

# INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ, PASTAGEM E INTEGRAÇÃO PASTAGEM E EUCALIPTO

Rodrigo Horst<sup>1</sup>  
 Pedro Hugo de Angelo Matheos<sup>1</sup>  
 Rayane Monique Sete da Cruz<sup>2</sup>  
 Carlos Henrique de Souza Gonçalves<sup>3</sup>  
 Luiz Renato Marques das Almas<sup>3</sup>  
 Luzia Doretto Paccola-Meirelles<sup>4</sup>  
 Odair Alberton<sup>4</sup>

HORST, R.; MATHEOS, P. H. de A.; CRUZ, R. M. S da.; GONÇALVES, C. H. de S.; ALMAS, L. R. M das.; PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; ALBERTON, O. Indicadores de qualidade do solo cultivado com café, pastagem e integração pastagem e eucalipto. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, Umuarama, v. 20, n. 4, p. 183-188, out./dez. 2017.

**RESUMO:** A demanda crescente da utilização dos solos exige soluções que permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes culturas como café, pastagem e manejo integrado de pastagem e eucalipto na qualidade química e microbiológica do solo. Foram analisados da parte química o pH do solo, nitrogênio, carbono orgânico total e fósforo do solo e da parte microbiológica foram analisados a densidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares (FMAs), carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo e coeficiente metabólico do solo  $qCO_2$ . O pH do solo variou de 5,38 no manejo de pasto e eucalipto para 4,70 nas áreas cultivadas com pasto. A densidades de esporos de FMAs e o CBM na área de integração de pasto e eucalipto foram aumentados em relação à área cultivada com café, e o  $qCO_2$  foi aumentado com o cultivo do café, indicando que o cultivo de café eleva a condição de estresse do solo nas condições avaliadas. Concluindo, portanto, que as diferentes formas de uso e manejo das três áreas estudadas apontaram variações do comportamento de suas propriedades químicas e microbiológicas, entretanto, o manejo que se destacou foi a de eucalipto com a integração de pastagens, sendo mais sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Integração lavoura pecuária. Microbiologia agrícola. Qualidade do solo. Química do solo.

## QUALITY INDICATORS OF SOIL CULTIVATED WITH COFFEE, PASTURE, AND PASTURE AND EUCALYPTUS INTEGRATION

**ABSTRACT:** The increasing demand for land use requires solutions that encourage its socio-economic development without compromising the sustainability of natural resources. The purpose of this study was to evaluate the effects of different crops such as coffee, pasture and the integrated management of pasture and eucalyptus in the chemical and microbiological quality of the soil. Chemical tests were performed to obtain the pH, nitrogen, total organic carbon, and phosphorus contents on the land, while microbiological parameters analyzed the density of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores, microbial biomass carbon (MBC), soil basal respiration (SBR) and soil metabolic coefficient  $qCO_2$ . The soil pH varied from 5.38 in the management of pasture and eucalyptus to 4.70 in the areas cultivated with only pasture. The density of AMF spores and the MBC were higher in the pasture and eucalyptus integration when compared with coffee cultivation; the  $qCO_2$  in soil with coffee was higher than that found for the integration of pasture and eucalyptus. Those results indicate that coffee cultivated in those conditions increase stress in the soil due to higher SBR. It can be concluded that the different forms of use and management of the three studied areas show variations in the behavior of the chemical and microbiological properties in the soil, and eucalyptus with pasture integration presents a better sustainable soil management.

**KEYWORDS:** Agricultural microbiology. Integration between agriculture and cattle-raising. Soil chemistry. Soil quality.

## INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO CULTIVADO CON CAFÉ, PASTAJE E INTEGRACIÓN PASTAJE Y EUCALIPTO

**RESUMEN:** La demanda creciente de utilización del suelo exige soluciones que permitan incentivar el desarrollo socioeconómico sin comprometer la sustentabilidad de los recursos naturales. Así, el objetivo de ese estudio ha sido evaluar los efectos de diferentes culturas como café, pastaje y manejo integrado de pastaje y eucalipto en la calidad química y microbiológica del suelo. Se analizaron de la parte química, el pH del suelo, nitrógeno, carbono orgánico total y fósforo del suelo, y de la parte microbiológica se analizaron la densidad de esporos de hongos micorrizicos arbusculares (FMAs), carbono de la biomasa microbiana (CBM), respiración basal del suelo y coeficiente metabólico del suelo  $qCO_2$ . El pH del suelo osciló de 5,38 en el manejo de pasto y eucalipto para 4,70 las áreas cultivadas con pasto. La densidad de esporos de FMAs y el CBM en el área de

DOI: 10.25110/arqvet.v20i4.2017.6762

<sup>1</sup>Discente do curso de Pós-graduação em Microbiologia – Unipar;

<sup>2</sup>Discente do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura da Unipar;

<sup>3</sup>Discente do curso em Química Industrial da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR.

<sup>4</sup>Docente do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura da Unipar. E-mail: odair@prof.unipar.br

integración de pasto y eucalipto han aumentado en relación al área cultivada con café, y el  $qCO_2$  fue aumentado con el cultivo de café, indicando que el cultivo de café eleva la condición de estrés del suelo en las condiciones evaluadas. Concluyendo, por lo tanto, que las diferentes formas de uso y manejo de las tres áreas estudiadas, apuntaron variaciones de comportamiento de sus propiedades químicas y microbiológicas, entretanto el manejo que se destacó fue la del eucalipto con la integración de pastajes, siendo más sostenible.

**PALABRAS CLAVE:** Integración agricultura pecuaria. Microbiología agrícola. Calidad del suelo. Química del suelo.

## Introdução

O Arenito Caiuá é um solo distrófico com textura média a arenosa e proporções de argila inferiores a 15%, reduzido teor de carbono orgânico e muito suscetível à erosão (TRABAQUINI et al., 2011). A maior fragilidade deste tipo de solo é devida principalmente ao menor teor de carbono orgânico, à baixa estabilidade dos agregados e capacidade de retenção de água do solo (FREITAS et al., 2014), com consequente maior fragilidade do ecossistema e maior degradação física, química e biológica do solo (FIDALSKI, 1997).

A cafeicultura no Brasil proporcionou um crescimento econômico relevante durante sua história, onde a região norte do estado do Paraná está entre as mais importantes produtoras do país, que se destacou entre os maiores produtores do mundo (LOPES et al., 2014). O cultivo de café no Brasil, desde o início do século XIX, caracteriza-se pelo monocultivo a pleno sol, e, portanto, com baixo nível de diversidade biológica, influenciando diretamente em aspectos relacionados à fragilidade do solo (LOPES et al., 2014).

A pecuária é uma atividade de suma importância no cenário nacional e que vem crescendo de forma importante nos últimos anos (27%) (ABIEC, 2016). No entanto, esta atividade, muitas vezes, causa danos ao meio ambiente, com uma preocupação que é recente no Brasil e muitos pecuaristas ainda não se conscientizaram sobre a importância de haver a conservação do local onde se maneja a atividade (DIAS-FILHO, 2011).

Dentre os principais impactos negativos, pode-se citar: redução da biodiversidade de espécies; erosão, compactação, redução da fertilidade dos solos, com salinização e desertificação de áreas; contaminação dos solos, ar, água, fauna e flora por agrotóxicos e fertilizantes; poluição do ar por fumaça e material particulado, devido às queimadas; aumento da velocidade do vento, devido ao desmatamento (LEITE et al., 2011).

O manejo do solo é um conjunto de operações que visa à conservação da qualidade do solo e melhoria da condição de cultivo de plantas (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009; DADALTO et al., 2015). A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo pelo contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura e qualidade do solo (RALISCH et al., 2010). Entre os indicadores biológicos de qualidade do mesmo, o carbono da biomassa microbiana (CBM), a respiração basal do solo (RBS) e o coeficiente metabólico do solo ( $qCO_2$ ) devem ser considerados na avaliação da qualidade do solo (BALOTA et al., 2014), pois apresentam alta sensibilidade às mudanças no ecossistema, detectando mais rapidamente as mudanças no solo.

O sistema de integração lavoura, pecuária e floresta consistem em uma prática de manejo integrada que permite a recuperação dos solos degradados pela pastagem, e pode ser uma forma sustentável para o uso do solo (BALBINO et al.,

2012; LEMAIRE et al., 2014).

Essa integração proporciona benefícios recíprocos entre a lavoura e a pecuária, reduzindo as causas da degradação física, química e biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações, sendo inúmeras as possibilidades de combinação espaço-temporal entre os componentes agrícola, pecuário e florestal, que se caracterizam pelo alto potencial produtivo e por proporcionarem melhorias na qualidade ambiental (BALBINO et al., 2011; 2012). Os sistemas em integração podem ser mais lucrativos por diminuir custos, diversificar as atividades econômicas e aumentar a produtividade.

Em contrapartida, a demanda crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais, exige soluções que permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. A intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção por meio da integração lavoura-pecuária-floresta, têm sido apontados como alternativa que possibilita a melhoria da produtividade, da qualidade dos produtos e aumento da renda das atividades agropecuárias, integrando as explorações de lavoura, pecuária e/ou floresta (VILELA et al., 2012; SALTON et al., 2015).

Tendo em vista os vários aspectos levantados, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes culturas como café, pastagem e manejo integrado de pastagem e eucalipto na qualidade química e microbiológica do solo.

## Material e Métodos

### Local e amostragem

As três áreas coletadas encontram-se na estação experimental de Xambrê, Paraná, do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado na Estrada Santa Fé, km 10, junto à Fazenda Santa Fé. Situado a 374 metros de altitude com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 23° 43' 37" Sul, Longitude: 53° 29' 58" Oeste, de solo classificado como Arenito Caiuá (Tabela 1).

**Tabela 1:** Histórico das áreas de estudo.

Área	Características Gerais	Tipo de uso/manejo
Pastagem	Inicialmente esta área era mata, sendo derrubada para dar lugar à pastagem com braquiária MG 5 no inverno e soja no verão.	Rotação de culturas/ controle de plantas daninhas com aplicação de herbicida.
Café	Inicialmente pastagem, passando a ser cultivado com café a partir de 2012.	Cultura integralmente de café.
Pastagem e Eucalipto	Inicialmente o eucalipto foi cultivado com rotação de cultura, pastagem no inverno e soja no verão (período de dois anos) e subsequente mantido o eucalipto com pastagem de braquiária MG 5.	Em pousio.

As amostras de solo foram coletadas em sete pontos aleatoriamente e em zig zag de cada uma das áreas, no mês de agosto de 2017, cujos pontos tiveram uma profundidade de aproximadamente 20 cm e diâmetro de aproximadamente 10 cm.

#### *Determinação do pH em CaCl<sub>2</sub>, nitrogênio, fósforo e carbono do solo*

A determinação do pH do solo em CaCl<sub>2</sub> foi realizada conforme Silva (2009).

O P foi determinado pela solução extratora de Mehlich 1 e após por colorimetria conforme Silva (2009).

O N foi determinado por meio da digestão ácida e depois aplicado o método de *Kjeldahl*, conforme Silva (2009).

A determinação do C-orgânico total (COT) do solo foi realizada por meio do método de incineração em mufla em duplicata e convertido em matéria orgânica do solo (MOS) segundo Silva (2009).

#### *Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo*

A determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) foi modificado segundo o método fumigação-extração proposto por Vance, Brookes e Jenkinson (1987) e Tate, Ross e Feltham (1988). Para a fumigação das amostras foram pesadas 10 g de solo e adicionou-se 1 mL de clorofórmio isento de etanol, em todos os frascos destinados à fumigação, após os frascos terem sido fechados, foram armazenados em local isento de luminosidade por 24 horas, com temperatura em torno de 25 a 28 °C. Após esse período foi retirado a tampa dos frascos em capela de exaustão, deixando evaporar todo o clorofórmio como proposto por Brookes, Powlson e Jenkinson (1982) e Witt et al. (2000).

Para as amostras não fumigadas foi feita a pesagem de 10 g da amostra de solo. Tanto as amostras fumigadas quanto as não fumigadas de cada tratamento foram repetidas duas vezes, das quais foi utilizada a média. Após isso, realizou-se a extração do C das amostras fumigadas e não fumigadas, conforme descrito por Hungria et al. (2009). Foi estimado o CBM nos extratos usando-se a fórmula:  $CBM = (C_f - C_{nf})/K_c$ , onde  $C_f$  e  $C_{nf}$  representam o C extraído do solo fumigado e não fumigado e  $K_c$  é uma constante usada em todas as amostras, segundo Hungria et al. (2009). O  $K_c$  utilizado foi de 0,4, conforme sugerido por Kaschuk, Alberton e Hungria (2010).

#### *Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo*

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada de 30 g de solo, que foram acondicionadas juntamente com um frasco de 30 mL com 10 mL de NaOH 1 M dentro de frascos de vidro tipo conserva de 500 mL. Os frascos foram fechados hermeticamente e armazenados no escuro em temperatura ambiente. Após oito dias de incubação, os frascos com NaOH foram acrescidos de 2 mL de BaCl<sub>2</sub> a 10% e três gotas de fenolftaleína (solução alcoólica a 3%) para titulação com HCl 0,5 N conforme Silva, Azevedo e De-Polli (2007). O quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ ) é a razão entre a RBS e a unidade de CBM do solo (HUNGRIA et al., 2009).

#### *Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares*

A amostra de 10 g de solo coletado foi submetido ao peneiramento úmido nas malhas de 0,710 mm e de 0,053 mm (GERDERMANN; NICOLSON, 1963). Em seguida o retido na malha de 0,053 mm foi centrifugado (3000 rpm, 1512 G, por 3 min). O precipitado foi suspenso em 40 mL de solução aquosa de sacarose 50% (m/v) e novamente centrifugado (2000 rpm, 658 G, por 2 min.). O sobrenadante foi transferido para placas de Petri para a contagem e identificação, sob microscópio estereoscópio (40X).

#### *Análises estatísticas*

As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa estatístico SPSS versão 22.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## **Resultados e Discussão**

O pH do solo variou de 5,38 no manejo de pasto e eucalipto para 4,70 nas áreas cultivadas somente com pasto (Tabela 2). Em solos de baixo poder tampão, o acúmulo de resíduos orgânicos acarreta na liberação de ácidos orgânicos por ocasião da decomposição, o que resulta em maior acidificação do solo (BOHNEN; MEURER; BISSANI, 2006). O pH baixo afeta, ainda, de maneira direta a comunidade microbiana do solo em solos com baixos valores de pH, elementos como Fe, Al<sup>3+</sup> e Mn atingem níveis tóxicos impossibilitando um bom desenvolvimento das culturas (MORREIRA; SIQUEIRA, 2006).

**Tabela 2:** pH do solo ( $\text{CaCl}_2$ ), nitrogênio (%) (N), carbono orgânico total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) (COT) e fósforo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (P) do solo

Manejes	pH	N	COT	P
<b>Café</b>	4,90 ± 0,02b	0,65 ± 0,05a	2,55 ± 0,23a	16,54 ± 1,70a
<b>Pasto</b>	4,70 ± 0,08c	0,90 ± 0,14a	2,93 ± 0,30a	21,91 ± 2,17a
<b>Pasto e Eucalipto</b>	5,38 ± 0,03a	0,97 ± 0,09a	3,12 ± 0,52a	23,19 ± 2,66a

Média ± erro padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

O controle de acidez do solo é de grande importância porque afeta a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca catiônica (CTC) e o desenvolvimento e a atividade biológica. Além disso, em condições de baixo pH pode acontecer toxidez de  $\text{Al}^{3+}$  e Mn, um dos principais fatores que prejudicam o crescimento de plantas (BALOTA, 2017).

A densidade de esporos dos FMAs na área de integração de pasto e eucalipto foi de 1,99 (Tabela 3), possivelmente por uma maior diversidade de plantas nessa área possibilitando uma maior população de fungos. Já para o café, a densidade de esporos foi de 0,36, umas das possibilidades para o baixo nível de esporos é o manejo prolongado de uma única cultura. Segundo Benedetti et al. (2005) a germinação dos esporos de FMAs também está relacionada ao pH do

meio e varia entre os gêneros. Diferentes espécies ou populações de FMAs apresentaram curvas variadas de colonização de acordo com o tempo, dependendo das condições edáficas (ABBOTT; ROBSON, 1985). A interação genética do fungo com a planta talvez seja o fator de maior importância no que se refere à colonização pelos FMAs (LAMBIAIS; CARDOSO, 1990).

Os diferentes sistemas de manejo do solo alteram a população micorrízica, afetando o desenvolvimento das diversas estruturas e o funcionamento das associações simbióticas (CARRENHO et al., 2010), e influenciam seus efeitos nas plantas, bem como a produtividade e a sanidade das mesmas.

**Tabela 3:** Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (no  $\text{g}^{-1}$  de solo seco), carbono da biomassa microbiana ( $\mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1}$  solo seco) (CBM), respiração basal do solo ( $\mu\text{g C-CO}_2 \text{g}^{-1}$  solo seco  $\text{h}^{-1}$ ) (RBS) e coeficiente metabólico do solo ( $\mu\text{g CO}_2 \mu\text{g}^{-1}$ ) ( $q\text{CO}_2$ ).

Manejes	Esporos	CBM	RBS	$q\text{CO}_2$
<b>Café</b>	0,36 ± 0,07c	106,86 ± 9,98b	0,71 ± 0,10a	6,78 ± 0,95a
<b>Pasto</b>	0,86 ± 0,10b	147,18 ± 8,06a	0,87 ± 0,07a	5,99 ± 0,42ab
<b>Pasto e Eucalipto</b>	1,99 ± 0,11a	163,38 ± 9,30a	0,67 ± 0,05a	4,22 ± 0,44b

Média ± erro padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

O CBM não diferiu significativamente nos manejos de pasto e pasto x eucalipto, entretanto a adoção da cultura do eucalipto pode contribuir para promover o sequestro de carbono, já na área com café houve um declínio significativo no CBM, característica esperada, já que se observou uma quantidade reduzida de esporos de FMAs no cultivo desta cultura (Tabela 3). De acordo com Maia et al. (2009) o CBM representa o compartimento ativo e pode ser considerada a fração viva da matéria orgânica que inclui bactérias, fungos, actinomicetos, algas e microfauna constituindo de 2 a 5% do carbono orgânico do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002). O CBM desempenha funções básicas no solo, como agente na decomposição dos resíduos vegetais, com consequente liberação de nutrientes e de  $\text{CO}_2$ , e é também um reservatório considerável de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas (STEVENSON; COLE, 1999).

O  $q\text{CO}_2$  (Tabela 3), que expressa a taxa respiratória por unidade de CBM, aumentou no cultivo do solo com café. A partir da análise do  $q\text{CO}_2$ , observou-se que a comunidade microbiana do café está consumindo mais C do que é sequestrado no solo por meio de sua biomassa como demonstrado pela CBM. O aumento do  $q\text{CO}_2$  diante de perturbações no ecossistema do solo, segundo Wardle e Ghani (1995), indica uma resposta da microbiota do solo às condições adversas. Segundo Anderson e Domsch (2010), a variação do  $q\text{CO}_2$  pode expor à alteração na composição das populações microbianas, sendo assim bastante dinâmico, podendo alterar-se devido às mudanças nos fatores bióticos e abióticos (temperatura, pH, umidade e nutrientes) do meio ambiente.

A disponibilidade de P no solo, N, COT e RBS não diferiram significativamente entre os diferentes manejos do solo avaliados. Provavelmente para o parâmetro N, os resíduos vegetais depositados no solo sob os manejos foram constituídos principalmente por substratos orgânicos de decomposição rápida, o que não contribuiu para incrementos nos estoques de N total no solo (PULROLNIK et al., 2009).

Devido à crescente utilização do solo, muitas vezes de maneira inadequada, tornam-se necessárias avaliações para saber a qualidade em que se encontram os solos brasileiros, para uma possível recuperação e conscientização de melhores formas de manejo.

## Conclusão

As diferentes formas de uso e manejo das três áreas estudadas, apontaram variações do comportamento de suas propriedades químicas e microbiológicas, entretanto o manejo que se destacou foi a de eucalipto com a integração de pastagens, destacando-se como o mais sustentável.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Paranaense – UNIPAR pelo apoio à pesquisa.

## Referências

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Perfil da pecuária no Brasil. **Relatório anual de**

2016. Disponível em: <<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 99, p. 245-255, 1985.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (*q*CO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 393-395, 1993.

BALBINO, L. C. et al. Agricultura sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). **Informações Agronômicas IPNI**, n. 138, p. 1-18, jul. 2012.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. i-xii, out. 2011.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Macenas, 2017. 287 p.

BALOTA, E. L. et al. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 490, p. 397-404, 2014.

BENEDETTI, T. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 44-51, 2005.

BOHNEN, H.; MEURER, E.J.; BISSANI, C.A. **Solos ácidos e solos afetados por sais**. In: MEURER, E.J. (Ed.) Fundamentos de química do solo. 3. ed. Porto Alegre: Genesis. 2006. p. 163-180.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, n. 4, p. 319-329, 1982.

CARRENHO, R. et al. **Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros**. In: SIQUEIRA, J.O. et al. eds. Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras, Universidade Federal de Lavras, p. 154-214. 2010.

DADALTO, J. P. et al. Sistema de preparo de solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 506-513, 2015.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém, PA, 2011.

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. **Revista**

**Unimar**, v. 19, p. 853-861, 1997.

FREITAS, P. L. et al. Identificação e caracterização físico-química de latossolos de textura arenosa e média da região Oeste da Bahia. **Cadernos de Geociência**, v. 11, p. 83-93. 2014.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-246, 1963.

HUNGRIA, M. et al. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 42, p. 288-296, 2009.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 42, p. 1-13, 2010.

LAMBAIS, M. R.; CARDOSO, E. J. B. N. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. **Plant Soil**, v. 129, p. 283- 289, 1990.

LEITE, C. C. et al. Historical reconstruction of land use in the Brazilian Amazon (1940-1995). **Journal of Land Use Science**, v. 6, p. 33-52, 2011.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LOPES, P. R. et al. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v. 8, n. 2, p. 1-38. 2014.

MAIA, S. M. F. et al. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, v. 149, p. 84-91. 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

PULROLNIK, K. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e Cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1125-1136, 2009.

RALISCH, R. et al. Morphostructural characterization of soil conventionally tilled with mechanized and animal traction with and without cover crop. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1795-1802, 2010.

SALTON, J. C. et al. **20 Anos de Experimentação**

- em Integração Lavoura-Pecuária na Embrapa Agropecuária Oeste: relatório.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 167 p. (Documentos 130).
- SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ( $q\text{CO}_2$ ).** Seropédica: Embrapa, (Comunicado Técnico 99), 2007, 4 p.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes.** 2 ed: Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** 2. ed. New York, John Wiley & Sons, 1999. 427 p.
- TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, p. 329-335, 1988.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V. & COSTA, L. M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 196-275, 2002.
- TRABAQUINI, K. et al. Caracterização de lavouras cafezeiras utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no município de Umuarama-Pr. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 35-44, 2011.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.743-755, 2009.
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: alternativa para intensificação do uso. **Revista UFG**, ano XIII, n. 13, p. 92-99, 2012.
- WARDLE, D. A.; GHANI, A. Why is the strength of relationships between pairs of methods for estimating soil microbial biomass often so variable? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 6, p. 821-828, 1995.
- WITT, C. et al. A rapid chloroform-fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon and nitrogen in flooded rice soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 30, p. 510-519, 2000.

Recebido em: 01.12.2017

Aceito em: 25.03.2018