



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Pinheiro Leal Nunes, Luís Alfredo; Dias, Luiz Eduardo; Jucksch, Ivo; Félix Barros, Nairam; Megumi Kasuya, Maria Catarina; Fernandes Correia, Maria Elizabeth

Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira

Ciência Rural, vol. 39, núm. 9, diciembre, 2009, pp. 2467-2474

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33118969043>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira

Impact of monocultivation coffee on biological indicators of quality soil in the zona da mata (MG), Brazil

Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes^I Luiz Eduardo Dias^{II} Ivo Jucksch^{II}
Nairam Félix Barros^{II} Maria Catarina Megumi Kasuya^{III}
Maria Elizabeth Fernandes Correia^{IV}

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do monocultivo de café em um latossolo, na Zona da Mata mineira, por meio de alterações em indicadores microbiológicos de qualidade do solo. Foram selecionadas quatro áreas: a) cultivo de café (Mundo Novo) durante 22 anos (C22), após uso com pastagem; b) cultivo de café (Catuaí) durante 16 anos (C16), antes mata secundária; c) mata secundária com aproximadamente de 30 anos (M30) e d) mata secundária com 40 anos (M40). Para tanto, amostras compostas de solos foram coletadas na profundidade de 0-10cm, em janeiro, abril, julho e outubro. As variáveis biológicas estudadas se mostraram sensíveis para caracterizar alterações de qualidade do solo decorrentes do monocultivo de café. Os resultados variaram com a estação do ano e o clima, e, no período mais seco, ocorreu uma redução nos valores, afetando mais drasticamente os sistemas com café. O índice de qualidade do solo demonstrou que o sistema C22 apresentou maior perda de qualidade em relação ao M40, indicando o comprometimento de sua sustentabilidade.

Palavras-chave: qualidade do solo, sustentabilidade, *Coffea arabica*, sazonalidade.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of the coffee monoculture in an oxisol of the Zona da Mata (MG, Brazil) through changes in total organic carbon in the soil and microbiological indicators of soil quality. Four areas were selected: a) culture of coffee (Novo Mundo) during 22 years (C22); b) culture of coffee (Catuaí) during 16 years (C16) c) secondary forest with approximately 30 years old (M30) and d) secondary forest during 40 years (M40). Soil samples were

collected in the depth of 0-10cm in January, April, July and October. The biological variables studied were sensitive to characterize changes in soil quality from coffee monoculture. The results varied with the season and climate. In the driest period, a reduction in the values occurred, affecting more drastically the coffee systems. The index of soil quality showed that the C22 system presented greater loss of quality in relation to the M40, indicating less sustainability commitment.

Key words: soil quality, sustainability, *Coffea arabica*, seasonal.

INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais apresenta grande importância no cenário agrícola nacional, com destaque para a produção de café. A zona da mata mineira, por apresentar condições favoráveis ao cultivo dessa cultura (GUIMARÃES, 1996), é considerada uma das principais regiões produtoras desse grão no Estado. A produção de café nessa região foi realizada principalmente em sistema de monocultivo com fragmentação da densa cobertura florestal, com cultivo em encostas, após a derrubada da floresta e queima para a limpeza do terreno. No entanto, a retirada da mata natural para o plantio de culturas promove inúmeras modificações no solo, sobretudo no conteúdo de matéria orgânica e na disponibilidade de nutrientes com reflexos sobre a biota do solo. Nesse contexto, estudos relativos a determinações de indicadores

^IDepartamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Piauí (UFPI), 64049-550, Campus da Socopo, Teresina, PI, Brasil. E-mail: lanunes@ufpi.br. Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil.

^{III}Departamento de Microbiologia Agrícola, UFV, Viçosa, MG, Brasil.

^{IV}Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil.

biológicos, nessas áreas, são importantes para avaliar a qualidade e sustentabilidade do solo nos diferentes sistemas de manejo na região.

A qualidade do solo foi definida por WARKETIN (1995) como a capacidade de produzir alimento em longo prazo, de forma sustentável, e de contribuir para o bem-estar dos seres vivos, sem deteriorar os recursos naturais básicos ou prejudicar o ambiente e os animais. Assim, uma boa qualidade do solo constitui-se no mais importante elo entre as práticas agrícolas e a agricultura sustentável (SANTANA & BAHIA FILHO, 2003).

O uso de indicadores biológicos para avaliar a qualidade de solo tem sido considerado adequado, uma vez que os microrganismos apresentam grande sensibilidade às mudanças de manejo, pois constituem a maior fração ativa da matéria orgânica e, por isso são sensíveis em inferir mudanças nos níveis de matéria orgânica pelo manejo de plantas (MARCHIORI JUNIOR & MELO, 2000). Desse modo, a avaliação da atividade de microrganismos permite detectar mudanças no solo, uma vez que eles respondem rapidamente a decréscimos ou incrementos na quantidade total de matéria orgânica no solo (BARETTA et al., 2005; POWLSON et al. 1987).

O estabelecimento de índices de qualidade do solo é necessário para identificar problemas de produção nas áreas agrícolas e monitorar mudanças na sustentabilidade e qualidade ambiental em relação ao manejo agrícola (DORAN & PARKIN, 1996). Esses índices podem ser obtidos por meio de uma expressão ou de um modelo matemático que leve em conta os atributos do solo considerado. Assim, o somatório dos efeitos dos atributos selecionados e quantificados

pelos seus respectivos indicadores de qualidade do solo de um ambiente é manifestado no índice de qualidade (BURGER & KELTING 1999). Nesse sentido, os objetivos deste trabalho foram o de avaliar o efeito do monocultivo de café sobre a qualidade de um solo, por meio de alterações nos teores de carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB), relação CBM: COT, quociente respiratório e atividade enzimática, e determinar o índice de qualidade do solo baseado nessas variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa área de meia-encosta, em uma propriedade agrícola localizada no Município de Viçosa, Minas Gerais (MG), a 20° 42'57" latitude sul e 42°52'02" longitude leste. A altitude da área de estudo varia de 720 a 732m, e a região apresenta clima tropical com verões frescos e chuvosos e invernos secos. A precipitação média da região está em torno de 1300mm anuais, e o período chuvoso vai de outubro a março, e a temperatura média anual varia entre 17 e 22°C (Figura 1). A encosta estudada possui diferença de nível entre o topo e o sopé de 75m e encontra-se representada por um Latossolo Vermelho-Amarelo, com horizonte A moderado, de baixa fertilidade e bastante permeável (REZENDE et al., 1972).

Os sistemas de uso do solo estudados foram: 1) cultivo de café (Mundo Novo) durante 22 anos, após uso com pastagem (C22); 2) cultivo de café (Catuai) durante 16 anos (C16), que recebeu poda de renovação (recepá) três meses antes do início da pesquisa; 3) mata secundária durante 30 anos, (M30); e 4) mata secundária preservada durante 40 anos (M40),

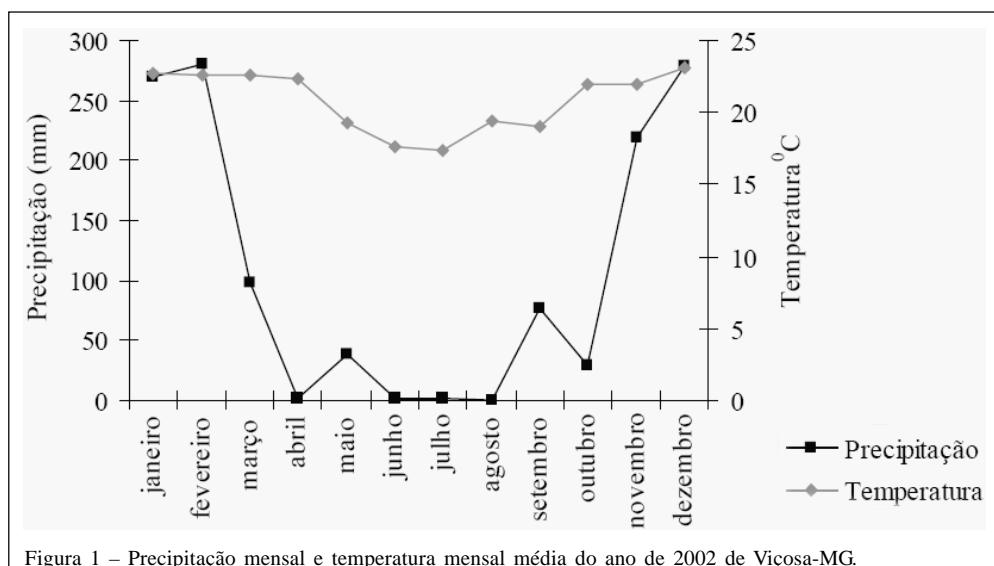


Figura 1 – Precipitação mensal e temperatura mensal média do ano de 2002 de Viçosa-MG.

que foi tomada como referência. O plantio de café se deu em covas, no espaçamento de 2 x 1m, e anualmente o solo recebe adubação com 500 a 800g planta⁻¹ de NPK (20-5-20) e aplicação de calcário a lanço na dose de 3t ha⁻¹, a cada três anos. O controle de ervas daninha foi realizado por meio de aplicação de herbicidas de contato, sendo mantidas as entrelinhas constantemente livres de vegetação.

Sob cada cobertura vegetal, foram coletadas quatro amostras compostas numa parcela de 480m², nos meses de janeiro, abril, junho e outubro. Os períodos de coletas correspondem a dois períodos de maior pluviosidade (janeiro e outubro) e dois períodos secos (abril e julho) (Figura 1). As amostras de solos para análises microbiológicas foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração por cerca de 20 dias, antes da realização das análises.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método de irradiação por micro-ondas. Nessa metodologia, 10g de solo com umidade ajustada para 60% sofreram irradiação de micro-ondas, recebendo 800J g⁻¹ durante 96s, em duas etapas, e outras não foram irradiadas. O C das amostras irradiadas e não irradiadas foi extraído com K₂SO₄ 0,5mol L⁻¹ na razão 1: 2,5 solo: extrator. A dosagem de C nos extratos foi realizada pela reação com K₂Cr₂O₇ 0,17mol L⁻¹ e 5ml de H₂SO₄ concentrado e titulação com Fe₂SO₄ NH₄ 0,03mol L⁻¹. O CBM foi calculado pela diferença entre os teores de C das amostras irradiadas e as amostras não irradiadas, sendo adotado um valor de Kc igual a 0,213 (ISLAM & WEIL, 1988), que corresponde à fração da CBM extraída pela solução de K₂SO₄ 0,5mol L⁻¹. A partir dos valores do CBM e do conteúdo de carbono orgânico total (COT), determinado por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio na presença de ácido sulfúrico concentrado (Walkley-Black) e titulação com sulfato ferroso amoniacial (TEDESCO et al., 1995), foi calculada a relação entre a concentração de CBM e COT (qMIC), por meio da expressão qMIC = CBM/COT x 100 .

A respiração basal (RB) foi estimada pela quantificação do CO₂ liberado durante sete dias de incubação do solo em sistema fechado (ALEF et al., 1995). Foi calculado o quociente metabólico (*qCO₂*), que representa a respiração microbiana por unidade de biomassa. A atividade da β-glicosidase e da fosfatase foi determinada com base na liberação do *p*-nitrofenol, de acordo com EIVAZI & TABATABAI (1988) e EIVAZI & TABATABAI (1977), respectivamente.

Os dados obtidos com as diferentes determinações foram submetidos à análise de variância em cada época, e a comparação entre cada sistema foi feita por meio de aplicação do teste de média de Tukey,

baseado na amplitude total estudentizada, em nível de 5% de probabilidade, por meio do Sistema de Análise Estatística e Genética-SAEG.

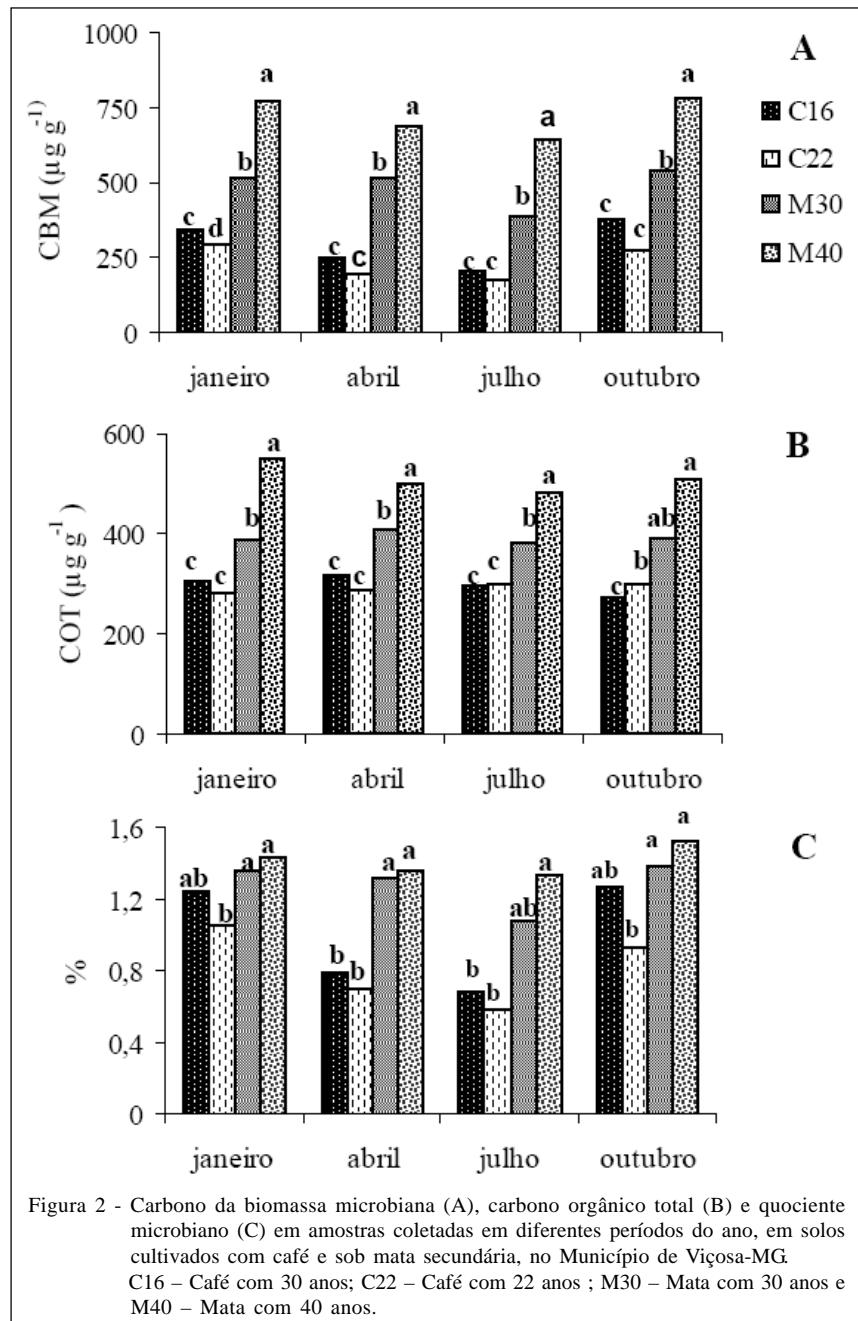
Os dados médios de todas as épocas das variáveis analisadas foram transformados em porcentagens, considerando o valor do solo do sistema M40 como 100%, e processados em um gráfico em estrela (qualigrama), com seis variáveis para o cálculo do índice de qualidade do solo (IQS), conforme os modelos propostos por ABRIL & BURCHER (1999) e BURGER & KELTING (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve uma tendência de maiores valores de CBM no sistema M40 em relação aos sistemas com café, enquanto que o sistema M30 apresentou valores intermediários (Figura 2A). Nos sistemas com café, o menor teor de COT (Figura 2B) pode ter limitado o substrato para a atividade microbiana, tendo como consequência reduções significativas nos valores dessa variável. Em janeiro, o tratamento C16 demonstrou valores de CBM significativamente superiores ao C22, em função da recepa realizada três meses antes da amostragem. Essa prática incrementa resíduos orgânicos no solo facilmente decomponíveis, por morte de raízes na subsuperfície ou pelo aporte de material sobre a superfície, favorecendo a atividade microbiana.

Neste estudo, percebe-se que o CBM variou conforme as variações na umidade do solo entre os sistemas e as diferentes épocas estudadas, corroborando a sugestão de que a biomassa microbiana funciona como um sensível indicador de variações ambientais, conforme estudos realizados por CATTELAN & VIDOR (1990). Nos períodos de maiores disponibilidade hídrica (janeiro e outubro), observou-se um estímulo da atividade microbiana, expresso por maiores valores de CBM, contrastando com as épocas mais secas (abril e julho). Os sistemas de mata, com melhor capacidade de armazenar água, em função de maior conteúdo de matéria orgânica, apresentaram uma redução de CBM em torno de 20% no período mais seco, enquanto que, nos sistemas com café, essa redução foi de mais de 40%.

Na figura 2C, são apresentados os valores para a relação CBM/COT, em que se observa que a quantidade de C presente na biomassa microbiana foi menor nos sistemas com café. Verifica-se, a exemplo do que ocorreu com o CBM, que, nos períodos mais secos (abril e julho), houve diminuição drástica nos valores de CBM/COT, nos sistemas C16 e C22. Esse fato pode estar associado à condição de estresse hídrico



enfrentada pelos microrganismos, limitando a capacidade de utilização do COT e diminuindo essa relação. Ao contrário, nos meses mais chuvosos, houve aumento na atividade microbiana e na relação CBM/ COT, mesmo não havendo alterações significativas nos teores de COT no ano (Figura 2B). Valores de CBM/ COT menores que 1.0, tal como encontrado nos sistemas sob café, também foram observados em outras áreas com monoculturas (NUNES et al., 2006; MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 1999).

Os maiores valores de RB foram encontrados nos solos sob mata em todos os períodos amostrados (Figura 3A). Nota-se um decréscimo na respiração, no período de menor teor de umidade no solo (julho), em mais de 70%, para os solos sob café, e de cerca de 50%, para os solos sob mata. ORCHARD & COOK (1983) verificaram relações lineares entre o potencial ótimo de água no solo e a atividade biológica.

Os valores de qCO_2 obtidos para o solo sob mata foram sensivelmente menores (Figura 3B), o que

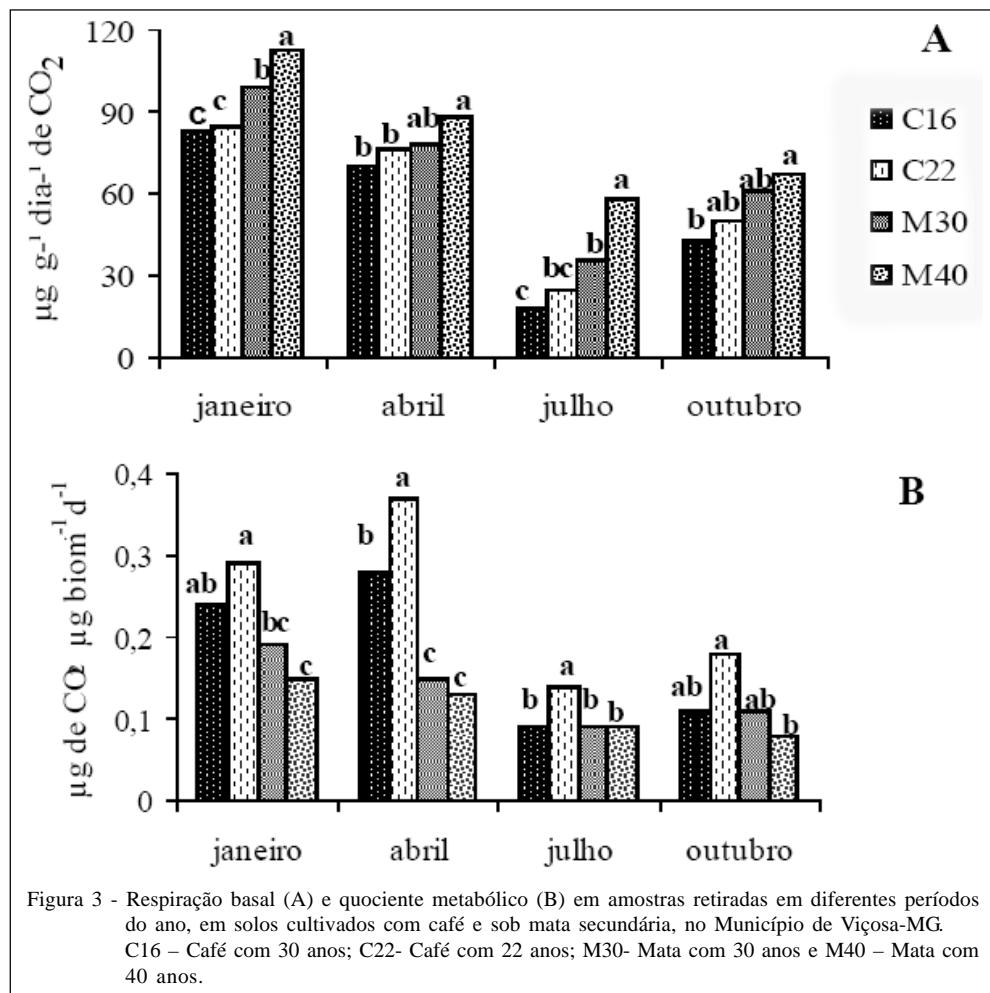


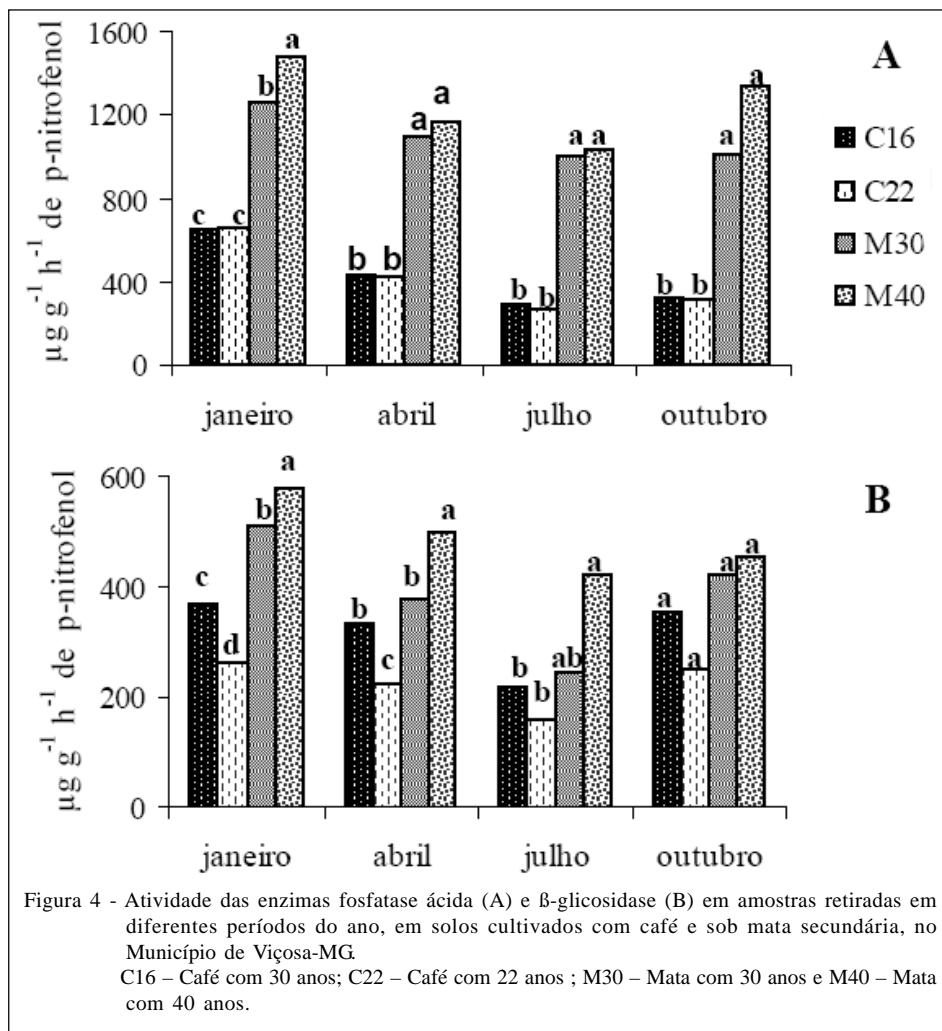
Figura 3 - Respiração basal (A) e quociente metabólico (B) em amostras retiradas em diferentes períodos do ano, em solos cultivados com café e sob mata secundária, no Município de Viçosa-MG. C16 – Café com 30 anos; C22- Café com 22 anos; M30- Mata com 30 anos e M40 – Mata com 40 anos.

demonstra um ambiente com menor grau de distúrbio ou de estresse, onde há um superávit de produção orgânica em relação à respiração, conforme a teoria de “Desenvolvimento Bioenergético dos Ecossistemas” (ODUM, 1969), a qual enfatiza que os microrganismos podem variar muito sua taxa metabólica de reposição, dependendo das condições ambientais. Ao contrário, comunidades sob condições desfavoráveis tendem a ter valores de $q\text{CO}_2$ mais elevados, em função de maior gasto energético (BRELAND & ELTUN, 1999). Algumas pesquisas têm confirmado que a população de microrganismos em solos de monocultura tem necessidade energética mais elevada (maiores atividades metabólicas específicas) para sua manutenção que aquela de solo sob vegetação nativa que parece não estar submetido a estresse (BARETTA et al., 2005; MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 1999).

Nos sistemas de mata que não receberam adubação, os teores de P disponível nos solos seguramente se mostraram muito baixos, o que é

característico dos Latossolos, e os valores de atividade de fosfatase ácida nesses ecossistemas foram elevados. Por outro lado, os solos sob café, que receberam adubação fosfatada, provavelmente tiveram seus teores de P disponível elevados, e os valores de atividade de fosfatase ácida mostraram-se bem menores que os da mata (Figura 4A). Esses resultados indicam que a maior disponibilidade de P inorgânico no solo diminui a dependência de um ecossistema em relação à ciclagem do P orgânico pela atividade da fosfatase, resultando em menores valores de atividade dessa enzima (TARAFDAR & JUNGK, 1987).

Por sua vez, a enzima β -glucosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose, sendo responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose, formando o açúcar simples β -D-glucose (PAUL & CLARK, 1996). Sendo a celobiose um dissacarídeo de rápida decomposição no solo, sua presença poderia explicar a relação entre os teores elevados de atividade da β -glucosidase e os teores de

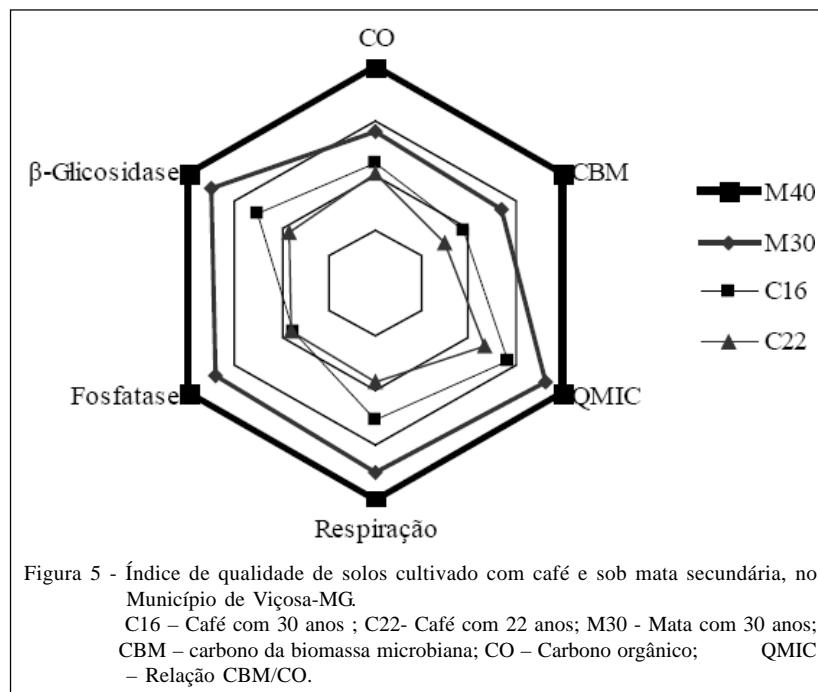


C prontamente mineralizável. BADIANE et al. (2001) evidenciaram correlações significativas entre a atividade da β -glicosidase e a quantidade e qualidade de resíduos orgânicos adicionados ao solo.

A enzima fosfatase mostrou maiores valores nos solos sob mata natural em todas as épocas do ano avaliadas, enquanto que a β -glicosidase apresentou resultados superiores em M40, com exceção do mês de outubro (Figura 4A e 4B), o que mostra uma tendência de maiores valores dessas enzimas em solos com maiores teores de COT, o que também foi observado por MATSUOKA et al. (2003). Por outro lado, quando se compararam os resultados obtidos nos solos amostrados nas diferentes épocas do ano, observa-se uma tendência de menor atividade da β -glicosidase e da fosfatase no período de pouca umidade no solo (julho), e nos solos sob café a queda foi mais drástica (Figura 4A e 4B), em função do sistema de manejo exercido nessas áreas por meio de aplicação de herbicida, deixando o solo livre de resíduos orgânicos e, portanto, com reduzida capacidade hídrica.

O maior IQS foi encontrado no solo de mata secundária com 30 anos (M30), que correspondeu a 0,82 em relação ao sistema de referência que corresponde ao círculo externo, seguidos pelos IQS calculados para os sistemas de café com 16 anos (C16), com 0,57, e café com 22 anos (C22), com apenas 0,47 (Figura 5). Para o sistema C22, o baixo IQS pode estar relacionado ao maior tempo de uso e ao manejo do solo que o mantém descoberto nas entrelinhas do café, durante parte do ano, deixando-o suscetível à degradação. O sistema C16 apresenta um tempo menor de uso que o C22 e pode ter sido favorecido pela recepa que sofreu antes da primeira amostragem, a qual culminou com a adição de resíduos orgânicos na superfície do solo e morte de raízes, o que contribuiu para a melhoria de alguns indicadores microbiológicos (Figura 5).

Isso comprova que a monocultura prolongada de café em solos de encosta com retirada total da vegetação original, sendo mantidas as



entrelinhas livres de resíduos orgânicos, mesmo que atinja boas produções, contribui para uma diminuição gradativa da qualidade de solo com o tempo, tornando-se um sistema menos sustentável em função de perdas de matéria orgânica, nutrientes, solo e água (FERNANDES, 1986).

CONCLUSÕES

Os indicadores microbiológicos variaram com a estação do ano e o clima, e, no período mais seco, observou-se uma redução nos seus valores, sobretudo nos sistemas com café. Os maiores valores dos indicadores biológicos avaliados, de uma maneira geral, foram encontrados no sistema M40. A permanência de restos culturais sobre a superfície no sistema C16 provenientes da recepa proporcionou temporariamente maiores valores de CBM e da enzima β -glicosidase em comparação ao sistema C22.

O Índice de Qualidade do Solo permitiu separar os sistemas avaliados em relação ao sistema M40 usado como referência, e o maior valor foi apresentado pelo sistema M30, seguido de C16 e C22, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ABRIL, A.; BURCHER, E. Son los microrganismos edáficos buenos indicadores del impacto de los sistemas productivos sobre el suelo? In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA

CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Pucón. **Trabajos...** Pucón: Sociedad Chilena de la Ciencia Del Suelo, 1999. CD-ROM.

ALEF, K. et al. Estimation of microbial activity. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic, 1995. p.215-216.

BADIANE, N.N.Y. et al. Use of soil enzyme activities to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. **Applied Soil Ecology**, v.18, p.229-238, 2001.

BARETTA, D. et al. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p. 715-724, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pi>. Acesso em: 24 jan. 2008. doi:10.1590/S0100-204X2006001100014.

BRELAND, T.A.; ELTUN, R. Soil microbial biomass and mineralization of carbon and nitrogen in ecological, integrated and conventional forage and arable cropping systems. **Biology Fertility Soil**, v.30, p.193-201, 1999. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/3crpa7uje1gy7b45/fulltext.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2007. doi : 10.1007/s003740050608.

BURGER, J.A.; KELTING, D.L. Using soil quality indicators to assess Forest stand management. **Forest Ecology Management**, v.122, p.155-166, 1999.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.133-142, 1990.

- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society American, 1996. p.25-37. (Special Publication, 39).
- EIVAZI, F.; TABATABAI, M.A. Phosphatases in soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.9, p.167-172, 1977.
- EIVAZI, F.; TABATABAI, M.A. Glucosidases and galactosidases. **Soil Biology Biochemistry**, v.20, p.601-606, 1988.
- FERNANDES, D.R. Manejo do cafezal. In: RENA, A.B. et al. **Cultura do cafeiro, fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1986. p.275-301.
- GUIMARÃES, R.T. Desenvolvimento da cafeicultura de montanha. In: ALVAREZ, V. et al. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: SBCS/UFV, 1996. p.251-259.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. A rapid microwave digestion method for colorimetric measurement of soil organic carbon. **Communication Soil Science Plant Analitic**, v.29, p.2269-2284, 1988.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1177-1182, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 22 nov. 2007. doi: 10.1590/S0100-204X2004001000010.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.257-263, 1999.
- MATSUOKA, M. et al. 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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 10 dez. 2007. doi: 10.1590/S0100-06832003000300004&lng=en>. Acesso em: 10 dez. 2007. doi: 10.1590/S0100-06832003000300004.
- NUNES, L.A.P.L. et al. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, v.9, p.200-208, 2006.
- ODUM, E.P. The strategy of ecosystems development. **Science**, v.164, p.262-270, 1969.
- ORCHARD, V.; COOK, F.J. Relationship between soil respiration and soil moisture. **Soil Biology Biochemistry**, v.15, p.447-453, 1983.
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic, 1996. 340p.
- POWLSON, D.S. et al. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology Biochemistry**, v.19, p.159-164, 1987.
- REZENDE, S.B. et al. Crono-topossequência de solos em Viçosa, MG. **Revista Ceres**, Viçosa, v.9, p.167-181, 1972.
- SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. Indicadores de qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto, SP. **Palestras...** Ribeirão Preto, SBCS, 2003. CD-ROOM.
- TARAFDAR, J.C.; JUNGK, A. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation to the depletion of soil organic phosphorus. **Biology Fertility Soils**, v.3, p.199-204, 1987.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).
- WARKETIN, B. The changing concept of soil quality. **Journal Soil and Water Conservation**, v.50, p.226-228, 1995.