

## ATIVIDADE MICROBIANA E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Rodrigo Pizzani<sup>1</sup>, Paulo Eugênio Schaefer<sup>2</sup>, Junior Deloss<sup>3</sup>, Moacir Guedes Pelizzon<sup>3</sup>, Danilo Augusto de Aleluia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor Doutor em Ciência do Solo da Sociedade Educacional Três de Maio, Três de Maio, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup>Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup>Graduando em Agronomia na Sociedade Educacional Três de Maio, Três de Maio, Rio Grande do Sul, Brasil. (augusto.dan@hotmail.com)

Recebido em: 22/09/2018 – Aprovado em: 23/11/2018 – Publicado em: 03/12/2018  
DOI: 10.18677/EnciBio\_2018B13

### RESUMO

O manejo adotado pode afetar negativamente a qualidade do solo, interferindo no funcionamento e na sustentabilidade do sistema. Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações na biomassa e atividade microbiana, e índices derivados em um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de manejo. Os sistemas avaliados compreenderam a lavouras sob manejo em Plantio Direto com rotação de culturas (RC), sucessão de cultura soja-trigo (SC), pastagem perene (PP), sistema integração lavoura-pecuária (ILP) e mata nativa (MN) utilizada como área referência. As coletas foram realizadas em trincheiras com dimensões de 50 x 50 x 40 cm, mensurando-se as camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Para determinação da biomassa e respiração basal do solo (RBS), as amostras foram acondicionadas sob refrigeração (4 °C) até a realização das análises. Ainda por ocasião determinou-se o carbono da biomassa microbiana (C-Bmic) por amostras irradiadas e não irradiadas. Após as análises, realizou-se as relações para quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e os quocientes microbianos ( $qMIC$ ). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade. O C-Bmic apresentou os maiores valores em RC e com menores valores médios nas áreas de SC, para a primeira camada mensurada. Na avaliação do  $qCO_2$ , o menor valor foi obtido na área de RC e maior valor SC, na camada de 0-5 cm. Esses valores mostram que existem perturbação e com isso perdas de carbono do solo. Na relação de  $qMIC$ , todos resultados foram superiores a 1%, mas o maior quociente foi observado em RC, na camada de 0-5 cm. Os resultados demonstram a importância da rotação de culturas, na melhoria dos atributos biológicos do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa. Qualidade do solo. Respiração basal.

## MICROBIAL ACTIVITY AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS IN RED OXISOL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

### ABSTRACT

The adopted management can adversely affect soil quality, interfering with the system functioning and sustainability. The aim of this study was to evaluate the alterations in biomass and microbial activity and derived indexes in a Red Oxisol under different management systems. The evaluated systems comprised the fields under management of no-tillage with crop rotation (RC), soybean-wheat succession (SC), perennial pasture (PP), integrated crop-livestock system (ILP) and native forest (MN) as reference area. The soil collections were performed in trenches with dimensions of 50 x 50 x 40 cm, measuring the layers of 0-5, 5-10 and 10-20 cm. For determination of biomass and basal soil respiration (RBS), samples were conditioned under refrigeration (4°C) until analyzes were performed. In addition, the microbial biomass carbon (C-Bmic) was determined in irradiated and non-irradiated samples. After analysis, the relations for metabolic quotient ( $qCO_2$ ) and microbial quotients (qMIC) were performed. The results were subjected to analysis of variance and the means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability level. The C-Bmic presented the highest values in RC and lower mean values in the SC areas for the first measured layer. In the  $qCO_2$  evaluation, the lowest value was obtained in RC area and the highest in SC, in the 0-5 cm layer. These values demonstrate that there is disturbance and soil carbon losses. In the qMIC relation, all results were higher than 1% but the highest quotient was observed in RC, in the 0-5 cm layer. These results demonstrate the importance of crop rotation in improving soil biological attributes.

**KEYWORDS:** Biomass. Soil quality. Basal respiration.

### INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade do solo tem levado pesquisadores a uma devida atenção as alterações nos seus atributos. O uso e manejo intensificado dos sistemas conferem alterações que devem ser monitorados para serem mantidos os recursos naturais e que se possa obter uma produtividade sustentável dos solos. Essa temática de estudo é considerada primordial, pois são fornecedores de alimentos, pastagem, bioenergia e como serviços de ecossistemas agrícolas, que proporcionam benefícios como a regulação do clima, a água, sequestro de carbono e da fertilidade do solo (CHEN et al., 2016).

No setor agropecuário têm-se vários desafios, e um deles é produzir alimentos conservando ou melhorando o ecossistema, conservar a qualidade do solo aumentando ou mantendo o seu rendimento. Segundo Doran e Parkin (1994), a qualidade de solo é o potencial que o mesmo tem de funcionar nos limites do ecossistema, para aumentar a sua produtividade biológica, sustentar o meio ambiente, a qualidade e a saúde vegetal. Pela alta sensibilidade as mudanças que ocorrem no solo, os microrganismos são importantes indicadores na avaliação das alterações resultantes de diferentes práticas e manejos (HUNGRIA et al., 2009).

Os indicadores microbianos de qualidade do solo têm sido amplamente utilizados em virtude que os microrganismos agem como agentes reguladores de importantes processos que nele acontecem, tais como a decomposição da matéria orgânica do solo, ciclagem de nutrientes, produção de metabólitos, degradação de agroquímicos e na estabilidade dos agregados do solo (BALOTA, 2017).

A determinação da biomassa e da respiração microbiana do solo apresenta-se como importante subsídio para melhor entendimento da dinâmica de transformação dos resíduos orgânicos no solo (SEGATTO et al., 2012). Para Trannin et al. (2007), a biomassa microbiana e sua atividade tem sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo. Funcionam, ainda, como um tampão de nutrientes no solo, influenciando sua disponibilidade através dos processos de imobilização e mineralização (BALOTA, 2017). O retorno de nutrientes via carbono da biomassa microbiana (C-Bmic), pode ser acelerado se fatores da própria comunidade estão com a alta respiração específica, constância na concentração da biomassa microbiana e sua crescente produção diária de carbono (HAGERTY et al., 2014).

Durante a decomposição dos resíduos orgânicos, os microrganismos contribuem para a ciclagem de nutrientes no sistema, mas em contrapartida ocorre uma produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (SHARMA et al., 2013). Para Franzluebbers (2016) o fluxo de CO<sub>2</sub> do solo é um reflexo da capacidade funcional do solo em ciclar nutrientes, decompor compostos orgânicos e catalisar e estabilizar processos ecossistêmicos através das interações entre a diversidade de organismos. O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) que representa o C-CO<sub>2</sub> liberado por unidade de C-Bmic em um determinado tempo, tem apresentado variações sensíveis, o que permite ser usado como indicador de qualidade de solo nos diferentes usos e manejo (MERCANTE et al., 2008). Outro indicador é o quociente microbiano ( $qMIC$ ), um composto orgânico que pode ser um indicativo de reserva do carbono orgânico total no solo (COT). A relação C-Bmic e COT, demonstra a eficiência dos microrganismos em utilizar os compostos orgânicos, pois áreas com baixa atividade microbiana apresentam baixos valores de  $qMIC$  indicando menor reserva de compostos orgânicos (CARNEIRO et al., 2009; SILVA et al., 2010).

Em solos onde se preconiza o não revolvimento do solo, como em sistema de Plantio Direto, mata nativa e pastagens perenes, a deposição de resíduos é maior na superfície do solo, favorecendo a estratificação dos atributos do solo, ocorrendo um acúmulo maior em superfície, proporcionando uma melhoria na qualidade do solo, como agregação e aeração, neste sentido aumentando significativamente a atividade biológica dessas áreas (FRANZLUEBBERS et al., 2007; SÁ; LAL, 2009). Em experimento realizado por Tiemann et al. (2015) em sistema de rotação de culturas sob um Argissolo Vermelho, verificaram que manter a sustentabilidade da comunidade biológica do solo, está atrelada a quantidade e a qualidade química dos resíduos que permanecem em cobertura sobre o solo.

Em razão da importância que se tem em estudar as alterações que ocorrem nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo por diferentes manejo e usos, podem-se obter elementos para produção com base na sustentabilidade e melhor eficiência de uso do solo. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações na biomassa microbiana, atividade microbiana e índices derivados em um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de manejo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas de solo foram realizadas no ano agrícola de 2017/2018, no município de Campo Novo, RS, localizado na posição geográfica de 27° 40' 03" (S) e 53° 48' 23" (W), altitude em relação ao nível do mar de 423 m, pertence ao Bioma Mata Atlântica. O clima é subtropical com um clima quente e úmido verão (Cfa), de

acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média e precipitação anual são de 19 °C e 1.850 mm, respectivamente (INMET, 2017). O solo predominante da área, conforme a nova denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é o Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013). As características químicas das amostras do solo estão apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1.** Características químicas de amostras do solo, em sucessão de culturas (SC), rotação de culturas (RC), Integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem perene (PP) e mata nativa (MN). Campo Novo, Estado do Rio Grande do Sul. Valores médios de todos os sistemas em avaliação.

| Camada do solo (cm) | Sistemas de Manejo |        |  |        |       |
|---------------------|--------------------|--------|--|--------|-------|
|                     | RC                 | SC     | ILP  | PP     | MATA  |
|                     |                    |        | pH   |        |       |
| 0-5                 | 5,56               | 5,70   | 5,93   | 5,77   | 4,50  |
| 5-10                | 5,37               | 5,33   | 5,93   | 5,66   | 4,40  |
| 10-20               | 5,36               | 5,43   | 5,63   | 5,76   | 4,40  |
|                     |                    |        | Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )                 |        |       |
| 0-5                 | 21,13              | 27,93  | 20,37  | 36,06  | 3,70  |
| 5-10                | 7,30               | 27,50  | 6,60   | 16,77  | 3,80  |
| 10-20               | 5,33               | 7,63   | 4,36   | 4,93   | 3,30  |
|                     |                    |        | Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) |        |       |
| 0-5                 | 146,67             | 218,00 | 269,00   | 203,33 | 44,00 |
| 5-10                | 106,67             | 128,67 | 140,66   | 104,00 | 46,00 |
| 10-20               | 64,67              | 66,67  | 95,33  | 90,00  | 44,00 |
|                     |                    |        | Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )   |        |       |
| 0-5                 | 10,10              | 6,93   | 11,53  | 12,30  | 3,90  |
| 5-10                | 6,90               | 4,60   | 9,86   | 6,73   | 3,40  |
| 10-20               | 4,60               | 5,67   | 8,27   | 6,05   | 4,10  |
|                     |                    |        | Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) |        |       |
| 0-5                 | 3,87               | 2,63   | 3,67   | 3,96   | 1,30  |
| 5-10                | 2,13               | 2,10   | 3,56   | 2,43   | 1,00  |
| 10-20               | 2,40               | 2,20   | 2,70   | 2,16   | 1,00  |
|                     |                    |        | Matéria Orgânica (%)                           |        |       |
| 0-5                 | 4,00               | 3,90   | 4,40   | 5,23   | 4,50  |
| 5-10                | 2,93               | 2,80   | 2,90   | 3,47   | 3,00  |
| 10-20               | 2,40               | 2,37   | 2,33   | 2,53   | 2,50  |

Amostras de solo foram coletadas no ano agrícola de 2017/2018 em cinco áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo: a) área de sucessão de cultura (SC): cultivado sobre sistema de plantio direto por 13 anos, com as culturas de trigo no inverno e soja no verão; b) área de rotação de culturas (RC): cultivado sobre sistema de plantio direto por 20 anos, com plantas de cobertura de solo durante o inverno (aveias, nabo e ervilhaca) e no período de verão alternância com a cultura do milho, soja e girassol; c) área de integração lavoura-pecuária (ILP): cultivado sobre sistema de plantio direto por 20 anos, com forrageiras de inverno como aveia preta e trigo duplo propósito e no verão alternando com soja e o milho para produção de silagem; d) área de pastagem perene (PP): a área foi estabelecido o capim Tifton 85 por 8 anos, com sobressemeadura de aveia preta durante o inverno e e) área de mata nativa (MN): área consolidada, por isso foi utilizada as

coletas como referência. As coletas foram mediante abertura de pequenas trincheiras com dimensões de 50 x 50 x 40 cm, e as determinações nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Para determinação da biomassa e respiração basal do solo (RBS), as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração (4 °C) até a realização das análises.

Para avaliação do C-CO<sub>2</sub>, realizou-se a incubação em laboratório, com o uso de estufa com temperatura controlada de 28°C utilizando-se do método proposto por Anderson (1982). Foram pesados 200 g de solo peneirado em malha de 2 mm, para remoção dos restos vegetais e ajustada a umidade para 80 % da capacidade de campo. O solo foi acondicionado em recipientes de vidro com capacidade de 1000 mL, e em cada recipiente adicionado um frasco contendo 10 mL de água destilada, com a finalidade de saturar a atmosfera interna e outro contendo 10 mL de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, para capturar o C-CO<sub>2</sub>. As repetições constaram de quatro unidades experimentais de cada sistema e mais quatro unidades com os reagentes (branco). Foram realizadas incubações por 21 dias, com avaliações em intervalos de 7 dias. O excesso de NaOH em cada intervalo de coleta foi titulado, após precipitação do carbonato com uma solução de 2 mL de BaCl<sub>2</sub> 2N e três gotas do indicador fenolftaleína. A mistura foi titulada com HCl 1N até o ponto de viragem (mudança da cor rósea para incolor). Cada unidade experimental permaneceu aberta por um período de 10 minutos, antes da adição da nova solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e hermeticamente fechado os recipientes, foram levados a estufa para uma nova incubação.

Os resultados foram calculados pela equação: RBS (mg de C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo) =  $((V_b - V_a) \cdot M \cdot 6 \cdot 1000) / (P_s \cdot T)$ . Sendo: RBS – carbono oriundo da respiração basal do solo; V<sub>b</sub> (ml) – volume de ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle (branco); V<sub>a</sub> (ml) – volume gasto na titulação da amostra; M – molaridade exata do HCl; P<sub>s</sub> (g) – massa de solo seco; e T – tempo de incubação da amostra em horas.

O carbono da biomassa microbiana do solo (C-B<sub>mic</sub>) foi determinado pelo método descrito por Vance et al. (1987), usando-se, entretanto, o forno de microondas (2.450MHz, Panasonic®, Modelo EM 9003B) por quatro minutos para eliminar os microrganismos. Este procedimento (irradiação - extração) foi sugerido em um estudo preliminar realizado por Ferreira et al. (1999). Foram usadas amostras equivalentes a 20 g de solo, de cada tratamento, em duplicata. Um grupo destas amostras, sem irradiação foi colocado em frascos "snap-cap" de 100 mL contendo 50 mL de solução K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

O outro grupo, destinado a irradiação da microbiota, foi colocado em placas de Petri esterilizadas e irradiadas por quatro minutos (2 x 2 min). As amostras foram transferidas para frascos "snap-cap" contendo a mesma solução K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>. Todas as amostras foram agitadas por trinta minutos em agitador horizontal. As amostras foram filtradas em papel-filtro, e retirada uma alíquota de 8 mL em tubos de ensaio, e adicionados 2 mL de solução extratora (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,066 mol L<sup>-1</sup>) e 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, 5 mL de ácido orto-fosfórico e 50 mL de água destilada.

O conjunto foi então homogeneizado e aquecido em bloco digestor por 30 min a 150 °C. Na titulação foram adicionadas três gotas de difenilamina e tituladas sob agitação com solução de sulfato ferroso amoniacal até a coloração mudar de azul escuro para verde. Foram feitos seis brancos, três com solução extratora e os demais reagentes e três sem a solução extratora. O cálculo do carbono presente na B<sub>mic</sub> (irradiada e não irradiada) foi feito usando a equação: C-B<sub>mic</sub> =  $(C_i - C_{ni}) / k_c$  =  $\mu\text{g g}^{-1}$  de C no solo. Sendo: C-B<sub>mic</sub> = carbono da biomassa microbiana do solo; C<sub>i</sub> =

carbono da amostra irradiada;  $C_{ni}$  = carbono da amostra não irradiada e  $k_c = 0,45$  (com base no clima e tipo de solo).

Após a realização das análises de C-CO<sub>2</sub> e C-Bmic, foram determinados os quocientes metabólicos ( $qCO_2$ ), conforme Anderson e Domsch (1990), que é obtido a partir da relação C-CO<sub>2</sub>/C-Bmic e os quocientes microbianos ( $qMIC$ ) pela relação da C-Bmic/COT. Os resultados dos atributos avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para C-Bmic, (Tabela 2) demonstram haver uma diminuição significativa com o aprofundamento da camada do solo para os diferentes sistemas de manejo do solo. Para esse estudo usou-se o solo da Mata nativa (MN) como referência, mas o C-Bmic foi maior no manejo em rotação de culturas (RC), na camada 0-5 cm. Os teores de C-Bmic nos manejos sob pastagem perene (PP) e sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), não se diferiram estatisticamente da área de referência e com o menor C-Bmic para as áreas com sucessão de culturas (SC) na camada de 0-5 cm. Os resultados encontrados estão de acordo com que relatam Silva et al. (2012), que quanto maior a diversidade vegetal, existe um favorecimento ao desenvolvimento da biomassa microbiana e aumenta o teor de carbono orgânico do solo. A diversificação de espécies vegetais estimula positivamente a biomassa microbiana, proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento, gerando micro-habitats favoráveis, servindo os resíduos vegetais como fonte energética e nutrientes aos microrganismos do solo (GUIMARÃES et al., 2017).

**TABELA 2.** Carbono da biomassa microbiana do solo (C-Bmic, mg kg<sup>-1</sup> de solo) em diferentes manejos do solo na variação de profundidade do perfil do solo. Campo Novo, RS, 2017. RC = rotação de culturas; SC = sucessão de culturas; ILP = integração lavoura-pecuária; PP = pastagem perene e MN = mata nativa.

| Camada (cm) | Sistema de manejo                    |           |           |           |           |
|-------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|             | RC                                   | SC        | ILP       | PP        | MN        |
|             | C-Bmic (mg kg <sup>-1</sup> de solo) |           |           |           |           |
| 0-5         | 1227,39 aA                           | 396,82 cC | 802,88 bA | 812,11 bA | 875,78 bA |
| 5-10        | 784,42 aB                            | 925,53 aA | 729,05 aA | 849,02 aA | 837,88 aA |
| 10-20       | 609,08 aC                            | 562,93 aB | 373,18 bB | 498,34 bB | 685,59 aB |

CV: 12,85%

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem para os diferentes sistemas de manejo e diferentes camadas do solo, respectivamente, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Os valores de C-Bmic na camada 5-10 cm não apresentaram diferenças estatísticas entre as áreas avaliadas. Na camada de 10 a 20 cm os valores encontrados da RC e SC foram estatisticamente semelhantes a área de MN, conseqüentemente os menores valores nas áreas de ILP e PP (Tabela 2).

Na avaliação separada de cada sistema de manejo, valores do C-Bmic, se diferenciam significativamente entre camadas, principalmente da primeira camada para a última. As áreas de RC e SC apresentaram as maiores variações de valores entre as três camadas, ficando o maior valor na primeira camada para a área de RC e com menor valor nas áreas de SC (Tabela 2). As demais áreas avaliadas não

apresentaram diferenças estatísticas nos valores de C-Bmic nas duas primeiras camadas avaliadas. Para Roscoe et al. (2006) valores elevados na C-Bmic, indicam que os nutrientes ficam imobilizados temporariamente, resultando em menores perdas destes no sistema solo-planta.

Na avaliação do  $qCO_2$  (Tabela 3), observa-se variações nos resultados nas camadas avaliadas. O maior valor médio encontrado na primeira camada, foi nas áreas de SC, conseqüentemente, o menor valor médio nas áreas de RC e nas outras áreas avaliadas não houve diferença estatística entre os resultados obtidos. Os resultados encontrados estão de acordo com que Balota (2017) salienta, que valores elevados de  $qCO_2$ , demonstram ambientes menos estáveis, isso é demonstrado nos valores médios nas áreas de SC.

Na segunda camada avaliada os maiores valores médios de  $qCO_2$  foram encontrados nas áreas de ILP, na seqüência não se diferindo estatisticamente os valores médios nas áreas de RC, PP, MN e com menor valor médio as áreas de SC. Na camada de 10 a 20 cm os valores médios maiores foram obtidos nas áreas de ILP, na seqüência áreas de PP e os menores valores nas outras áreas avaliadas (Tabela 3).

**TABELA 3.** Quociente metabólico ( $qCO_2$ ,  $mg\ kg^{-1}$  de C- $CO_2$ ) e quociente microbiano ( $qMIC$ , %) em diferentes manejos do solo na variação de profundidade do perfil do solo. Campo Novo, RS, 2017. RC = rotação de culturas; SC = sucessão de culturas; ILP = integração lavoura-pecuária; PP = pastagem perene e MN = mata nativa.

| Camada (cm) | Sistema de manejo                      |         |         |         |         |
|-------------|--|---------|---------|---------|---------|
|             | RC                                     | SC      | ILP     | PP      | MN      |
|             | $qCO_2$ ( $mg\ kg^{-1}$ de C- $CO_2$ ) |         |         |         |         |
| 0-5         | 0,13 cC                                | 0,35 aA | 0,24 bB | 0,24 bB | 0,20 bB |
| 5-10        | 0,21 bB                                | 0,15 cC | 0,27 aB | 0,23 bB | 0,22 bB |
| 10-20       | 0,27 cA                                | 0,25 cB | 0,52 aA | 0,39 bA | 0,25 cA |
| CV: 10,54%  |  |         |         |         |         |
|             | $qMIC$ (%)                             |         |         |         |         |
| 0-5         | 4,48 aA                                | 1,45 cC | 2,43 bB | 2,07 bB | 2,57 bA |
| 5-10        | 2,86 cB                                | 3,38 bA | 2,92 cA | 3,45 aA | 3,02 cA |
| 10-20       | 2,22 aC                                | 2,06 aB | 0,99 bC | 1,42 bB | 1,91 aB |
| CV: 12,86%  |  |         |         |         |         |

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem para os diferentes sistemas de manejo e diferentes camadas do solo respectivamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

A relação C-Bmic/COT ( $qMic$ ), apresentam variação entre os valores médios na primeira camada avaliada e entre os sistemas de manejo. Os valores foram superiores a 1% nas duas primeiras camadas e na terceira camada foi inferior somente no sistema ILP (Tabela 3). Valores encontrados indicam que houve acréscimo de carbono no solo ao longo dos tempos. Essa relação tem sido usada para avaliar a qualidade da matéria orgânica do solo, pois resultados rápidos permitem acompanhar, os efeitos de perturbações que ocorreram por desequilíbrios ecológicos, variações que ocorreram na matéria orgânica do solo, decorrente do manejo adotado, pois as reações são rápidas em comparação aos atributos físicos e químicos do solo. Os resultados encontrados no trabalho estão de acordo com trabalhos de 10 anos em Latossolo Arenoso e 23 anos em Latossolo Vermelho (BALOTA; CHAVES, 2011), mostrando que uso de leguminosas no sistema

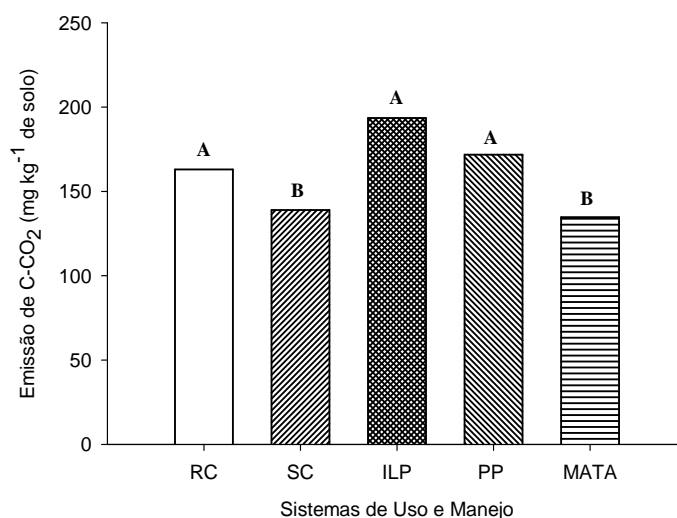
incrementou o carbono orgânico. Para Balota (2017) áreas de pastagem apresentam valores mais elevados que mata nativa, como se constatou nas análises do trabalho.

Na primeira camada avaliada, os maiores valores médios foram encontrados nas áreas de RC e os menores valores nas áreas de SC (Tabela 3). Os valores mostram que a rotação de culturas proporciona um incremento no carbono do solo, pela diversidade de plantas com diferentes sistemas radiculares em um mesmo ano agrícola, ao contrário da sucessão de culturas, que os valores médios mostram a perda de carbono orgânico, o que pode estar atrelado a baixa deposição de palhada com as culturas do trigo e da soja. Segundo Balota (2017), valores altos de  $q_{Mic}$  em solos com rotação de culturas, pode ser devido à maior quantidade e diversidade de resíduos adicionados ao solo, favorecendo os microrganismos que possuem metabolismo fisiológico mais econômico, com isso fixam maior quantidade de carbono nas células microbianas.

Na avaliação da relação  $C-Bmic/COT$  (Tabela 3), observa-se que as áreas de RC, ILP e MN, apresentam os menores valores em relação as áreas de SC e PP, na segunda camada avaliada (5-10 cm). Na última camada, os maiores valores ficaram nas áreas de RC, SC e MN e os menores nas áreas de ILP e PP.

Na análise dentro de cada manejo, observa-se que as áreas de RC apresentam uma lógica de gradiente de maiores para menores valores para as camadas avaliadas. Na área referência (MN), não há diferença entre as duas primeiras camadas e menor valor na última. Nas áreas de SC, ILP e PP observa-se que os maiores valores se encontram na segunda camada (5-10 cm), que pode ser devido as perdas de carbono orgânico da camada superficial (Tabela 3). Quanto maior a relação  $C-Bmic/COT$  em uma mesma área, mais ativa é a matéria orgânica do solo, com maior potencial de transformação, o que representa informações relevantes sobre a ciclagem e estoque microbiano de nutrientes no solo, devido aos manejos adotados (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008; BALOTA, 2017).

Os valores médios obtidos na emissão de  $C-CO_2$ , contabilizados durante 21 dias de estudo, nos diferentes sistemas de manejo e uso do solo, demonstram que existe diferença estatística entre os mesmos (Figura 1).



**FIGURA 1.** Emissão total de  $C-CO_2$  do solo durante o período de 21 dias. RC = rotação de culturas; SC = sucessão de culturas; ILP = integração lavoura-pecuária; PP = pastagem perene e Mata = mata nativa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem para os diferentes sistemas de produção a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.



A emissão de CO<sub>2</sub>, está diretamente relacionada a atividade dos microrganismos do solo e atividade do sistema radicular. A Figura 1, mostra que nas áreas de RC, ILP e PP, a emissão foi maior que nas áreas de SC e mata nativa. Pois de acordo com Franchini et al. (2007) a palhada que permanece na superfície do solo favorece a atividade microbiana. O material orgânico influencia a emissão de CO<sub>2</sub>, pois serve como substrato para atividade microbiana, aumentando a emissão de CO<sub>2</sub> (EVANYLO; McGUINN, 2009).

### CONCLUSÕES

Os diferentes sistemas de manejo do solo influenciaram a biomassa e atividade microbiana do solo, e as condições que melhor favoreceram isso ocorreram nas áreas de rotação de culturas.

A emissão de C-CO<sub>2</sub> é influenciada pelos sistemas de manejo. Sendo que a maior emissão foi observada nas áreas de RC, o que pode estar atribuído a diversidade de material vegetal que anualmente é deixado na superfície do solo.

Os resultados demonstraram pelo qCO<sub>2</sub>, que a biomassa microbiana do solo foi menos eficiente na utilização dos compostos orgânicos, com menor acúmulo de carbono aos tecidos microbianos as áreas de sucessão de culturas.

### REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Eds). **Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties**. 2.ed. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p. 831-845. 1982. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/tocs/agronomymonogra/methodsofsoilanb>>.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of ecophysiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 251-255, 1990. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(90\)90094-G](https://doi.org/10.1016/0038-0717(90)90094-G)>.

BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. D. Microbial activity in soil cultivated with different summer legumes in coffee crop. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 1, p. 35-44, 2011. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/microbialcoffee2011.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/microbialcoffee2011.pdf)>.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Mecenas. 2017, 288 p. ISBN 978-85-89687-28-7.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. D.; REIS, E. F. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/16.pdf>>. doi: 10.1590/S0100-06832009000100016

CHEN, M.; QIN, X.; ZENG G.; LI, J. Impacts of human activity modes and climate on heavy metal "spread" in groundwater are biased. **Chemosphere**. v. 152, p. 439–445,

2016. Disponível em: <[http://ee.hnu.cn/eeold/php/news/pic/yunfeirandompic\\_1459421047.pdf](http://ee.hnu.cn/eeold/php/news/pic/yunfeirandompic_1459421047.pdf)>. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.03.046

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Special Publication. Soil Science Society of America; v. 35. p. 3 – 21. 1994. doi: 10.2136/sssaspecpub35.c1

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

EVANYLO, G.; MCGUINN, M. R. **Agricultural management practices and soil quality: measuring, assessing, and comparing laboratory and field test kit indicators of soil quality attributes**. College of Agriculture and Life Sciences, Polytechnic Institute and State University. Virginia, v. 1, 2009. Disponível em:<[https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48083/452-400\\_pdf.>](https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48083/452-400_pdf.>).

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, p. 991-996, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000400026>>.

FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop-rotation systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v. 92, n. 1, p. 18-29, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016719870500317X>>. doi: 10.1016/j.still.2005.12.010

FRANZLUEBBERS, A. J. Should Soil Testing Services Measure Soil Biological Activity. **Agricultural and Environmental Letters**. v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/ael/pdfs/1/1/150009>>. doi: 10.2134/ael2015.11.0009

FRANZLUEBBERS, A. J.; SCHOEMBERG, H. H.; ENDALE, D. M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. **Soil and Tillage Research**, v. 96, n. 1-2, p. 303-315, 2007. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/download/8635/PDF>>. doi: :10.1016/j.still.2007.07.001

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 159-170. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/290190496>>.

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; FONTANETTI, A.; MENECHIN, S. P.; SOUZA, M. D. B.; MORINIGO, K. P. G.; SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v.

40, n. 1, p. 34-44, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v40n1/v40n1a05.pdf>>. doi: 10.19084/RCA16041

HAGERTY, S. B.; GROENIGEN, K. J.; ALLISON, S. D.; HUNGATE, B. A.; SCHWARTZ, E.; KOCH, J. W.; KOLKA, R. K.; DIJKSTRA, P. Accelerated microbial turnover but constant growth efficiency with warming in soil. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 903-906, 2014. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nclimate2361>>.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n. 3, p. 288-296, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139309001036>>. doi: 10.1016/j.apsoil.2009.05.005

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia -Monitoramento das estações automáticas [acesso em 10 novembro 2017]. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br/>.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asagr/v30n4/a06v30n4.pdf>>. doi: 10.4025/actasciagron.v30i4.5301

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. D. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F. ; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, EMBRAPA, p. 163-198, 2006. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/313558489>>.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 103, n. 4, p. 46-56, 2009. Disponível em: <[http://www.fao.org/tempref/AG/agp/ca/CA\\_CoP\\_Jan11/Stratification\\_ratio\\_soil\\_organic\\_matter\\_pools\\_2009%201%20.pdf](http://www.fao.org/tempref/AG/agp/ca/CA_CoP_Jan11/Stratification_ratio_soil_organic_matter_pools_2009%201%20.pdf)>. doi:10.1016/j.still.2008.09.003

SEGATTO, M. P.; ANDREAZZA, R.; BORTOLON, L.; SANTOS, V. P.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Decomposição de resíduos industriais no solo. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 1, p. 49-62, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9354/5505>>. doi: 10.5902/ 2179460X9354

SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **Singer Plus**, v. 2, n. 1, p. 587-599, 2013. Disponível em:

<<https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-587>>. doi: 10.1186/2193-1801-2-587

SILVA, M. S. C.; SILVA, E. M. R. D.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F. D. Estoque de serapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 431-441, 2012. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/floram/v19n4/v19n4a05.pdf>>. doi: 10.4322/floram.2012.058

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALIVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1585-1592, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n5/11.pdf>>.

TIEMANN, L. K.; GRANDY, A. S.; ATKINSON, E. E.; MARINSPIOTTA, E.; MCDANIEL, M. D. Crop rotational diversity enhances belowground communities and functions in an agroecosystem. **Ecology Letters**, v. 18, p. 761-771, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/ele.12453>>. doi: 10.1111/ele.12453

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biofósforo industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1173-1184, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n5/a32v31n5.pdf>>. doi: 10.1590/S0100-06832007000500032