

EFEITO DOS SISTEMAS DE MANEJO E PLANTIO SOBRE A DENSIDADE DE GRUPOS FUNCIONAIS DE MICRORGANISMOS, EM SOLO DE CERRADO

EFFECT OF MANAGEMENT SYSTEMS AND PLANTING ON FUNCTIONAL MICRORGANISMS DENSITY, AT CERRADO SOIL

Maria Lucrecia Gerosa RAMOS¹; Maria Fernanda Scian MENEGHIN²; Caroline PEDROSO³; Cleber Morais GUIMARÃES⁴; Maria Luiza de Freitas KONRAD⁵

1. Professora Associada, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, Brasil. lucrecia@unb.br; 2. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; 3. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília, DF, Brasil.; 4. EMBRAPA – Arroz e Feijão, Goiânia, GO, Brasil; 5. Universidade Federal do Tocantins, Campus de Arraias, TO, Brasil.

RESUMO: O crescimento da agricultura e pecuária, que pode resultar em abertura de novas áreas de plantio, tem motivado pesquisas que buscam sistemas de produção mais sustentáveis, cujo manejo causa menor impacto e degradação do solo. O manejo do solo e a cobertura vegetal alteram suas propriedades, principalmente, as microbiológicas, provocando mudanças na densidade de microrganismos funcionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos sistemas de manejo e dos diferentes sistemas de plantio, sobre a densidade de grupos funcionais de microrganismos em solos de Cerrado. As coletas de solo foram feitas em duas profundidades (0-5 cm e 5-20 cm) e dois períodos (seco e chuvoso), nos seguintes tratamentos: plantio direto (PD), plantio direto com rotação (PDR), plantio convencional (PC), plantio convencional com rotação (PCR) e Cerrado nativo (Mata mesofítica). A vegetação nativa apresentou as maiores densidades microbianas, nos períodos seco e chuvoso, em ambas as profundidades analisadas. Em geral, os tratamentos PDR e PD apresentaram maiores densidades microbianas nas camadas mais superficiais. Os dados de correlação linear (r) entre os grupos totais e funcionais de microrganismos e os atributos químicos do solo variaram entre os sistemas de preparo do solo. A correlação entre grupos funcionais de microrganismos e os atributos químicos do solo foram variáveis nos diferentes sistemas de manejo. Concluiu-se que o solo de cerrado apresentou maior densidade microbiana, não houve diferença na densidade microbiana entre os sistemas de preparo no período seco.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo do solo. Microrganismos funcionais. Qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

O cerrado, um dos mais importantes biomas para a conservação da biodiversidade, tem sofrido altas taxas de desmatamento e mais da metade de seus dois milhões de Km² originais foram destinados ao cultivo de pastagens e culturas anuais (KLINK; MACHADO, 2005).

A conversão da vegetação nativa em área de produção agrícola pode reduzir drasticamente os teores de matéria orgânica (MOS), com perdas da ordem de 50% nos primeiros 20 cm de solo, principalmente nas camadas superficiais (RANGEL; SILVA, 2007).

Além disso, o manejo do solo exerce grande influência sobre a população microbiana, quantitativa e qualitativamente (PEREIRA et al., 1999). Solos produtivos apresentam grande diversidade de espécies de microrganismos que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, mineralização e

transferência de nutrientes entre os diferentes compartimentos do solo, controle biológico de patógenos, produção de substâncias promotoras de crescimento, fixação biológica de nitrogênio atmosférico e degradação de substâncias tóxicas no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A microbiota do solo também contribui com a liberação gradativa e contínua de nutrientes da matéria orgânica para as plantas e após a morte dos microrganismos, parte do conteúdo celular também se torna disponível às plantas (TURNER et al., 2003).

O tipo de cobertura vegetal e o manejo do solo promovem, ainda, alterações em suas propriedades físicas e químicas, afetando também a atividade microbiana e consequentemente o potencial de uso do solo para cultivo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O plantio convencional (PC) consiste de operações de cultivo primário (aração) seguida de operação secundária (gradagem). A aração e as

oscilações térmicas e hídricas no solo ocasionam alterações de sua biomassa microbiana, inclusive nos processos de decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (DICK, 1992). Por outro lado, no plantio direto (PD), a semeadura é realizada diretamente sob os resíduos da cultura anterior, sem movimentação do solo, exceto na linha de semeadura, promovendo o acúmulo de resíduos vegetais e conseqüentemente de matéria orgânica na superfície do solo, devido ao não revolvimento do mesmo (SALINAS et al., 2002; CALEGARI et al., 2008), promovendo, ainda, maior agregação do solo, principalmente devido ao aumento do teor de carbono orgânico do solo (CASTRO FILHO et al., 2002).

As alterações que ocorrem no solo promovem mudanças na biomassa microbiana nas diversas profundidades do solo (FIERER et al., 2003, PEREZ et al., 2004) e, entre os períodos seco e chuvoso (CARNEIRO et al., 2004). Da mesma forma, a rotação de culturas também interfere na variação populacional e da biomassa microbiana no solo (LARKIN, 2003).

Vários trabalhos têm sido feitos mostrando que o sistema de manejo, a adubação e a cultura afetam a densidade dos microrganismos do solo, dentre eles, os grupos funcionais (SANOMIYA; NAHAS, 2003; BERNARDES; SANTOS, 2006).

Andrade e Nogueira (2005) definem grupos funcionais como um grupo de populações de microrganismos que participa de um mesmo processo de transformação de um nutriente no solo, podendo participar de um ou mais ciclos biogeoquímicos.

Os grupos funcionais considerados neste estudo são aqueles que participam e atuam diretamente em um ou mais ciclos biogeoquímicos. Neste sentido, estes microrganismos podem ser indicadores biológicos dos distúrbios no solo, além de contribuir para a sua fertilidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos sistemas de manejo e dos diferentes sistemas de

plantio, sobre a densidade de grupos funcionais de microrganismos em solos de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa foi realizada em um experimento de rotação de culturas conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás (GO), de coordenadas geográficas 16°28' de latitude sul, 49°17' de longitude oeste e altitude de 823,77m, em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com aproximadamente 50% de argila.

A área foi cultivada até 1989 com andropogon (*Andropogon gayanus*). A partir daí, até o ano agrícola 92/93, a mesma área foi plantada com milho no verão e feijão na safrinha, porém no ano agrícola 94/95, apenas com milho no verão. Durante estes anos o solo foi preparado convencionalmente com arado e grade. O experimento em que foram retiradas amostras de solo foi instalado no ano agrícola 95/96, sendo implantados até 2003 os seguintes tratamentos: monocultivo de arroz após pousio durante o período de entressafra no Plantio Direto (PD) e no Plantio Convencional (PC); pela rotação bianual milho/soja-milho/soja-crotalária/arroz no Plantio Direto (PDR) e no Convencional (PCR) e a testemunha, representada pelo Cerrado Nativo (Mata mesofítica), conforme descrito na Tabela 1. Nestes tratamentos as culturas de verão, arroz e soja foram semeadas no início do período das chuvas, enquanto que o milho e a crotalária, sob PD, semeados imediatamente após a colheita das culturas de verão, durante o período de safrinha. O tratamento testemunha, representado pela vegetação nativa (Mata mesofítica), localizada na região adjacente ao experimento e representou as condições de equilíbrio antes da adoção de manejo agrícola do solo no local. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A área de cada parcela foi de 160m² (40m de comprimento x 4m de largura).

Tabela 1. Histórico de cultivo da área.

Sistema de preparo	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03
PDR	c/a	mi/s	mi/s	c/a	mi/s	mi/s	c/a	mi/s
PD	a	a	a	A	a	A	a	A
PCR	c/a	mi/s	mi/s	c/a	mi/s	mi/s	c/a	mi/s
PC	a	a	a	A	a	A	a	A

PDR = rotação de cultura em plantio direto; PD = monocultura em plantio direto; PCR = rotação de cultura em plantio convencional; PC = monocultura em plantio convencional; c = *Crotalaria juncea*; a = arroz; mi = milho e s = soja.

A cultura do arroz foi adubada na época da semeadura com 12, 90, 48, 4 de N, P₂O₅, K₂O, e Zn, respectivamente, e 20 kg.ha⁻¹ FTE BR12 com a seguinte composição: cálcio (7,1%), enxofre (5,7%), boro (1,8%), cobre (0,8%), manganês (2,0%), molibdênio (0,1%) e zinco (9,0%). Foram aplicados também 30 kg de N.ha⁻¹ em cobertura. A soja recebeu a mesma dose de 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O e foi inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, na dose de 600 g de inoculante.saco⁻¹ de sementes. As culturas de safrinha não foram adubadas.

As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-5 cm e de 5-20 cm, nas entrelinhas da cultura do arroz, para as análises microbiológicas. As coletas das amostras foram realizadas no pico do período seco (agosto/02) e período chuvoso (fevereiro/03).

Em cada tratamento e profundidade estudados, foram feitas também as análises químicas e a matéria orgânica do solo (Tabela 2) e esta foi analisada por oxidação por via úmida (EMBRAPA, 1997).

Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo e transportadas até o Laboratório de Biologia do Solo da Universidade de Brasília, onde ficaram armazenadas numa câmara fria, a uma temperatura variável entre 4-10°C, até o momento das análises.

Para avaliar a densidade microbiana dos grupos funcionais foi utilizado o método de diluição em série e plaqueamento. Frascos de vidro de 100mL, contendo 90mL de solução salina (8,50g de NaCl + 0,25g de KCl + 0,30g de CaCl₂ + 0,20g de NaHCO₃ em 1000mL de água destilada), foram colocados em autoclave por 30 minutos a 120°C. Após a esterilização do material, iniciou-se a diluição em série e o plaqueamento com 0,1 ml de suspensão de solo em cada placa, utilizando-se os meios de cultura citados abaixo. As placas inoculadas foram incubadas por um período variável (4-14 dias), de acordo com o grupo de microrganismo estudado. Após o período de incubação, as colônias foram contadas e utilizou-se a seguinte fórmula para a quantificação da densidade microbiana: $DM = (UFC \times 10 \times \text{diluição}) \cdot Ps^{-1}$, onde, DM = Densidade Microbiana; UFC = Unidade Formadora de Colônia; Ps = Peso seco (g de solo seco). Para a os microrganismos amonificadores foi

feita a diluição em série e 0,1 ml foi inoculado em meio líquido e quantificado o número mais provável de microrganismos. Para cada série de diluição foram feitas três repetições.

Foram quantificados os seguintes grupos totais e funcionais de microrganismos do solo: celulolíticos (WOOD, 1980), amilolíticos (PONTECORVO et al., 1953), solubilizadores de fosfatos (SYLVESTER-BRADLEY et al., 1982) e amonificadores (SARATCHANDRA, 1978).

A análise estatística da densidade microbiana foi feita utilizando-se o programa SANEST (ZONTA et al., 1984); as parcelas foram os sistemas de produção e as profundidades, as subparcelas. Foi feita a análise de correlação linear de Pearson entre os grupos funcionais de microrganismos e os nutrientes do solo nos diferentes sistemas de produção, agrupando-se os dados individuais das épocas de coletas e profundidades do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mata nativa apresentou as maiores densidades de microrganismos amilolíticos, celulolíticos e amonificadores, durante os períodos seco (Tabelas 3 e 4) e chuvoso (Tabelas 5 e 6), nas duas profundidades estudadas, com exceção de microrganismos amilolíticos e celulolíticos na profundidade de 5-20 cm, no período chuvoso. A maior disponibilidade de resíduos orgânicos no ambiente de mata nestas camadas pode ter favorecido o desenvolvimento dos microrganismos.

O cerrado nativo constitui um sistema em equilíbrio e não sofre influências antrópicas como os demais tratamentos e o não-revolvimento do solo e a permanência dos resíduos possibilitam melhor desenvolvimento dos microrganismos, principalmente devido ao aumento dos teores de matéria orgânica nas camadas mais superficiais (BALOTA, 1997; CALEGARI et al., 2008). Neste experimento, observou-se que em todas as épocas de coleta, foram obtidos maiores valores de matéria orgânica no solo sob mata nativa (Tabela 2) e o elevado teor de matéria orgânica num solo tende a manter estável a população microbiana ao longo do ano pelas heterogêneas fontes de carbono e provável riqueza de nichos ecológicos (GRAYSTON et al., 2001).

Tabela 2. Análise química do solo nos diferentes sistemas de preparo, nos períodos seco (2002) e chuvoso (2003) e nas duas profundidades estudadas.

Sistema de preparo	pH (H ₂ O)	mmol/dm ³			mg/dm ³					g/dm ³	
		Ca	Mg	Al	P	K	Cu	Zn	Fe		Mn
Período seco (0-5 cm)											
PDR	5,2	18,3	7,8	1,7	5,0	102,3	1,4	2,0	25,7	20,3	23,7
PD	4,4	3,9	2,3	8,3	7,0	105,0	1,5	3,7	26,0	14,3	21,0
PCR	5,2	16,8	5,6	2,0	2,5	124,3	1,3	1,5	30,0	20,3	21,0
PC	5,2	19,5	5,8	2,7	2,6	126,3	1,2	2,1	25,0	28,3	23,3
Mata	5,8	51,6	21,4	0,7	1,2	147,0	0,9	1,8	35,7	70,0	35,3
Período seco (5-20 cm)											
PDR	5,3	15,0	5,4	1,7	3,4	34,7	1,5	2,6	24,3	15,3	19,0
PD	4,9	9,0	3,0	4,7	4,9	43,0	1,5	5,1	23,3	13,7	19,0
PCR	5,4	17,7	6,0	1,3	1,8	57,0	1,4	1,2	31,7	17,7	19,3
PC	5,4	19,3	5,5	1,7	2,6	80,0	1,2	2,0	25,0	21,0	21,3
Mata	5,4	19,8	10,7	3,0	0,8	83,0	1,4	0,6	41,7	47,3	24,7
Período chuvoso (0-5 cm)											
PDR	5,6	14,4	7,1	1,3	3,5	62,0	1,2	2,2	25,7	13,7	21,7
PD	4,7	3,6	1,6	9,3	6,4	29,7	1,6	3,2	31,7	8,0	20,3
PCR	5,9	19,8	5,9	0,7	2,0	71,7	1,5	4,2	47,7	23,0	21,3
PC	5,6	17,4	3,7	2,7	2,5	52,0	1,2	2,5	30,0	21,7	21,0
Mata	5,8	45,6	14,3	0,3	1,0	173,7	1,0	2,3	37,0	58,0	35,3
Período chuvoso (5-20 cm)											
PDR	5,4	5,7	2,2	3,0	4,9	48,3	1,7	3,1	28,7	7,7	19,0
PD	5,2	9,9	2,8	3,7	6,1	50,7	1,7	8,4	29,0	10,0	18,3
PCR	5,9	21,0	6,4	0,7	1,8	77,3	1,4	2,1	73,0	30,7	19,3
PC	5,6	21,9	5,2	1,7	2,5	69,3	1,1	2,8	32,0	24,3	20,0
Mata	5,6	15,3	10,1	3,0	0,6	60,3	1,5	0,8	44,3	39,7	22,0

PDR = rotação de cultura em plantio direto; PD = monocultura em plantio direto; PCR = rotação de cultura em plantio convencional; PC = monocultura em plantio convencional; c = *Crotalaria juncea*; a = arroz; mi = milho e s = soja.

Tabela 3. Densidade de microrganismos amilolíticos e amonificadores em diferentes sistemas de preparo de solo, no período seco de 2002.

Sistema de preparo	Amilolíticos (UFCx 10 ⁴ .g ⁻¹)		Amonificadores (UFCx10 ⁶ .g ⁻¹)	
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-20	0-5	5-20
PDR	33,4bA	28,8bA	3,7bA	1,0cB
PD	18,8bcA	9,8bA	3,7bA	4,6bA
PCR	32,2bA	5,0bB	3,7bA	4,8bA
PC	4,2cA	7,4bA	2,6bA	6,1bB
Mata	168,5aA	79,2aB	53,1aA	11,4aB

PDR = plantio direto com rotação; PD = plantio direto; PCR = plantio convencional com rotação e PC = plantio convencional; ⁽¹⁾ Os números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada grupo de microrganismo, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 4. Densidade de microrganismos celulolíticos e solubilizadores de fosfato em diferentes sistemas de preparo de solo, no período seco de 2002.

Sistema de preparo	Celulolíticos (UFCx 10 ⁴ .g ⁻¹)		Solubilizadores de fosfato (UFCx10 ⁴ .g ⁻¹)	
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-20	0-5	5-20
PDR	25,2bA	6,9bB	2,4aA	2,2aA
PD	22,0bA	6,8bA	1,6aA	1,8aA
PCR	10,3bA	15,1bA	2,1aA	1,9aA
PC	15,8bA	5,7bA	1,8aA	1,7aA
Mata	126,8aA	45,0aB	2,4aA	2,2aA

PDR = plantio direto com rotação; PD = plantio direto; PCR = plantio convencional com rotação e PC = plantio convencional; ⁽¹⁾ Os números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada grupo de microrganismo, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 5. Densidade de microrganismos amilolíticos e amonificadores em diferentes sistemas de preparo de solo, no período chuvoso de 2003.

Sistema de preparo	Amilolíticos (UFCx 10 ⁵ .g ⁻¹)		Amonificadores (UFCx10 ⁷ .g ⁻¹)	
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-20	0-5	5-20
PDR	10,6bA	3,1aB	5,4cA	3,4 cA
PD	3,7cA	2,4aA	2,8cA	14,1bA
PCR	6,5bcA	3,2aA	23,4bA	3,0cB
PC	3,9cA	2,0aA	3,0cA	5,2cA
Mata	24,2aA	3,6aB	50,6aA	28,3aB

PDR = plantio direto com rotação; PD = plantio direto; PCR = plantio convencional com rotação e PC = plantio convencional; ⁽¹⁾ Os números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada grupo de microrganismo, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 6. Densidade de microrganismos celulolíticos e solubilizadores de fosfato em diferentes sistemas de preparo, no período chuvoso de 2003.

Sistema de preparo	Celulolíticos (UFCx10 ⁵ .g ⁻¹)		Solubilizadores de fosfato (UFCx10 ⁴ .g ⁻¹)	
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-20	0-5	5-20
PDR	9,9bA	1,7bB	5,8aA	2,0cA
PD	7,8bA	4,3abB	4,5aA	2,7cA
PCR	1,9cB	5,7aA	2,8aA	8,3bcA
PC	1,8cA	2,7bA	2,3aB	10,0bA
Mata	12,8aA	6,7aB	4,7aB	21,8aA

PDR = plantio direto com rotação; PD = plantio direto; PCR = plantio convencional com rotação e PC = plantio convencional. ⁽¹⁾ Os números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada grupo de microrganismo, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

No período seco, em geral, não houve diferenças significativas entre os diferentes sistemas de preparo de solo (Tabelas 3 e 4) para os grupos funcionais de microrganismos estudados (celulolíticos, amonificadores e solubilizadores de fosfatos), indicando que, possivelmente, em solo sob baixa umidade, pode ocorrer a limitada difusão de substratos solúveis aos microrganismos ou provocar a redução da mobilidade microbiana no solo (VORONEY, 2007). Nesses sistemas, os microrganismos solubilizadores de fosfatos apresentaram densidades semelhantes às da mata nativa. A densidade de amilolíticos foi menor no tratamento PC ($4,2 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ solo), comparado ao PDR ($33,4 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ solo) e PCR ($32,2 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ solo), na profundidade de 0-5 cm. Dominy et al. (2002), Pankhurst et al. (2002) e Feng et al. (2003) também observaram que a atividade microbiana foi mais intensa nas camadas superficiais de solos sob PD e atribuíram o resultado aos maiores níveis de matéria orgânica nestas camadas. Na profundidade de 5-20 cm, não houve diferença significativa entre os sistemas de preparo na densidade de amilolíticos (entre $5,0$ e $28,8 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ solo) e celulolíticos (entre $5,7$ e $15,1 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ solo) e estes apresentaram menores valores que a área nativa de cerrado; já a densidade de amonificadores foi menor no PDR que nos outros sistemas de preparo na profundidade de 5-20 cm de profundidade. Não se observaram diferenças significativas na densidade de solubilizadores entre os preparos de solo em ambas as profundidades no período seco.

Neste estudo, a rotação de culturas pode também ter contribuído para a maior densidade microbiana, como nos amilolíticos na camada de 0-5 cm no tratamento PCR, amonificadores e celulolíticos para a camada de 0-5 cm no tratamento PDR. Sanomiya e Nahas (2003) observaram alterações da densidade de amilolíticos e celulolíticos foi alterada, de acordo com a cultura plantada, apresentando maiores densidades em solo cultivado com guandu, além disso a adubação fosfatada e calagem também promoveram maior densidades destes grupos funcionais de microrganismos.

Os grupos funcionais de microrganismos quantificados neste estudo responderam de forma diferenciada aos sistemas de preparo no período chuvoso (Tabelas 5 e 6), sugerindo que as variações climáticas no cerrado promovem maiores alterações

na microbiota do solo que os diferentes sistemas de manejo (FRAZÃO et al., 2010). Em geral, a densidade microbiana foi maior na área nativa de cerrado, principalmente na profundidade de 0-5 cm (Tabelas 5 e 6), com exceção dos solubilizadores de fosfato, que apresentaram maior densidade na profundidade de 5-20 cm. Dentro de cada profundidade, em geral, foram obtidas menores densidades de microrganismos de 5-20 cm, possivelmente por conter menores teores de matéria orgânica do solo (Tabela 2).

Na profundidade de 0-5 cm, o tratamento PDR apresentou as maiores densidades de microrganismos amilolíticos ($10,6 \times 10^5$ UFC.g⁻¹ solo) e celulolíticos ($9,9 \times 10^5$ UFC.g⁻¹ solo); o PD ($7,8 \times 10^5$ UFC.g⁻¹ solo) não se diferenciou significativamente do PDR para celulolíticos e o tratamento PCR apresentou a maior densidade de amonificadores ($23,4 \times 10^7$ UFC.g⁻¹ solo), nesta mesma camada. Na camada de 5-20 cm, foram obtidas maiores densidades de amonificadores no tratamento PD ($14,1$ UFC $\times 10^7$), maior densidade de celulolíticos no tratamento PCR ($5,7$ UFC $\times 10^5$) e maior densidade de solubilizadores de fosfatos nos tratamentos PCR e PC ($10,0$ e $8,3$ UFC $\times 10^4$, respectivamente).

Entre os sistemas de preparo do solo, os amilolíticos na profundidade de 5-20 cm e os amonificadores e os celulolíticos nas duas camadas também não apresentaram diferenças significativas. Este trabalho corrobora com os estudos realizados por Balota (1997), que obteve resultados semelhantes para os solubilizadores de fosfato em sistema de plantio direto e convencional, avaliados durante três anos. Contudo, Nahas et al. (1994), ao estudarem a densidade de solubilizadores de fosfato em diferentes solos do Estado de São Paulo, encontraram maiores densidades de bactérias solubilizadoras de fosfato e Carneiro et al. (2004), ao estudarem diversos adubos verdes incorporados ao solo em sistema de plantio direto e convencional nos Cerrados, encontraram uma densidade de bactérias solubilizadoras de fosfato variou entre $1,9$ a 4×10^4 bactérias.g⁻¹ solo em coletas feitas em julho (período seco). No presente trabalho, no período seco, a densidade de solubilizadores de fosfato variou entre $1,7$ a $2,2 \times 10^4$ bactérias.g⁻¹ solo, na camada de 5-20 cm. (Tabela 4).

A correlação de Pearson entre os grupos funcionais de microrganismos nos diferentes sistemas de produção está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Coeficiente de correlação linear (r) entre grupos funcionais de microrganismos e atributos químicos do solo. AMI = amilolíticos; AMO = amonificadores; CEL = celulolíticos; SOL = solubilizadores de fosfato; MO = matéria orgânica do solo; (*) = significativo a 5%; (**) = significativo a 1% e ns = não significativo.

	pH	Ca	Mg	Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
Cerrado nativo											
AMI	0,600*	0,695*	0,590*	-0,673*	0,561ns	0,587*	-0,496ns	0,863**	-0,241ns	0,601*	0,641*
AMO	0,568ns	0,182ns	0,059ns	-0,337ns	-0,017ns	0,313ns	-0,180ns	0,576*	0,014ns	-0,011ns	0,213ns
CEL	0,704*	0,734**	0,550ns	-0,690*	0,364ns	0,716**	-0,593*	0,778**	-0,462ns	0,657*	0,676*
SOL	0,034ns	-0,352ns	-0,167ns	0,027ns	-0,633*	-0,161ns	-0,008ns	-0,260ns	-0,126ns	-0,419ns	-0,263ns
Plantio direto com rotação (PDR)											
AMI	0,538ns	0,113ns	0,319ns	-0,406ns	-0,144ns	0,017ns	-0,490ns	-0,028ns	-0,072ns	-0,045ns	0,133ns
AMO	0,809**	-0,288ns	-0,060ns	-0,048ns	0,049ns	-0,110ns	-0,167ns	0,182ns	0,372ns	-0,424ns	0,121ns
CEL	0,632*	0,174ns	0,397ns	-0,384ns	-0,198ns	0,200ns	-0,646*	-0,106ns	-0,097ns	0,031ns	0,336ns
SOL	0,509ns	0,298ns	0,578*	-0,394ns	-0,069ns	0,058ns	-0,673*	0,119ns	-0,080ns	0,132ns	0,247ns
Plantio direto (PD)											
AMI	0,080ns	-0,185ns	-0,238ns	0,261ns	0,209ns	-0,198ns	0,226ns	-0,100ns	0,853**	-0,395ns	0,098ns
AMO	0,565ns	0,264ns	0,049ns	-0,379ns	0,097ns	-0,225ns	0,624*	0,698*	0,404ns	-0,315ns	-0,486ns
CEL	-0,007ns	-0,336ns	-0,391ns	0,371ns	0,249ns	-0,393ns	0,362ns	-0,088ns	0,926**	-0,599*	0,012ns
SOL	0,031ns	-0,272ns	-0,367ns	0,340ns	0,143ns	-0,637*	0,207ns	-0,059ns	0,668*	-0,548ns	0,002ns
Plantio convencional com rotação (PCR)											
AMI	0,434ns	0,058ns	0,031ns	-0,346ns	-0,173ns	-0,063ns	0,493ns	0,896**	0,405ns	0,019ns	0,013ns
AMO	0,603*	0,148ns	0,027ns	-0,363ns	0,015ns	-0,164ns	0,023ns	0,496ns	0,147ns	0,148ns	0,299ns
CEL	0,600*	0,274ns	0,242ns	-0,504ns	-0,217ns	-0,210ns	0,055ns	0,056ns	0,833**	0,441ns	-0,234ns
SOL	0,453ns	0,350ns	0,259ns	-0,303ns	0,163ns	0,186ns	-0,347ns	0,114ns	0,362ns	0,730**	0,182ns
Plantio convencional (PC)											
AMI	0,352ns	-0,042ns	-0,371ns	0,038ns	-0,146ns	-0,743**	0,043ns	0,182ns	0,435ns	-0,230ns	-0,241ns
AMO	0,534ns	0,056ns	-0,283ns	-0,050ns	0,007ns	-0,743**	-0,122ns	0,416ns	0,551ns	-0,101ns	-0,397ns
CEL	0,139ns	0,012ns	-0,159ns	0,137ns	-0,295ns	-0,237ns	-0,117ns	0,110ns	0,572ns	-0,065ns	-0,150ns
SOL	0,275ns	0,186ns	0,037ns	-0,237ns	-0,250ns	-0,293ns	-0,293ns	0,263ns	0,392ns	-0,091ns	-0,241ns

No sistema PD houve correlação positiva entre o Fe e os microrganismos amilolíticos ($r=0,853$), celulolíticos ($0,926$) e solubilizadores de fosfato ($0,668$), indicando que o incremento daquele nutriente favorece o desenvolvimento dos grupos funcionais; já no sistema PCR, houve correlação positiva entre o Fe e os microrganismos celulolíticos ($0,833$). Os microrganismos celulolíticos correlacionaram positivamente com o pH, Ca, K, Zn, Mn ($r = -0,599$) e MO e negativamente com Al e Cu ($r = -0,646$) no solo de cerrado nativo, demonstrando sua adaptação a este ambiente estável. Nos sistemas de uso do solo PDR e PCR os celulolíticos também mostraram correlação positiva com o pH, presumindo-se que a correção do solo não altera a sua atividade de degradação de celulose. A correlação negativa com Al e Cu no solo de Cerrado e Cu no sistema PDR demonstram a sensibilidade destes microrganismos à presença destes elementos. Cattelan e Vidor (1990), estudando vários sistemas de preparo, obtiveram correlações positivas entre fungos e actinomicetos com matéria orgânica e o K e entre bactérias e o P, Ca e Mg.

Ao avaliar a interferência dos diversos tipos de manejo na população microbiana em solo de cerrado, Bernardes e Santos (2006) constataram que a densidade de celulolíticos não foi alterada pelos diferentes tipos de manejo, mas pela fase de desenvolvimento da cultura de soja, apresentando maior população no plantio que na colheita, justificado pelos autores pela maior umidade do solo.

Os microrganismos amonificadores correlacionaram-se positivamente com o pH nos sistemas PDR e PCR, demonstrando que pH mais básico favorece as suas atividades. A correlação positiva com Zn ($r = 0,698$) nos solos de Cerrado nativo e no sistema PD e Cu no PD podem indicar um papel importante deste nutriente aos microrganismos amonificadores com este nutriente e a correlação negativa com K no PC pode indicar uma inibição da atividade do microrganismo em questão.

Os microrganismos amilolíticos apresentaram correlações positivas com a maioria dos componentes químicos do solo no Cerrado nativo, como o pH ($r = 0,600$), Ca ($r = 0,695$), Mg ($r = 0,590$), K ($r = 0,597$), Zn ($r = 0,863$), Mn ($r = 0,601$) e MO ($r = 0,641$) e negativa com Al ($r = -0,673$). Nos sistemas de cultivo apresentou correlação positiva com Fe ($r = 0,853$), no PD e Zn

($r = 0,896$), no PCR e negativa com K ($r = 0,743$). Essas correlações positivas podem ser explicadas pelo fato de que tanto no período seco quanto no período chuvoso em ambas as profundidades o solo de mata nativa apresenta maior densidade de microrganismos amilolíticos (Tabelas 2 e 4) e conseqüentemente maior quantidade de substrato de amido.

Os solubilizadores de fosfato apresentam apenas correlação negativa com P ($r = -0,633$) no solo do Cerrado nativo e nos sistemas de cultivo apresentaram correlações positivas com Mg ($r = 0,578$), no PDR, Fe ($r = 0,668$), no PD e Mn ($r = 0,730$), no PCR e negativa com Cu ($r = -0,673$), no PDR, K ($r = -0,637$), no PD. Os diferentes grupos funcionais de microrganismos comportaram-se de forma diferenciada nos diferentes sistemas de preparo do solo e na área nativa, em relação aos atributos químicos do solo. Cattelan e Vidor (1990), estudando vários sistemas de preparo, obtiveram correlações positivas entre fungos e actinomicetos com matéria orgânica e o K e entre bactérias e o P, Ca e Mg.

Bernardes e Santos (2006) não notaram diferenças significativas no tamanho das populações de solubilizadores de fosfato, quando compararam semeadura e fase vegetativa, nos diversos sistemas de plantio de soja em solo de Cerrado. Os autores notaram que a população cresceu em termos absolutos da semeadura até a colheita e associaram esse comportamento, possivelmente, devido ao esgotamento do fósforo do adubo químico na fase vegetativa o que implicou numa maior multiplicação dos microrganismos.

CONCLUSÕES

O solo de Cerrado nativo apresentou as maiores densidades microbianas de amonificadores, solubilizadores de fosfatos, amilolíticos e celulolíticos, nos períodos seco e chuvoso, em ambas as profundidades analisadas;

Não há diferença significativa entre os sistemas de preparo do solo para os grupos funcionais de microrganismos no período seco (amonificadores, solubilizadores de fosfatos, amilolíticos e celulolíticos).

Os dados de correlação linear (r) entre os grupos totais e funcionais de microrganismos e os atributos químicos do solo variaram entre os sistemas de preparo do solo estudados.

ABSTRACT: Growth of agriculture and livestock can result in opening new areas for planting and has increased research to obtain sustainable production systems with lower impact and soil degradation. Soil management and cover plant alters their properties, mainly, microbiological one, leading changes on functional microorganisms density. The aim of this work was to evaluate the effect of management systems and different planting systems on density of functional groups of microorganisms in cerrado soil. Soil samples were collected in two layers (0-5cm e 5-20cm) and two periods (dry and wet season). The treatments studied were: no-tillage (NT); no-tillage with crop rotation (NTCR); conventional tillage (CT); conventional tillage with crop rotation (CTCR) and native Cerrado (mesophytic forest). Native Cerrado showed higher microbial density at both layers and periods of evaluation. In general, the treatments NTCR and NT had the highest microbial density at superficial layers. The results of linear correlation between functional groups of microorganisms and chemical soil varied among tillage system. It was concluded that cerrado soil presented higher microbial density and microbial density was similar among soil management at dry period.

KEYWORDS: Soil management. Microbial functional. Soil quality.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G.; NOGUEIRA, M. Bioindicadores para uma análise de risco ambiental. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, v. 34, p. 11-19, 2005.
- BALOTA, E. L. Alterações microbiológicas em solo cultivado sob o plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. dos G.; AHRENS, D. C. & SAMAHA, M. J. (Eds). *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p. 222-231.
- BERNARDES, C. M.; SANTOS, M. A. População microbiana como indicadora de interferência de diferentes manejos de solos de Cerrado com cultivo de soja. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 7-16, 2006.
- CALEGARI, A.; HARGROVE, W. L.; RHEINHEIMER, D. DOS S.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S. DE; GUIMARÃES, M. de F. Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an Oxisol: A model for sustainability. *Agronomy Journal*, Madison, v. 100, p. 1013-1019, 2008.
- CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, p. 661-669, 2004.
- CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 65, p. 45-51, 2002.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, p. 125-132, 1990.
- DICK, R. P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 40, p. 25-36, 1992.
- DOMINY, C. S.; HAYNES, R. J. Influence of agricultural and land management on organic matter content, microbial activity and aggregate stability in the profiles of two Oxisols. *Biology & Fertility of Soils*, v. 36, p. 298-305, 2002.
- EMBRAPA. *Manual de Métodos de Análises de Solo*. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Edição revisada e atualizada. EMBRAPA: Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

- FENG, Y.; MOTTA, A. C.; REEVES, D. W.; BURMESTER, C. H.; VAN SANTEN, E.; OSBORNE, J. A. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 35, p. 1693-1703, 2003.
- FIERER, N.; SCHIMMEL, J. P.; HOLDEN, P. A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v.35, p.167-176, 2003.
- FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M DE 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. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 135, p. 161–167, 2010.
- GRAYSTON, S. J.; GRIFFITH, G. S.; MAWDESLEY, J. L.; CAMPEBELL, C. D.; BARDGETT, R. D. Accounting of variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v.33, p. 533-551, 2001.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, v. 1, p. 147-155, 2005.
- LARKIN, R. P. Characterization of soil microbial communities under different potato cropping systems by microbial population dynamics, substrate utilization, and fatty acid profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 35, p. 1451-1466, 2003.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras, UFLA, 2006. 625 p.
- NAHAS, E. CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 43-48, 1994.
- PANKHURST, C. E.; KIRKBY, C. A.; HARCH, B. D.; HAWKE, B. G. Impact of a change in tillage and crop residue management practice on soil chemical and microbiological properties in a cereal-producing red duplex soil in NSW, Australia. *Biology & Fertility of Soils*, v. 35, p. 189-196, 2002.
- PEREIRA, J. C.; NEVES, M. C. P.; DROZDOWICZ, A. Dinâmica das populações bacterianas em solos de cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, p. 801-811, 1999.
- PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, p. 567-573, 2004.
- PONTECORVO, G.; ROPER, J. A.; HEMONS, L. M.; MACDONALDS, K. D.; BUFFON, A. W. J. The genetic of *Aspergillus nidulans*. *Advances in Genetics*, v. 5, p. 141-238. 1953.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, p. 1609-1923, 2007.
- SALINAS, J. R.; VELÁZQUEZ-GARCÍA, J. de J.; GALLARDO-VALDEZ, M.; DÍAZ-MEDEROS, P.; CABALLERO-NHERNÁNDEZ, F.; TAPIA-VARGAS, L. M.; ROSALES-ROBLES, E. Tillage effects on microbial biomass and nutrient distribution in soils under rain-fed corn production in central-western Mexico. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 66, p. 143-152, 2002.
- SANOMIYA, L. T.; NAHAS, E. Microrganismos produtores de hidrolases envolvidos nas transformações dos compostos do carbono e do nitrogênio do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, p. 835-842, 2003.
- SARATCHANDRA, S. V. Nitrification activities and the changes in the population of nitrifying bacteria in soil perfused with two different H-ion concentrations. *Plant & Soil*, Dordrecht, v. 50, p. 99-111, 1978.

SYLVESTER-BRADLEY, R.; AKASAWA, N.; LA TORRANCA, S.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L.A.; PEREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de micorganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 12, p. 15-22, 1982.

TURNER, B. L.; DRIESSEN, J. P.; HAYGARTH, P. M.; MCKELVIE, I. D. Potential contribution of lysed bacterial cells to phosphorus solubilisation in two rewetted Australian pasture soils. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 35, p. 187-189, 2003.

VORONEY, R. P. The soil habitat. In: PAUL, E. A. (Ed.). 3rd Edition. *Soil microbiology and biochemistry*. Oxford: Elsevier, 2007. p. 25-52

WOOD, P. J. 1980. Specificity in the interactions of direct dyes with polysaccharides *Carbohydrate Research*, v. 85, p. 271-287, 1980.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. *Sistemas de análise estatística para microcomputadores (SANEST)*. Pelotas: UFPel-Departamento de Matemática e Estatística, 1984. 151p.