

Biomassa microbiana em solo adubado com vinhaça e cultivado com milho safrinha em sucessão a leguminosas

Patrícia Rochefeler Agostinho¹, Simone da Silva Gomes², Anderson de Souza Gallo³, Nathalia de França Guimarães⁴, Michele da Silva Gomes⁵, Rogério Ferreira da Silva⁶

^{1,5}Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados-Itahum, km 12–Cidade Universitária, Cx. Postal 533–CEP: 79804-970;

²Universidade Estadual Paulista, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n - Jaboticabal/SP - CEP 14884-900

^{3,4}Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR 465, Km 07, s/n - Zona Rural, Seropédica - RJ, 23890-000

⁶Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, Rua Rogério Luis Rodrigues, s/n, Glória de Dourados, MS.

Email autor correspondente: michelle.gomes12@hotmail.com

Artigo enviado em 14/02/2017, aceito em 24/08/2017.

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes espécies de leguminosas associados à vinhaça na biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados. O estudo foi realizado no campo experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Município de Glória de Dourados, MS, em solo classificado como Argissolo Vermelho, de textura arenosa. O experimento foi conduzido em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas principais foram constituídas por quatro espécies de leguminosas: feijão-de-porco (FP), crotalária (CJ), guandu (G) e mucuna-preta (MP), além de uma área em pousio (P). Nas subparcelas, avaliou-se a aplicação de vinhaça (presença e ausência), na dose de 100 m³ ha⁻¹. Foi incluída na avaliação uma área com fragmento de vegetação nativa (VN), como referência da condição natural do solo. Os valores de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e matéria orgânica do solo (MOS) foram maiores na VN. Entre os sistemas com plantas de cobertura, os melhores resultados de C-BMS foram verificados nos sistemas com MP e CJ. As espécies de plantas utilizadas como adubos verdes influenciaram a biomassa microbiana do solo, sendo o comportamento dependente da época de avaliação. Aos 90 DAS dos adubos verdes, a adição de vinhaça ocasiona maior respiração basal e específica da biomassa microbiana do solo, sendo que estes efeitos desaparecem ao longo do tempo.

Palavras-chave: plantas de cobertura, carbono da biomassa, qualidade do solo.

Microbial biomass in soil fertilized with vinasse and cultivated with maize safrinha in succession to legumes

Abstrat: The objective of this work was to evaluate the effect of different legume species associated to vinasse in soil microbial biomass, its activity and derived indices. The study was carried out in the experimental field of the State University of Mato Grosso do Sul, Municipality of Glória de Dourados, MS, in soil classified as Red Argissolo, sandy texture. The experiment was conducted in a randomized block design in subdivided plots, with four replications. The main plots were

composed of four leguminous species: pigs (PF), crotalaria (CJ), guandu (G) and mucuna-preta (MP), as well as fallow area (P). In the sub-plots, the application of vinasse (presence and absence) at a dose of 100 m³ ha⁻¹ was evaluated. An area with native vegetation fragment (VN) was included as a reference for the natural condition of the soil. The carbon values of soil microbial biomass (C-BMS) and soil organic matter (MOS) were higher in NV. Among the systems with cover plants, the best C-BMS results were verified in MP and CJ systems. The species of plants used as green fertilizers influenced the soil microbial biomass, being the behavior dependent on the evaluation period. At 90 DAS of the green manures, the addition of vinasse causes greater basal and specific respiration of the soil microbial biomass, and these effects disappear over time.

Keywords: cover crops, biomass carbon, soil quality

Introdução

O uso de espécies leguminosas como adubo verde em pré-cultivo ao milho é capaz de promover a fixação simbiótica de nitrogênio e a reciclagem de nutrientes, sendo de fundamental relevância para a manutenção da produtividade agrícola. Em geral, a utilização de espécies vegetais de cobertura em sistemas de manejo agrícola, propicia melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ROSCOE *et al.*, 2006).

A adubação verde é uma técnica de manejo agrícola que consiste no cultivo de espécies de plantas com elevado potencial de produção de biomassa, semeadas em rotação, sucessão ou em consórcio com culturas econômicas, sendo tais espécies de ciclo anual ou perene, podendo ser manejadas através de roçada e incorporação ao solo, ou roçada e manutenção do resíduo na superfície (ALMEIDA *et al.*, 2007). A adoção dessa prática contribui para a sustentabilidade na agricultura, na medida em que é decisiva para o desenvolvimento das plantas e a manutenção da vida microbiana do solo (DORAN e PARKIN, 1994).

A prática de adubação verde favorece a atividade dos microrganismos do solo devido ao material orgânico fornecido (FILSER, 1995), além de proporcionar condições de temperatura e umidade favoráveis ao desenvolvimento destes microrganismos (ESPINDOLA *et al.*, 1997). Além disso, a possibilidade de utilização de vinhaça como fonte de nutrientes assume importância estratégica, visto que a demanda por nutriente poderia ser mais facilmente atendida, empregando-se esse material como parte do manejo de adubos verdes.

A vinhaça é um líquido marrom claro composto por 93% de água e 7% de sólidos orgânicos e inorgânicos (LIMA *et al.*, 2013). Apresenta, em sua composição química, pH ácido, elevada concentração de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente, potássio, nitrogênio, enxofre, cálcio e magnésio, sendo amplamente utilizada como fonte complementar de fertilizantes (CAMARGO *et al.*, 2009). Os efeitos benéficos da aplicação da vinhaça no solo são: elevação do pH; aumento da disponibilidade de alguns íons; aumento da capacidade de troca catiônica (CTC); aumento da

capacidade de retenção de água e melhoria da estrutura física do solo (GLÓRIA e ORLANDO FILHO, 1983). Pode ser vista, também, como agente do aumento da população e atividade microbiana no solo (SILVA et al., 2007).

Os microrganismos do solo são bioindicadores potenciais para a avaliação da qualidade de solos aplicados vinhaça em função das suas características peculiares de atividade bioquímica e metabólica e por serem sensíveis às mudanças no ambiente, proporcionando uma resposta rápida aos fatores adversos (SILVA e MARTINS, 2011).

Dentre as características biológicas do solo, a biomassa microbiana do solo é definida como componente 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, constituem um indicador sensível as alterações ambientais e serve como ferramenta para orientar o planejamento e avaliar as práticas de manejo do solo (SPADOTTO et al., 2004).

As 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). Neste sentido, a avaliação de atributos microbiológicos, como bioindicadores de qualidade do solo, pode servir como ferramenta para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo.

Neste sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes espécies de leguminosas associados à aplicação de vinhaça, na biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, município de Glória de Dourados, MS, (22°25'03"S e 54°13'57"W), num solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO (Embrapa, 2006), de textura arenosa, cujas características químicas na camada de 0,0 a 0,20 m eram: pH (em água) = 5,4; P (Mehlich) = 3,0 mg dcm⁻³; K = 0,11 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,7 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,3 cmol_c dm⁻³; Al = 0,15 cmol_c dm⁻³; H + Al: 2,8 cmol_c dm⁻³ e matéria orgânica = 9,5 g kg⁻¹. O clima da região é classificado como Aw (Köppen), caracterizado por estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno. Os dados de precipitação pluviométrica mensal (mm) ocorrida durante o período de estudo encontram-se na Figura 1.

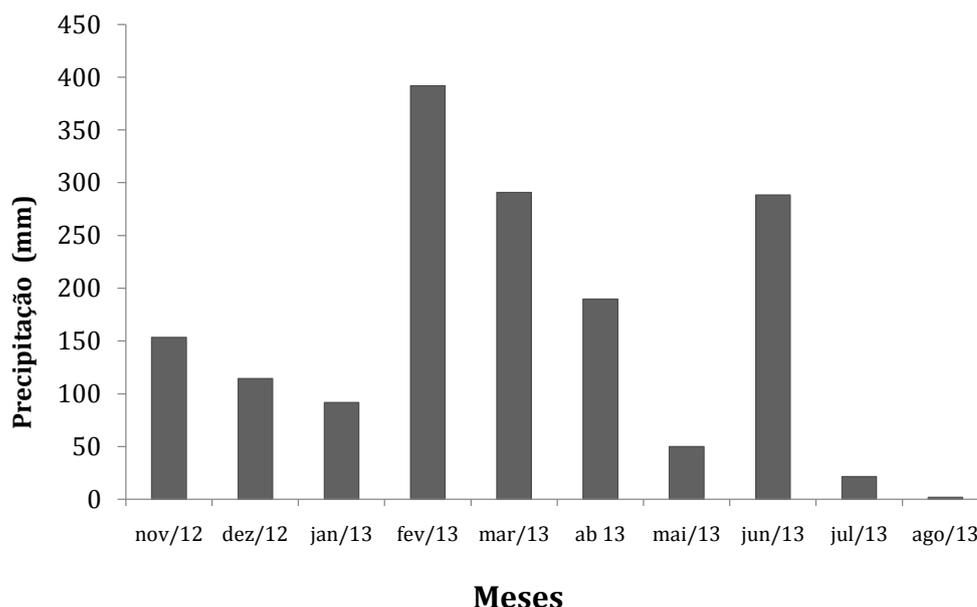


Figura 1 - Distribuição das precipitações pluviométrica em Glória de Dourados-MS, no período de nov/2012 à ago/2013. Fonte: AGRAER-MS, Escritório Local de Glória de Dourados-MS.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro espécies de leguminosas utilizadas como plantas de cobertura: FP - feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* DC.); CJ - crotalária (*Crotalaria juncea* L.); G - guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e MP - mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy), além de uma área em pousio, sem uso de plantas de cobertura. Nas subparcelas, avaliou-se a aplicação de vinhaça (presença e ausência), na dose de 100 m³ ha⁻¹. Cada parcela experimental apresentou dimensões de 10x5 m, totalizando 50 m². Foi incluída na avaliação uma área com fragmento de vegetação de floresta semidecidual 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 aplicação de vinhaça foi realizada em 07/11/2012, de forma manual, com auxílio de regadores com capacidade de 10 litros. A semeadura dos adubos verdes foi realizada em 13/11/2012, em sistema de semeadura direta, manualmente, com auxílio de uma matraca, com espaçamento de 0,5 m entrelinhas e densidade de 2 a 3 sementes por cova para mucuna-preta, guandu e feijão-de-porco, enquanto para a crotalária foi feito em sulcos espaçados de 0,5 m, com densidade de 20 sementes por metro linear.

O corte dos adubos verdes foi realizado aos 90 dias após a semeadura (DAS), através da utilização de uma roçadeira costal motorizada. Logo após o corte dos adubos verdes, aos 15 dias, realizou-se a semeadura do milho, cv. AL Bandeirante, em 01/03/2012, de forma manual, com auxílio de uma matraca, utilizando espaçamento de

0,8 m entrelinhas e 0,2 m entre plantas e com densidade de 2 a 3 sementes por cova.

Para avaliação da biomassa microbiana do solo, em cada subparcela foi realizada uma amostragem de solo na profundidade de 0,0 – 0,10 m. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em câmara fria (4°C). As avaliações foram realizadas em duas épocas distintas: aos 90 dias após a semeadura dos adubos verdes e no florescimento pleno da cultura do milho.

Para a análise do carbono da biomassa microbiana do solo utilizou-se o método da fumigação-extração, proposto por Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988). As amostras de solo foram destorroadas e peneiradas em malha de 02 mm, sendo, posteriormente retirados todos os fragmentos de raízes, vegetais e organismos remanescentes. Em seguida, foram acondicionadas em recipientes plásticos retangulares e com tampas e identificadas de acordo com a amostra colhida no campo. Logo após esse processo, foi realizada a capacidade máxima de retenção de água, onde foi feito o umedecimento da amostra do solo com um borrifador, sendo este abastecido de água destilada, submetendo seu recipiente a movimentos circulares no plano horizontal, até que atingisse cerca de 40 a 60% da sua capacidade de campo.

Em uma balança de precisão de 0,1 g, semi-analítica, frascos cilíndricos de vidro, “snaps” com tampa, foram pesados com seis subamostras de 20 g (três para fumigada e três para não fumigada) derivadas da amostra original, reservadas e devidamente identificadas. No dessecador, acondicionaram-se três das seis

subamostras anteriores, e juntamente um frasco contendo 10 mL de clorofórmio (CHCl₃) puro e analítico. Após coloca-las num dessecador e submeteu-se a aspiração por cerca de 5 minutos, e por meio de uma bomba de vácuo, retirou-se o ar, até que sua pressão interna atingisse valores próximos a -600mmhg. Nesse momento, a válvula do dessecador foi fechada com a bomba ainda ligada, para que sua pressão interna se mantivesse reduzida, visando acelerar a volatilização e a saturação da fase gasosa pelo clorofórmio líquida; depois desse processo, as amostras no dessecador foram reservadas por 24 horas, em sala escura, com temperatura ambiente.

Para as outras três subamostras, que estavam reservadas foram adicionadas 50 ml de sulfato de potássio (K₂SO₄ 0,5 mol /L), tampadas em frascos e acondicionadas em suporte específico e foram submetidas à agitação de 250rpm, por 30 minutos. Após o tempo decorrido, retiraram-se os frascos do suporte, removendo suas tampas, onde foram agrupadas em triplicatas, na bancada, e reservadas para decantação por 20 minutos. Depois de decorrido o tempo de decantação, verteu-se uma alíquota de aproximadamente 20 mL do líquido sobrenadante de cada amostra, sendo transferida utilizando-se papel-filtro, sobre os erlenmeyers.

Enquanto decantava, prepararam-se três amostras em branco, iguais ao restante, não contendo extrato do solo, onde o filtrado foi substituído por 08 mL de K₂SO₄ 0,5 mol/L. Após este procedimento, adicionou-se 02 mL de dicromato de potássio, diluído em solução de 0,066 mol/L, 05 mL de ácido fosfórico concentrado e 10 mL

de ácido sulfúrico concentrado. Depois dessas adições, as amostras foram levadas à chapa de aquecedora, a mais ou menos 300° C, por 5 minutos, ou até que atingissem uma fervura breve, e depois acrescentada mais 80 mL de água destilada.

Após o resfriamento, no agitador magnético, em cada amostra adicionaram-se três gotas de difenilamina, usada como indicador, e sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) até que a amostra mudasse de cor. A quantidade de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ que foi utilizada para a titulação foi anotada para que pudesse ser avaliada posteriormente.

Após as amostras fumigadas permanecerem 24 horas no dessecador, ele foi aberto e removido o frasco de clorofórmio, fechado novamente, e com a bomba de vácuo removido, o vapor de clorofórmio remanescente com três aspirações sucessivas; em cada aspiração, houve uma duração para que a pressão atingisse valores próximos a -550 mmHg. Com isso, as amostras foram retiradas do dessecador, sendo repetido todo o processo com as amostras não fumigadas.

Toda a estimativa da biomassa, representada pelo carbono microbiano, seguiu a relação utilizada por GAMA-RODRIGUES (1992): $(V_b - V_a) \cdot \text{NFeSO}_4 \cdot 0,003 \cdot 50 \cdot 106 / (08 \cdot \text{Ps} \cdot (g))$, onde V_b representa o volume (mL) de sulfato ferroso gasto na titulação do branco; V_a , o volume (mL) de sulfato amoniacal gasto na titulação da amostra; NFeSO_4 , a normalidade do sulfato ferroso padronizado, e o peso do solo seco (g). Todo o processo de determinação do carbono foi utilizado para analisar a estimativa da C da biomassa microbiana, segundo a fórmula: ($\mu\text{g C}$

de solo fumigado - $\mu\text{g C}$ de solo não fumigado) / 0,33.

No presente estudo, também utilizou-se o método da respirometria (evolução de CO_2), de acordo com Jenkinson e Powlson (1976). Para a determinação da atividade microbiana, foram colocados em frascos de vidro, com 50 g de solo, peneirado e livre de materiais vegetais; as subamostras foram retiradas da mesma amostra que foram utilizadas para a quantificação do carbono. Dessas amostras, foram retiradas três repetições, sendo preparadas também amostras em branco, isto é, frascos sem solo. Estas amostras em branco foram incubadas, juntamente com o restante das amostras em frascos herméticos de 1000L, contendo em seu interior, frascos de 10 mL de uma solução de NaOH (1N).

Após um período de 07 dias de incubação, procedeu-se a titulação do NaOH (1N), com HCl 0,5N, acrescentando-se 2 mL de solução saturada de BaCl_2 10% para precipitação do Na_2CO_3 . Adicionaram-se 02 gotas da solução alcoólica 1% de Fenolftaleína, como indicador. Das diferenças entre os volumes de HCl gastos para fazer a titulação e a amostra de NaOH no frasco com solo, seguido da prova em branco, forma baseados os cálculos do CO_2 liberado, transformando estes valores para massa de CO_2 por massa de solo.

Com a realização das análises do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), C- CO_2 evoluído e C-orgânico, total foram determinados os quocientes metabólicos ($q\text{CO}_2$), conforme Anderson e Domsch (1990), sendo esse atributo obtido, a partir da relação C- CO_2 /C-BMS, e os quocientes microbianos ($q\text{MIC}$) pela relação C-BMS/ C-orgânico total. O conteúdo de matéria orgânica (MO)

foi determinado, conforme a metodologia descrita em Claessen (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skott-knott, a 5% de probabilidade. Além disso, os atributos 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 avaliar a similaridade entre os sistemas estudados. As análises estatísticas foram processadas por meio de software Statistica (versão 5.0, StatSoft).

Resultados e Discussão

No que se refere às variáveis avaliadas (C-BMS, C-CO₂, *q*CO₂ e *q*MIC), não houve interação significativa entre as espécies de leguminosas avaliadas e a aplicação de vinhaça para os teores de carbono de biomassa (C-BMS), atividade microbiana (C-CO₂) e índices derivados (*q*CO₂ e *q*MIC), pois estas agiram livremente sobre estas variáveis (Tabela 1). Na primeira época de avaliação aos 90 (DAS), o sistema com vegetação nativa (VN), usado como referência neste estudo, apresentou os maiores teores de C-BMS em comparação aos sistemas de cultivos avaliados. Nestas condições, percebe-se que 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). Os sistemas de cultivo geralmente tendem a apresentarem menores teores de carbono microbiano em relação a um ambiente natural (LEITE et al., 2003;

MERCANTE et al., 2008), como verificado neste estudo.

Entre os sistemas manejados com adubos verdes, a mucuna-preta (MP) e a *Crotalaria juncea* (CJ) apresentaram maiores valores de C-BMS, sendo superiores em relação às demais espécies de plantas de cobertura, inclusive ao sistema de pousio. Podemos inferir que os aumentos na biomassa microbiana são condicionantes de um incremento na ciclagem de nutrientes no solo, pois estão imobilizados na fitomassa; após a decomposição, são liberados para o solo e a própria biomassa microbiana constitui-se em uma reserva lábil de nutrientes, também rapidamente liberados para o solo, em virtude do baixo tempo de vida dos microrganismos (CARNEIRO et al., 2008). Nota-se que a adição de vinhaça não alterou o carbono da biomassa microbiana do solo.

Quanto à respiração basal (C-CO₂), não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados (Tabela 1). Entretanto, quanto à taxa de respiração específica (*q*CO₂), os maiores valores foram verificados nos sistemas de pousio (P) e crotalaria (CJ) em comparação aos demais sistemas avaliados (Tabela 2). Segundo Islan e Weil (2000a), o aumento de *q*CO₂ reflete maiores perdas de C nesses sistemas, pelo processo respiratório, o que indica uma condição de estresse ou distúrbio. A vinhaça aplicada no solo aumentou a respiração basal e específica.

O quociente microbiano (*q*MIC), que expressa o quanto houve de contribuição do carbono da biomassa microbiana para o carbono orgânico total do solo (*q*MIC), não apresentou diferença significativa entre os sistemas avaliados (Tabela 1). Os maiores teores de MOS foi

verificado no sistema VN, quando cultivados, que não diferiram entre si comparados aos outros sistemas

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (*q*CO₂), quociente microbiano (*q*MIC) e matéria orgânica (MOS) de um Argissolo Vermelho, sob diferentes plantas de cobertura aos 90 DAS do milho. Glória de Dourados, MS.

Plantas de cobertura	C-BMS	C-CO ₂	<i>q</i> C-CO ₂	<i>q</i> MIC	MOS
	µg C g ⁻¹ solo seco	µg C-CO ₂ g ⁻¹ solo dia ⁻¹	µg C-CO ₂ µg ⁻¹ C-BMS h ⁻¹	%	g kg ⁻¹
P	146,9 d	16,5 a	42,9 a	1,8 a	14,4 b
G	165,1 c	14,7 a	30,2 b	2,1 a	13,4 b
FP	171,0 c	16,0 a	32,6 b	1,7 a	15,3 b
CJ	179,8 b	18,7 a	37,0 a	2,1 a	15,0 b
MP	181,4 b	13,5 a	27,9 b	2,1 a	13,9 b
VN	201,8 a	15,8 a	26,0 b	1,7 a	21,1 a
-----Adição de vinhaça-----					
0 m ³ ha ⁻¹	174,2 a	14,0 b	28,9 b	1,9 a	15,5 a
100 m ³ ha ⁻¹	174,5 a	17,7 a	36,6 a	1,9 a	15,6 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Pousio (P), Guandu (G), Feijão-de-porco (FP), Crotalária (CJ), Mucuna-preta (MP) e Vegetação nativa (VN).

Na maioria dos estudos sobre efeitos de sistemas de manejo, foi demonstrado que as alterações no conteúdo de matéria orgânica do solo ocorrem em médio ou em longo prazo, requerendo maior tempo para ser quantificada (OLIVEIRA et al., 2001; ROSCOE et al., 2006).

Os maiores teores de C-BMS avaliados no florescimento pleno da cultura do milho foram mais elevados nos sistemas sob VN, CJ, MP e G em relação aos sistemas P e FP (Tabela 2).

Tabela 2. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (*q*CO₂), quociente microbiano (*q*MIC) e matéria orgânica (MOS) na cultura de milho, no estágio de florescimento pleno.

Plantas de cobertura	C-BMS	C-CO ₂	<i>q</i> CO ₂	<i>q</i> MIC	MOS
	µg C g ⁻¹ solo seco	µg C-CO ₂ g ⁻¹ solo dia ⁻¹	µg C-CO ₂ µg ⁻¹ C-BMS h ⁻¹	%	g kg ⁻¹
P	73,9 c	6,3 a	38,8 a	1,1 b	12,1 b
G	132,6 a	7,6 a	30,3 a	2,0 a	11,0 b
FP	104,5 b	3,5 a	19,0 a	1,4 b	13,0 b
CJ	142,6 a	3,2 a	11,2 a	2,0 a	12,7 b
MP	139,0 a	4,2 a	21,6 a	2,0 a	11,6 b
VN	163,6 a	10,2 a	33,0 a	1,6 b	19,1 a
-----Adição de vinhaça-----					
0 m ³ ha ⁻¹	125,4 a	5,5 a	24,8 a	1,7 a	13,2 a
100 m ³ ha ⁻¹	126,6 a	6,2 a	26,5 a	1,7 a	13,3 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Pousio (P), Guandu (G), Feijão-de-porco (FP), Crotalária (CJ), Mucuna-preta (MP) e Vegetação nativa (VN).

O sistema P apresentou os menores teores de C-BMS quando comparado aos demais sistemas manejados. Para Espindola et al., (2005), a utilização de adubos verdes

normalmente melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo. Não houve diferenças significativas entre C-CO₂ e qCO₂ para os sistemas avaliados. De modo geral, maiores valores de qCO₂ são encontrados em condições ambientais estressantes, nas quais a biomassa microbiana consome mais carbono para sua manutenção, conforme demonstrado por Souza et al. (2006).

Na avaliação dos valores de qMIC, verificou-se que os sistemas G, CJ e MP foram superiores em relação aos sistemas com VN, FP e P (Tabela 2). Segundo BALOTA et al. (1998), o quociente microbiano (qMIC) representa a relação C-BMS/Corg e, neste contexto, solos que exibem valores maiores ou menores poderiam expressar ocorrência,

respectivamente, de acúmulo ou perda de C no solo. Os maiores teores de MOS ocorreram no sistema VN, em relação aos demais avaliados; entretanto, não houve diferenças significativas entre os demais sistemas cultivados. No florescimento pleno da cultura do milho, não foi mais possível verificar o efeito da aplicação da vinhaça.

Com base na análise de agrupamento aplicado aos indicadores de qualidade de solo escolhidos (média das duas épocas de avaliação) e no dendograma resultante (Figura 2), notou-se que o ambiente de vegetação nativa (VN) não apresentou nenhuma semelhança entre os demais sistemas, uma vez que a sua distância de ligação foi de 100%.

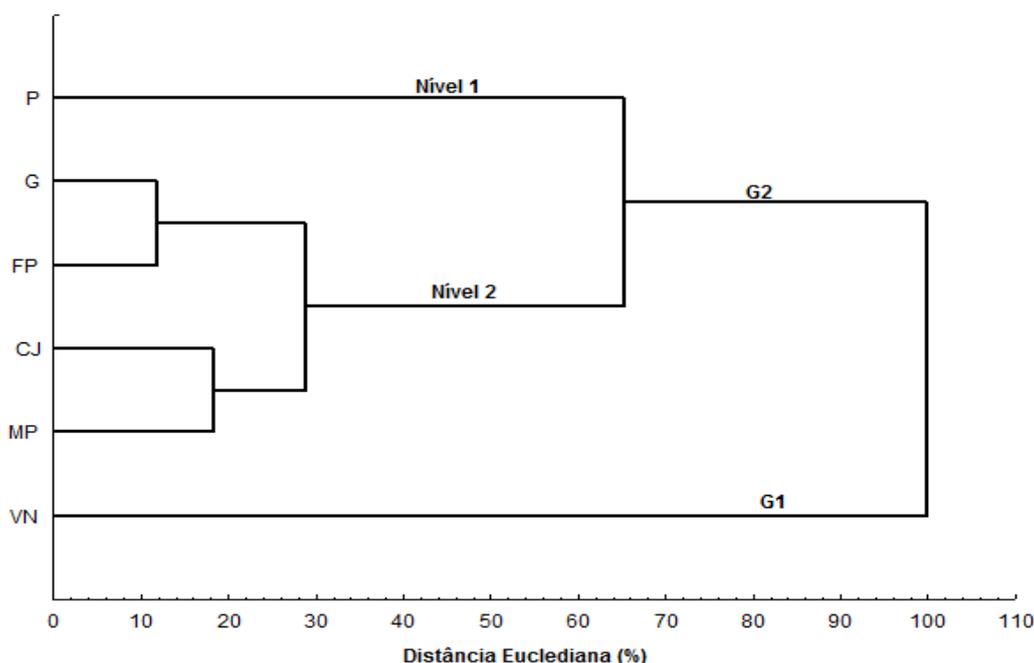


Figura 2. Dendrograma de similaridade dos indicadores microbiológicos de um Argissolo Vermelho, sob diferentes plantas de cobertura. Glória de Dourados, MS. Pousio (P), Guandu (G), Feijão-de-porco (FP), Crotalária (CJ), Mucuna-preta (MP) e Vegetação nativa (VN).

Isso indica que nesses ecossistemas naturais, com maior diversidade de espécies, há um

fornecimento constante de material orgânico, permanecendo o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e

umidade, consequentemente, favorecendo as condições edáficas para a população microbiana do solo (MERCANTE et al., 2008). Entretanto em relação aos demais sistemas de cultivo, observou-se que as diferentes espécies de leguminosas (G, FP, CJ e MF) mostraram-se próximos entre si (70% de similaridade) e mais distante do sistema de referência (P), apenas com 35% de similaridade.

Conclusões

As espécies de plantas de cobertura utilizadas como adubo verde influenciaram nos teores de carbono da biomassa microbiana do solo, sendo o comportamento dependente da época de avaliação. As plantas de cobertura beneficiaram a relação de carbono da biomassa e carbono orgânico, indicando melhorias nos atributos de matéria orgânica do solo. E as espécies de guandu, crotalária e mucuna-preta apresentaram melhores resultados para esta relação, portanto, recomendadas para o cultivo em sucessão a cultura do milho.

A aplicação de vinhaça não apresentou resultados satisfatórios, assim mostrando a necessidade de se realizar mais estudos, para recomendar o uso da vinhaça para melhorias de atributos microbiológicos em curto período de cultivo.

Referências

- ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A- **Adubação verde**. In: Henz, G. P.; Alcântara, F. A. de e Resende, F. V. (Eds.). Produção orgânica de hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 308 p.
- ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C. (2008) - Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1227-1237.
- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. (1999) - Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de Cerrado com diferentes usos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 617-625.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. (1990) - Application of ecophysiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 22, p. 251-255.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. (1998) - Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 22, p. 641- 649.
- CAMARGO, J. A.; PEREIRA, N.; CABELLO, P. R. (2009) - Viabilidade da aplicação do método respirométrico de Bartha para a análise da atividade microbiana de solos sob aplicação de vinhaça. **Engenharia Ambiental**, vol. 6, n. 2, p. 264-271.
- CARDOSO, M. O. (2004) - Método para quantificação da biomassa microbiana do solo. **Agropecuária Técnica**, vol. 25, p. 1-12.
- CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. (2008a) - Produção de

- fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Revista Bragantia**, vol. 67, n. 2, p. 455-456.
- CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. DE C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; NETO, A. N. S. (2008b) - Atributos bioquímicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas manejo e uso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 38, p. 276-283.
- CLAESSEN, M. E. C. (1997) - Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa - CNPS (Centro Nacional de Pesquisa de solos). 212 p.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. (2008) - Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 323-332.
- DORAN, J. W. E PARKIN, T. B. (1994) - DEFINING AND ASSESSING SOIL QUALITY. IN: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B.A. (eds.) - Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, p. 3-21, (Special Publication, 35).
- DUARTE, I. B.; GALLO, A. S.; GOMES, M. S.; GUIMARÃES, N. F.; SILVA, R. F.; ROCHA, D. P. (2014) - Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, vol. 3, n. 2, p. 150-165.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (2006) - **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª.ed. Rio de Janeiro, 306 p.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. (1997) - **Adubação verde: estratégia para uma agricultura Sustentável**. Embrapa-Agrobiologia, Rio de Janeiro, Seropédica, 20 p.
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. (2005) - Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: Aquino, A. M. e Assis, R. L. (Eds.). **Agroecologia - Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Distrito Federal. p. 435-452.
- FILSER, J. (1995) - The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, vol. 19, p. 303-308.
- FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. (2007) - Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop- rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, vol. 92, p. 18-29.
- GLÓRIA, N. A.; ORLANDO FILHO, J. (1983) - Aplicação de vinhaça como fertilizante. São Paulo: **Coopersucar**, 38 p.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. (1976) - The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology Biochemistry**, vol. 8, p. 209-213.

- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. (2003) - Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 27, n. 5, p. 821-832.
- LIMA, R. P.; ROLIM, M. M.; DANTAS, M. S. M.; COSTA, A. R. F. C.; DUARTE, A. S.; SILVA, A. R. (2013) - Atributos químicos de um Neossolo Regolítico distrófico em função das doses e tempos de aplicação de vinhaça. **Revista Agroambiente On-line**, vol. 7, n. 3, p. 261-268.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. (2003) - 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**, vol. 27, p. 425-433.
- MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. (2008) - Biomassa *Manihot esculenta* microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 34, n. 4, p. 479-485.
- OLIVEIRA, J. O. A. P.; FILHO, P. S. V.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; MUNIZ, A. S.; SAGRILO, E. (2001) - Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (, Crantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 443-450.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M. E MENDES, I. C. (2006A) - Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados. p. 163-198.
- ROSCOE, R.; BODDEY, R. M. E SALTON, J. C. (2006B) - Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. IN: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados. p. 17-42.
- SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F. SANTOS, V. B. (2008) - Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol. 32, n. 2, p. 353-359.
- SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. (2004a) - Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Agrocência**, vol. 10, p. 333-338.
- SCOTT, A. E. KNOTT, M. (1974) - Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v. 30, n. 3, p. 507-512.
- SILVA, M. A. S.; GRIBELER, N. P.; BORGES, L. C. (2007) - Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira**

Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n. 1, p. 108-114.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. (2008) - Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 30, p. 725-731.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. (2009) - **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: World Congress on Computers in Agriculture.7. Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

SILVA, D. T.; MARTINS, M. D. (2011) - Qualidade microbiológica do solo fertirrigado com vinhaça. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, vol. 9, n. 2, p. 273-282.

SMILEY, G. L.; KROCHEL, J. (2008) - Temporal change in carbon stocks of cocoa-glicerícia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. **Agroforestry System**, v. 73, p. 219-231.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. F. (2008) - Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 1273-1282.

SOUZA NETO, E.L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J. F. (2008) - Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, vol. 43, n. 2, p. 255-260.

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

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

STATISTIC FOR WINDOWS RELEASE 4.5 STATSOFT – INC. (1997) - **Modulo Cluster Análises, Joining (Tree Clustering)**. 1 - Pearson r. Single Linkage.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. (1987) - An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, vol. 19, n. 6, p. 703-70.