

Impacto de Sistemas Agropecuários na Qualidade do Solo.

CLOVIS DANIEL BORGES⁽¹⁾, FÁBIO MARTINS MERCANTE⁽²⁾, ROGÉRIO FERREIRA DA SILVA⁽³⁾ & JÚLIO CESAR SALTON⁽²⁾

RESUMO – O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes sistemas de manejo do solo, utilizando-se de indicadores microbiológicos, químicos e físicos, além de sistemas naturais de ocorrência na região Sul de Mato Grosso do Sul. O estudo foi conduzido no Município de Dourados-MS, sob solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico. Os sistemas de manejo avaliados foram: sistema convencional, sistema plantio direto, sistema de integração lavoura-pecuária e pastagem contínua. Para comparação, foram avaliados dois sistemas sob vegetação nativa da região: Floresta Semidecídua e Cerrado. No presente estudo, as amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0–10 cm. Para avaliar o carbono e a atividade da biomassa microbiana, foram utilizados os métodos da fumigação-extração e respiração basal (evolução de CO₂), respectivamente. Todos os atributos utilizados mostraram-se sensíveis para detecção de alterações no solo em função do manejo adotado. O carbono da biomassa microbiana e atividade microbiana mostraram-se bons indicadores para caracterizar a qualidade ambiental de um solo sob vegetação nativa.

Palavras-chave: Sistema plantio direto, bioindicadores, propriedades físicas do solo.

Introdução

A exploração primária, na região do Cerrado, baseia-se na produção de grãos em lavouras mecanizadas e bovinocultura de corte extensivo, apresentando baixos índices de eficiência, além de crescentes taxas de degradação dos solos e do potencial produtivo [1]. Tais processos são decorrentes do manejo inadequado do solo e da pastagem, pastejo excessivo, monocultura, ausência de práticas conservacionistas e uso de equipamentos inadequados no preparo do solo, com reflexos diretos na degradação dos recursos naturais.

Neste sentido, o sistema com rotação entre culturas anuais e pastagem tem sido proposto como uma alternativa para se obter um manejo sustentável do solo e da água nos trópicos [2,3]. Diversos estudos demonstram que sistemas de manejo mais conservacionistas, como o sistema integrado lavoura-pecuária, provocam menor impacto nos atributos biológicos, químicos e físicos do solo, quando comparados com sistemas sob manejo convencional,

envolvendo arações e gradagens [4]. Por outro lado, outros estudos têm demonstrado que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas convencionais, com o uso de arações e gradagens, tem resultado em decréscimo da qualidade do aporte de C nos diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo [5,6]. Estas perdas de qualidade são ocasionadas, em grande parte, pelo tipo de manejo adotado nas mais diversas condições ambientais [7].

Contudo, existe uma demanda crescente para a identificação de parâmetros que avaliem, precocemente e de modo eficaz, as alterações que ocorrem no solo em função das práticas de manejo adotadas [8].

O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes sistemas de manejo do solo, utilizando-se de indicadores microbiológicos, químicos e físicos.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no período de agosto a setembro de 2007 (safra de inverno), no campo experimental da *Embrapa Agropecuária Oeste*, Município de Dourados-MS (22° 14' S e 54°49'W), num solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, com teores médios de 60% de argila. O clima de ocorrência, segundo a classificação de Köppen, é Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno.

Os tratamentos de manejo do solo foram instalados em 1996 e consistiram dos seguintes sistemas: **sistema convencional (SC)**, com cultivo de soja no verão e aveia no outono/inverno, sendo o solo preparado com o uso de grades de disco e utilização de herbicidas residuais em pré-emergência, ocupando uma parcela de 2,0 ha; **sistema plantio direto (SPD)**, caracterizado pelo não revolvimento do solo e rotações de culturas, tendo como culturas de verão o milho e a soja, intercaladas com trigo, aveia e nabo forrageiro. Este sistema está subdividido em três faixas, ocupando 2,0 ha cada; **Sistema integrado lavoura-pecuária (SILP)**, caracterizado pela alternância de lavoura (soja/aveia) com pastagem (*Brachiaria decumbens*), conduzido no SPD, com ciclo de dois anos. Cada subparcela ocupa 4,0 ha, totalizando 8,0 ha, sendo que a gleba com pastagem tem sido submetida a pastejo rotativo por bovinos; **Pastagem contínua (PC)**, abrangendo uma área de 4,0 ha com pastagem de *B. decumbens*, manejada em pastoreio rotativo. Para comparação, foram avaliados dois sistemas sob vegetação nativa da região, em áreas adjacentes aos sistemas manejados: Floresta Semidecídua (SN) e Cerrado (CE). As avaliações foram realizadas no

⁽¹⁾Pós-Graduando em Microbiologia pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, FCAV/UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Câmpus Jaboticabal, SP. 14884-900. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: clovis.borges@posgrad.fcav.unesp.br

⁽²⁾Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste. BR 163, km 253, Caixa Postal 661, 79804-970, Dourados, MS. Email: mercante@cpao.embrapa.br

⁽³⁾TNS, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Caixa Postal 351, CEP 79804-970, Dourados, MS. E-mail: rogerio@uem.br

florescimento pleno da cultura da aveia, coletando-se cinco amostras em cada sistema, compostas de vinte e uma subamostras de solo, a uma profundidade de 0-10 cm.

O carbono da biomassa microbiana do solo foi determinado pelo método da fumigação-extração, proposto por Vance et al. [9], utilizando-se o fator de correção para a eficiência de extração (K_{ec}) de 0,33.

A atividade microbiana foi avaliada pelo método da respirometria (evolução de CO_2), modificado segundo De-Polli & Guerra [10].

O quociente metabólico foi definido pela relação entre respiração e o C da biomassa microbiana, conforme Anderson & Domsch [11]. O índice da qualidade nutricional da matéria orgânica foi expresso pelo quociente microbiano, definido pela relação entre o C da biomassa microbiana e o C orgânico total do solo.

Para a determinação das propriedades físicas do solo, foram retiradas amostras com estrutura indeformada, por meio de anéis metálicos com volume de 100 cm^3 , no centro da camada de 0-10 cm. Para a análise de densidade do solo (Ds), utilizou-se o método do anel volumétrico, e as determinações da macro e microporosidade e porosidade total do solo (Pt) foram realizadas pelo método da mesa de tensão, conforme Claessen [12]. A análise granulométrica e matéria orgânica (MO) foram determinadas pelo procedimento descrito também por Claessen [12].

Resultados e Discussão

Os valores do CBM variaram de 320,4 à 965,1 μg de C g^{-1} solo seco, onde o valor mais expressivo foi observado no sistema natural (SN), sendo estatisticamente superior aos demais sistemas (Tabela 1). Reduções no CBM na transição de vegetação nativa para sistemas com interferência antrópica também foram observadas por Matsuoka et al. [6]; Baretta et al. [13], Mercante et al. [14]. Dentre os fatores responsáveis por condições mais favoráveis na VN em relação às áreas manejadas, destacam-se: ausência do preparo do solo, maior diversidade florística, manutenção de hifas fúngicas e acúmulo de serapilheira na superfície do solo [6].

Segundo Baretta et al. [13], o bioma cerrado de uma mesma região tende a ter um decréscimo nos teores de CBM, em relação a uma mata mais densa. Tais constatações corroboram com os resultados encontrados neste estudo, onde o teor de CBM no SN foi de 965,1 μg de C kg^{-1} solo e no CE foi de 573,7 μg de C kg^{-1} solo, demonstrando assim um incremento de 40% no valor do CBM no SN, o qual foi estatisticamente superior ao verificado no bioma CE, conforme observado na Tabela 1.

O SC foi similar a uma das rotações estabelecidas no sistema plantio direto (SPDa). A similaridade das análises destes sistemas pode ter ocorrido devido a estes tratamentos estarem sendo ocupados com a mesma cultura (aveia) e à baixa precipitação ocorrida

nesta época de avaliação. No entanto, as faixas de SPD, SILP, PC e bioma CE foram estatisticamente similares entre si, não sendo observada nenhuma diferença significativa entre estes sistemas.

Quanto à respiração basal ($C-CO_2$), que representa a atividade biológica e está diretamente relacionada à disponibilidade da biomassa microbiana, o valor mais expressivo foi verificado no SN, sendo este estatisticamente superior aos demais sistemas, seguindo a ordem: $CE > SPD_b > PC > SILP_a > SILP_b > SPD_c > SPD_a > SC$, apresentados na Tabela 1. Estes resultados reforçam observações de alguns autores, que relacionam os sistemas mais conservacionistas com as melhores condições para o desenvolvimento dos microrganismos do solo [15,16].

Os valores mais expressivos de respiração basal implicam em uma maior atividade biológica destes microrganismos e apresentam uma estreita relação com o CBM [15]. Quando realizada uma média total das três faixas do SPD, observou-se um incremento na respiração basal de 36% em relação ao SC, a mesma tendência observou-se quando realizada uma média das duas faixas do sistema SILP. Nota-se que o SILP apresentou incrementos de 41% em relação ao SC. Tais observações também foram obtidas por Balota et al. [16], em um Latossolo Roxo Distrófico, no Paraná, utilizando a metodologia de fumigação-incubação. Estes autores verificaram um aumento no SPD de 220%, quando comparado ao SC.

Quanto aos índices derivados, o quociente metabólico - qCO_2 , que representa o quanto a biomassa microbiana está respirando, a maior eficiência implica em menor perda de carbono, e o quociente microbiano $qMIC$, que expressa o acúmulo ou perda de carbono no solo, ao longo do tempo, não foram detectadas diferenças significativas entre os diferentes sistemas avaliados, conforme Tabela.2. Contudo, numericamente, verificou-se valores de qCO_2 inferiores no SC, e valores inferiores de $qMIC$ no SPD_a, quando comparados aos demais sistemas avaliados. Tais resultados de qCO_2 contrastam com observações realizadas por Balota et al. [16], em solos do Paraná, onde foram verificadas reduções de 28% nos valores do SPD em comparação ao SC. Em relação ao $qMIC$, percebeu-se valores mais elevados nos sistemas CE e SN, conforme Tabela 1.

Os maiores incrementos da Ds foram observados nos sistemas SPD (a, b, c) e SILP(a, b) e PC, conforme Tabela 2. Como as amostragens foram realizadas na camada de 0-10 cm de profundidade, é possível que a camada mais adensada verificada no SILP e PC tenha ocorrido devido ao pisoteio dos animais manejados nestes sistemas. Tais resultados foram similares aos verificados por Souza & Alves [17], onde foram observados valores de $1,49\text{ g cm}^{-3}$ em sistemas de pastagem. Nos SPD (a, b, c) observou-se a mesma tendência verificada nos SILP e PC, com valores mais elevados, provavelmente, devido ao efeito do tráfego de máquinas e ausência de mobilização mecânica do solo nos sistemas com as diferentes coberturas de solo [18,19,20]. Por outro lado, no SC verificaram-se valores para a Ds significativamente inferiores aos demais sistemas sob interferência antrópica, entretanto, não demonstrou diferenças significativas em relação aos sistemas SILP_b e

PC. Este resultado pode ser atribuído ao revolvimento do solo e à incorporação dos resíduos culturais antes da implantação da cultura, corroborando com os resultados obtidos por Cruz et al. [18], Tormena et al. [19] e Secco et al. [20].

Os valores da Ds apresentam consonância com os valores de macroporosidade e microporosidade, ou seja, é esperado que sistemas com maior Ds promovam incrementos na microporosidade e redução da macroporosidade e Pt, como observado no presente estudo. Neste estudo, os maiores valores da macroporosidade foram observados nos sistemas CE e SN, sendo estatisticamente diferentes dos verificados nos demais sistemas. Do mesmo modo, Stone & Silveira [21] verificaram maiores valores de Ds e microporosidade no SPD e, em consequência, menor Pt e macroporosidade. Estas observações também estão em acordo com resultados obtidos por Souza & Alves [17], verificados em um Latossolo Vermelho distrófico sob vegetação de cerrado. Estes autores verificaram valores nos sistemas de interferência antrópica similares entre si, exceto no SC, que foi significativamente superior aos demais sistemas. Esta mesma tendência foi observada no presente estudo.

Quanto aos valores da Pt, os teores mais elevados foram verificados nos sistemas sob vegetação nativa (SN e CE), sendo superiores aos demais sistemas avaliados.

Conclusões

1. Os atributos microbiológicos químicos e físicos do solo mostram-se como atributos sensíveis para detecção de alterações no solo em função do manejo adotado.
2. É notório que as espécies de cobertura do solo e as práticas de manejo de diferentes usos do solo desempenham um papel importante no equilíbrio microbiano do solo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pela bolsa PIBIC concedida.

Referências

- [1]. SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.M. & HERNANI, L.C. 2001. *Integração lavoura-pecuária: alternativas de rotação de culturas*. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste. p.31-32. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 31).
- [2]. LAL, R. 1991. Tillage and agricultural sustainability. *Soil and Tillage Research*, 20: 133-146.
- [3]. MELLO, L.M.M.; YANO, E.H.; NARIMATSU, K.C.P.; TAKAHASHI, C.M. & BORGHI, É. 2004. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. *Engenharia Agrícola*, 24: 121-129.
- [4]. SILVA, R.F.; BORGES, C.D.; GARIB, D.M. & MERCANTE, F.M. 2008. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 2435-2441.

- [5]. MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W.J. 2000. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1177-1182.
- [6]. MATSUOKA, M.; MENDES, I.C. & LOUREIRO, M.F. 2003. Biomassa microbiana e a atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 425-433.
- [7]. XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S. & MENDONSA, E.S. 2006. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba-CE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 247-258.
- [8]. TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. 2002. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. *Tópicos em Ciência do Solo*, 2: 200-201.
- [9]. VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19: 703-707.
- [10]. DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. 1997. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração. Seropédica, EMBRAPA-CNPAB. 13p. (EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 37).
- [11]. ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22: 251-255.
- [12]. CLAESSEN, M.E.C. (Org.). 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPAS. 212p. (Embrapa-CNPAS. Documentos, 1).
- [13]. BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R. & KLAUBERGER-FILHO, O. 2005. Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 715-724.
- [14]. MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; FRANCELINO, C.S.F.; CAVALHEIRO, J.C.T. & OTSUBO, A.A. 2008. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 34: 479-485.
- [15]. ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; FRANCHINI, J.C.S. & HUNGRIA, M. 2006. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. & SALTON, J.C. (Ed.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste. p.163-198.
- [16]. BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & HUNGRIA, M. 1998. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 641-649.
- [17]. SOUZA, M.S. & ALVES, M.C. 2003. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 25: 27-34.
- [18]. CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A. & SILVA, J.B. 2003. Atributos físicos e carbono orgânico de um argissolo vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 1105-1112.
- [19]. TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A.; ARAÚJO, M.A. & PINTRO, J.C. 2004. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8: 65-71.
- [20]. SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K. & FIORIN, J.E. 2005. Atributos físicos e produtividade de culturas de um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 407-414.
- [21]. STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. 2001. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 395-401.

Tabela 1 - Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (*q*CO₂), quociente microbiano (*q*MIC) e matéria orgânica do solo (MOS) determinados na camada 0-10 cm de profundidade em um Latossolo Vermelho distroférrico, Dourados-MS.

Sistemas	C-BMS	C-CO ₂	<i>q</i> CO ₂	<i>q</i> MIC	MOS
	μg C g ⁻¹ solo seco	μg C-CO ₂ g ⁻¹ solo dia ⁻¹	μg C-CO ₂ μg ⁻¹ C-BMS h ⁻¹	%	g.kg ⁻¹
SC	320,4 d	14,1 c	17,3 a	2,01 a	27,3 c
SPDa	365,6 cd	20,3 bc	25,0 a	1,97 a	31,9 bc
SPDb	423,9 bc	25,9 bc	26,7 a	2,17 a	34,3 bc
SPDc	473,5 bc	21,1 bc	22,3 a	2,27 a	32,6 bc
SILPa	485,4 bc	24,1 bc	24,8 a	2,30 a	32,6 bc
SILPb	473,8 bc	23,9 bc	24,2 a	2,27 a	34,3 bc
PC	542,0 bc	24,6 bc	22,7 a	2,35 a	36,6 b
CE	573,7 bc	29,2 bc	21,5 a	2,53 a	39,3 b
SN	965,1 a	53,2 a	22,4 a	2,43 a	67,9 a
CV (%)	27	37	30	28	13

SC: sistema convencional; SPD: sistema plantio direto subdividido em três faixas (a,b e c); SILP: sistema integração lavoura-pecuária subdividido em duas faixas (a e b); PC: pastagem contínua; CE: cerrado; SN: sistema natural, médias de cinco repetições. Médias seguidas da mesma letra dentro da coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,01$).

Tabela 2 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade, microporosidade e porosidade total (Pt) avaliados na camada 0-10 cm de profundidade em um Latossolo Vermelho distroférrico, Dourados-MS.

Sistemas	Ds	Macroporosidade	Microporosidade	Pt
	g cm ³	-----%-----		
SC	1,22 b	22,49 b	37,80 c	60,29 c
SPDa	1,40 a	15,50 cd	39,57 bc	55,06 de
SPDb	1,39 a	14,84 cd	39,99 ab	54,84 de
SPDc	1,41 a	12,60 cd	40,56 ab	53,15 e
SILPa	1,36 a	10,13 d	43,17 ab	53,30 e
SILPb	1,30 ab	16,69 cd	40,67 ab	57,36 cd
PC	1,30 ab	14,65 cd	41,72 ab	56,37 de
CE	0,98 c	31,54 a	33,50 d	65,04 b
SN	0,83 d	32,47 a	38,25 c	70,72 a
CV (%)	7	23	5	4

SC: sistema convencional; SPD: sistema plantio direto subdividido em três faixas (a, b e c); SILP: sistema integração lavoura-pecuária subdividido em duas faixas (a e b); PC: pastagem contínua; CE: cerrado; SN: sistema natural, médias de cinco repetições. Médias seguidas da mesma letra dentro da coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,01$).