 m^2 cada, representando quatro repetições. Foram retiradas amostras compostas de solo, proveniente de 12 coletas simples, retiradas com trado tipo sonda em janeiro (verão) e julho (inverno) de 2006, coletadas na projeção da copa do cafeeiro nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade.

Uma sub-amostra de solo foi retirada para análise química, sendo realizada conforme Silva (1999): pH em água; P, Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl; H+Al por meio do extrator SMP; B extraído por água quente; S pelo extrator fosfato monocálcio em ácido acético; carbono orgânico total (CT) e nitrogênio total (NT), por oxidação úmida e granulometria por meio de pipeta.

Outra sub-amostra do solo foi usada para análises microbiológicas, sendo acondicionada em sacos plásticos, protegida da luz e mantida em caixas térmicas sob refrigeração e transportada para o laboratório no prazo de até 24 horas após a coleta. Posteriormente, as amostras foram peneiradas em malhas com 2 mm, sendo acondicionadas em sacos plásticos com suspiros e mantidas sob resfriamento de 4ºC, como realizado por Perez et al. (2005), para analisar

biomassa e atividade respiratória dos microrganismos. As análises de C e N da biomassa microbiana foram feitas em triplicata e as de atividade respiratória com quatro repetições.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi quantificado pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987), com algumas modificações sugeridas por De-Polli e Guerra (1999). A extração do C no solo fumigado e não fumigado foi realizada com a utilização de K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} e alíquotas de $K_2Cr_2O_7$ 0,0667 mol L^{-1} e H_2SO_4/H_3PO_4 (1:2), com aquecimento. A titulação foi feita com uma solução de sulfato ferroso amoniacal 0,03333 mol L^{-1} e o CBM calculado através da seguinte expressão: CBM = (F-NF)/Kec, em que: CBM: Carbono da biomassa microbiana (μg g^{-1}); F: μg g^{-1} de carbono da amostra fumigada; NF: μg g^{-1} de carbono da amostra não fumigada; Kec: fator para converter o carbono extraído a CBM, sendo utilizado 0,33 como utilizado por Xavier et al. (2006). Posteriormente, foi calculado o quociente microbiano (relação CBM/CT), conforme Sparling (1992).

A taxa de atividade microbiana foi estimada por meio da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), de acordo com procedimentos adotados por Pereira et al. (2004), Green et al. (2005) e Das et al. (2007). Foram pesados 5g de solo, colocados em Elernmeyer, juntamente com 20 mL de tampão fosfato de potássio 60 mmol L^{-1} (8,7 g de K_2HPO_4 e 1,3 g de KH_2PO_4 por L de água destilada com pH 7,6). A reação de hidrólise de FDA foi iniciada ao adicionar 0,2 mL de solução estoque de FDA (2g L^{-1} acetona). A seguir, as amostras foram incubadas por 20 minutos em agitador (427 *g*) a 25ºC. Posteriormente, a reação foi interrompida pela adição de 20 mL de acetona. Após, o material foi filtrado e acondicionado em tubos de ensaio. Em seguida, procedeu-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a a um comprimento de onda de 490 nm.

Para obtenção da taxa de FDA hidrolisado (μg g^{-1} de FDA hidrolisado do solo) foi determinada a curva padrão, a qual foi obtida adicionando-se FDA, nas quantidades de 0, 100, 200, 300 e 400 μg, em 5 ml de tampão fosfato. Depois os tubos foram mantidos em banho maria (60 min; 100 ºC), para hidrolisar o FDA. Após a hidrólise, o FDA foi transferido a frasco Erlenmeyer contendo 5g de solo e 15mL de tampão fosfato, em três repetições. A seguir, utilizaram-se os mesmos procedimentos adotados para as amostras de solo.

Para análise de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), metade das amostras foram fumigadas com clorofórmio e a outra metade não fumigada. A extração do N foi feita com 60mL de K_2SO_4 0,5 mol L^{-1}, com pH ajustado entre 6,5 a 6,8, e agitados com movimento circular horizontal por 40 minutos. Depois da decantação por 30 minutos, foi realizada a filtragem em papel-filtro. Posteriormente, alíquotas de 20mL foram transferidas para tubos de ensaio na presença de 3mL de H_2SO_4 e 1g de catalisador. Foi realizada uma pré-digestão a 80 ºC por 12 horas. Em seguida, a temperatura foi elevada para 150 ºC por uma hora e 30 minutos, sendo a digestão concluída a 300 ºC. A digestão foi realizada com 20mL de NaOH 400 g L^{-1} e o destilado foi recolhido em frasco Erlenmeyer de 125 cm^3 contendo 10 mL de H_3BO_3 20g L^{-1}, acrescentando-se 15 mL de verde de bromocresol a 0,1% em meio alcoólico e 6 mL de vermelho de metila a 0,1% em meio alcoólico e três gotas de hidróxido de sódio 0,1 N. Depois se procedeu a titulação com H_2SO_4 0,0025 mol L^{-1} (Perez et al., 2005).

O NBM foi calculado pela fórmula $NB = (N_F - N_{NF})\ k_N^{-1}$, em que N_F e N_{NF} são as quantidades totais de N mineral liberados pelos solos fumigados e não fumigados, respectivamente, durante o período de incubação; k_N é uma constante que, nesse caso, foi de 0,54, como utilizado por Wang et al. (2007).

Os dados oriundos dos sistemas de manejo foram submetidos à análise multivariada. Estimou-se a distância entre tratamentos utilizando-se a distância Euclidiana média. Em seguida, procedeu-se o agrupamento utilizando-se o método do vizinho mais próximo (ligação completa). De forma complementar, estimou-se, por meio do método de Singh (1981), a contribuição relativa dos caracteres para a discriminação da diferença entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi o principal atributo microbiológico para separar as distintas situações estudadas, com contribuição relativa de 54,15%, corroborando com Maluche-Baretta et al. (2006), ao estudar macieiras (*Malus domestica*) sob cultivo orgânico e convencional. Seguidamente, o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) e atividade microbiana de microrganismos (FDA) apresentaram as maiores contribuições relativas (23,83 e 14,02%, respectivamente), os quais, junto com outras características microbiológicas avaliadas, permitiram agrupar as situações estudadas em cinco grupos pelo método do vizinho mais próximo (Figura 1).

Ao relacionar os grupos com o manejo adotado, observa-se que a lavoura de café sob cultivo convencional, em janeiro, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm e em julho, na camada de 0-10 cm de solo (nº 1, 2 e 3) formou um grupo, enquanto que o café orgânico na camada de 0-10 cm e fragmento de Atlântica na camada de 10-20 cm nos meses de janeiro e julho formou outro grupo (nº 6, 8, 9 e 11), indicando divergência entre os dois grupos e similaridade entre os solos do mesmo grupo. A mata, na camada de 0-10 cm, nos meses de janeiro e julho formou mais um grupo (nº 5 e 7).

As lavouras sob manejo orgânico e convencional, em julho, na camada de 10 a 20 cm de solo agruparam-se (Figura 1), indicando certa similaridade entre as duas formas de cultivo nessa ocasião e profundidade. Esse fato corrobora com D'Andréa et al. (2002), que demonstraram que as diferenças entre manejos ocorrem de maneira mais significativa na camada superficial do solo, pois essa camada está mais sujeita a maiores variações de seus atributos microbiológicos, físicos e químicos. Entretanto, não há agrupamento destas formas de cultivo na profundidade de 10 a 20 cm no mês de janeiro e com a mata, pois podem ocorrer variações nas camadas mais profundas conforme a forma de cultivo (Matsuoka et al., 2003; Balota et al. (2004).

Nas características químicas e granulométricas do solo, as maiores influências no agrupamento dos manejos foram provenientes da concentração de Mn, K, saturação de bases, P, S, Fe e Na, que reuniu, pelo método do vizinho

mais próximo, o solo da lavoura de café convencional na camada de 0-10 cm com o mesmo solo na camada de 10-20 cm (Figura 2). Contudo, outro grupo foi formado pelo solo da mata, na camada de 10-20 cm, com o solo da lavoura orgânica na mesma camada. Estes resultados, associados aos microbiológicos, indicam certa divergência entre os manejos de café orgânico e convencional e uma maior proximidade do manejo do café Conilon orgânico com o fragmento de mata Atlântica de referência. Entretanto, Theodoro et al. (2003ab) não observaram diferenças significativas entre o solo da mata e o solo de lavoura de café Arábica (*C. arabica*), sob manejo orgânico e convencional.

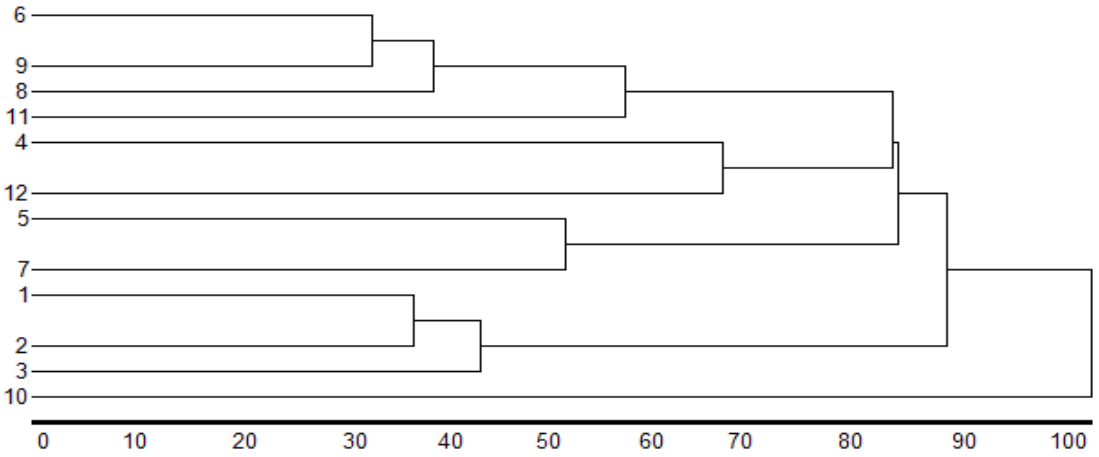

Figura 1 - Divergência entre os sistemas de manejo e fragmento de mata Atlântica, utilizando-se a distância Euclidiana média, através do método do vizinho mais próximo, com base nas características microbiológicas do solo.
Nota: 1. Café convencional 0-10 cm em janeiro, 2. Café convencional 10-20 cm em janeiro, 3. Café convencional 0-10 cm em julho, 4. Café convencional 10-20 cm em julho, 5. Fragmento de Mata Atlântica 0-10 cm em janeiro, 6. Fragmento de Mata Atlântica 10-20 cm em janeiro, 7. Fragmento de Mata Atlântica 0-10 cm em julho, 8. Fragmento de Mata Atlântica 10-20 cm em julho, 9. Café orgânico 0-10 cm em janeiro, 10. Café orgânico 10-20 cm em janeiro, 11. Café orgânico 0-10 cm em julho, 12. Café orgânico 10-20 cm em julho.

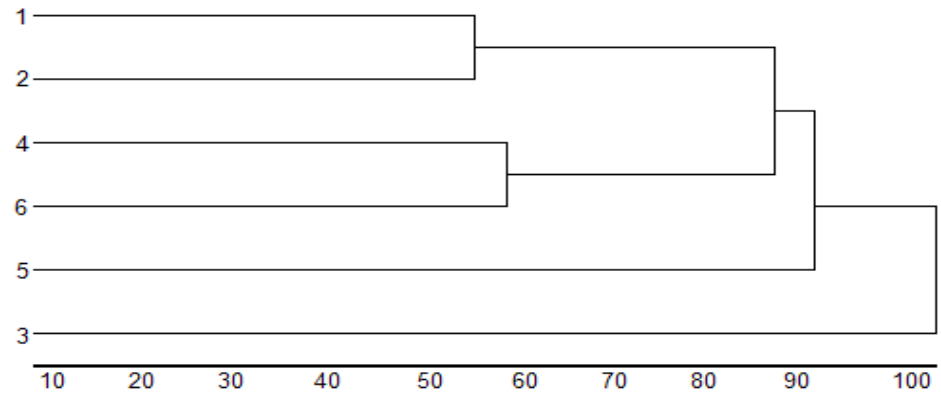

Figura 2. Divergência entre os sistemas de manejo e fragmento de mata Atlântica, utilizando-se a distância Euclidiana média, através do método do vizinho mais próximo, com base nas características químicas e granulométricas do solo.
Nota: 1. Café convencional 0-10 cm, 2. Café convencional 10-20 cm, 3. Fragmento de Mata Atlântica 0-10 cm, 4. Fragmento de Mata Atlântica 10-20 cm, 5. Café orgânico 0-10 cm, 6. Café orgânico 10-20 cm.

CONCLUSÕES

O carbono da biomassa microbiana foi o atributo microbiológico do solo que mais contribuiu para agrupar as diferentes formas de cultivo. Os atributos microbiológicos do solo variaram conforme a época do ano e profundidade da camada de solo.

Há certa divergência entre os manejos de café orgânico e convencional e uma maior proximidade do manejo do café Conilon orgânico com o fragmento de Mata Atlântica de referência, o que permite sugerir que o manejo orgânico é mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v.77,p.137-145, 2004.
BRASIL. Presidência da República. Casa Civil Sub-chefia de Assuntos Jurídicos. Lei nº 10831 de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 de dezembro de 2003.
CASTELLINI, C.; BASTIANONI, S.; GRANAI, C.; DAL BOSCO, A.; BRUNETTI, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.114, p.343-350, 2006.
CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **3º levantamento de café 2007/2008 - agosto 2007**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/Boletim.pdf. Acesso em 7 dez. 2007.
D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no Sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 26, p.913-923, 2002.
DAS, P.; PAL, R.; CHOWDHURY, A. Effect of novaluron on microbial biomass, respiration, and fluorescein diacetate-hydrolyzing activity in tropical soils. **Biology and Fertility of Soils**, v.44, p.387-391, 2007.
DE-POLLI, H.; Guerra, J.G.M.C. N e P na biomassa microbiana do solo. *In*: Santos, G. A., Camargo, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênesis, p.389-411, 1999.
GREEN, V.S.; STOTT, D.E.; DIACK, M. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: optimization for soil samples. **Soil Biology and Biochemistry**, v.38, p.693-701, 2005.
GÜNDOĞMUŞ, E. Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. **Energy Conversion and Management**, v.47, p.3351-3359, 2006.
HATCH, D.J.; LOVELL, R.D.; ANTIL, R.S.; JARVIS, S.C.; OWEN, P.M. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.288-293, 2000.
ICO - International Coffee Organization. **Trade statistics**. Disponível em: http://www.ico.org/coffee_prices.asp. Acesso em 21 fev. 2008.
INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *Caraterização climática do município de Jaguaré*. Disponível em: http://siag.incaper.es.gov.br/jaguare_carac.htm. Acesso em 16 fev. 2007.
JENKINSON, D.S.; BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S. Measuring soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, p.5-7, 2000.
KALTSAS, A.M.; MAMOLOS, A.P.; TSATSARELIS, C.A.; NANOS, G.D.; KALBURTJI, K.L. Energy budget in organic and conventional olive groves. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.122, p.243-251, 2007.
MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; AMARANTE, C.V.T.; KLAUBERG FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1531-1539, 2006.
MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.425-433, 2003.
OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.291-299, 2003.
PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SOUZA, P.M.; GOLYNSKI, A.; PONCIANO, N.J. Perfil socioeconômico dos produtores de café orgânico do norte do Estado do Espírito Santo – satisfação com a atividade e razões de adesão à certificação. **Revista Ceres**, v.53, p.55-64, 2006.
PEREIRA, S.V.; MARTINEZ, C.R.; PORTO, E.R.; OLIVEIRA, B.R.B.; MAIA, L.C. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.757-762, 2004.
PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.137-144, 2005.
SCHLOTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J.C. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.98, p.255-262, 2003.
SILVA, F.C. (Org). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999, 370p.
SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of charges in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.
THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; MOURÃO JÚNIOR, M. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solos sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, p.147-153, 2003a.
THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solos sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1039-1047, 2003b.
WANG, Q.R.; LI, Y.C.; KLASSEN, W. Changes of soil microbial biomass carbon and nitrogen with cover crops and irrigation in a tomato field. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, p.623-639, 2007.
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.