

Resumo: O sistema integração lavoura – floresta vem sendo considerado inovador com alto potencial na recuperação de áreas degradadas. Porém seu impacto na qualidade do solo necessita de maiores estudos tornando imprescindível estabelecer indicadores adequados para detecção de mudanças na qualidade do solo. O presente trabalho teve por objetivo apresentar variáveis microbiológicas como indicadoras de qualidade no sistema agroflorestal. O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo estas: área com sistema agroflorestal (SAF) que possui renques do híbrido de *Eucalyptus grandis* “GG100” dispostos em fileiras duplas (3 m x 2 m x 17 m), com 65 meses de idade cultivada com soja sob plantio direto, área de mata nativa (MN), onde é estabelecida uma vegetação natural conservada de cerrado, uma área com monocultivo de soja (MSO) também sob plantio direto e por fim, uma área na proximidade de uma voçoroca onde determinou-se como área degradada (AD). As avaliações realizadas foram de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente metabólico (qCO_2), umidade gravimétrica (θg). O sistema agroflorestal apresentou indícios de inibição do crescimento da comunidade microbiana comparado com outros sistemas, possivelmente pela presença de compostos presentes no material orgânico gerado pelo eucalipto, porém houve uma maior eficiência na incorporação C–CO₂ liberado pela biomassa microbiana no sistema agroflorestal nas condições climáticas em que foi realizado o estudo.

PALAVRA-CHAVE: Atividade microbiana, Sistema Agroflorestal, Carbono.

Recebido: 23/05/2017 – Aprovado: 26/03/2018

Abstract: The crop - forest integration system has been considered innovative with high potential for the recovery of degraded areas. However, its impact on soil quality requires further studies, making it imperative to establish adequate indicators to detect changes in soil quality. The present work aimed to present microbiological variables as indicators of quality in the agroforestry system. The experiment was carried out at the experimental farm of the State University of Goiás, Câmpus Ipameri. The experimental design was completely randomized with four treatments and four replications, being: an area with an agroforestry system (SAF), which has rows of the hybrid *Eucalyptus grandis* “GG100” arranged in double rows (3m x 2m x 17 m), with 65 months (MN), where a conserved natural vegetation of cerrado is established, an area with soybean cultivation (MSO) also under no-tillage and, finally, an area in the vicinity of a Where it was determined as degraded area (AD). The evaluations were of carbon of the microbial biomass (CBM), microbial respiration (MR), metabolic quotient (qCO_2), gravimetric humidity (θg). The agroforestry system showed signs of inhibiting the growth of the microbial community compared to other systems, possibly due to the presence of compounds present in the organic material generated by eucalyptus, but there was greater efficiency in the C-CO₂ incorporation released by the microbial biomass in the climatic conditions in which the study was carried out.

KEY-WORDS: Microbial activity, ILF, Carbon.

¹Prof. Doutor, Agronomia, UEG/Ipameri – GO, tallesunesp@yahoo.com.br, rodovia GO 330, km 241, anel viário, Ipameri, GO

²Engenheira Florestal, IFG/Urutaí – GO

³Prof. Doutora, Agronomia, UEG/Ipameri – GO

⁴Estudante do curso de Agronomia, UEG/Ipameri – GO

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental no Brasil e, em especial no Cerrado, decorrente da exploração da agropecuária, tem transformado consideravelmente suas características edáficas e biológicas, tais transformações são resultantes do excesso de desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação da água subterrânea, e perda de biodiversidade, com reflexos sobre todo o ecossistema (CUNHA et al., 2008). Devido às perturbações nas propriedades físico químicas do solo, observa-se problemas na capacidade de regeneração das florestas ou até mesmo na reposição de outras plantas (FERREIRA et al., 2007).

Nas últimas décadas, o sistema agroflorestal vem sendo bastante difundido como alternativa de recuperação de áreas degradadas, atribuindo-se a combinação de espécies arbóreas em consórcio com culturas agrícolas, acarretando melhorias nas propriedades físico-químicas dos solos degradados, como também na atividade de microrganismos, considerando a possibilidade de um grande número de fonte de matéria orgânica (ARATO et al., 2002).

A qualidade do solo pode ser monitorada a partir de indicadores microbiológicos, os quais possuem a capacidade de disponibilizar informações sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) (D'ANDREA et al., 2004). A biomassa microbiana representa a maior fração ativa da MOS e é composta por todos os organismos menores que $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}$, como fungos, bactérias, actinomicetos, leveduras e demais componentes da microfauna (GAMA-RODRIGUES, 1999), onde se determina a quantidade de carbono imobilizado nas células da biomassa microbiana do solo (INSAM et al., 2001). Este indicador é sensível às mudanças causadas pelas práticas de manejo (ROSCOE et al., 2006), possibilitando o seu uso como ferramenta na determinação de opções de manejo sustentáveis (MERCANTE et al., 2008).

O carbono é um elemento de destaque dentre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e juntamente com o carbono da biomassa microbiana (CBM) é um excelente atributo indicador da qualidade do solo, pois está estreitamente relacionado à maioria das propriedades do solo (LEITE et al., 2003; VIEIRA et al., 2007), porém, por mais que possuam grande importância para o solo, a determinações da CBM não fornece os níveis de atividades das populações de microrganismos, sendo preciso, avaliar outros atributos microbiológicos. Pois pode haver quantidades de biomassa inativa no solo, sendo de suma importância os parâmetros que medem a atividade microbiana como forma de avaliar o estado metabólico atual e potencial dessas comunidades (PÔRTO, 2013).

Sendo outro fator de avaliação, a quantificação de CO_2 obtida através da respiração dos microrganismos, considerado um dos métodos mais tradicionais e utilizados para averiguar a atividade metabólica da população microbiana do solo (ALVES et al., 2011). E também a análise realizada em relação à taxa de respiração específica que é denominada de quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), sendo feita a partir da razão entre a respiração basal e a biomassa microbiana do solo, por unidade de tempo (SILVA et al., 2007).

Objetiva-se com o presente trabalho avaliar a qualidade biológica do solo sob influência de diferentes manejos envolvendo áreas com monocultivo de soja, mata nativa, área degradada e sistema agroflorestal por meio de variáveis microbiológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri. Geograficamente localizada a $17^\circ 43' 07''$ de latitude sul e longitude oeste de $48^\circ 08' 42''$ com altitude média de 781 m. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é tropical semi-úmido (Aw), constando temperatura média de $21,9^\circ\text{C}$, uma umidade relativa do ar entre 58% a 81% e

aproximadamente 1.447 mm de precipitação anual, com uma maior concentração de chuvas nos meses de outubro a março. O solo das áreas onde foram feitas as amostragens é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, inserido dentro do bioma cerrado.

As variações médias de precipitação e temperatura do ar, registradas na Estação

Meteorológica da Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri, no período de condução do experimento são apresentadas na Figura 1. Durante o período de condução do experimento, a precipitação total foi de 735,2 mm e a temperatura máxima foi de 38,9 °C e a mínima de 17,7 °C.

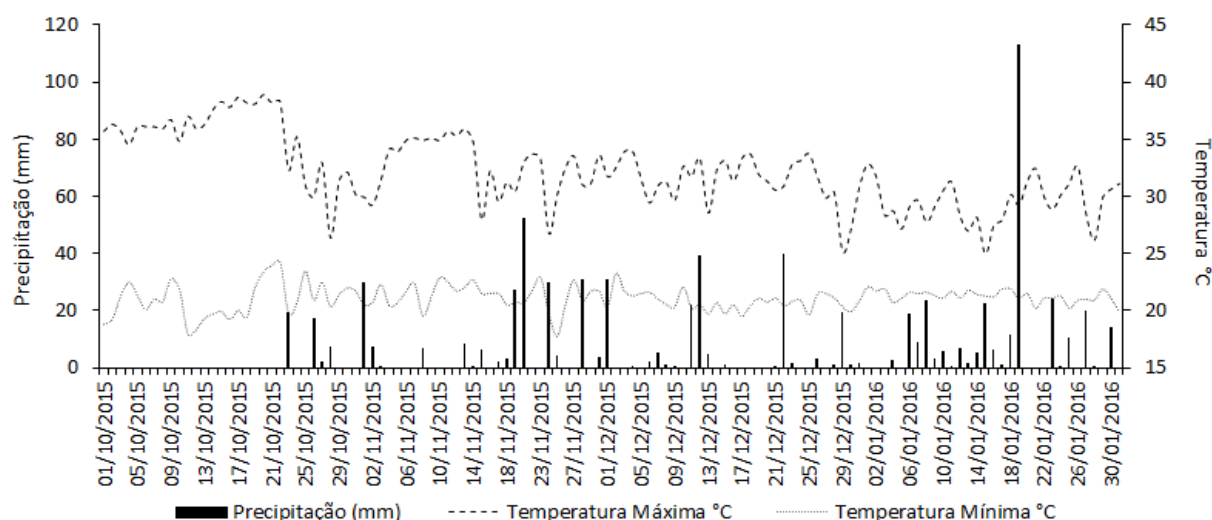


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) registradas no período de outubro de 2015 a fevereiro de 2016 em Ipameri (Fonte: INMET, 2016).

Tabela 1. Análise das características químicas do solo, coletado na camada de 0-0,10 m das diferentes áreas de estudo.

Áreas	P Melich (g.dm ⁻³)	MO (g.dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V (%)
							cmol _c .dm ⁻³			
AD	1,0	7,0	4,4	0,08	0,4	0,2	0,8	3,1	3,7	16,0
MN	3,7	35,0	4,7	0,52	4,4	1,1	0,1	4,9	10,9	55,1
MSO	2,4	20,0	5,1	0,08	1,4	0,6	0,0	2,1	4,2	49,8
SAF	3,0	20,0	5,1	0,11	1,6	0,6	0,0	1,7	4,5	51,1

AD – Área degradada; MN – Mata Natural; MSO – Monocultivo de Soja; SAF – Sistema Agroflorestal (Eucalipto + Soja)

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo estas: área com sistema agroflorestal (SAF) que possui renques do híbrido de *Eucalyptus grandis* “GG100” dispostos em fileiras duplas (3 m x 2 m x 17 m), com 65 meses de idade cultivada com soja sob plantio direto, área de mata nativa (MN), onde é estabelecida uma vegetação natural conservada de cerrado, uma área com monocultivo de soja (MSO) também sob plantio direto e por fim, uma área na proxi-

midade de uma voçoroca onde determinou-se como área degradada (AD).

Na área agroflorestal e cultivo solteiro, a soja foi semeada mecanicamente, no dia 21 de novembro de 2015, sendo antes as áreas dessecadas. Utilizou-se a cultivar Monsoy 7739 IPRO, de ciclo médio, com espaçamento de 0,40 m na entrelinha, com sementes suficientes para obtenção de 12 plantas por metro linear. As sementes receberam tratamento com fungicidas na dose de 100 mL/100 kg e o inoculante na

dose 1g/kg de semente. A adubação química básica no sulco de semeadura foi calculada de acordo com as características químicas do solo (Tabela 1) e levando em consideração as recomendações de (ALVAREZ et al.,1999), sendo constituída do formulado NPK 02-28-18 na dose de 300 kg ha⁻¹. Para o controle de doenças foi utilizado 0,3 L.ha⁻¹ de Azoxistrobina + Ciproconazol, no florescimento e para controle de pragas utilizados óleo mineral e Imidacloprid + Beta-Ciflutrina (0,5 e 0,75 l.h⁻¹ respectivamente) de acordo com a batida de pano.

A coleta do solo ocorreu na camada superficial de 0-0,10 m, no dia 21 de Janeiro de 2016 na época do florescimento da soja. Para cada área estudada, foram selecionadas aleatoriamente quatro parcelas de 16 m² e coletadas 10 amostras simples o que totaliza 40 amostras simples por área, sempre tomadas por via de ziguezague.

O Carbono da biomassa microbiana foi obtido pelo método da irradiação-extração (MENDONÇA; MATOS, 2005), o qual consiste no uso de energia eletromagnética (micro-ondas), causando efeito na transferência de energia e temperatura, levando a um rompimento celular com liberação dos compostos intracelulares. Segundo o método proposto por Islam; Weil (1998), a energia necessária para provocar a lise bacteriana é de 800 J s⁻¹ g⁻¹ solo em base seca. Para isso, aqueles autores sugerem a fórmula para cálculo do tempo de irradiação, que é $T = RW/P$, em que T é o tempo de irradiação (s); R, a energia incidente pretendida sobre a amostra; W, a massa de solo (base seca); e P, a potência do micro-ondas. Contudo, os autores enfatizam que a temperatura da massa de solo úmido deve ficar acima de 80 °C, e não deve ultrapassar 88 °C para não provocar a liberação de C não microbiano durante a irradiação. Antes da realização da extração, a calibração do aparelho de micro-ondas foi feita utilizando um volume conhecido de água e, em seguida, foi preestabelecido o tempo de irradiação para a elevação da temperatura no interior do micro-

ondas. Posteriormente, a extração foi realizada com sulfato de potássio 0,5 mol L⁻¹; a oxidação, com dicromato de potássio 0,066 mol L⁻¹; e a titulação, com sulfato ferroso amoniacal 0,033 mol L⁻¹.

A avaliação da respiração microbiana (RM) foi realizada juntamente com a avaliação do CBM, sendo estimada pela quantidade de CO₂ liberado do solo não fumigado, durante dez dias de incubação. Os dados da respiração microbiana foram expressos em mg C-CO₂ .kg de solo⁻¹. O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a RM e o CBM (ANDERSON; DOMSCH, 1993), sendo expresso em mg C-CO₂. mg C-BM⁻¹. kg⁻¹ .h⁻¹ .10³, conforme a fórmula a seguir:

$$qCO_2 = RM/CBM \quad (1)$$

$$RM = TRM/h \quad (2)$$

Em que:

qCO_2 = quociente metabólico (mg C-CO₂ . mg C-BM⁻¹. kg⁻¹ .h⁻¹).10³;

TRM= taxa de respiração microbiana (mg C-CO₂ .kg de solo⁻¹);

RM= respiração microbiana (mg C-CO₂ .kg de solo⁻¹ .h⁻¹);

h= horas de incubação para a determinação da respiração microbiana;

CBM= carbono da biomassa microbiana (mg C-BM. kg⁻¹ de solo seco).

Para a determinação da umidade do solo (θ_g), foi usado o método termogravimétrico, conforme (EMBRAPA, 1997), que consiste em pesar a massa de solo úmido e em seguida secá-lo em estufa a 105 – 110°C por 24 horas, e após determinar sua massa seca.

$$\theta_g = MSU - MSS / MSS$$

Em que:

θ_g = Umidade Gravimétrica (g.g⁻¹)

MSU= Massa de Solo Úmida (g)

MSS= Massa de Solo Seco (g)

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância (teste F) e quando significativa, obteve o teste de comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao término das análises, foi possível detectar que os diferentes sistemas de manejo influenciaram o carbono da biomassa microbiana (CBM), onde estes variaram de 365,42 a 172,70 mg C-BM. kg⁻¹ de solo seco

para a mata natural e área degradada respectivamente. Em outros termos os maiores valores de CBM observados para mata natural e soja solteira diferiram estatisticamente do sistema agroflorestal (243,65 mg C-BM. kg⁻¹ de solo), que pode ser atribuído a presença de compostos inibidores à atividade microbiana na necromassa de algumas espécies de eucalipto em especial no pinus; como compostos fenólicos e resinas que apresentam alta toxicidade microbiana (SIQUEIRA et al., 1991), quando comparamos por exemplo com o monocultivo da soja (Tabela 2).

Tabela 2. Médias, probabilidade de F, DMS e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises de Carbono de Biomassa Microbiana (CBM), Respiração Microbiana (RM), Quociente Metabólico (qCO_2), Umidade Gravimétrica (θg) do solo coletado na camada de 0 - 0,10 m nas diferentes áreas, durante a fase de florescimento da cultura da soja e produtividade. Ipameri - GO, 2016.

Causas de Variação	CBM (mg C-BM. kg ⁻¹ de solo seco)	RM (mg C-CO ₂ .kg de solo ⁻¹ .h ⁻¹)	qCO_2 (mg C-CO ₂ mg C-BM ⁻¹ . kg ⁻¹ .h ⁻¹).10 ³	θg (g.g ⁻¹)
AD	172,70 c	1,46 b	8,40 a	0,15 c
MN	365,42 a	3,42 a	9,35 a	0,29 a
MSO	320,53 a	2,76 a	8,61 a	0,22 b
SAF	243,61 b	1,52 b	5,44 b	0,28 a
Probabilidade F	0,0024**	0,0004**	0,0221*	0,0042**
DMS	70,12	1,10	2,87	0,071
CV (%)	15,74	22,87	24,69	13,81

** e *:significativo a 1e 5%, respectivamente; ns: não significativo. Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AD – Área degradada; MN – Mata Natural; MSO – Monocultivo de Soja; SAF – Sistema Agroflorestal (Eucalipto + Soja)

(BARRETO et al., 2008) estudando atividade e carbono microbiano em plantações de eucalipto em sequência de idades diferentes observaram uma menor eficiência da biomassa microbiana na imobilização de carbono e nitrogênio em eucaliptos como 5 anos de idade como o do presente trabalho, (MONTEIRO, 2001) encontrou correlações negativas e significativas entre as relações lignina:N e polifenol:N com CBM e NBM de solos sob floresta natural e eucalipto, sugerindo que a eficiência da biomassa microbiana na utilização do C e N acumulados estaria diretamente relacionada à qualidade da serapilheira depositada, o que pode justificar o resultados presente trabalho, visto que a umidade Gravimétrica no

sistema agroflorestal foi semelhante estatisticamente a mata natural (Tabela 2) com valores de 0,28 g.g⁻¹ e 0,29 g.g⁻¹ respectivamente.

Trabalhando com diferentes lâminas de irrigação na cultura do arroz, (SANTOS et al., 2008), observaram que a umidade não influenciou o carbono da biomassa microbiana, porém essa informação não foi observada no presente trabalho na qual houve correlação linear positiva de 0,74 entre o CBM e a umidade do solo (Tabela 3, Figura 1). Segundo Moreira E Siqueira (2006), os microrganismos do solo podem ser considerados aquáticos, pois necessitam de água para absorção de nutrientes e integridade da superfície celular, e a água do solo desempenham essas funções. Entretanto o

monocultivo de soja e o sistema agroflorestal não apresentaram diferenças estatísticas significativas com relação a umidade gravimétrica, mas diferiram em relação ao CBM (Tabela 2).

Após sete dias de incubação, verificou-se que houve influência dos manejos na respiração microbiana (RM) (Tabela 2), os valores obtidos na mata natural não apresentou diferenças estatística significativas em relação ao monocultivo da soja, porém ambos diferiram estatisticamente do sistema agroflorestal e da área degradada que apresentaram valores semelhantes 1,52 e 1,46 C-CO₂ (mg C-CO₂ .kg

de solo⁻¹.h⁻¹) respectivamente, essa baixa RM apresentada pelo sistema agroflorestal pode ser explicada pela presença de substâncias inibidoras de crescimento microbiano, pela composição química do substrato, no caso substâncias presentes na cultura do eucalipto, ou fatores nutricionais do solo (MERCANTE et al., 2008), por outro lado (INSAM; DOMSCH, 1988), relatam o lado positivo da baixa RM uma vez que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, quando menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração pois uma fração significativa de carbono é incorporada à biomassa microbiana.

Tabela 3. Associação linear entre os parâmetros estudados para diferentes áreas. Ipameri-GO, 2016.

Variável	CBM	qCO ₂	θg
RM	0,33 ^{ns}	0,69 ^{**}	0,31 ^{ns}
CBM	-	- 0,41 ^{ns}	0,74 ^{**}
qCO ₂	-	-	- 0,28 ^{ns}
θg	-	-	-

* e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente; ^{ns} não significativo. CBM – Carbono da Biomassa microbiana, RM – Respiração Microbiana, qCO₂ – quociente metabólico e θg – Umidade Gravimétrica.

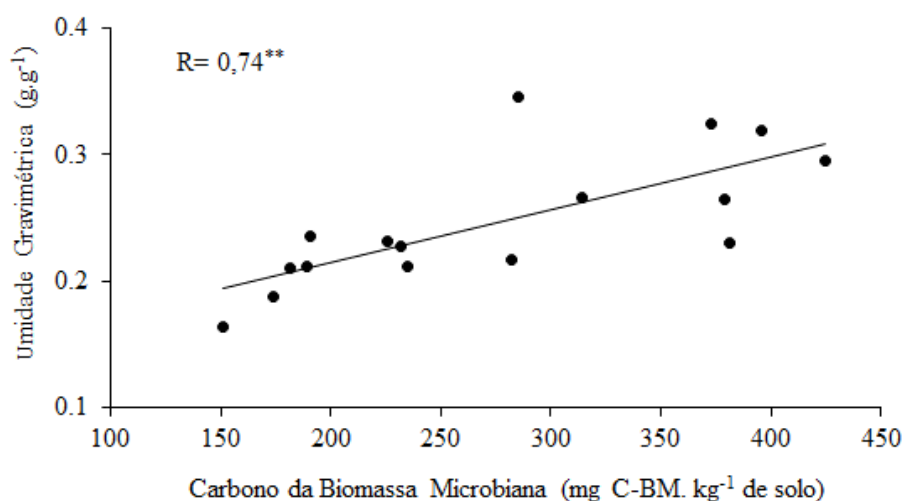


Figura 1. Carbono de biomassa microbiana em função da umidade gravimétrica para áreas estudadas. Ipameri -GO, 2016.

Para o quociente metabólico (qCO₂) (Tabela 2) o sistema agroflorestal obteve um valor mais baixo com resultado de 5,44 µg C-CO₂. mg C-BM⁻¹. kg⁻¹. 10³ diferindo estatisticamente dos demais manejos. (D'ANDRÉA et al. 2002), por sua vez, não encontraram diferenças significativas nos valores de qCO₂ entre cerrado

nativo, pastagem e sistemas agrícolas sob preparo convencional e semeadura direta. De acordo com (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005), quanto menor o valor de qCO₂, mais eficiente é a biomassa microbiana no uso de C, e menores são as perdas na forma de CO₂, com isso podemos inferir que no presente trabalho apesar

da pouca incorporação de carbono pela biomassa microbiana no sistema agroflorestal indicada pelo CBM, essa comunidade microbiana perde pouco carbono na forma de CO₂ mostrado pelos valores de RM, evidenciando um melhor coeficiente assimilatório em relação as demais áreas.

Se faz notar que o quociente metabólico apresentou correlação positiva significativa com a respiração microbiana com um coeficiente de correlação de 0,69 (Tabela 3,

Figura 2), o que também foi observado por (SANTOS, 2010) estudando a biomassa e a atividade microbiana como indicadores de reabilitação de áreas contaminadas por elementos-traço porém com o valor de correlação de 0,39, o que indica que mais importante que o tamanho da comunidade microbiana é a capacidade de imobilizar o C-CO₂ da biomassa microbiana não perdendo-a por respiração.

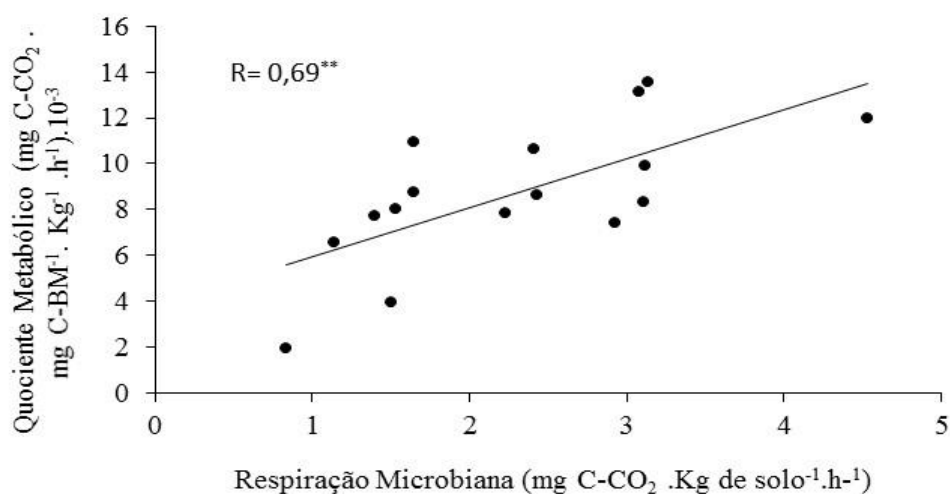


Figura 2. Quociente metabólico em função da respiração basal para áreas estudadas. Ipameri -GO, 2016.

CONCLUSÕES

O sistema agroflorestal apresenta indícios de inibição do crescimento da comunidade microbiana comparado com outros sistemas, possivelmente pela presença de compostos presentes no material orgânico gerado pelo eucalipto.

A biomassa microbiana no sistema agroflorestal mostrou-se mais eficiente na incorporação do C-CO₂ em relação as demais áreas.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e**

fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, E. N.; MATSOUKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa em diferentes sistemas de manejos. Maringá, **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Printed in Great Britian, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1982.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S.; H.; S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em viçosa-mg. **Revista Árvore**. Viçosa. v. 27, n. 5, p. 715-721, 2002.

- BARRETO, P. A. B. et al. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.
- BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, v. 133, n. 1, p. 13-22, 2000.
- BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 14, n. 4, p. 319-329, 1982.
- CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J.; A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista Ecologia e Sociologia Rural**, Picaricaba, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.
- D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004. DE LUCA, T.H. Relationship of 0,5 M K₂SO₄ extractable anthronereactive carbon to indices of microbial activity in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.1293- 1299, 1998.
- D'ANDRÉA, A. F., SILVA, M. L. N., CURI, N., & GUILHERME, L. R. G.; Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.
- DE-POLLI, H; PIMENTEL, M. S.; Indicadores de qualidade do solo. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa-SCT, p. 17-28, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Brasília, 1999. 212p. (Documentos, 1)
- FERREIRA, E. A.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Planaltina. Volume 31. p 1625 – 1635. 2007.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANÇA, A. N.; FERREIRA, A. D.; MACEDO, M. C. M.; DE ARAÚJO, A. R. **Índice de produtividade da lavoura de soja consorciada com eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. In: Congresso de Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável: 10 anos de Pesquisa. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Resumos. 2013. p. 5
- GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo – Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999. 491p.
- GUIMARÃES, L. E. **Aspectos ecológicos e produtividade em um sistema de integração lavoura – pecuária - floresta (ILPF) no Brasil Central**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Produção Vegetal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- INSAM, H.; MITCHELL, C. C.; DORMAAR, J. F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, n. 5, p. 459-464, 1991.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

- INSAM, H. Developments in soil microbiology since the mid 1960s. **Geoderma**, v. 100, n. 3, p. 389-402, 2001.
- LEITE, L. F. C. et al. 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**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.
- MATIAS, M.C.B.S.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F.C.; ARAUJO, A.S.F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, 517-521, 2009.
- MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo**; métodos de análises. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.
- MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; FRANCELINO, C.S.F.; CAVALHEIRO, J.C.T.; OTSUBO, A.A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.
- MONTEIRO, M. T. **Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana: Indicadores da qualidade do solo e da serapilheira em sítios florestais do Norte Fluminense**. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2001. 75p. (Tese de Mestrado)
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- PÔRTO, E. H. 2013. **Resíduo de café (borra) e seu efeito no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico**. Monografia. (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal. 47 p.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; SANTOS, J.C.F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.163-198.
- SANTOS, J. V. **Biomassa e a atividade microbiana como indicadoras de reabilitação de áreas contaminadas por elementos-traço**. Lavras 47f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2010.
- SANTOS, T.E.B.; NAKAYAMA, F.T.; ARF, O.; CASSIOLATO, A.M.R. Alterações microbiológicas, de fertilidade e de produtividade do arroz de terras altas em diferentes manejos de solo e água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 203-209, 2008.
- SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. & LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:1755-1761, 2007.
- SILVIA, E. E. DA; AZEVEDO, P. H S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).
- SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G. R. Significance of phenolic compounds in plant-soil microbial systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 10, p. 63-121, 1991.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703- 707, 1987.
- VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; HE, Z.L. Carbon management index based on

physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil Tillage Research**, v.96, p.195-204, 2007.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. **Benefícios da Integração Lavoura-Pecuária**. In: J. Kluthcouski; L. F. Stone; H. Aídar (Eds.). Embrapa Arroz e Feijão. pg. 144-170. 2003.