



## Indicadores microbiológicos para aferição da qualidade de solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta<sup>(1)</sup>.

**Robison Yuzo Ono<sup>(2)</sup>; Izabelli dos Santos Ribeiro<sup>(3)</sup>; Patrícia Rochefeler Agostinho<sup>(3)</sup>; Fábio Martins Mercante<sup>(4)(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

<sup>(2)</sup> Estudante de Graduação do Curso de Biotecnologia; Universidade Federal da Grande Dourados; Faculdade De Ciências Biológicas e Ambientais; Dourados, Mato Grosso do Sul; robison\_jpono@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante do Programa de Pós-Graduação (Mestrado); Universidade Federal da Grande Dourados; Biologia Geral/Bioprospecção; <sup>(4)</sup> Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste; <sup>(5)</sup> Pesquisador do CNPq, bolsista de Produtividade em Pesquisa.

**RESUMO:** Os atributos microbiológicos do solo, avaliados de forma integrada com atributos químicos e físicos, têm sido utilizados para prever a qualidade do solo. Entre os atributos microbiológicos, a biomassa microbiana do solo (BMS), sua atividade e índices derivados (quocientes metabólicos e microbianos) têm sido amplamente empregados para indicar o direcionamento da qualidade do solo, voltado para a sustentabilidade ou sua degradação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo de diferentes sistemas agrícolas, pecuários e florestais, por meio dos teores de carbono da massa microbiana, respiração basal (atividade microbiana e índices derivados, quocientes metabólicos e microbianos). O estudo foi conduzido num experimento de longa duração, no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizado no Município de Ponta Porã, MS. Foram avaliados os seguintes sistemas: área de silvicultura com eucalipto (F), área de integração lavoura-pecuária, ocupada com lavoura (ILPa), área de integração lavoura-pecuária, ocupada com pastagem (ILPb), área de integração lavoura-pecuária-floresta, ocupada com lavoura (ILPFa), área de integração lavoura-pecuária-floresta, ocupada com pastagem (ILPFb), área de mata nativa (M), área de lavoura em sistema convencional de preparo do solo (PC), área de lavoura em plantio direto (PD). As avaliações foram realizadas na safra de verão (março de 2015). Foram avaliados o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>). A mata nativa apresentou valores elevados para os dois parâmetros analisados, demonstrando um maior equilíbrio biodinâmico e entre os sistemas de manejo, enquanto o ILPa se destacou dos demais, indicando condições mais favoráveis ao crescimento microbiano.

**Termos de indexação:** Biomassa microbiana, respiração basal, manejo do solo.

## INTRODUÇÃO

O manejo agrícola é sustentável quando a qualidade dos recursos solo, ar e água é mantida ou melhorada e, no caso do solo, a qualidade depende da manutenção e melhoria de seus atributos físicos, químicos e biológicos, bem como de sua contínua capacidade de produzir alimentos e fibras (Doran & Parkin, 1994; Lourente et al., 2011). Neste sentido, sistemas de produção que resultam em incremento nos teores da matéria orgânica do solo (MOS) são apontados como mais sustentáveis, sendo a manutenção dos resíduos agrícolas em cobertura e o não revolvimento do solo, fatores importantes para a melhoria da sua qualidade (Leite et al., 2010; Salton et al., 2014).

A respiração microbiana do solo pode ser usada como uma medida da atividade microbiana e empregada como indicadora de qualidade, tanto de ambientes agrícolas quanto em ambientes naturais (Roscoe et al., 2006; Mercante et al., 2008).

A biomassa microbiana do solo é constituída por fungos, bactérias e actinomicetos que atuam em processos que vão desde a formação do solo até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, biorremediação de áreas contaminadas por poluentes, entre outros (Reis Junior & Mendes, 2007). A biomassa microbiana constitui a maior fração ativa na dinâmica da MOS e, portanto, é sensível às mudanças iniciais no conteúdo da matéria orgânica, causadas pelas práticas de cultivo (Pascual et al., 2001; Roscoe et al., 2006; Mercante et al., 2008), possibilitando o seu uso como ferramenta na determinação de opções de manejo mais sustentáveis (Mercante et al., 2008). A biomassa microbiana pode representar de 1 a 5% do carbono orgânico total do solo, sendo equivalente a 2.500 kg ha<sup>-1</sup> ou mais de C vivo nos solos tropicais e subtropicais, na forma de células microbianas. Com base na relação entre respiração (CO<sub>2</sub>) e os teores de C



da biomassa microbiana (C-BMS) é possível calcular o quociente metabólico ( $qCO_2$ ), o qual permite avaliar o estado metabólico dos microrganismos do solo (Anderson & Domsch, 1993; Roscoe et al., 2006). Segundo esse índice, valores mais elevados representam menor eficiência metabólica, sendo necessária uma respiração mais intensa para a manutenção da biomassa microbiana decorrente de uma condição estressante à comunidade microbiana. O resultado prático de valores elevados de  $qCO_2$  é a maior emissão de  $CO_2$  para a atmosfera, que pode representar mineralização de formas estáveis de C do solo, contribuindo para o aquecimento global (Nogueira & Hungria, 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo, envolvendo a agricultura, a agropecuária integrada na ausência e presença de sistemas florestais, por meio de atributos microbiológicos como a biomassa microbiana e sua atividade.

## MATERIAL DE MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizado no Município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul (22°32'56"S; 55°38'56"W; 680 m de altitude). De acordo com a classificação de Köppen, as condições atmosféricas da região enquadram-se no tipo climático Cfa, mesotérmico com verões quentes.

O experimento foi implantado em 2009, ocupando uma área total de 16 ha. Antes da implantação dos diferentes sistemas de manejo, a área vinha sendo cultivada com culturas anuais nos últimos 36 anos. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, de textura média (Amaral et al., 2000).

As amostras de solo foram coletadas em 2015, em diferentes sistemas de manejo, dispostos em um modelo experimental físico em faixas, os quais foram considerados como tratamentos: (1) área de silvicultura com eucalipto (F), sendo as plantas espaçadas em 2 x 3 m, totalizando-se 1666 plantas  $ha^{-1}$ ; (2) área de integração lavoura-pecuária (ILPa), com sistema rotacionado a cada dois anos, utilizando-se *Brachiaria brizantha* para pastagem e sucessão soja/milho + braquiária para lavoura: área com lavoura na época de amostragem; (3) área de integração lavoura-pecuária (ILPb), sistema rotacionado a cada dois anos, utilizando-se *Brachiaria brizantha* para pastagem e sucessão soja/milho + braquiária para lavoura, área com pastagem na época de amostragem; (4) área de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPFa), em sistema com linhas de eucalipto espaçadas a 25 metros e entrelinhas compostas por um sistema rotacionado a cada dois anos, utilizando-se *Brachiaria brizantha* para

pastagem e sucessão soja/milho + braquiária para lavoura, as linhas simples de árvores (eucalipto) totalizam 200 árvores  $ha^{-1}$ , área com lavoura na época de amostragem; (5) área de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPFb), em sistema com linhas de eucalipto espaçadas a 25 metros e entre-linhas compostas por um sistema rotacionado a cada dois anos, utilizando-se *Brachiaria brizantha* para pastagem e sucessão soja/milho + braquiária para lavoura, as linhas simples de árvores (eucalipto) totalizam 200 árvores  $ha^{-1}$ , área com pastagem na época de amostragem; (6) área de mata nativa (M), situada próxima ao experimento e composta por Floresta Semidecídua; (7) área de lavoura em sistema convencional de preparo do solo (PC), utilizando-se grades de discos (pesada) + niveladora, sem o uso de rotação de culturas, com monocultivo de soja no verão e milho no outono/inverno; (8) área de lavoura em plantio direto (PD), cultivando-se soja no verão e milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* no outono/inverno.

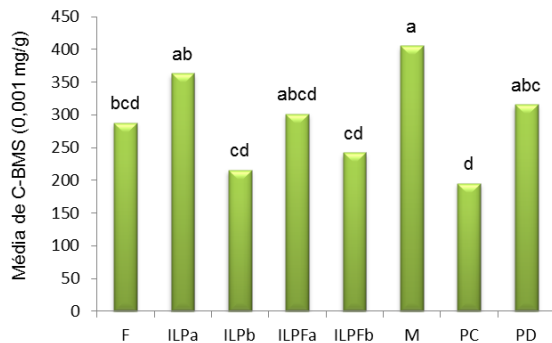
As amostras foram coletadas na safra de verão (março de 2015). As amostragens de solo foram efetuadas na camada de 0,0 a 0,10 m de profundidade, em pontos demarcados ao longo de um transecto, utilizando-se seis repetições, sendo cada amostra composta por oito subamostras.

O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi avaliado pelo método da fumigação-extração, conforme proposto por Vance et al. (1987). Para a determinação da respiração basal ou atividade microbiana (C- $CO_2$ ), utilizou-se o método da respirometria, modificado segundo De-Polli & Guerra (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

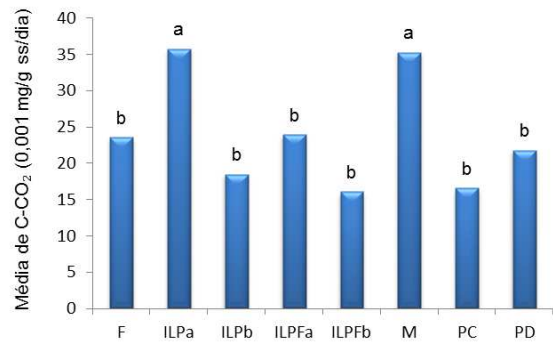
Os maiores valores de C-BMS foram observados no sistema com mata nativa (M), embora não tenha sido detectadas diferenças ( $p < 0,05$ ) dos sistemas PD, ILPa e ILPFa. - (Figura 1). De acordo com Oliveira et al. (2001), entre os fatores que explicam os maiores teores de C-BMS na mata nativas, estão os altos teores de matéria orgânica no solo, gerando maior acúmulo de carbono pela biomassa microbiana.



**Figura 1** – Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) avaliados em diferentes sistemas de manejo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. F: silvicultura com eucalipto; ILPa: integração lavoura-pecuária; área com lavoura; ILPb: integração lavoura-pecuária; área com pastagem; ILPFa: integração lavoura-pecuária-floresta – área com lavoura; ILPFb: integração lavoura-pecuária-floresta – área com pastagem; M: Mata nativa – (Floresta Semidecídua); PC: sistema convencional de preparo do solo; PD: lavoura em plantio direto.

Entre os sistemas de cultivo, observou-se que o sistema ILPa propiciou condições mais favoráveis para o crescimento microbiano (C-BMS), não diferenciando, contudo, dos sistemas sob PD, ILPFa e F. Deve-se salientar que o sistema ILPa foi superior ( $p < 0,05$ ) ao manejo sob PC, que apresentou os menores teores de C-BMS (**Figura 1**). Vale lembrar que os compostos orgânicos incrementam a biomassa microbiana, em comparação aos fertilizantes inorgânicos, porque ocorre aumento nas proporções de carbono e nitrogênio lábeis, estimulando diretamente a atividade da biomassa microbiana. Neste contexto, pode-se estabelecer maior diversidade de microrganismos decompositores com maior eficiência na utilização do substrato, resultando assim numa maior relação Cmic: Corg (Insam, 1990; Perez et al., 2004).

A respiração basal ( $C-CO_2$ ) analisada para estimar a atividade microbiana, foi influenciada pelos sistemas de manejo, assim como no C-BMS. Os valores mais elevados de respiração basal ocorreram no sistema ILPa e M, apresentando condições similares entre si, e sendo superiores aos demais sistemas de manejo (**Figura 2**). Segundo Andrade & Silveira (2004), a respiração basal, frequentemente, está relacionada ao C-BMS, ou seja, o teor de biomassa microbiana encontra-se positivamente relacionado com a liberação de  $CO_2$ .



**Figura 2** – Respiração basal ( $C-CO_2$ ) avaliados em diferentes sistemas de manejo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. F: silvicultura com eucalipto; ILPa: integração lavoura-pecuária; área com lavoura; ILPb: integração lavoura-pecuária; área com pastagem; ILPFa: integração lavoura-pecuária-floresta – área com lavoura; ILPFb: integração lavoura-pecuária-floresta = área com pastagem; M: Mata nativa (Floresta Semidecídua); PC: sistema convencional de preparo do solo; PD: cultivo de lavoura em plantio direto.

Colman et al. (2013) ressaltam que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas, ou como um indicativo de estresse sobre a biomassa microbiana pela perturbação no solo.

## CONCLUSÕES

- O sistema natural demonstrou maior equilíbrio biodinâmico quando comparado com sistemas manejados.
- O sistema de manejo agroflorestal cultivado com lavoura (SAFa) estimulou a comunidade microbiana e sua atividade no solo.

## AGRADECIMENTOS

Robison Yuzo Ono agradece à Embrapa – Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, pela bolsa de iniciação científica concedida. As mestrandas Izabelli S. Ribeiro e Patrícia R. Agostinho agradecem à Fundect e Capes, respectivamente pelas bolsas concedidas. Fábio M. Mercante agradece ao CNPq pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, J. A. M.; MOTCHI, E. P.; OLIVEIRA, H.; CARVALHO FILHO, A.; NAIME, U. J.; SANTOS, R. D. Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, Município de Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 68p.

ANDRADE, S. A. L. & SILVEIRA, A. P. D. Biomassa e



atividade do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39(12):1191-1198, dez. 2004.

DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 13p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 37).

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 41(1):20-28, jan./mar. 2011.

MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; FRANCELINO, C.S.F.; CAVALHEIRO, J.C.T.; OTSUBO, A.A. Biomassa microbiana, em Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 34(4):479-485, 2008.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: Avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:863-871, 2001.

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, n.6, p.567-573, jun. 2004.

REIS JUNIOR, F.B.; MENDES, I.C. Biomassa microbiana do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 40 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 205).

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19:703-707, 1987.

COLMAN, B. A.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade do solo em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. *Ciência do solo: para quê e para quem: anais*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: Renato Roscoe; Fábio Martins Mercante; Júlio Cesar Salton. (Org.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. 1ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, p.163-198.

SALTON, J. C.; MERCANTE, M. M.; TOMAZI, M.; ZNATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190:70-79, 2014.