

Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho

Crop rotation and soil biochemical and microbiological characteristics and corn crop yield

Elaine Reis Pinheiro Lourente^{1*}; Fabio Martins Mercante²; Marlene Estevão Marchetti¹; Luiz Carlos Ferreira de Souza¹; Cristiano Márcio Alves de Souza¹; Manoel Carlos Gonçalves¹; Maria Anita Gonçalves Silva³

Resumo

As práticas de manejo do solo exercem importantes influências nas propriedades biológicas e bioquímicas do solo. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o impacto do manejo do solo nos atributos químicos e microbiológicos, bem como, a influência na produtividade da cultura do milho. O estudo foi realizado no ano agrícola de 2005/06, no Município de Dourados, MS, Brasil. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas com três repetições, sendo as estações do ano alocadas nas parcelas e os sistemas de manejo nas subparcelas. As estações estudadas foram inverno e verão e, os sistemas de manejo no plantio direto foram representados por cinco esquemas de rotação envolvendo as culturas ervilhaca peluda, feijão, aveia, nabo forrageiro, soja, crotalária, milho, sorgo, milheto, girassol e, no plantio convencional, com milho no inverno e soja no verão. A vegetação nativa constituiu um tratamento e, juntamente com o plantio convencional, foi utilizada como ecossistema de referência. Houve correlação positiva entre os teores de Norg, Corg, Porg e C-BMS com os atributos químicos de fertilidade do solo demonstrando a interdependência entre a química e a biologia do solo. A eliminação da vegetação nativa e posterior substituição por sistemas de cultivo reduz o C-BMS. Nas condições de Cerrado, os sistemas de cultivos estudados incrementam o teor de fósforo no solo. A rotação de culturas influencia a produtividade do milho quando cultivado após determinadas espécies de cobertura como crotalária e ervilhaca no sistema de rotação.

Palavras-chave: Plantio direto, biomassa microbiana, fertilidade do solo

Abstract

Soil management practices exert important influence on biological and biochemical properties of soil. This work aimed to evaluate the impact of crop rotation on soil biochemical and microbiological attributes, as well and influence on corn crop yield. The experiment was carried out during 2005/06 crop season, in Dourados – MS, Brazil. Experimental design was randomized blocks with treatments established in sub-divided plots with three replications, which seasons were plots and management systems were sub-plots. Studied seasons were winter and summer and no tillage systems were represented by five crop rotation

¹ Professores da Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Cx. Postal 533, CEP 79804-970 Dourados, MS. E-mail: erplorente@gmail.com

² Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, BR 163, km 253, Cx. Postal 661, CEP 79804-970, Dourados, MS. E-mail: mercante@cpao.embrapa.br

³ Professor Associado C da Universidade Estadual de Maringá, UEM, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia. Avenida Colombo 5790, Jardim Universitário, Jardim Universitário CEP 87020-900 - Maringá, PR. E-mail: magsilva@uem.br

* Autor para correspondência

schemes, which involved the cultures of hairy vetch, bean, oat, forage turnip, soybean, crotalaria, corn, sorghum, pearl millet, sunflower and, in conventional tillage, with corn in winter and with soybean in summer. Native vegetation constituted one treatment and, with conventional tillage, it was used as ecosystem of reference as control for comparison between possible alterations in chemical and microbiological attributes with the establishment of a system more conservationist for soil management. There was a positive correlation among Norg, Corg, Porg and C-BMS contents with chemical attributes of soil fertility, which shows interdependence between chemical and biology of soil. The elimination of native vegetation and the substitution for cultivation system after that reduce the C-BMS. In Cerrado conditions, studied cultivation systems increased phosphorus content in soil. Crop rotation influenced corn yield after the cultivation of determined species as crotalaria and vetch in crop rotation.

Key words: No tillage, microbial biomass, soil fertility

Introdução

O uso intensivo e inadequado dos solos acelera a degradação da matéria orgânica, principal componente da fertilidade dos solos. Os métodos de preparo do solo empregados, nem sempre estão adequados às condições específicas de cada região. Aliado a isto, fatores como ausência de cobertura vegetal e manejo inadequado dos resíduos vegetais têm contribuído, decisivamente, para que ocorra o desencadeamento e aceleração dos processos erosivos nestas áreas (MEDEIROS; CALEGARI; GADÊNCIO, 1994). Neste contexto, a rotação de culturas e a manutenção de cobertura morta sobre o solo assumem importante papel como forma de manter e melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (FLOSS, 2000). A adição de substratos ou resíduos de plantas no solo rapidamente estimula o crescimento de fungos e bactérias. Os resíduos orgânicos podem ser vistos como um fator relevante para atividade microbiana (GAILLARD et al., 1999).

Estudos relacionados com a sustentabilidade de sistemas de produção agropecuária têm enfatizado a importância das práticas de manejo do solo nas propriedades biológicas e bioquímicas do solo. Neste contexto, o teor e a dinâmica da matéria orgânica constituem-se nos atributos que melhor representam a qualidade do solo, podendo ser alterados com as práticas de manejo adotadas (MERCANTE, 2001).

A biomassa microbiana é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui fungos, bactérias, algas, actinomicetos, protozoários e

microfauna, controlando a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, e as transformações envolvendo os nutrientes minerais. Representa ainda uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente desviados para os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõe o ecossistema (TÓTOLA; CHAER, 2002; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Um solo de qualidade possui atividade biológica intensa e contém populações microbianas balanceadas. O fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível da matéria orgânica os faz sensíveis às mudanças na sua qualidade. Desta forma, a mensuração do C da biomassa microbiana é um importante indicador de mudanças na química do solo e possibilita o monitoramento da relação entre química do solo e vegetação de cobertura. Assim o C da biomassa microbiana pode atuar como um indicador ambiental (TÓTOLA; CHAER, 2002; HARGREAVES et al., 2003).

O efeito do manejo nas propriedades físicas e químicas do solo influenciam a biomassa e importantes processos a ela relacionados como a decomposição da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (BALOTA et al., 2003). O estudo de culturas em rotação procura determinar o efeito dessa prática na produtividade de cada cultura, estabelecendo, se possível, a melhor combinação vegetal (LOMBARDI NETO et al., 2002).

Diferentes espécies de plantas de cobertura do solo têm sido usadas em sistemas de rotação e seus resíduos tendem a causar importantes efeitos sobre

a química do solo. Porém, os materiais orgânicos fragmentados e depositados na superfície variam quanto aos efeitos sobre as características químicas do solo, principalmente sobre teor de carbono orgânico e fósforo (BRACCINI et al., 1995), e também sobre a microbiologia do solo.

No sistema de SD, a presença de resíduos vegetais na superfície proporciona um aumento dos níveis de pH e dos teores de Ca e Mg trocáveis até camadas mais profundas do solo em detrimento do teor de Al trocável (CAIRES et al., 1998).

Objetiva-se com este trabalho avaliar o impacto da rotação de culturas em atributos químicos e microbiológicos, bem como a influência na produtividade da cultura do milho.

Material e Métodos

Caracterização da área experimental e manejo adotado

O estudo foi realizado no ano agrícola de 2005/06, na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, no Município de Dourados- MS, localizado a 22° 14' de latitude Sul e 54° 49' de longitude Oeste e altitude de 452 metros, em LATOSSOLO Vermelho distroférico, muito argiloso, cultivado em sistema plantio direto, envolvendo sistemas de rotação de culturas de inverno e verão (Tabela 1).

O clima da região é caracterizado como Cwa (Köppen), subtropical, com verões úmidos e quentes (AYOADE, 1986). Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica são apresentados na (Figura 1).

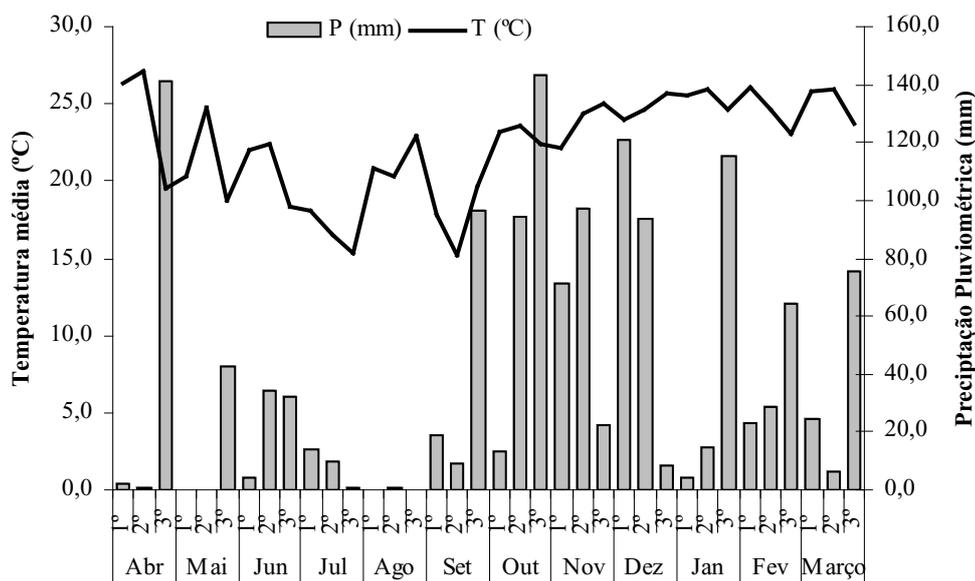


Figura 1. Precipitação pluviométrica acumulada e temperatura média, por descêndio, registradas na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental da UFGD em Dourados, entre abril de 2005 e março de 2006. Dourados-MS 2005/6.

Sistemas de manejo avaliados e procedimento estatístico

Uma área próxima com vegetação nativa, foi utilizada como ecossistema de referência para comparação, bem como uma área sob plantio convencional, como padrão comparativo para identificar alterações nos atributos químicos e microbiológicos do solo com a implementação de um sistema mais conservacionista de manejo do solo. Os diferentes manejos e uso do solo foram:

vegetação nativa (VN) – Floresta Estacional Semidecidual, com influência antrópica (extração seletiva de árvores de interesse comercial) Mato Grosso do Sul (1990); plantio convencional (PC) – área preparada com uma escarificação, uma gradagem com grade intermediária, seguida por uma gradagem niveladora; plantio direto (PD) – área com 8 anos de plantio direto em sistema de rotação de culturas (Tabela 1).

Tabela 1. Seqüência de rotação de culturas no período de 2002 a 2006, em condições de plantio direto de sequeiro. Dourados-MS, 2005/6.

2002	2003	2004	2005	2006
Verão	Out/Inv	Verão	Out/Inv	Verão
Milho	E+N+A	Feijão	E+N+A	Soja
Soja	Trigo	Milho	Girassol	Soja
Milho	E+N+A	Soja	Av+ crotalária	Soja
Soja	Ervilhaca	Milho	Sorgo	Soja
Soja	Triticale	Milho	Feijão/milhet	Soja

A = aveia preta (*Avena strigosa* Sheib); E = ervilhaca peluda (*Vicia villosa*, Roth); N = nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* (Stokes) Metzg.); Milhet. = milheto (*Pennisetum glaucum* L.); Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.); Girassol (*Helianthus annuus* L.); Crotalária (*Crotalaria juncea* L.).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas com três repetições. Nas parcelas, foram consideradas as estações do ano. Nas subparcelas, com dimensões de 12 x 36m, foram estudadas as rotações de culturas, no plantio direto, e no plantio convencional a sucessão milho/soja. No plantio direto, as culturas de outono/inverno representaram cinco tratamentos: T1= 80% de Aveia preta (*Avena strigosa* Sheib) + 20% de Crotalária (*Crotalaria juncea* L.); T2=50% de Aveia preta (*Avena strigosa* Sheib) + 40% de Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*, Roth) e 10% de Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* (Stokes) Metzg.); T3= 100% de Girassol (*Helianthus annuus* L.); T4= 100% de Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*, Roth); T5= 100% de Crotalária (*Crotalaria juncea* L.). Como cultura de verão, no plantio direto, foi utilizado o

milho (*Zea mays* L.). O plantio convencional, com milho no inverno e soja no verão, e a vegetação nativa, representaram os demais tratamentos, T6 e T7, respectivamente.

A semeadura das espécies de outono/inverno foi realizada em 20 de abril de 2005, utilizando-se semeadora-adubadora, com 18 linhas espaçadas entre si por 0,17 m, sem adubação. O manejo do nabo forrageiro e das demais espécies de inverno ocorreu, respectivamente, no florescimento pleno e início do florescimento, utilizando-se rolo faca. O híbrido de milho triplo DKB 350, semeado em 15 de outubro de 2005 sobre as culturas anteriormente manejadas, com o uso de uma semeadora-adubadora em espaçamento de 0,9 m, regulada para obter uma população de 55 mil plantas ha⁻¹. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-20 (N-P-K). Quando as plantas de milho apresentavam

seis folhas completamente desenvolvidas, realizou-se a adubação de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia (45% de N), que foi colocada próximo à linha de semeadura e na superfície do solo.

A produtividade do milho (*Zea mays* L.) foi avaliada após a debulha das espigas, colhidas na área útil, correspondendo às duas linhas centrais com cinco metros de comprimento, de cada subparcela; os grãos foram pesados em balança de precisão de duas casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%, com os valores expressos em kg ha⁻¹. Para o estudo de produtividade, além dos blocos, foram realizadas três repetições dentro de cada parcela, caracterizando um delineamento de blocos casualizados com repetições dentro do bloco (PIMENTEL GOMES, 1987).

As coletas de solo foram realizadas em julho de 2005 (inverno) e em janeiro de 2006 (verão), no florescimento das culturas de inverno e do milho, respectivamente, na entrelinha das culturas. As amostragens de solo foram efetuadas em cada subparcela, na camada de 0 a 10 cm de profundidade, sendo que cada amostra foi composta de cinco subamostras. Após homogeneização, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e armazenadas em câmara fria (4°C).

Determinações químicas e microbiológicas

As análises da biomassa microbiana foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Solo da *Embrapa Agropecuária Oeste*, localizada em Dourados-MS.

A análise do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), foi realizada pelo método da fumigação-extração, adotando-se o fator de correção para eficiência de extração (k_{ec}) igual a 0,33 (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987); o C orgânico foi determinado pelo método de Mebius, modificado por Yeomans e Bremner (1989); a

respiração basal (C-CO₂) foi obtida pelo método da respirometria (evolução de CO₂), que consiste em colocar amostras de 50 g de solo em frascos, de forma individualizada. Além da amostra de solo, foi colocado, em cada frasco, um recipiente com 10 mL de NaOH (1,0 N), para absorver o CO₂ liberado pela respiração microbiana. Após um período de incubação (sete dias), foram feitas as titulações do NaOH com HCl (0,5 N), acrescentando-se 2 mL de solução saturada de BaCl₂ para precipitação de Na₂CO₃. A quantidade de CO₂ liberado foi obtida pela diferença entre os volumes de HCl gastos para titular a amostra de soda no frasco com solo e na prova em branco, transformando estes valores para massa de CO₂ por massa de solo; o quociente microbiano (q_{MIC}), expresso em porcentagem, foi calculado pela seguinte fórmula: $(C-BMS/Corg) \times 100$ e o quociente metabólico (q_{CO_2}), foi obtido pela divisão dos valores da respiração basal pelo do carbono microbiano ($\mu CO_2/\mu g C-BMS h^{-1}$).

As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório da Universidade Federal da Grande Dourados, de acordo com Claessen (1997). Além das análises de rotina, foram determinados os teores de fósforo orgânico (P org), de acordo com Braga e Delefelipo (1974) e de nitrogênio orgânico (N org) de acordo com Claessen (1997) modificado.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos das estações e dos manejos e usos do solo, foram analisados pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). As variáveis independentes foram comparadas entre si por meio da correlação de Pearson, sendo os efeitos testados pelo teste t a 5% e 1% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os teores de C-BMS nos sistemas sob diferentes rotações de culturas variaram entre 160 e 433,9 $\mu g C g^{-1}$ de solo seco, sendo os maiores valores obtidos no verão. No sistema sob VN, os valores médios de C-BMS variaram de 808 a 1548 $\mu g C g^{-1}$ de solo seco, respectivamente no inverno e verão. Em média, a eliminação da vegetação nativa e posterior

implantação dos sistemas de cultivo promoveu uma redução na biomassa microbiana de 74 % no plantio direto e de 73% no sistema convencional (Tabela 2). Resultados semelhantes foram verificados por D'Andréa et al. (2002) e Matsuoka, Mendes e Loureiro (2003) que, tendo como referência o cerrado nativo, observaram 73% e 75% de redução do C-BMS para a média dos sistemas e culturas anuais.

Os resultados obtidos podem ser explicados em função de que a diversidade das espécies vegetais na vegetação nativa (quantidade e qualidade), notadamente maior do que os demais sistemas de manejo avaliados implica na deposição de substratos orgânicos com composição variada na serapilheira, favorecendo maiores teores de biomassa microbiana (D'ANDRÉA et al., 2002; MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003).

No plantio direto, as diferentes rotações de culturas não influenciaram os níveis de carbono microbiano. Balota et al. (1998) não observaram diferença entre as sucessões de culturas estudadas,

no entanto o C-BMS foi 118% maior no plantio direto quando comparado ao plantio convencional.

De modo geral, a maior biomassa microbiana ocorreu no verão (Tabela 2), quando se verificam os maiores índices pluviométricos e temperaturas (Figura 1). Altos níveis de biomassa microbiana podem ser atribuídos à disponibilidade de nutriente, carbono orgânico e resíduos de plantas no solo (GAMA-RODRIGUES, 1999) , além de maiores teores de umidade do solo e temperatura, que favorecem seu crescimento (ESPÍNDOLA et al., 2001). A deposição dos resíduos das culturas de inverno associada a precipitações pluviométricas mais frequentes no verão, possivelmente, influenciou um maior crescimento da biomassa microbiana. Durante a estação seca, parte da biomassa microbiana morre e com a retomada das chuvas, a biomassa sobrevivente utiliza as células mortas para o seu crescimento, concorrendo também para uma maior atividade microbiana no verão (período chuvoso), quando comparado ao inverno (PIAO; HONG; YUAN, 2000).

Tabela 2. Atributos microbiológicos em função do manejo e uso do solo, vegetação nativa (VN), plantio convencional (PC) milho no inverno e soja no verão; 80% de Aveia preta + 20% de Crotalária (A+C); 40% de Ervilhaca peluda + 10% de Nabo forrageiro + 50% de Aveia preta (E+N+A); 100% de Girassol; 100% de Ervilhaca peluda; e 100% de Crotalária, no período do inverno e verão. Dourados-MS 2005/6.

Manejo e uso do solo	C-BMS ($\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo)		CO_2 ($\mu\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ de C-CO ₂ no solo)		qCO ₂ ($\mu\text{g CO}_2/\mu\text{gC}_{\text{mic}} \text{h}^{-1}$)		qMIC (%)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
V N	808,2 Ba	1548 Aa	24,9 Ba	68,2 Aa	12,9 Bbc	18,5 Aa	1,87 Ba	2,25 Aa
P C	215,8 Bb	387,8 Ab	4,2 Bb	15,1 Ab	8,0 Bd	16,1 Aab	1,16 Bab	2,08 Aa
A + C	240,5 Bb	425,1 Ab	8,2 Ab	11,6 Ab	13,9 Aabc	10,9 Abc	1,01 Bb	2,01 Aa
E+ N + A	195,7 Bb	349,1 Ab	8,8 Ab	9,3 Ab	19,0 Aa	11,1 Bbc	1,28 Bab	2,57 Aa
Girassol	160,1 Bb	433,9 Ab	5,4 Ab	9,7 Ab	14,9 Aab	9,31 Bc	0,78 Bb	2,12 Aa
Crotalária	242,5 Bb	394,8 Ab	6,1 Bb	11,6 Ab	10,4 Acd	12,3 Abc	1,28 Bab	2,12 Aa
Ervilhaca	207,5 Bb	404,1 Ab	8,9 Ab	10,9 Ab	17,9 Aab	11,4 Bbc	1,01 Bb	2,07 Aa
CV (%)	19		22		24		24	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). qCO₂= quociente metabólico ($\mu \text{CO}_2/\mu\text{g C-BMS h}^{-1}$); C-CO₂= CO₂ respiração microbiana; qMIC= quociente microbiano ((C-BMS/ Corg) x 100).

Os maiores níveis de fertilidade do solo foram observados na vegetação nativa (Tabelas 3 e 4), favorecendo o desenvolvimento dos microrganismos do solo. Esse estímulo ocorre devido a maior disponibilidade de matéria orgânica, nutrientes e

pH mais elevado (GAMA-RODRIGUES, 1999). As diferentes rotações de culturas não influenciaram os níveis de C-BMS, CO₂, porém influenciaram o qCO₂ e qMIC (Tabela 2).

Tabela 3. Atributos da matéria orgânica do solo em função do manejo e uso do solo, vegetação nativa (VN), plantio convencional (PC) milho no inverno e soja no verão; 80% de Aveia preta + 20% de Crotalária (A+C); 40% de Ervilhaca peluda + 10% de Nabo forrageiro + 50% de Aveia preta (E+N+A); 100% de Girassol; 100% de Ervilhaca peluda; e 100% de Crotalária, no período do inverno e verão. Dourados-MS 2005/6.

Manejo e uso do solo	Porg (mg dm ⁻³)		Corg (g kg ⁻¹)		N org (g kg ⁻¹)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
VN	132 Aa	110 Ba	43,6 Ba	68,6 Aa	4,2 Aa	3,8 Aa
PC	37 Abc	36 Ab	16,9 Ab	18,6 Ab	1,5 Ac	1,3 Acd
A+C	24 Bc	49 Ab	20,6 Ab	21,0 Ab	1,3 Acd	1,7 Ab
E+N+A	37 Abc	46 Ab	20,4 Ab	16,0 Bc	1,0 Bd	1,5 Abc
Girassol	45 Abc	42 Ab	20,6 Ab	20,4 Ab	1,4 Ac	1,7 Ab
Crotalária	39 Abc	37 Ab	18,8 Ab	18,6 Ab	1,6 Abc	1,1 Bd
Ervilhaca	53 Ab	42 Ab	20,7 Ab	19,6 Ab	2,0 Ab	1,6 Abc
CV (%)	22		10		12	
	C/N		C/P			
	Inverno	Verão	Inverno	Verão		
VN	10,4 Bb	17,8 Aa	330 Ab	650 Aa		
PC	11,1 Ab	14,6 Abc	457 Aab	570 Aab		
A+C	15,5 Aab	12,2 Abc	696 Aa	427 Bab		
E+N+A	20,7 Aa	10,2 Bc	599 Aab	356 Bb		
Girassol	14,4 Ab	11,6 Abc	470 Aab	536 Aab		
Crotalária	11,5 Ab	16,7 Aab	499 Aab	502 Aab		
Ervilhaca	10,3 Ab	12,5 Abc	406 Ab	474 Aab		
CV (%)	24		43			

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$)

As altas temperaturas na região do Cerrado (Figura 1) favorecem a decomposição dos resíduos sobre a superfície do solo evitando seu acúmulo (BALOTA et al., 2003), o que pode explicar a semelhança dos resultados obtidos entre o plantio direto e o convencional. A presença de resíduos sobre o solo é importante, uma vez que rapidamente estimula o crescimento de fungos e bactérias (GAILLARD

et al., 1999), além de ser um importante fator melhorador da estrutura do solo capaz de estimular a atividade microbiana (FLOSS, 2000).

Considerando a média das duas estações, inverno e verão, no sistema plantio direto, o valor obtido de C-BMS foi de 305,33 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo e é similar ao observado por D'Andréa et al. (2002), enquanto que, no plantio convencional (301,8 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo)

está acima dos valores observados por D'Andréa et al. (2002) e Marchiori Júnior e Mello (2000) que, de forma semelhante, realizaram coletas de solo no verão. Para a vegetação nativa o valor médio do C-BMS (1178,1 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo) foi superior aos observados por D'Andréa et al. (2002) no bioma Cerrado. Esse fato denota que o C-BMS é muito sensível a condições ambientais locais, porém, segue a tendência dos maiores valores obtidos em ecossistemas mais próximos do equilíbrio, como os sistemas com vegetação nativa sem influência antrópica. Resultados semelhantes para C-BMS foram compilados por Roscoe, Boddey e Salton (2006).

O solo sob vegetação nativa favoreceu uma maior liberação de CO_2 em relação aos demais sistemas de manejo. Este resultado, provavelmente, está relacionado com os maiores teores de carbono na biomassa que foram 73 e 74% maiores no solo sob vegetação nativa, quando comparados aos demais sistemas, no inverno e verão, respectivamente. Esses dados corroboram as observações de Mercante (2001) e Balota et al. (1998). Neste estudo, foi observada uma alta correlação entre C-BMS e CO_2 ($r=0,96$). A maior atividade da biomassa microbiana contribuiu para uma maior dinâmica de nutrientes sob vegetação nativa, com exceção do fósforo, quando comparado aos sistemas de cultivo, apesar das constantes adubações nestes últimos (Tabela 4). As maiores taxas de respiração basal (CO_2), nos sistemas sob cultivo agrícola, foram observadas no verão. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores que atribuem esse fato a uma íntima relação entre respiração e umidade do solo os quais favorecem o aumento da população e respiração

microbiana (ESPÍNDOLA et al., 2001; ALVAREZ, SANTANATOGLIA; GARCIA, 1995), uma vez que os maiores índices pluviométricos ocorreram no verão (Figura 1).

O sistema sob vegetação nativa apresentou, numericamente maior $q\text{CO}_2$, seguido do plantio convencional, no verão (Tabela 2), indicando que a biomassa microbiana estaria liberando nutrientes para a solução do solo (ESPÍNDOLA et al., 2001). No inverno, os valores de $q\text{CO}_2$ variaram em função da rotação de culturas, sendo observados valores estatisticamente maiores aos observados na vegetação nativa e plantio convencional.

De forma geral, no verão, os sistemas de rotação de culturas sob plantio direto apresentaram menores $q\text{CO}_2$, refletindo em uma biomassa microbiana mais eficiente, ou seja, com menor perda de carbono como CO_2 , pela respiração, e com uma fração significativa de C sendo incorporada ao tecido microbiano (GAMA-RODRIGUES, 1999). De forma semelhante, a relação C/N da matéria orgânica, no sistema de rotação de culturas, no verão, foi inferior à observada na vegetação nativa, o que pode ter contribuído para uma menor perda de CO_2 . Entretanto, no inverno, houve uma tendência de maiores valores no $q\text{CO}_2$, no sistema sob E+N+A, que estatisticamente não diferenciou dos sistemas E+C e girassol, é possível que este resultado esteja associado a maior relação C/N da matéria orgânica do solo observada no mesmo período (Tabela 2 e 3), uma vez que, os microrganismos do solo, sua concentração e atividade, representada pelo teor de CO_2 liberado, são influenciados pela quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos adicionados e pelo preparo do solo (VASCONCELLOS et al., 1998).

Tabela 4. Atributos químicos do solo em função do manejo do solo, vegetação nativa (VN), plantio convencional (PC) milho no inverno e soja no verão; 80% de Aveia preta + 20% de Crotalária (A+C); 40% de Ervilhaca peluda + 10% de Nabo forrageiro + 50% de Aveia preta (E+N+A); 100% de Girassol; 100% de Ervilhaca peluda; e 100% de Crotalária, no período do inverno e verão. Dourados-MS 2005/6.

Manejo e uso do solo	pH (CaCl ₂)		P (mg dm ⁻³)		CTC		Ca	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
VN	6,4 Aa	6,5 Aa	5,9 Ac	5,6 Ac	15,7 Aa	17,8 Aa	11,8 Aa	13,4 Aa
PC	5,1 Ab	4,7 Ab	21,9 Aab	17,1 Ab	6,5 Ab	5,2 Ab	3,9 Ab	3,4 Ab
A + C	5,0 Ab	5,0 Ab	34,4 Aa	28,1 Aab	6,7 Ab	7,1 Ab	3,9 Ab	4,2 Ab
E+ N + A	4,9 Ab	4,8 Ab	22,2 Aab	32,7 Aa	6,8 Ab	6,5 Ab	4,0 Ab	3,9 Ab
Girassol	4,9 Ab	4,9 Ab	23,5 Aab	16,1 Abc	7,0 Ab	6,6 Ab	4,2 Ab	4,0 Ab
Crotalária	4,9 Ab	4,7 Ab	29,0 Aab	38,2 Aa	6,0 Ab	5,9 Ab	3,6 Ab	3,5 Ab
Ervilhaca	5,2 Ab	5,1 Ab	19,2 Ab	27,1 Aab	7,1 Ab	7,4 Ab	4,3 Ab	3,4 Ab
CV (%)	5,2		40		13		14	
	K		Mg		SB		V	
	-----cmol _c dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----		%	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
VN	0,83 Aa	0,65 Aab	3,0 Aa	3,7 Aa	15,7 Aa	17,8 Aa	87,5 Aa	88,0 Aa
PC	0,60 Aab	0,46 Ab	1,8 Ab	1,2 Ab	6,4 Ab	5,1 Ab	54,7 Ab	41,3 Ab
A + C	0,65 Aab	0,84 Aa	2,0 Ab	1,9 Ab	6,5 Ab	7,0 Ab	53,4 Ab	52,6 Ab
E+ N + A	0,80 Aa	0,86 Aa	1,9 Ab	1,6 Ab	6,7 Ab	6,4 Ab	53,3 Ab	47,6 Ab
Girassol	0,57 Aab	0,77 Aab	2,0 Ab	1,7 Ab	6,8 Ab	6,5 Ab	50,5 Ab	47,6 Ab
Crotalária	0,57 Aab	0,72 Aab	1,7 Ab	1,5 Ab	5,9 Ab	5,8 Ab	45,0 Ab	44,7 Ab
Ervilhaca	0,48 Ab	0,66 Aab	2,3 Ab	2,2 Ab	7,1 Ab	7,4 Ab	59,5 Ab	57,2 Ab
CV (%)	20		20		14		14	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Os valores de $qMIC$ mostraram-se superiores no verão, quando comparados aos obtidos no inverno, indicando maior dinâmica da matéria orgânica do solo neste período, contudo, não foram detectadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$), no verão, entre os diferentes sistemas avaliados (Tabela 2). No inverno, verificou-se uma superioridade do $qMIC$ no sistema sob vegetação nativa, quando comparado com os sistemas sob as coberturas de aveia+crotalária, girassol e ervilhaca, esses resultados podem estar associados a uma maior qualidade da serrapilheira da vegetação nativa, uma vez que, o $qMIC$ é influenciado pela qualidade da matéria orgânica do solo. Assim, valores maiores deste quociente indicam um incremento da sua dinâmica no solo (MERCANTE, 2001).

Em média, no inverno e verão, os teores de Porg variaram de 24 a 53 mg dm⁻³ nos sistemas de cultivo (Tabela 3). Com o uso dos sistemas de cultivo, houve uma redução média de 66% e 63% no teor de Porg e Norg do solo, respectivamente, quando comparados à vegetação nativa. Tais resultados se devem, provavelmente, a uma menor quantidade e diversidade dos resíduos produzidos pelas culturas e deixados sobre o solo, nos sistemas de cultivo, quando comparado com a vegetação nativa (VASCONCELLOS et al., 1998).

De forma semelhante aos resultados encontrados neste trabalho, a semelhança estatística entre os teores de Corg observada entre o PC e os diferentes sistemas de rotação de culturas sob plantio direto,

com exceção entre o sistema com a sucessão E+N+A, tem sido observada por vários autores em condições de Cerrado (Tabela 3) e, segundo estes autores, estão associadas ao efeito das condições de temperatura, umidade, teores de argila e óxidos de Fe e Al sobre a matéria orgânica (FREITAS et al., 2000; ROSCOE; BUURMAN, 2003). Segundo Roscoe e Buurman (2003), em seus estudos em solos de Cerrado em áreas sob plantio direto e convencional, a semelhança nos teores de Corg nestas condições está associada a alta concentração de óxidos de Fe e de Al que reduzem a disponibilidade da matéria orgânica do solo para decomposição, além dos altos níveis de argila, que a constitui em um fator de proteção do C orgânico do solo contra a decomposição.

De forma geral o sistema de preparo do solo não influenciou significativamente a relação C/N da matéria orgânica do solo, exceto no inverno, quando a rotação utilizada foi E+N+A, e houve maior relação C/N no plantio direto do que no plantio convencional (Tabela 3). Freitas et al. (2000) não observaram diferença significativa nos teores de C e N orgânico e C/N entre sistemas com duração de 20 anos sob plantio direto e convencional, em condições de Cerrado.

No presente trabalho, os valores da relação C/N, para os sistemas cultivados variaram entre 11,1 e 20,7 no inverno e 10,2 e 16,7 no verão. Freitas et al. (2000), observaram relações C/N em torno de 14,8; 15,0 e 17,1 para VN, PC e PD, respectivamente, e consideram que valores altos como estes são comuns em solos tropicais, devido à forte acidez do solo, que limita a decomposição da matéria orgânica com elevada relação C/N.

Quanto à relação C/P, as diferenças estatísticas observadas no inverno não se mantiveram, no verão e, de forma geral, houve uma semelhança estatística entre os sistemas de culturas utilizadas no plantio direto e entre sistemas plantio direto e convencional de preparo do solo sobre esta variável (Tabela 3). De forma geral, experimentos realizados em regiões do Cerrado, não têm apresentado teores

significativamente maiores de C para o sistema plantio direto em comparação ao sistema convencional, devido à maior intensidade de decomposição da matéria orgânica do solo, decorrente de altas temperaturas (ROSCOE, BODDEY; SALTON, 2006). No sul do país, onde as temperaturas são mais amenas, têm sido observadas diferenças importantes nos teores de Corg entre plantio direto e convencional, com maiores estoques de carbono no primeiro (JANTALIA et al., 2003).

Em amostragens realizadas no verão, em solos de Cerrado, Freitas et al. (2000), observaram teores de carbono de 21,4 e 21,7 mg g⁻¹ no plantio convencional e direto, respectivamente, ambos com 20 anos de duração, enquanto que na vegetação nativa o valor médio foi de 22,6 mg g⁻¹. De acordo com estes autores, a introdução de culturas exerce pequeno efeito nos estoques de C das camadas mais superficiais.

Foi observado um incremento nos níveis de P (Mehlich 1) da ordem de 448% quando a vegetação nativa foi substituída pelos sistemas de plantio. Esse resultado é justificado pelos teores de P dos solos do Cerrado serem originariamente baixos e a necessidade de aplicação de altas doses deste elemento para atender a exigência das culturas. De forma semelhante, Perin, Ceretta e Klamt (2003) observaram, com o uso agrícola e as conseqüentes adubações fosfatadas, um acúmulo de P disponível no horizonte superficial.

As diferenças nos teores de potássio e fósforo entre as rotações de culturas observadas no inverno de 2005, não se mantiveram nos mesmos sistemas nas avaliações de 2006 (Tabela 4). Santos e Tomm (1998), ao estudarem o efeito da rotação de culturas sobre a fertilidade do solo observaram incrementos nos teores de potássio no solo, sendo estatisticamente diferentes de acordo com as culturas utilizadas em rotação. A aveia e a ervilhaca desempenham importante função na reciclagem de potássio, de forma que, a aveia-preta pode servir como recicladora desse nutriente, por possuir

sistema radicular profundo, permitindo trazer para a camada superficial do solo o K lixiviado para horizontes abaixo da camada arável, contribuindo para o incremento deste nutriente nesta camada (BORKERT et al., 2003).

No sistema de rotação de culturas com a mistura de aveia + crotalária foi observado um maior teor de fósforo no verão que não se manteve na coleta de inverno. De Maria e Castro (1993), após cultivar aveia-preta e crotalária júncea como coberturas de entressafra de verão no PD por sete anos, observou maiores teores de P disponíveis no perfil do solo rotacionado com aveia, e segundo estes autores, isto se deu, possivelmente, em decorrência da maior eficiência em produzir fitomassa e ao sistema radicular mais capacitado desta gramínea em relação à crotalária, promovendo maior reciclagem de fósforo no sistema PD.

Nos tratamentos com sistemas de cultivo, houve uma redução de 69 e 45%, respectivamente, nos teores de Ca, Mg e, conseqüentemente 46% de redução na SB, considerando os valores médios das duas estações estudadas, em relação à vegetação nativa. A redução na disponibilidade de bases do solo pode estar associada à extração pelas culturas e a aplicação de um período sem a aplicação de calcário, considerando-se que o solo recebeu uma

tonelada ha⁻¹ cinco anos anteriores ao experimento. Perin, Ceretta e Klamt (2003), observaram um incremento nos teores de Ca e Mg com o uso do solo, estando associado à prática da calagem, porém, com uma tendência de declínio no sistema plantio direto com o tempo de uso, uma vez que menores doses de calcário são aplicadas neste sistema. Outro aspecto, é que a menor quantidade de matéria orgânica do solo observado nos sistemas de cultivo, quando comparado à vegetação nativa, proporciona uma menor CTC e, conseqüentemente, maior lixiviação de bases.

As maiores produtividades do milho foram obtidas no sistema de rotação de culturas que envolveram ervilhaca, crotalária, girassol e aveia+crotalária (Tabela 5). Diversos autores têm observado incrementos na produtividade do milho em sistemas de rotação envolvendo culturas de inverno; porém, estes incrementos na produtividade das culturas, são dependentes do aporte de resíduos produzidos, da proporção das misturas e da adubação nitrogenada (AITA et al., 2001; GIACOMINI et al., 2004). Bortolini, Silva e Argenta (2000), observaram maior produtividade do milho em sucessão à ervilhaca, na ausência de adubação nitrogenada, sendo que a produtividade do milho foi favorecida pelo incremento na proporção de ervilhaca na mistura ervilhaca + aveia.

Tabela 5. Produtividade média (kg ha⁻¹) do milho (verão), em função do sistema de rotação de culturas. Dourados-MS, 2005/6.

Cultura antecessora	Produtividade média (kg ha ⁻¹)
Ervilhaca peluda + Nabo forrageiro+ Aveia	2672 b
Girassol	3228 ab
Crotalária	3453 a
Ervilhaca	3574 a
Aveia+Crotalária	3057 ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤ 0,05).

Não houve diferença estatística na produtividade do milho em sucessão a girassol, aveia + crotalária e à mistura ervilhaca + nabo + aveia. Em algumas situações, tem sido observado menor produtividade de milho em sucessão a aveia, ou em misturas com aveia, quando não é realizada adubação nitrogenada adequada. Neste caso, a alta relação C/N da aveia (48) pode promover alta imobilização de N no solo e redução da disponibilidade de N para o milho, quando comparado com leguminosas (GONÇALVES; CERETTA, 1999; GIACOMINI et al, 2004; STRIEDER et al., 2006; AITA et al., 2004).

A importância da rotação de culturas no sistema plantio direto também foi destacada por Lombardi Neto et al. (2002). Em experimento realizado em Campinas-SP, em um LATOSSOLO Vermelho distrófico, estes autores observaram efeitos altamente significativos de 12 anos de rotação sobre a produtividade do milho, quando comparado ao milho contínuo, porém, a diferença na produtividade foi se acentuando ao longo dos anos.

Conclusões

A eliminação da vegetação nativa e posterior substituição por sistemas de cultivo reduz o C-BMS.

Nas condições de Cerrado, os sistemas de cultivos estudados incrementam o teor de fósforo no solo.

A rotação de culturas influencia a produtividade do milho cultivado no sistema de rotação após determinadas espécies de cobertura como crotalária e ervilhaca.

Referências

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Campinas, SP, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; CHIAPINOTTO, I. C.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I – Dinâmica do nitrogênio no solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 739-749, 2004.

ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O. J.; GARCIA, R. Effect of temperature on soil microbial biomass and its metabolic quotient in situ under different tillage systems. *Biology and Fertility of Soils*, Germany, v. 19, n. 2/3, p. 227-230, 1995.

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. São Paulo: Difel, 1986. 332 p.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*, Germany, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003.

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. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 641-649, 1998.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. de A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciado de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.

BRACCINI, A. de L. E.; BRITO, C. H. de; PÔNZIO, J. B.; MORETTI, C. L.; LOURES, E. G. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos com diferentes relações C/N sobre algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 42, n. 244, p. 671-684p. 1995.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em 4 extratos de solos e plantas. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 1, n. 113, p. 73-85, 1974.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).
- 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 sistema de manejo na região do Cerrado no Sul do estado de Goiás. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, n. 4, v. 26, p. 913-923, 2002.
- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 17, n. 13, p. 471-477, 1993.
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 104-113, 2001.
- FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa da aveia. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, v. 57, p. 25-29, maio/jun. 2000.
- FREITAS, P. L de; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, 2000.
- GAILLARD, V.; CHENU, C.; RECOUS, S.; RICHARD, G. Carbon, nitrogen and microbial gradients induced by plant residues decomposing in soil. *European Journal of Soil Science*, United Kingdom, v. 50, n. 4, p. 567-578, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-243.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G.; GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II- Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.
- GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 307-313, 1999.
- HARGREAVES, P. R.; BROOKES, P. C.; ROSS, G. J. S.; POULTON, P. R. Evaluating soil microbial biomass carbon as an indicator of long-term environmental change. *Soil Biology & Biochemistry*, Netherlands, v. 35, n. 3 p. 401-407, 2003.
- JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P. dos; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. B. Influência de rotações de culturas no estoque de carbono e nitrogênio do solo sob plantio direto e preparo convencional. *Agronomia*, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 91-97, 2003.
- LOMBARDI-NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J. Rotação de culturas: análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 2, p. 127-141, 2002.
- MARCHIORI JUNIOR, 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, n. 6, p. 1177-1182, jun. 2000.
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. *Atlas multirreferencial*. Campo Grande: Convênio Governo do Estado e Fundação IBGE. 1990. 28 p.
- 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). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- MEDEIROS, G. B. de; CALEGARI, A.; GAUDÊNCIO, C. *Rotação de culturas*. Paraná, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo. 2. ed. Curitiba: SEAB, 1994. 372 p.
- MERCANTE, F. M. *Os microorganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistema de produção de grãos e pastagem*. Dourados: Embrapa Agropecuária do Oeste, dez. 2001. (Coleção Sistema Plantio Direto, 5).
- MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.
- PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do planalto médio do rio grande do sul. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Campinas, v. 27, n. 4, p. 665-674, 2003.
- PIAO, H. C.; HONG, Y. T.; YUAN, Z. Y. Seasonal changes of microbial biomass carbon related to climatic factors in soils from Karst areas of southwest China. *Biology and Fertility of Soils*, Germany, v. 30, n. 4, p. 294-297, 2000.

- PIMENTEL-GOMES, F. *A estatística moderna na pesquisa agrônoma*. 3. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 162 p.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil & Tillage Research*, Netherlands, v. 70, n. 2, p. 107-119, 2003.
- ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Org.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 42 p.
- SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 477-486, 2003.
- STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P. C. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 879-890, 2006.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. *Tópicos em Ciências do Solo*, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 195-276, 2002.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biology & Biochemistry*, Netherlands, v. 19, n. 6, p.703-707, 1987.
- VASCONCELLOS, C. A.; FIGUEIREDO, A. P. H. D.; FRANÇA, G. E. de; COELHO, A. M.; BRESSAN, W. Manejo do solo e a atividade microbiana em Latossolo Vermelho-Escuro na região de Sete Lagoas-MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1897-1905, 1998.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, Philadelphia, v. 19, n.13, p. 1467-1476, 1989.