

Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo

Indiana Bersi Duarte¹, Anderson de Souza Gallo², Michele da Silva Gomes¹, Nathalia de França Guimarães², Daniel Passareli Rocha³, Rogério Ferreira da Silva¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Curso de Tecnologia em Agroecologia. Rua Rogério Luiz Rodrigues, s/n, CEP: 79730-000, Centro, Glória de Dourados, MS.

²Universidade Federal de São Carlos/Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural. Rodovia Anhanguera, Km 174, Cx. Postal 153, CEP: 13.600-970, Araras, SP.

³Escola Família Agrícola Rosalvo da Rocha Rodrigues. Avenida Jofre de Araújo Km 3 – Prolongamento, CEP: 79140-000, Zona Rural, Nova Alvorada do Sul, MS.

ind_yana@hotmail.com, andersondsgallo@hotmail.com, michelle_gomes12@hotmail.com, n.fguimaraes@hotmail.com, danielpassareliagrotec@hotmail.com, rogerio@uems.br

Resumo: Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o desempenho de plantas de cobertura na produção de massa seca e avaliar as alterações promovidas por essas plantas na biomassa microbiana do solo e sua atividade. Os estudos foram desenvolvidos em dois municípios distintos: Experimento 1 - realizado em Glória de Dourados, MS, com os seguintes tratamentos: mucuna-preta, crotalária, feijão-de-porco, guandu-anão, milho e uma área em pousio; Experimento 2 - realizado em Nova Alvorada do Sul, MS. Os tratamentos constaram de diferentes arranjos de consórcios entre mucuna-preta e milho: cultivo solteiro de mucuna-preta; cultivo solteiro de milho; consórcio de 25% de milho + 75% de mucuna-preta; 50% de milho + 50% de mucuna-preta; 75% de milho + 25% de mucuna-preta e uma área em pousio. Nos dois experimentos foram avaliadas áreas com fragmento de vegetação nativa. Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, com quatro repetições. No experimento 1 verificaram-se maiores produções de fitomassa da parte aérea nas espécies de crotalária, guandu-anão e milho. Os valores de C-BMS e matéria orgânica do solo (MOS) foram maiores na vegetação nativa. Dentre as espécies cultivadas os maiores valores de C-BMS foram verificados na crotalária. No experimento 2, não houve diferença significativa na produção de massa seca entre os tratamentos. Os maiores valores de C-BMS e quociente microbiano foram proporcionados pelo cultivo de mucuna-preta solteira, em relação ao pousio e ao cultivo de milho. O consórcio 50 % milho + 50 % mucuna-preta favoreceu a respiração basal da biomassa microbiana.

Palavras-chave: bioindicadores, qualidade de solo, quociente microbiano.

Cover crops and their effects on soil microbial biomass

Abstract: The work had like aimed to verify the performance of cover crops in the production of dry matter and assess the changes promoted by these plants in soil microbial biomass and its activity. The studies were conducted in two different municipalities: Experiment 1 - conducted in Glória de Dourados, Mato Grosso do Sul State, Brazil, with the following treatments: *Mucuna aterrima*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Gajanus cajan*, *Pennisetum glaucum* and a fallow area; Experiment 2 - It was realized in Nova Alvorada do Sul, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The treatments consisted of different

consortium arrangements between *Mucuna aterrima* and *Pennisetum glaucum*: *Mucuna aterrima* monocrop, *Pennisetum glaucum* monocrop; consortium of 25% of *Pennisetum glaucum* + 75 % of *Mucuna aterrima*, 50% of *Pennisetum glaucum* + 50% of *Mucuna aterrima*, 75 % of *Pennisetum glaucum* + 25 % of *Mucuna aterrima* and an area fallow. In both experiments were assessed, areas with native vegetation fragment. The experiments were conducted in a randomized complete blocks with four replication. In experiment 1, there were results of higher biomass productions of shoots of *Crotalaria juncea* species, *Gajanus cajan* and *Pennisetum glaucum*. . The values of C-BMS and soil organic matter (SOM) were greater in native vegetation. Among the agricultural systems the highest values of C-BMS were observed in the system with *Crotalaria juncea*. In experiment 2, there was no significant difference in dry matter production among treatments. The highest values of C-BMS and microbial quotient were provided by cultivation of *Mucuna aterrima* with respect to fallow and cultivation of *Pennisetum glaucum*. The consortium 50 % *Pennisetum glaucum* + 50 % *Mucuna aterrima* favored the basal respiration of soil microbial biomass.

Key words: bioindicators, soil quality, microbial quotient.

Introdução

O manejo inadequado do solo por meio das atividades agropecuárias pode com o tempo trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade. Desta forma a prevenção da degradação de novas áreas, aliada à baixa fertilidade natural dos solos têm conduzido à necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica, sendo que, dentro dessas novas práticas, destaca-se a adubação verde, reconhecida como uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas (Nascimento e Matos, 2007).

A utilização de plantas de cobertura de solo é uma alternativa ecológica e econômica de manejar adequadamente o solo, possibilitando o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas, que giram em torno do sistema solo-planta (Souza et al., 2008).

Do ponto de vista de atributos biológicos do solo, o uso de consórcio entre plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes, principalmente entre gramíneas e leguminosas, afeta as diferentes populações de organismos constituintes da biota do solo, uma vez que cria micro habitats favoráveis e sítios de refúgios, além do fato dos resíduos vegetais servirem como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo (Badejo et al., 2002; Merlin et al., 2005).

Dentre as características biológicas do solo, a biomassa microbiana do solo é definida como componente microbiano vivo do solo, composto por bactérias, fungos, protozoários, actinomicetos e algas, que atuam no processo de decomposição de resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo (Cardoso, 2004). Portanto, constitui um indicador sensível às alterações ambientais e serve como ferramenta

para orientar o planejamento e avaliar as práticas de manejo do solo (Spadotto et al. 2004). Neste contexto, alterações na comunidade microbiana e na sua atividade interferem diretamente nos processos biológicos e bioquímicos do solo, na produtividade agrícola e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas, atuando como indicador de degradação dos solos (Matsuoka et al., 2003).

O efeito de plantas de cobertura no acúmulo de matéria orgânica no solo e na melhoria de seus atributos biológicos deve ser quantificado regionalmente e para cada sistema produtivo, uma vez que depende da textura e mineralogia do solo, do relevo e das condições de temperatura e umidade (Cunha et al., 2011).

Assim, o objetivo do trabalho foi verificar o desempenho de plantas de cobertura na produção de massa seca e avaliar as alterações promovidas por essas plantas na biomassa microbiana do solo, sua atividade e seus índices e derivados.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em dois municípios do Mato Grosso do Sul. O experimento 1 foi realizado no campo experimental da UEMS, Glória de Dourados, MS (22°22'S e 54°30'W, 400 m de altitude), num solo classificado como Argissolo Vermelho, textura arenosa (Embrapa, 2006). A área onde foi implantado o experimento foi anteriormente cultivada com aveia branca *Avena sativa* L., em sistema convencional.

O clima de ocorrência da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno. Na figura 1 é apresentada a precipitação pluviométrica mensal verificada durante a condução do experimento.

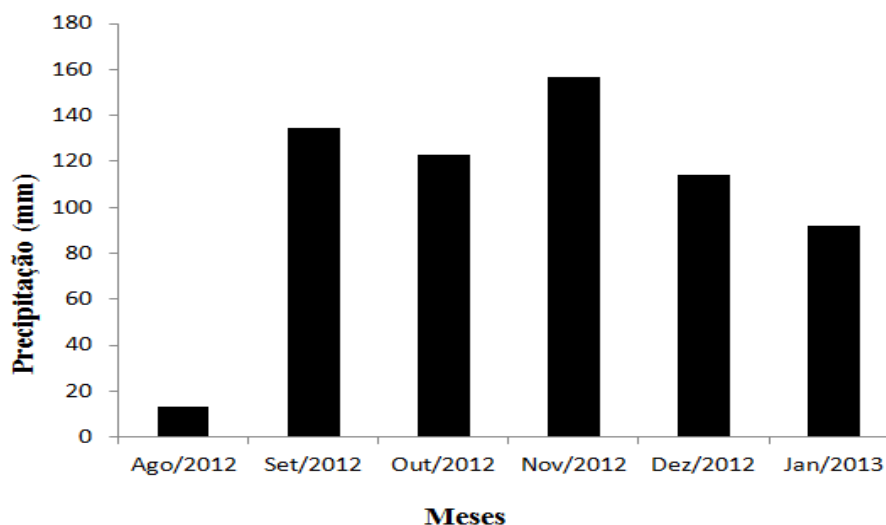


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica (mm) ocorrida durante os meses de condução do experimento. Fonte: AGRAER, Escritório de Glória de Dourados, MS, 2012/2013.

Os tratamentos foram constituídos por cinco espécies de plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes, estas sendo: FP – feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.); CJ - crotalária (*Crotalaria juncea* L.); MP – mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland); GA - guandu anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp); MI - milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e uma área em pousio (P), sem uso de plantas de cobertura. Foi incluída na avaliação uma área com fragmento de vegetação de floresta semidecídua preservada (VN), de aproximadamente 5 ha, onde eram observadas espécies de Cerrado e Floresta, o que caracteriza uma área transicional, como referencial da condição original do solo da região.

A semeadura das espécies de cobertura foi realizada em setembro de 2012, de forma manual, com espaçamento de 0,5 entrelinhas e densidade de 7 a 8 sementes/m para a mucuna-preta e feijão de porco (70 e 80% de germinação, respectivamente); 25 sementes/m para a crotalária e guandu (80% de germinação para ambas as espécies) e 50 sementes/m para o milho (70% de germinação), sendo todas as espécies semeadas sem a utilização de adubação básica ou de cobertura.

No experimento 2, o estudo foi realizado na unidade produtiva da Escola Família Agrícola Rosalvo da Rocha Rodrigues, município de Nova Alvorada do Sul, MS (21°028' S e 54°023' W), num solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média (Embrapa, 2006). O clima de ocorrência da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno. Na figura 2 é apresentada a precipitação pluviométrica mensal verificada durante a condução do experimento.

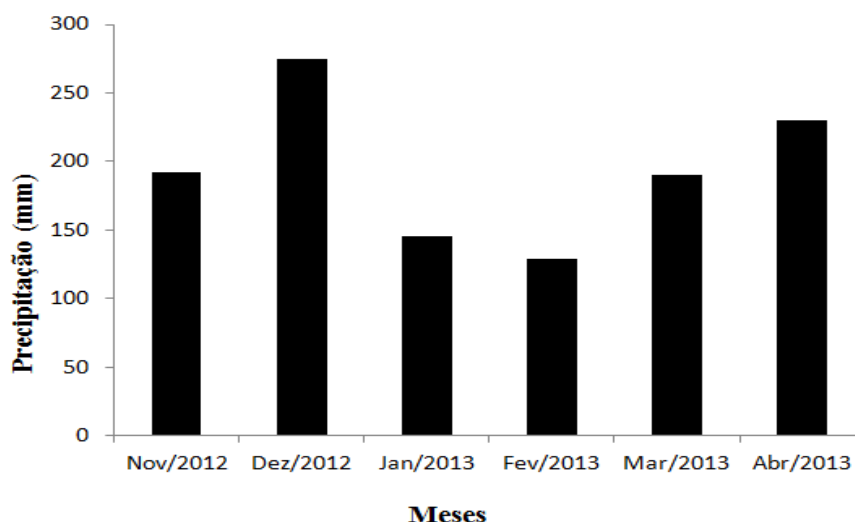


Figura 2. Dados de precipitação pluviométrica (mm) ocorrida durante os meses de condução do experimento. Fonte: Agro Energia Santa Luzia Ltda, Nova Alvorada do Sul, MS, 2012/2013.

Os tratamentos foram constituídos de diferentes arranjos de consórcios entre mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland)) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown): cultivo solteiro de mucuna-preta (MP); cultivo solteiro de milheto (MI); 25% de milheto + 75% de mucuna-preta (25MI+75MP); 50% de milheto + 50% de mucuna-preta (50MI+50MP); 75% de milheto + 25% de mucuna-preta (75MI+25MP) e uma testemunha adicional, sem uso de plantas de cobertura (P). Também foi incluída na avaliação uma área com fragmento de vegetação de floresta semidecídua preservada (VN), de aproximadamente 5 ha, onde eram observadas espécies de Cerrado e Floresta, o que caracteriza uma área transicional, como referencial da condição original do solo da região.

A semeadura das espécies de cobertura foi realizada de forma manual em dezembro de 2012, tanto no cultivo isolado quanto em consorcio, com espaçamento de 0,5 m entrelinhas e densidade de 7 a 8 sementes/m para a mucuna-preta e 50 sementes/m para o milheto (70% de germinação para ambas as espécies). No consorcio, as culturas foram intercaladas na entrelinha.

Em ambos os experimentos, a matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de cobertura foi determinada, aleatoriamente, com auxílio de uma moldura de 0,5 m². O material coletado passou por processo de secagem numa estufa de circulação de ar forçado à 65°C, e, quando atingiu massa constante, foi pesado.

Para avaliação da biomassa microbiana do solo, aos 90 dias após a semeadura das espécies de cobertura, em cada parcela foi realizada uma amostragem de solo na camada de 0,0 – 0,10 m de profundidade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos medindo 35 cm x 45 cm e armazenadas em câmara fria (4°C). O carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foi avaliado pelo método da fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987). Determinou-se, ainda, a respiração basal (C-CO₂), obtida pela incubação das amostras com captura de CO₂ em NaOH, durante sete dias, pela adaptação do método da fumigação-incubação, proposto por Jenkinson e Powlson (1976). O quociente metabólico (qCO_2) foi obtido a partir da relação C-CO₂/C-BMS (Anderson & Domsch, 1990) e o quociente microbiano ($qMIC$), pela relação C-BMS/ C-orgânico total. O conteúdo de matéria orgânica (MOS) foi determinado, conforme a metodologia descrita em Claessen (1997).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram processadas por meio do software Assistat (7.6 beta, versão 2012)

(Silva, 2012). Além disso, para cada experimento, os indicadores microbiológicos foram submetidos à análise de agrupamento (*cluster analysis*), adotando-se o método do vizinho mais distante (*complete linkage*), a partir da Distância Euclidiana, para descrever a similaridade entre a atividade microbiana entre as espécies de cobertura.

Resultados e Discussão

No experimento 1, houve diferença significativa entre as espécies de cobertura no que diz respeito ao rendimento de massa seca da parte aérea (Figura 3). As maiores produções de massa seca foram verificadas nas espécies de crotalária (CJ), guandu anão (GA) e milho (MI) em comparação com a espécie de mucuna-preta (MP), porém similares em relação ao feijão-de-porco (FP).

Esses resultados remetem à importância dessas espécies como adubos verdes, pois elas fornecem grandes quantidades de fitomassa, enriquecendo o solo com matéria orgânica e nutriente, além de promover um controle eficaz contra erosão (Azevedo et al., 2007). Amabile et al. (2000), avaliando a produção de massa seca de diversos adubos verdes, relataram que a *Crotalaria juncea* apresentou maior acúmulo de massa seca em relação as demais espécies e a mucuna-preta foi a que acumulou menor massa seca na parte aérea, corroborando com o presente estudo.

Segundo Kluthcouski et al. (2003), para a cobertura plena da superfície do solo, são necessárias cerca de 7 t ha⁻¹ de massa seca, uniformemente distribuída. Assim, as produtividades obtidas pela CJ, GA, MI e FP foram satisfatórias, pois situaram-se acima deste valor; assegurando assim os efeitos benéficos da palhada quanto à manutenção ou melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Darolt et al., 1998).

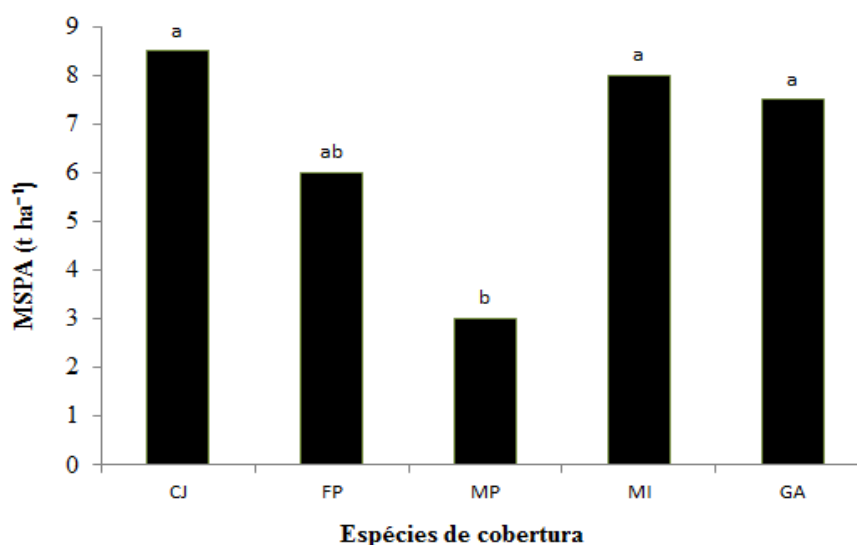


Figura 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies de plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes: crotalária (CJ), feijão-de-porco (FP), mucuna-preta (MP), milho (MI) e guandu (G). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de significância.

Dentre as espécies cultivadas, o maior valor de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi verificado com CJ em comparação ao pousio (P), porém similar às demais espécies de cobertura e a VN (Tabela 1). A maior imobilização de carbono (C) pela BMS em áreas com plantas de cobertura deve-se ao maior teor de C orgânico incorporado ao solo via resíduos destas plantas (Santos et al., 2004). A maior quantidade de resíduos na superfície do solo, além de aumentar a disponibilidade de substrato, determina condições de menor variação térmica e maior disponibilidade de água, favorecendo a biomassa microbiana do solo (BMS) (Vargas; Scholles, 2000). Diversos trabalhos relatam que a presença de leguminosas nos sistemas de rotação de culturas, associada à redução de revolvimento do solo, promove um aumento do C da BMS (Balota et al., 1998, Franchini et al., 2007). Os valores elevados de C-BMS estão diretamente relacionados em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, menor propensão a perdas de nutrientes no sistema solo-planta (Mercante et al., 2004).

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C CO₂), quociente metabólico (qCO₂), quociente microbiano (qMIC) e matéria orgânica (MOS) sob diferentes espécies de cobertura do solo. Glória de Dourados, MS. 2013.

Sistemas	C-BMS	C-CO ₂	qC-CO ₂	qMIC	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
P	112,4 b	16,0 a	47,3 a	1,8 b	11,1 b
MI	149,9 ab	15,3 a	42,8 a	2,3 a	11,3 b
FP	141,3 ab	12,3 a	34,4 a	2,4 a	10,2 b
MP	151,3 ab	15,0 a	46,6 a	2,4 a	10,5 b
G	144,4 ab	16,8 a	40,6 a	2,1 a	10,9 b
CJ	157,3 a	12,1 a	35,2 a	2,3 a	10,2 b
VN	177,3 a	13,9 a	33,4 a	2,2 a	14,0 a

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância. P: área em pousio; MI: milho; FP: feijão-de-porco; MP: mucuna-preta; G: guandu; CJ: crotalária e VN: vegetação nativa.

Em relação à atividade microbiana (C-CO₂) e a taxa de respiração específica (qCO₂), não houve diferença significativa entre as espécies de cobertura avaliadas (Tabela 1). Elevados valores de C-CO₂ podem indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de

produtividade do sistema (Islam & Weil, 2000). Enquanto que, valores elevados de qCO_2 são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio (Bardgett & Sagar, 1994). Carneiro et al. (2008), avaliando diferentes espécies de adubos verdes e seus efeitos na BMS, verificou valores elevados de qCO_2 no sistema sem plantas de cobertura, este resultado remete que nessa área estaria ocorrendo perda de carbono na forma de CO_2 para a atmosfera, havendo um estresse na população microbiana, já em áreas sob resíduos de CJ e G constatou-se os menores valores de qCO_2 , demonstrando o efeito positivo dos resíduos dessas coberturas na população microbiana do solo.

Quanto ao quociente microbiano ($qMIC$), que expressa o quanto do carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana, observou-se que o P apresentou valores inferiores em relação aos demais sistemas avaliados (Tabela 1). Os índices expressos pelo $qMIC$, quando elevados, podem mostrar que valores do carbono orgânico no solo são elevados, enquanto valores reduzidos indicam perda de carbono no solo, ao longo do tempo (Mercante et al., 2004). Esse quociente é influenciado por diversos fatores, como o grau de estabilização do C orgânico e o histórico de manejo do solo (Silva et al., 2010).

O teor de MOS foi maior nas amostras de solo com vegetação nativa, em relação aos sistemas de cultivo, não havendo diferença significativa entre as espécies de cobertura (Tabela1). Nas condições de ecossistemas naturais, há fornecimento constante de material orgânico mais susceptível à decomposição, permanecendo o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade (Santos et al., 2004). Entre os sistemas cultivados com plantas de cobertura, não houve diferença significativa. Apesar da MOS ser considerada um indicador sensível, as alterações promovidas no solo não foram suficientes para promover alterações na sua concentração (Assis et al., 2003).

Com base na análise de agrupamento de similaridade aplicada aos indicadores microbiológicos (Figura 4), observa-se que o pousio foi o sistema que se diferenciou dos demais, com 100% de dissimilaridade. No grupo 2, percebe-se a formação de dois níveis independentes e distantes. Considerando os níveis, verificou-se uma similaridade de 45% da VN com os sistemas com plantas de cobertura, por outro lado, as espécies de cobertura mostraram-se próximos entre si, com 75% de similaridade.

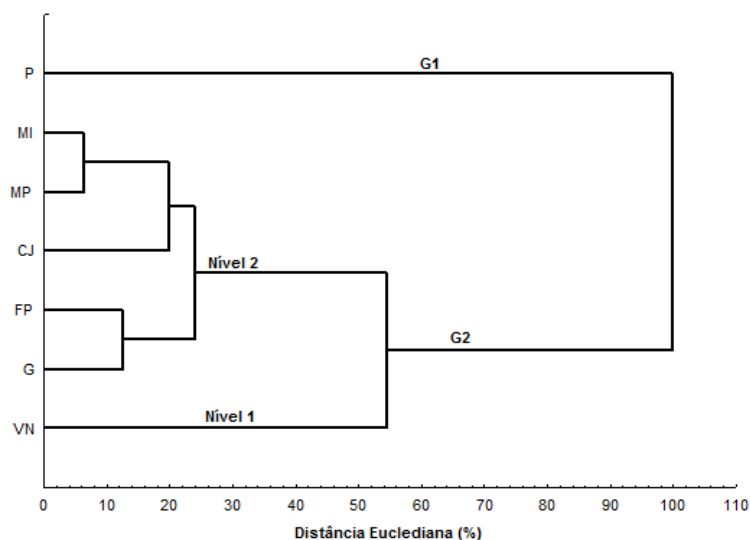


Figura 4. Dendrograma de similaridade dos indicadores microbiológicos sob diferentes espécies de cobertura vegetal. Glória de Dourados, MS. P: área em pousio; MI: milho; FP: feijão-de-porco; MP: mucuna-preta; G: guandu; CJ: crotalária e VN: vegetação nativa.

Em relação ao experimento 2, não houve diferença significativa entre as espécies de cobertura avaliadas no que diz respeito à produção de massa seca da parte aérea (Figura 5). Mesmo não apresentando diferença estatística entre os tratamentos ficou evidenciado que o consórcio não apresentou grande rendimento em comparação com o plantio isolado; este fato pode ser atribuído à competição por recursos naturais, como água, luz e nutrientes (Perin et al., 2004), principalmente devido a mucuna-preta apresentar crescimento rasteiro, com ramos trepadores, que podem suprimir outras espécies consorciadas.

No entanto a quantidade de massa seca acumulada pode ser considerada adequada. Para Alvarenga et al. (2001), 6 t ha^{-1} de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo; desta forma, proporcionando melhoria nos atributos químicos físicos e biológicos do solo. Rodrigues et al. (2012), avaliando o rendimento de massa seca da parte aérea em sistemas isolados e consorciados com leguminosa e gramíneas, em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, verificou que no consórcio de mucuna + milho, houve maior quantidade de massa seca em comparação com os cultivos solteiros.

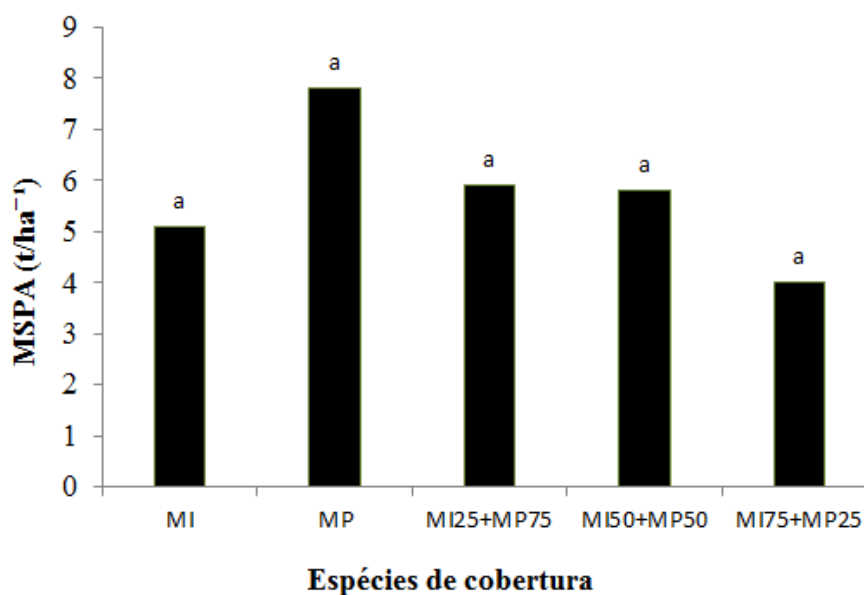


Figura 5. Massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies de adubos verdes: milho (MI), mucuna-preta (MP), 25% de milho + 75% de mucuna-preta (25MI+75MP), 50% de milho + 50% de mucuna-preta (50MI+50MP) e 75% de milho + 25% de mucuna-preta (75MI+25MP). Médias de tratamentos com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Na avaliação do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), os maiores valores foram verificados no sistema cultivado com MP exclusivo em comparação aos sistemas P e MI em cultivo exclusivo, não diferindo estatisticamente dos sistemas consorciados e VN (Tabela 2).

Tabela 2. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (q_{CO_2}), quociente microbiano (q_{MIC}), e matéria orgânica (MOS) sob diferentes. Nova Alvorada do Sul, MS, 2013.

Sistemas	C-BMS	C-CO ₂	q_{C-CO_2}	q_{MIC}	MOS
	$\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco	$\mu\text{g C-CO}_2$ solo dia ⁻¹	$\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \mu\text{g}^{-1} \text{C-BMS h}^{-1}$	%	g kg^{-1}
P	84,2 b	9,7 b	52,1 a	0,7 b	19,1 b
MI	88,0 b	9,7 b	45,9 a	0,8 b	18,6 b
MP	162,8 a	12,4 ab	40,3 a	1,5 a	18,5 b
25MI+75MP	124,4 ab	14,9 ab	52,8 a	1,2 ab	17,3 b
50MI+50MP	140,5 ab	17,4 a	61,6 a	1,3 ab	18,6 b
75MI+25MP	135,3 ab	13,3 ab	48,9 a	1,3 ab	17,9 b
VN	168,8 a	15,1 ab	37,7 a	1,2 ab	22,0 a

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância. P: área em pousio; MI: milho; MP: mucuna-preta; 25MI+75MP: 25% de milho e 75% de mucuna-preta; 50MI+50MP: 50% de milho e 50% de mucuna-preta; 75MI+25MP: 75% de milho e 25% de mucuna-preta e VN: vegetação nativa.

Apesar de não haver diferenças significativas de produção de massa seca entre os sistemas avaliados (Figura 5), o MP apresentou uma tendência de maior rendimento de acúmulo de matéria seca, o qual pode ter contribuído com maior valor de C-BMS observado no sistema. Cattelan e Vidor (1990), estudando sete sistemas de culturas, observaram que os sistemas com maior produção de biomassa vegetal e acúmulo de resíduos na superfície apresentaram os maiores valores para a biomassa microbiana na camada de até 0,05 m. Segundo Stenberg (1999), maior quantidade de C-BMS reflete a presença de maior quantidade de matéria orgânica ativa no solo, capaz de manter elevada taxa de decomposição de restos vegetais. Trabalhos têm demonstrado o aumento da biomassa microbiana e atividade biológica em solos sob cultivo de leguminosas destinadas a adubação verde (Santos et al., 2004).

Em relação à atividade microbiana (C-CO₂), os maiores valores foram verificados no consórcio 50MI + 50MP em comparação ao sistema P e MI, não diferindo estatisticamente dos demais sistemas avaliados (Tabela 2). Este índice é expresso pela taxa de respiração dos microrganismos e, conforme Junior e Mendes (2007), uma taxa superior de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes, considerando que a decomposição do material vegetal poderá disponibilizar nutrientes para as plantas. Por outro lado, a alta taxa de decomposição deixa o solo exposto à ação direta das chuvas de maneira mais rápida, causando-se, dessa forma, perdas, principalmente de água, com prejuízos aos atributos físicos, químicos e biológicos (FIALHO et al., 1991). Balota et al. (2003), afirmam que a redução da atividade microbiana no solo pode ser ocasionada pelas perdas de C, na forma de CO₂.

Quanto ao quociente metabólico (q-CO₂), que representa a quantidade de C-CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados (Tabela 2). Segundo Junior e Mendes (2007), uma biomassa que simboliza ser eficiente é a que perde menos C na forma de CO₂, porém incorpora mais C em seus tecidos. Portanto este índice indica que quanto menor for a taxa de respiração por amostra, mais eficiente se configura. De acordo com Roscoe et al. (2006), quocientes metabólicos elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento com maior proporção de microrganismos ativos em relação aos inativos, ou ainda, um indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico.

O quociente microbiano (qMIC), que expressa o quanto do carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana, apresentou diferença significativa entre as espécies de cobertura avaliadas (Tabela 2). A espécie MP apresentou maior valor de qMIC em

comparação P e MI, não diferindo estatisticamente dos demais avaliados. Essas razões indicam se o conteúdo de carbono está se mantendo estável ou variando de acordo com as condições impostas (Sparling, 1992). Em condições estressantes para os microrganismos, a sua capacidade de utilizar o C é diminuída, causando redução no $qMIC$. Já em condições adequadas, a utilização de C é favorecida, consequentemente aumentando este índice (Wardle, 1994).

Em relação a MOS, assim como no experimento realizado em solo classificado como Argissolo Vermelho, textura arenosa, verificou-se maiores teores na VN em relação aos cultivados, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2). Este resultado também foi observado por Sousa Neto et al. (2008), que avaliaram durante quatro anos a influência de diferentes plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes no teor de MOS.

O agrupamento das espécies de cobertura avaliadas com base nos atributos microbiológicos observados está apresentado na Figura 6. Os tratamentos P e MI apresentaram 90% de similaridade, no entanto não apresentaram nenhuma similaridade com as demais espécies avaliadas. Já os consórcios mostraram-se próximos entre si, com 80% de similaridade. Por outro lado, a MP apresentou maior similaridade com a vegetação nativa, isso ratifica que o uso de plantas de coberturas, alicerçado em práticas conservacionistas, contribui para a melhoria da qualidade do ambiente edáfico.

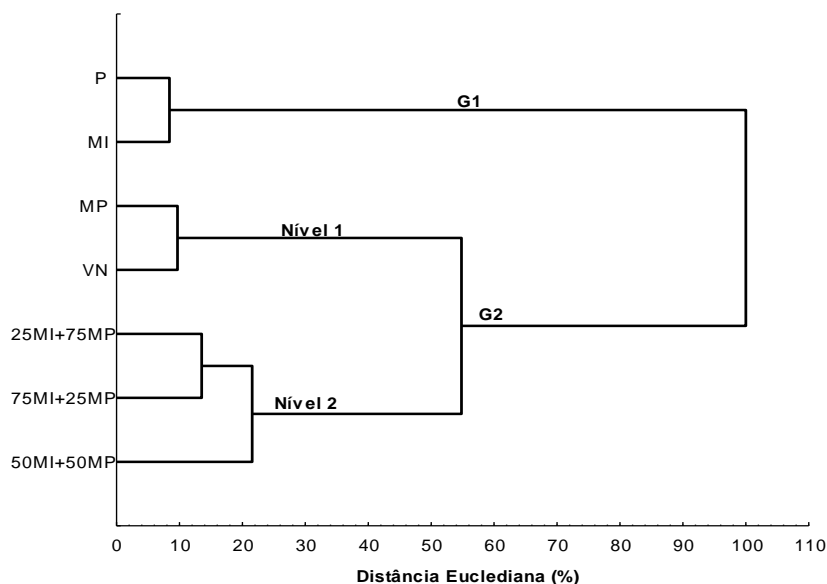


Figura 6. Dendrograma de similaridade dos indicadores microbiológicos verificados em diferentes sistemas: P – Pousio; MI - milho solteiro; MP - mucuna-preta solteira; 25MI+75MP - consórcio 25% de milho + 75% de mucuna-preta; 50MI+50MP - consórcio 50% de milho + 50% de mucuna-preta; 75MI+25MP - consórcio 75% de milho + 25% de mucuna-preta e VN - vegetação nativa.

Conclusões

As espécies CJ, GA e MI, cultivadas num Argissolo Vermelho de textura arenosa, apresentaram maiores acúmulos de fitomassa, demonstrando serem promissoras para incremento de biomassa vegetal ao solo. Os valores de C-BMS e MOS foram maiores na vegetação nativa. A CJ proporcionou maiores valores de carbono da biomassa microbiana em relação ao P.

As espécies de cobertura cultivadas em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, não apresentaram diferença significativa na produção de massa seca. Os maiores valores de carbono da biomassa microbiana e quociente microbiano foram proporcionados pelo cultivo de MP exclusivo em relação ao sistema em pousio e ao cultivo de MI exclusivo. O consórcio 50 % de milho + 50 % de mucuna-preta, favoreceu a respiração basal da biomassa microbiana.

As espécies de cobertura promoveram alterações na biomassa microbiana do solo, sua atividade e em seus índices e derivados.

Referências

- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p.25-36, 2001.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.1, p.47-54, 2000.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of e co-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 22, n.2, p.251–255, 1990.
- ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.33, p.07-112, 2003.
- AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão guandu: Uma planta multiuso. **Revista da Fapese**, Aracaju, v. 3, n. 3, p.81-86, 2007.
- BADEJO, M. A.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; AQUINO, A. M. de.; CORREA, M. E. F. Soil oribatid mite communities under three species of legumes in an ultisol in Brasil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.27, p.283-296, 2002.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.641-649, 1998.

BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [¹⁴C] glucose in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.26, p.727-733, 1994.

CARDOSO, M. O. Método para quantificação da biomassa microbiana do solo. *Agropecuária Técnica*, v. 25, p. 1-12, 2004. CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

CARNEIRO, M. A. C; CORDEIRO, M. A. S; ASSIS, P. C. R; MORAES, E. S; PEREIRA, H. S; PAULINO, H. B; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Revista Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.455-456, 2008.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.603-611, 2011.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto: Pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998, p.16-45 (Circular, 101).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.

FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e a atividade da microbiota de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n. 1, p.21-28, 1991.

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, p.18-29, 2007.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, n.1, p.9-16, 2000.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. a method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 8, p. 209-213, 1976.

JUNIOR, F. B dos. R.; MENDES, L de. C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2007. 38p. (Embrapa-CPAC. Documentos 205).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Documentos, 157).

MATSUOKA, M. MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e 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**, Viçosa, v.27, n.3, p.425-433, 2003.

MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros Microbiológicos Como Indicadores de Qualidade do Solo sob Sistemas Integrados de Produção Agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

MERLIM, A. O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, p.57-61, 2005.

NASCIMENTO, A. F.; MATOS, J. L. S. Benefícios com a utilização de adubos verdes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.3, p.41-55, 2007.

PEREZ, K. S.; RAMOS, M. L. G.; Mc MANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.137-144, 2004.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S. S.; URQUIAGA.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivos isolado e consorcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p.35-40, 2004.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E. de.; FILHO, W. V. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivos e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.3, p.380-385, 2012.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M. J.; SALTON, J. C. Biomassa microbiana do solo. In: (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.163-198.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, p.333-338, 2004.

SILVA, F. de A. S. ASSISTAT versão 7.6 beta (2012). Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: < <http://www.assistat.com/index.html> >. Acesso em: 20 out. 2012.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. de S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.5, p.1585-1592, 2010.

SOUSA NETO, E.L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.255-260, 2008.

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros. **Revista da Fapese**, Aracaju, v.4, p.131-140, 2008.

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L.C.; et al. **Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29p. (Documentos, 42).

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, Lincoln, v.49, p.1-24, 1999.

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

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.35-42, 2000.

WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da Biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. (Ed.) **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, p.419-436, 1994.

Recebido para publicação em: 16/02/2014

Aceito para publicação em: 28/08/2014