

ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E FRAÇÕES OXIDÁVEIS DO CARBONO ORGÂNICO DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO SOB PARCELAMENTOS DE FÓSFORO E REGIMES HÍDRICOS^{1(*)}

Omar Cruz Rocha²; Adriana Rodolfo da Costa³; Juliana Hiromi Sato⁴; Maria Lucrécia Gerosa Ramos⁵;
Cícero Célio de Figueiredo⁵; Géssica Pereira de Souza⁴; Antônio
Fernando Guerra²

(*) Parte de trabalho publicado na Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p. 55-65, 2013

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café e CAPES

² Pesquisador, Dr., Embrapa Cerrados, Brasília-DF, omar.rocha@embrapa.br; antonio.guerra@embrapa.br

³ Prof^a. Dra., Universidade Estadual de Goiás - Campus Santa Helena de Goiás - GO, adriana_rodolfo@yahoo.com.br

⁴ Estudante de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, UnB, sato@yahoo.com.br;
gessicapsouza@gmail.com

⁵ Prof(a). Dr(a), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB. E-mail: lucrecia@unb.br; cicerocef@unb.br

RESUMO: A adubação fosfatada e a irrigação aumentam a produtividade do café, mas pouco se sabe sobre o efeito destas práticas na matéria orgânica e na microbiota de solos de Cerrado. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos microbiológicos e as frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro sob parcelamentos de fósforo (P) e regimes hídricos. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 3x2, com três parcelamentos de P (P1: 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, recomendada para a cultura anualmente, sendo 2/3 aplicados em setembro e 1/3 em dezembro; P2: 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicada no plantio e a cada dois anos; e P3: 1.800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicada somente no plantio, necessária para seis anos); dois regimes hídricos (sequeiro e irrigado durante todo o ano) e três repetições. A amostragem de solo foi feita nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm. Foram determinados o carbono microbiano (CBM), a atividade da enzima fosfatase ácida, as frações oxidáveis do carbono orgânico (F1, F2, F3 e F4) e o carbono orgânico total (COT). O regime hídrico irrigado do cafeeiro aumentou os teores de CBM e da fosfatase ácida, do COT e das frações oxidáveis da matéria orgânica do solo. De maneira geral, a forma de parcelamento do P exerceu pouca influência sobre os atributos microbiológicos e do carbono orgânico do solo. Apenas no parcelamento P3, sob irrigação, obteve-se aumento dos teores de CBM e da atividade da fosfatase ácida.

PALAVRAS-CHAVE: ciclagem de P, atividade microbiana do solo, fosfatase ácida, matéria orgânica do solo.

MICROBIOLOGICAL ATTRIBUTES AND OXIDIZABLE ORGANIC CARBON FRACTIONS OF AN OXISOL CULTIVATED WITH COFFEE UNDER PHOSPHORUS SPLIT APPLICATION AND WATER REGIMES

ABSTRACT: Phosphorus fertilization and irrigation increase coffee productivity, but little is known about the effect of these practices on soil organic matter and soil microbiota in the Cerrado. The aim of this study was to evaluate the microbiological and oxidizable organic carbon fractions of a dystrophic Red Latossol under coffee and split phosphorus (P) applications and different irrigation regimes. The experiment was a randomized block design in a 3 x 2 factorial design with three split P applications (P1: 300 kg ha⁻¹ P₂O₅, recommended for the crop year, of which two thirds were applied in September and the third part in December; P2: 600 kg ha⁻¹ P₂O₅, applied at planting and then every two years, and P3: 1,800 kg ha⁻¹ P₂O₅, the requirement for six years, applied at once at planting), two irrigation regimes (rainfed and year-round irrigation), with three replications. The layers 0-5 and 5-10 cm were sampled to determine microbial biomass carbon (MBC), enzyme activity of acid phosphatase, the oxidizable organic carbon fractions (F1, F2, F3, and F4), and total organic carbon (TOC). The irrigation regimes increased the levels of MBC and acid phosphatase, TOC and oxidizable fractions of soil organic matter under coffee. In general, the form of dividing P had little influence on the soil microbial properties and OC. Only P3 under irrigation increased the levels of MBC and acid phosphatase activity.

KEYWORDS: P cycling, soil microbial activity, acid phosphatase, soil organic matter.

INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é de grande importância na agricultura e na economia brasileira, desde a sua introdução no país. A sua expansão em áreas marginais onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, como na região do Cerrado, tornou a irrigação uma prática necessária para a obtenção de maiores produtividades (Bonomo et al., 2008). O conteúdo de P nesses solos está, geralmente, bem abaixo do nível crítico, em torno de 8 mg dm^{-3} para solos argilosos (Sousa & Lobato, 2004; Reis et al., 2011). Isso limita o crescimento das culturas, sendo necessária a aplicação de adubação de correção, uma vez que a cultura do café apresenta alta demanda por P para a produção dos frutos e rápido crescimento inicial do cafeeiro (Nazareno et al., 2003). No Cerrado, as chuvas apresentam distribuição bimodal, ocorrendo uma estação seca bem definida entre maio e setembro, além de veranicos, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro. Para aprimorar o sistema de produção de café irrigado no Cerrado foram propostas adaptações no manejo da cultura, pela melhoria da gestão da água de irrigação, com a adoção do estresse hídrico controlado para uniformização da florada, além de ajustes no manejo nutricional da cultura (Guerra et al., 2007). Sabe-se que quanto menor o P disponível do solo, maior a dependência das formas orgânicas de P pela planta e, inclusive pela biomassa microbiana (Gatiboni et al., 2008). Neste caso a importância da atividade das fosfatases no solo é notória, pois essa enzima está diretamente associada com a transformação do P orgânico a P solúvel. Há vários fatores que influenciam a atividade e a biomassa microbiana do solo e a atividade enzimática, como a umidade (Frazão et al., 2010), a concentração de P no solo (Ferreira et al., 2008), as camadas de solo (Babujia et al., 2010) e a MOS (Perez et al., 2004). Há, entretanto, carência de informações sobre o comportamento das frações microbiológicas e oxidáveis da MOS do solo sob regimes hídricos e parcelamento diferenciado de P. As frações oxidáveis do carbono orgânico, especialmente aquelas mais lábeis, representadas pelas frações F1 e F2 têm sido consideradas atributos sensíveis aos impactos causados pelo manejo do solo (Chan et al., 2001; Barreto et al., 2011). Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar os atributos microbiológicos e as frações oxidáveis do CO de um Latossolo Vermelho distroférrico, cultivado com café sob parcelamentos de P e dois regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF (latitude $15^{\circ}35'30''$ S e longitude $47^{\circ}42'30''$ W, à altitude de 1007 m). O clima segundo a classificação de Köppen é CWh1, precipitação pluvial média anual de 1.460 mm e temperatura média anual de $21,3^{\circ}\text{C}$. O solo é classificado como um Latossolo Vermelho distroférrico textura argilosa. A análise química do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da implantação do experimento apresentou os seguintes resultados: pH em água 5,2; Al^{3+} ($4,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Ca^{2+} ($22,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Mg^{2+} ($8,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); H+Al ($76,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); P ($1,4 \text{ mg dm}^{-3}$); K ($61,2 \text{ mg dm}^{-3}$); saturação por alumínio (12 %). Pela análise granulométrica, os teores médios de argila, silte, areia grossa e areia fina são 601, 116, 47 e 236 g kg^{-1} , respectivamente, na camada de 0-20 cm de profundidade. Antes da implantação do experimento, a área era ocupada por braquiária (*Brachiaria decumbens*) sem pastejo. Em dezembro de 2007, o experimento foi implantado com o plantio da cultura do café (*Coffea arabica* L., cultivar IAC144), com espaçamento de 3,50 m entre linhas e 0,70 m entre plantas. Na adubação de implantação foram adicionados 120 g de superfosfato triplo (SFT), 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin®) e 24,5 g de *fritted trace elements* (FTE) por cova. A calagem foi de 2 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases para 50%, sendo metade aplicada antes da aração e o restante antes da gradagem. No ano posterior ao plantio os cafeeiros receberam $61,25 \text{ g}$ de N por cova, na forma de uréia, correspondendo a 136 g do fertilizante. De modo semelhante foram aplicados $61,25 \text{ g}$ de K_2O , na forma de cloreto de potássio (KCl), correspondendo a 102 g do fertilizante por cova. Em ambos os casos, as doses foram parceladas em quatro vezes no período de setembro a fevereiro. Nos demais anos, seguindo a mesma forma de parcelamento, foram aplicadas doses anuais de 272 g de uréia e no máximo 204 g de KCl por cova, sendo que a dose de KCl variou em função da reserva de K do solo, obtida a partir da análise química. A adubação com micronutrientes foi realizada, quando necessária, com o fertilizante FTE. Todas as adubações foram realizadas manualmente e na projeção da copa dos cafeeiros. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, em arranjo fatorial 3×2 , com três parcelamentos de P, dois regimes hídricos e duas camadas de solo. Os parcelamentos de P foram: P1; P2 e P3, e os regimes hídricos foram: S: Sequeiro e I: Irrigado durante todo o ano. A adubação fosfatada foi realizada seguindo as definições de cada tratamento, tendo início no segundo ano após o plantio. No tratamento P1, 300 kg ha^{-1} de P_2O_5 , aplicou-se anualmente 117 g de SFT por cova, sendo 78 g (2/3), no mês de setembro, e 39 g (1/3), no mês de dezembro. Nos tratamentos P2 (600 kg ha^{-1} de P_2O_5) e P3 (1.800 kg ha^{-1} de P_2O_5) foram aplicados, respectivamente por cova, 233 e 700 g do mesmo fertilizante no mês de setembro. Para o tratamento P2, a adubação fosfatada foi repetida a cada dois anos e, no P3, foi realizada para manutenção por seis anos. No regime sob irrigação, esta foi realizada por aspersão mecanizada do tipo pivô central, com base no monitoramento do conteúdo de água no solo (sondas ML1 da Delta-T Devices). O momento de irrigação ocorria sempre que a umidade do solo a $0,10 \text{ m}$ de profundidade correspondia ao consumo de 50 % da água disponível do solo. As amostras de solo foram coletadas em abril de 2011, na projeção da copa do cafeeiro em seu período de frutificação, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, resultando em uma amostra composta de 10 subamostras. Em seguida, as amostras dos dois regimes hídricos foram homogeneizadas, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em refrigerador a uma temperatura de 4°C até o momento das análises. O CBM foi determinado pelo

método de fumigação-extração, segundo Vance et al. (1987), com a utilização do fator Kc igual a 3,8. A atividade da fosfatase ácida foi determinada conforme Tabatabai (1994), baseada na determinação colorimétrica do ρ -nitrofenol liberado a partir da ação das fosfatases, após incubação do solo em solução tamponada de ρ -nitrofenilfosfato 0,05 mol L⁻¹. Para as análises químicas, o solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm. Uma subamostra foi passada em peneira de 0,5 mm para a determinação das frações oxidáveis do carbono orgânico, submetida ao fracionamento do carbono por graus de oxidação segundo adaptações de Chan et al. (2001) e Mendonça & Matos (2005). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os efeitos de parcelamentos de P e do regime hídrico para CBM e fosfatase ácida (Tabela 1). Independente da forma de parcelamento de P avaliado, o sistema irrigado sempre apresentou maior atividade da fosfatase ácida que o sistema sequeiro. Os diferentes parcelamentos de P não alteraram a atividade da fosfatase dentro do sistema sequeiro. Conte et al. (2002) verificaram que a atividade dessa enzima não foi influenciada pelo aumento da disponibilidade de P no solo. No entanto, no presente trabalho, o P3 em regime irrigado, estimulou maior atividade da fosfatase, sendo superior às demais doses. Na profundidade de 5-10 cm a irrigação possibilitou maior teor de CBM em todos os parcelamentos de P. Na profundidade de 0-5 cm, a irrigação também possibilitou maior teor de CBM no parcelamento P3. A aplicação de 1.800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de uma só vez favoreceu, sob irrigação, mais que o dobro de CBM que a mesma dose quando sob regime sequeiro. A maior disponibilidade hídrica aumenta a biomassa microbiana (Frazão et al., 2010), que responde intensamente às flutuações sazonais de umidade (Gama-Rodrigues et al., 2005), além de influenciar na ciclagem C e nutrientes. A atividade microbiana e das enzimas presentes no solo na ciclagem de P é bastante dinâmica. Os microrganismos absorvem e imobilizam P da solução do solo, quando há aumento da disponibilidade no sistema, mas o liberam gradativamente pelo ajustamento da população microbiana ao fornecimento de energia e P no sistema (Conte et al., 2002; Martinazzo et al., 2007). Isso pode ter ocorrido no presente estudo, o P disponível na solução do solo pode ter sido imobilizado, e nesta fase (4 anos após aplicação do P no solo) este nutriente passou a ser liberado gradativamente por meio da maior atividade da enzima fosfatase, bem como da maior ação da biomassa microbiana, tendo-se em vista que, para esta mesma dose de P, o CBM também foi superior às demais, na camada de 5-10 cm. Não houve diferença entre as adubações de P na profundidade de 0-5 cm, mas na de 5-10 cm, o sistema que recebeu 1.800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de uma só vez apresentou maiores valores de CBM (178,05 mg C kg⁻¹ solo). Possivelmente, a dose de P do P3 possa ter atingido maiores profundidades, estimulando, desta forma, o desenvolvimento do sistema radicular e consequentemente o da biomassa microbiana.

Tabela 1. Carbono microbiano (CBM) e fosfatase ácida de um Latossolo Vermelho Distroférrico, sob parcelamentos de fósforo e regimes hídricos, em duas profundidades.

Parcelamento de P	CBM				Fosfatase Ácida			
	S		I		S		I	
	mg de C kg ⁻¹ de solo				µg de ρ -nitrofenol g ⁻¹ de solo seco h ⁻¹			
	0-5 cm							
P1	122,81	Aa	149,29	Aa	205,95	Ba	412,58	Ab
P2	95,67	Aa	130,32	Aa	220,40	Ba	379,05	Ab
P3	78,91	Ba	186,06	Aa	170,41	Ba	566,14	Aa
	5-10 cm							
P1	74,95	Ba	108,27	Ab	178,35	Ba	361,94	Ab
P2	59,45	Ba	99,93	Ab	202,14	Ba	416,77	Ab
P3	94,92	Ba	178,05	Aa	181,73	Ba	494,61	Aa

S: sequeiro. I: irrigado. P1: 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados anualmente, sendo 2/3 da dose aplicados em setembro e 1/3 em dezembro. P2: 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅, reaplicados a cada dois anos. P3: 1.800 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados apenas no plantio da cultura. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada atributo microbiológico, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os valores obtidos para as diferentes frações oxidáveis (Tabela 2) estão dentro da faixa de valores apresentados por outros autores em trabalhos com diversos solos e sob diferentes usos (Loss et al. 2010; Barreto et al., 2011). Com exceção da F4, na profundidade 5-10 cm, a prática da irrigação resultou em maiores teores de COT e nas frações em ambas as profundidades estudadas. O efeito da água sobre o aumento de COT e nas diferentes frações pode ser decorrente do maior aporte de material orgânico promovido pela irrigação em períodos secos no Cerrado. O parcelamento P3 promoveu maior teor de COT na camada de 0-5 cm, não apresentando diferenças na camada de 5-10 cm. O P3 proporcionou, ainda, maior teor de CO nas frações mais estabilizadas ou recalcitrantes da MOS (F3 + F4) do que o P1, não sendo diferente do P2, em ambas as profundidades. A quantidade elevada de P aplicada de uma só vez (1.800 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no início do experimento pode ter promovido maior taxa de humificação da MOS ao longo dos quatro anos do experimento, transformando MOS lábil em estabilizada. Em P3 o COT é constituído por partes

equilibradas das frações oxidáveis da MOS (F1+F2, 52 % do COT e F3+F4, 48 % do COT, em ambas as profundidades) tendendo a um balanço entre as mesmas. Não foi verificado efeito do parcelamento de P nas frações lábeis do CO (F1+F2). De modo geral, os resultados de pesquisa com frações de oxidação do CO mostram que sistemas de manejo e, ou, culturas agrícolas que favorecem adições frequentes de material orgânico ao solo tendem a apresentar maior proporção de C nessa fração em detrimento às frações mais recalcitrantes (F3 e F4) (Chan et al., 2001; Loss et al. 2010; Barreto et al., 2011).

Tabela 2. Carbono de frações oxidáveis da matéria orgânica e carbono orgânico total (COT) em solo cultivado com café sob regimes hídricos e parcelamentos de fósforo.

Parcelamento de P	COT	F1	F2	F3	F4	F1+F2	F3+F4	g kg ⁻¹						
								0-5 cm						
P1	20,55	b	6,45	a	6,90	a	5,70	b	1,50	a	13,35	a	7,20	b
P2	21,83	b	6,65	a	5,91	a	7,60	ab	1,67	a	12,56	a	9,27	ab
P3	23,96	a	6,25	a	6,31	a	8,82	a	2,56	a	12,56	a	11,38	a
Regime hídrico														
Sequeiro	16,50	b	5,33	b	3,72	b	6,06	b	1,35	b	9,05	b	7,42	b
Irigado	27,74	a	7,57	a	9,03	a	8,68	a	2,46	a	16,60	a	11,14	a
5-10 cm														
P1	20,1	a	6,53	a	6,25	a	5,78	b	1,58	a	12,78	a	7,37	b
P2	21,8	a	6,60	a	6,35	a	6,83	b	1,98	a	12,95	a	8,82	ab
P3	21,7	a	7,45	a	3,80	b	9,35	a	1,13	a	11,25	a	10,48	a
Regime hídrico														
Sequeiro	16,6	b	5,73	b	3,55	b	5,82	b	1,54	a	9,29	b	7,37	b
Irigado	25,8	a	7,98	a	7,38	a	8,82	a	1,58	a	15,37	a	10,41	a

P1: 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados anualmente, sendo 2/3 da dose aplicados em setembro e 1/3 em dezembro. P2: 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅, reaplicados a cada dois anos. P3: 1800 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados apenas no plantio da cultura. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

CONCLUSÕES

1. A irrigação do cafeeiro produzido no Cerrado promoveu aumento dos teores de carbono microbiano e da fosfatase ácida, do carbono orgânico total e das frações oxidáveis da matéria orgânica.
2. De maneira geral, a forma de parcelamento do P exerceu pouca influência sobre os atributos microbiológicos e do carbono orgânico do solo. Apenas o parcelamento P3, sob irrigação, aumentou os teores de CBM e da atividade da fosfatase ácida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.A.; FONTES, A.G.; FONTES, A.G.; POLIDORO, J.C.; MOÇO, M.K.S.; MACHADO, R.C.R. & BALIGAR, V.C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, **Brazil. Agrofor. Syst.**, 81:213-220, 2011.
- BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVEIRA NETO, A.N. & BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesq. Agropec. Trop.**, 38:233-240, 2008.
- CHAN, K.Y.; BOWMAN, A. & OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture ley. *Soil Sci.*, 166:61-67, 2001.
- CONTE, E.; ANGHINONI, I. & RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:925-930, 2002.
- FERREIRA, D.F. Sisvar versão 4.3. Lavras: DEX-UFLA, 2003.
- FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a Sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. **Agr. Ecosyst. Environ.**, 135:161-167, 2010.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:893-901, 2005.
- GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. & BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 43:1085-1091, 2008.
- GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R. & RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrig. Tecnol. Mod.**, 73:52-61, 2007.

- LOSS, A.; MORAES, A.G.L.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.A.R. & ANJOS, L.H.C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scient.**, 1:57-64, 2010.
- MARTINAZZO, R.; SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G. & KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:563-570, 2007.
- MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.
- NAZARENO, R.B.; OLIVEIRA, C.A.S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J.B.R.; SILVA, J.C.P. & GUERRA, A.F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 38:903-910, 2003.
- PEREZ, K.S.; RAMOS, M.L.G. & McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39:567-573, 2004.
- REIS, T.H.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; FURTINI NETO, E.; GUERRA, A.F. & CURI, N. Soil phosphorus dynamics and availability and irrigated coffee yield. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:503-512, 2011.
- TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S. & BOTTOMLEY, P.S. (eds.) Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. **Madison: Soil Sci. Soc. Am.**, 1994. p.775-883. (SSSA, Book Series, 5)
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass Carbon. **Soil Biol. Biochem.**, 19:703-707, 1987.