

Parâmetros microbiológicos do solo em sistema de produção consorciado sob manejo orgânico

Soil microbiological parameters in an intercropped production system under organic management

Parámetros microbiológicos del suelo en un sistema de producción intercalado bajo manejo orgánico

Recebido: 07/07/2022 | Revisado: 19/07/2022 | Aceito: 22/07/2022 | Publicado: 28/07/2022

Josimar da Silva Chaves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5871-5605>
Universidade Federal de Roraima, Brasil
E-mail: josimar.chaves@ufr.br

Lucas Souza da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0165-8130>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: lucassouzadasilva9272@gmail.com

Sandoval Menezes de Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3307-1775>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: sandoval.matos@ifrr.edu.br

Hipólito Ribas Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-6878>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: hipolito.pereira@ifrr.edu.br

Juliano Jonas Sabio de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3337-1038>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: julianosabio@ifrr.edu.br

André Ferreira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3343-9530>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: andre.silva@ifrr.edu.br

Edileusa de Jesus dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7646-7692>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: edileusa.santos@ifrr.edu.br

Robson Pereira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1535-631X>
Universidade Estadual de Roraima, Brasil
E-mail: robsonrj77@hotmail.com

Welligton Alvarenga de Brito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5721-7882>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: welligton.agro@gmail.com

Jadinéia Leandro Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3210-1474>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
E-mail: jadylleite@gmail.com

Resumo

Os diferentes sistemas de manejo do solo, como o plantio direto e o plantio convencional, assim como a rotação e sucessão de cultura, promovem alterações no solo, alterando fatores como a disponibilidade de água, oxigênio e substrato, afetando diretamente a microbiota do solo. Objetivou-se avaliar os efeitos da forma de manejo dos sistemas de consórcio com presença da leguminosa gliricídia, sem gliricídia e vegetação nativa sobre atributos microbiológicos do solo. Foi conduzido um experimento em condição de campo, em área de manejo orgânico de uso do solo, cultivada com leguminosa gliricídia, fruteiras e essência florestal. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, no qual foram coletadas dez amostras de solo em triplicadas em duas profundidades (0-10 e 10-20 cm). As amostras foram homogeneizadas e peneiradas em peneiras, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e posterior análises dos atributos microbianos (carbono da biomassa microbiana- C_{mic} , nitrogênio da biomassa microbiana- N_{mic} , quociente metabólico- qCO_2 e respiração basal (RBS). Observou-se que os sistemas de cultivo provocaram alterações significativas nos atributos microbiológicos do solo quando comparados com a vegetação nativa. Ocorreu diferença

significativa nas variáveis analisadas, sendo que o sistema com a presença de gliricídia, os valores de nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) foram superiores aos da vegetação nativa, enquanto os valores de Cmic, RBS e qCO₂ não diferenciaram. Esses resultados confirmam, que os sistemas de consórcio com presença de gliricídia foi igual a floresta nativa, em prover as condições favoráveis a mineralização da matéria orgânica pela microbiota do solo.

Palavras-chave: Manejo do solo; Leguminosas; Microbiota.

Abstract

The different soil management systems, such as no-tillage and conventional planting, as well as crop rotation and succession, promote changes in the soil, altering factors such as the availability of water, oxygen and substrate, directly affecting the soil microbiota. The objective was to evaluate the effects of the management of intercropping systems with the presence of the legume gliricidia, without gliricidia and native vegetation on soil microbiological attributes. An experiment was carried out under field conditions, in an area of organic management of land use, cultivated with legume gliricidia, fruit trees and forest essence. The design used was in randomized blocks, in which ten soil samples were collected in triplicate at two depths (0-10 and 10-20 cm). The samples were homogenized and sieved in sieves, placed in properly identified plastic bags and subsequent analysis of the microbial attributes (microbial biomass carbon-Cmic, microbial biomass nitrogen-Nmic, metabolic quotient-qCO₂ and basal respiration (RBS). that the cultivation systems caused significant alterations in the microbiological attributes of the soil when compared with the native vegetation. of the native vegetation, while the values of Cmic, RBS and qCO₂ did not differentiate. These results confirm that the intercropping systems with the presence of gliricidia was equal to the native forest, in providing favorable conditions for the mineralization of organic matter by the soil microbiota.

Keywords: Soil management; Legumes; Microbiota.

Resumen

Los diferentes sistemas de manejo del suelo, como la siembra directa y la siembra convencional, así como la rotación y sucesión de cultivos, promueven cambios en el suelo, alterando factores como la disponibilidad de agua, oxígeno y sustrato, afectando directamente a la microbiota del suelo. El objetivo fue evaluar los efectos del manejo de sistemas intercalados con presencia de la leguminosa gliricidia, sin gliricidia y vegetación nativa sobre los atributos microbiológicos del suelo. Se realizó un experimento en condiciones de campo, en un área de manejo orgánico de uso de suelo, cultivada con leguminosa gliricidia, árboles frutales y esencia de bosque. El diseño utilizado fue en bloques al azar, en el cual se recolectaron diez muestras de suelo por triplicado a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm). Las muestras fueron homogeneizadas y tamizadas en tamices, colocadas en bolsas plásticas debidamente identificadas y posterior análisis de los atributos microbianos (biomasa microbiana carbono-Cmic, biomasa microbiana nitrógeno-Nmic, cociente metabólico-qCO₂ y respiración basal (RBS) que presentan los sistemas de cultivo. ocasionó alteraciones significativas en los atributos microbiológicos del suelo al compararlo con la vegetación nativa de la vegetación nativa, mientras que los valores de Cmic, RBS y qCO₂ no se diferenciaron. Estos resultados confirman que los sistemas de intercalado con presencia de gliricidia fue igual al bosque nativo, en brindar condiciones favorables para la mineralización de la materia orgánica por parte de la microbiota del suelo.

Palabras clave: Manejo de suelos; Leguminosas; Microbiota.

1. Introdução

O solo é um recurso natural vivo e dinâmico que possibilita e sustenta a produção de alimentos e fibras, regulando o balanço global do ecossistema, estando ele intimamente ligado às particularidades e processos que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera (Silva & Mendonça, 2007), fundamental para a produção agrícola. Dentre todos os recursos naturais, o solo é um recurso não renovável à escala humana e vem sofrendo nos últimos anos diversos processos degradativos, tornando-se necessário aderir práticas agrícolas, como prevenção para a degradação não acometer novas áreas e que se mantenha capacidade produtiva do mesmo (Cavalcante et al., 2012).

A qualidade do solo é definida como a capacidade deste de sustentar e manter a produtividade biológica dentro do ecossistema, mantendo a qualidade ambiental e promovendo a saúde das plantas e animais neles englobado, e pode ser avaliado utilizando indicadores físicos, químicos e biológicos (Leal et al., 2021). A qualidade do solo é uma propriedade de sustentabilidade das culturas, influenciando também na saúde das plantas, animais e conseqüentemente em seres humanos (Melo et al., 2017). O solo é um habitat naturalmente diversificado, com comunidades biológicas altamente complexas, nas quais se encontram diferentes formas de microrganismos, tanto eucariotos como procariotos, que interagem em um ambiente dinâmico e em estado de equilíbrio (Carrer Filho, 2002).

Os componentes microbianos vivos do solo são também denominados de biomassa microbiana e as bactérias e fungos respondem por cerca de 90 % da atividade microbiana do solo (Andreola & Fernandes, 2007). O solo possui uma imensa diversidade da microbiota, sendo as principais atividades dos organismos a decomposição da MO, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia (incluindo a fixação de nitrogênio atmosférico), produção de compostos complexos que contribuem para a agregação do solo, decomposição de xenobióticos e controle biológico de pragas e doenças (Moreira & Siqueira, 2006). A população de microrganismos no solo é um componente de suma importância nas transformações da matéria orgânica do solo, pois esses utilizam esses materiais como fonte de energia e nutrientes para a formação e o desenvolvimento celular, fazendo assim com que ocorra a imobilização temporária de carbono, nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e micronutrientes, os quais após a morte dos microrganismos, serão disponibilizados para as plantas.

A matéria orgânica do solo representa a principal fonte de energia para os microrganismos e de nutrientes para as plantas, e as suas alterações podem indicar o grau de preservação ou de desequilíbrio dos ecossistemas naturais. Neste contexto, a sensibilidade dos indicadores químicos pode não ser suficiente para indicar as alterações ocorridas com a matéria orgânica do solo, pela substituição da floresta por atividades agrossilvopastoris, havendo a necessidade de selecionar indicadores, como os biológicos, que sejam sensíveis a pequenas alterações no sistema solo-planta, com isso os microrganismos podem ser utilizados como sensíveis indicadores da qualidade do solo. Alguns dos principais indicadores microbiológicos de qualidade do solo são a biodiversidade de microrganismos, a biomassa microbiana (BMS) a respiração basal e o quociente metabólico (Araújo & Monteiro, 2007).

Porém isoladamente, a biomassa microbiana do solo (BMS) pouco reflete as alterações na qualidade do solo, apesar de ser um indicador de intervenções antrópicas (Brookes, 1995). Entretanto, a BMS associada ao conteúdo de matéria orgânica pode ser utilizada como índices para comparar a qualidade do solo sob diferentes manejos. Embora, a resposta da BMS seja mais rápida, se comparado com o conteúdo de matéria orgânica (Jenkinson & Ladd, 1981). Estes autores sugerem que as mudanças no conteúdo de BMS predizem em longo tempo o conteúdo de matéria orgânica do solo. Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (Kennedy & Doran, 2002).

Os adubos verdes desempenham importantes ações no solo tais como: proteção do impacto das chuvas e também contra a perda da umidade; rompimento de camadas adensadas e compactadas ao longo do tempo; aumento do teor de matéria orgânica do solo; incremento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo; diminuição da toxicidade de Al e Mn devido a complexificação e elevação do pH; promoção do resgate e reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo, tais como Ca, Mg, K, P e micronutrientes; extração do fósforo fixado; fixação do N atmosférico de maneira simbiótica pelas leguminosas; inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos, seja pela simples competição por luz (Silva et al., 2020)

Com isso a adubação verde possui diversas funções benéficas para o solo, com o aumento da diversidade biológica na unidade de produção proporciona alterações na dinâmica de espécies invasoras, na dinâmica populacional de insetos, pragas, predadores e polinizadores. Além de influenciar nas qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (Espíndola et al., 2004).

Na prática da adubação verde pode se utilizar tanto gramíneas como leguminosas, no entanto os resíduos de leguminosas pode contribuir com a diminuição da acidez do solo e da relação C/N na matéria orgânica do solo e os resíduos das gramíneas possui maior conteúdo de lignina, favorecendo a estruturação e estabilidade dos agregados, tornando os menos suscetíveis à compactação (Andrade et al., 2009). Porém para a adubação verde se tem mais usado as leguminosas devido seu potencial de fixação de N₂ atmosférico através da associação simbiótica de bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que além do mais, possui um sistema radicular profundo, capaz de explorar nutrientes das camadas mais profundas do solo. Os efeitos químicos no solo proporcionados pela adubação verde dependem de fatores como: espécie utilizada, o manejo

destinado a biomassa, época de plantio, corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo e a interação entre esses fatores (Alcântara et al., 2000).

Souza et al. (2020), avaliando a fixação biológica e transferência de nitrogênio por *Gliricídia sepium* em pomar orgânico consorciado de laranja e banana constatou que a quantidade de N disponibilizado através da adubação verde supriu em 55% da exigência nutricional das culturas (laranja e banana). Essa quantidade de N fornecido pelas podas da gliricídia foi suficiente para suprir a demanda de N das plantas de laranja, na fase de formação, com isso o mesmo autor relata que O uso de Fabaceae que apresentam elevado potencial de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e de produção de biomassa, como adubos verdes, em pomares, além de proporcionar economia com fertilizantes, contribui para o manejo ecológico do pomar. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da forma de manejo dos sistemas de consórcio com presença da leguminosa gliricídia, sem gliricídia e vegetação nativa sobre atributos microbiológicos do solo, por meio da análise da biomassa microbiana, respiração basal e nitrogênio da biomassa microbiana, manejado de forma orgânica.

2. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa exploratória de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018). O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal Roraima - *Campus* Novo Paraíso, localizado no município de Caracaraí, Roraima, sob as coordenadas 1°15'7,86 N e 60°29'14,18 W. O tipo climático é tropical chuvoso, com os totais anuais de precipitação pluviométrica relativamente elevados, chegando a 2 000 milímetros segundo a classificação de Koppen. Com temperaturas médias de 26.8 °C. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico argissólico (Embrapa, 2013), com as propriedades físicas e químicas descritas na Tabela 1. As análises químicas e microbiológicas do solo foram realizadas no laboratório de solos e plantas do Instituto Federal de Roraima - *Campus* Novo Paraíso.

Tabela 1. Caracterização química e física da camada de 0–20 cm do solo da área do sistema de consórcio.

Área	pH	P	K	Ca + Mg	Al	(H+Al)	SB	CTC _{pH7}	t	V	MOS	Granulometria		
												Argila	Silte	Areia
	H ₂ O	mg/dm ³	-----mmol./dm ³ -----				-----%-----			-----g/kg-----				
CGL	6,13	39,0	1,0	4,45	0,05	4,22	5,50	9,72	5,55	56,6	2,1	170	10	820
SGL	6,00	19,0	0,05	2,15	0,05	5,14	2,20	7,34	2,25	30,0	1,0	-	-	-
VNM	4,57	13,0	0,06	1,23	1,30	8,45	1,28	9,73	2,58	13	1,3	-	-	-

(CGL) sistema de cultivo consorciado com gliricídia; (SGL) sistema de cultivo consorciado sem gliricídia; (VNM) vegetação nativa – mata; (P) Fosforo disponível (Mehlich -1) (K) Potássio disponível. (Ca) Cálcio trocável. (Mg) Magnésio trocável. (Al) Acidez trocável. (H+Al) Acidez potencial. (SB) Soma de bases. (CTC) Capacidade de Troca Cátions a pH7,0. (t) Capacidade Efetiva de Troca de Cátions. (V) Saturação por Bases. (m) Saturação por Alumínio. (MOS) Matéria Orgânica do Solo. Fonte: Autores.

Os tratamentos constituídos de três áreas com diferentes manejo e uso (área em sistema de cultivo consorciado com gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Steud.) + frutíferas (laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), banana (*Musa* spp.) (CGL); área com cultivo consorciado de laranja e essência florestal (ipê - *Handroanthus heptaphyllus*) sem gliricídia (CSG) e a área de vegetação nativa (mata) (VNM) usada como referência. Cada área de 1600m² foi dividida em cinco parcelas, das quais cada uma foi subdividida em duas subparcelas, nas quais foram coletadas amostras de solo na rizosfera das plantas, nas profundidades de 0 – 10 e 10 -20 cm. O delineamento utilizado é do de blocos inteiramente casualizado com arranjo fatorial (3x2), sendo três sistemas de manejo do solo e uso do solo (leguminosa + fruteiras, fruteira + essência florestal e vegetação nativa - mata) e duas profundidade de coleta do solo. Foram coletadas trinta amostras de solo nas três áreas de estudo nas profundidades de 0,0 – 10cm e 10 – 20cm, com três repetições em suas respectivas profundidades totalizando 90 amostras. As

amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, estéreis, devidamente identificadas, e armazenadas em câmara fria a 4°C (Sarathchandra, 1978).

Nas amostras de solo em laboratório foram feito o processo de tamitação em peneira de malha 2 mm de abertura, onde foram retirados todos os resíduos animais e vegetais. Para a análises de determinação da respiração basal (RBS), foi determinada segundo Jenkinson e Powlson (1976), utilizando 20 g de cada amostra de solo foram incubadas por 168 horas à temperatura ambiente em frascos de 0,5 litros hermeticamente fechados e o CO₂ capturado em frascos de 100 mL contendo 10 mL de uma solução de KOH (0,3 M). Após a incubação, foi adicionado 3 mL de BaCl₂ (20%) e o excesso de KOH foi determinado por titulação com solução de HCl (0,1 mol L⁻¹). Para a extração do carbono e nitrogênio da biomassa (C_{mic} e N_{mic}) foram adicionados 60 mL de uma solução 0,5 M de K₂SO₄ nas amostras de solo que foram submetidas à agitação (40 min; 150 rpm), seguida de decantação por 30 minutos. Em seguida, as amostras foram filtradas em papel filtro para a separação do extrato para posteriormente determinação do C_{mic} e N_{mic}.

A determinação do Carbono da Biomassa Microbiana (C_{mic}) foi realizada pelo método da fumigação-extração, conforme Vance, et al., (1987), utilizando-se o fator de correção (kC) de 0,33 preconizado por Sparling e West (1988), a fim de expressar a fração do C_{mic} recuperado após o processo de fumigação-extração. A determinação do Nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}) foi realizada pelo método de fumigação- extração com a relação de solo extrator de 1:2,5 (Tate et al., 1988), com a adição de clorofórmio diretamente na amostra, mantendo as em local escuro por 24 horas, dando prosseguimento a extração e a quantificação do nitrogênio microbiano por destilação de arraste de vapor (Kjeldahl), seguida de volumetria de neutralização ácido-base, utilizando ácido sulfúrico (H₂SO₄) como titulante.

Os dados das variáveis obtidas em cada época de amostragem do solo, distintamente, foram submetidos a análise de variância e os resultados das médias de cada tratamento foram analisados estatisticamente utilizando o programa SISVAR, versão 4.3 (Ferreira, 2014). Os efeitos dos tratamentos serão comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Valores mais elevados de carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) foram observados em amostras de solo de vegetação nativa (mata) na profundidade de 0-10 cm (Tabela 2), ocorrendo diferenças significativas entre os sistemas de consórcio com presença de gliricídia (CGL) e sem gliricídia (SGL). Porém na profundidade de 10-20cm maiores valores foram observados no sistema de consórcio com presença de gliricídia. Esses resultados corroboram com os obtidos por Silva et al. (2021), que cita um incremento de 356% no Carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) em áreas de consorcio de fruteiras com gliricídia em relação a áreas de consorcio sem a presença de gliricídia, na profundidade de 0-10 cm. Silva et al. (2021), cita que a maior atividade microbiológica na camada superficial do solo é em virtude do maior teor de matéria orgânica presente na superfície do solo. Leal et al. (2021), avaliando o efeito dos sistemas de manejo e do uso do solo na população de microrganismos do solo, em áreas de consorcio de frutíferas com e sem gliricídia, observou maior quantidade de unidades formadoras de colônias (UFC g solo⁻¹), em sistema com consórcio com gliricídia.

Outro fator que justifica esse incremento é o manejo aplicado nesta área com as podas das plantas de gliricídia sendo a biomassa colocadas na região da rizosfera das plantas frutíferas. Segundo Paula (2015), a decomposição dos resíduos das leguminosas, pode ser uma fonte de carbono e nutrientes para a biota do solo e posteriormente para as plantas, destacando a importância da sincronização entre a liberação de nutrientes pelas plantas em consórcio e sua demanda pelas culturas principais. Os nutrientes são liberados pela decomposição dos resíduos, por meio das podas. Souza et al. (2020), trabalhando em área de consórcio de fruteiras com gliricídia, enfatizam que as repetidas deposições de galhos e folhas de gliricídia em coroamento das frutíferas, aumentou o conteúdo de matéria orgânica do solo e conseqüentemente a microbiota, sendo capaz de

extrair nutrientes de camadas profundas do solo, deixando-os ao alcance para o crescimento das culturas através da ciclagem de nutrientes.

Resultados diferentes aos de Carbono da biomassa microbiana (C_{mic}), foram observados para o Nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}) (Tabela 2). Foram observado diferença significativa entre os sistemas de manejo do solo, sendo na profundidade de 0-10 cm os valores mais elevados no consórcio com presença da leguminosa gliricídia (CGL) e na área com vegetação nativa - mata (VNM) respectivamente. Já na profundidade de 10-20 cm foi observado valores maiores nos sistemas de manejo do solo CGL e SGL respectivamente, obtendo diferença significativa entre si.

Tabela 2. Valores dos atributos microbiológicos do solo, nos diferentes sistemas de manejo.

Atributos microbiológicos	Sistema de manejo do solo	Profundidades (cm)	
		0-10	10-20
Carbono da Biomassa microbiana - C_{mic} (mg C_{mic} kg ⁻¹ solo)	CGL	989,6 B	507,1 A
	SGL	277,7 C	404,2 B
	VNM	1074,7 A	442,7 B
Nitrogênio da biomassa microbiana - N_{mic} (mg N_{mic} kg ⁻¹ solo)	CGL	347,3 A	314,1 A
	SGL	99,7 C	159,5 B
	VNM	236,4 B	35,3 C
Respiração Basal do Solo - RBS (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹)	CGL	1,86 B	1,08 B
	SGL	1,04 C	0,52 C
	VNM	3,75 A	1,37 A
Quociente metabólico - qCO ₂ (mg C-CO ₂ g ⁻¹ C_{mic} h ⁻¹)	CGL	1,46 B	0,75 B
	SGL	1,67 B	0,73 B
	VNM	2,77 A	0,95 A

CGL: Sistema consorciado com gliricídia; **SGL:** sistema sem consórcio com gliricídia; **VNM:** Área de mata. Valores na mesma coluna, comparando sistemas de manejo do solo, seguidos da mesma letra maiúscula, não diferem entre si (Tukey $p < 0,05$). Análise realizada no Laboratório de Solos e Planta do IFRR, Caracará-RR, 2021. Fonte: Autores.

Os atributos da biomassa C_{mic} e N_{mic} servem como indicadores da qualidade do solo (Ferreira; Wendland; Didonet, 2011); todavia, o uso desses parâmetros isoladamente não é tão apropriado para determinar o real estado metabólico dos microrganismos do solo (Bowles et al., 2014), com isso, faz se necessário levar em consideração outros atributos que expressem a qualidade microbiológica do solo. Nesse sentido a quantificação de outros parâmetros como, Respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico (qCO₂) contribui com informações pertinentes sobre a atividade da microbiota do solo e a dinâmica dos microrganismos (Anderson; Domsch, 1990).

Em relação a RBS, foi observado diferença significativa em todos os tipos de manejos do solo, sendo o menor valor observado sob SGL em ambas as profundidades. Foi observado maior valor para a área de vegetação nativa (mata) e o sistema CGL em ambas as profundidades. Com isso a maior liberação de CO₂, expressada pela RBS, em solo de mata pode ser em função da constante incorporação de matéria orgânica o que promove o aumento da biomassa, resultando em maior liberação de CO₂ (Kuzyakov, 2010). Com isso, o maior teor de C_{mic} encontra-se relacionado positivamente com a liberação de CO₂ (Adachi et al., 2006).

Ao observar os valores de qCO₂, foi observado um elevado valor para a mata seguida do CGL na profundidade de 0-10, e da mata seguida do sistema SGL na profundidade de 10-20, esse valor indica que a taxa de liberação de CO₂ por unidade de C_{mic} é menor sob solo com o manejo CGL na profundidade de 0-10, e na profundidade de 10-20 cm, o sistema de SGL.

Gupta e Singh (1980), definiu o processo de liberação de CO₂ como a soma total de todas as funções metabólicas do solo, no qual o CO₂ é produzido, isso é resultado de 3 processos chamados respiração microbiana, respiração das raízes e respiração da fauna e um processo não biológico, a oxidação química o qual pode ser é diretamente influenciado por altas temperatura.

De acordo com Cunha et al. (2011), a maior liberação de CO₂ geralmente está associada à maior atividade biológica, que, por sua vez, está relacionada diretamente com a quantidade de C lábil no solo, o que explica os valores mais elevados na camada superficial do solo que foi observado em todos os sistemas de manejo e na mata (Souto et al., 2009). Contudo, segundo Cunha et al. (2011), a interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, pois elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis, podendo a curto prazo significar liberação de nutrientes para as plantas e, a longo prazo, perda de C orgânico do solo para a atmosfera (Parkin et al., 1996). Portanto, elevados valores de C-CO₂ podem indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade do sistema (Islam & Weil, 2000).

Com isso, em um sistema de manejo há diversas interações bióticas e abióticas que podem interferir nos parâmetros microbiológicos do solo. Tomando como base os resultados observados para os atributos da biomassa microbiana, pode ser inferir que, comparado ao SGL, o CGL promove menos perturbação da biomassa microbiana do solo, proporcionando maiores valores de C_{mic} e N_{mic}, porém maiores valores de qCO₂ podem ser ocasionados devido a altas temperaturas e alta umidade ocasionando maior atividade microbiana e a oxidação da matéria orgânica tendo maior liberação CO₂.

De maneira geral, os atributos da biomassa microbiana do solo foram afetados pelo sistema de manejo do solo, sendo que a mata apresentou valores de C_{mic}, N_{mic}, RBS e qCO₂ superiores aos observados sob CGL e SGL. Os maiores valores observados para os parâmetros avaliados no solo da mata estão relacionados ao maior conteúdo de matéria orgânica presente, em comparação ao solo sob CGL e SGL, uma vez que a matéria orgânica promove resultados benéfico as propriedades edáficas (Cardozo et al., 2008) e microbiológicas do solo (Elfstrand; et al., 2007; Elfstrand; et al., 2007).

Com isso o tratamento de manejo do solo sob CGL foi o que mais se aproximou e até mesmo ultrapassou em alguns parâmetros a área de vegetação nativa (mata), sugerindo assim que a atividade agrícola conduzida sob esse tipo de manejo é menos impactante sob o ponto de vista dos indicadores microbiológicos.

4. Conclusão

Conclui que os sistemas de cultivos provocaram alterações nos atributos microbiológicos do solo em comparação com ambiente natural (mata). A presença da leguminosa gliricídia, associada ao manejo de podas das plantas, foi determinante para elevar os parâmetros microbiológicos analisados do solo.

Os sistemas de consórcio com a presença da leguminosa gliricídia (CGL), proporcionou valores de nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}) superiores aos valores observados em ambiente de mata, sendo assim um sistema eficiente na utilização e ciclagem desse nutriente.

Trabalhos que envolvam o estudo da microbiota do solo, em sistemas agrícolas consorciados na Amazônia devem ser desenvolvidos, para melhor utilização dos recursos disponíveis nas propriedades rurais desta região, haja vista a escassez de recursos financeiros pelos agricultores familiares. Perspectivas como outras plantas agrícolas e leguminosas nativas são parâmetros que podem ser analisados e vir a somar neste estudo.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR/Campus Novo Paraíso e ao CNPq pelo apoio recebido através de bolsa. E ao Núcleo de Estudo, Pesquisa, Extensão em Agroecologia (NEPEAGRO) pelo espaço disponibilizado para realização do estudo e análises.

Referências

- Adachi, M., et al. (2006). Differences in soil respiration between different tropical ecosystems. *Applied Soil Ecology*, 34(2/3), 258-65
- Anderson, J. D., & Ingram, J.S.I. (1996). *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. (2nd ed.): CAB International, 171p.
- 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*, 22(2), 251-5.
- Andrade, S. R., Stone, F. L., & Silveira, M. P. (2009). Culturas de Cobertura e Qualidade Física de um Latossolo em um Sistema de Plantio Direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(4), 411-418.
- Andreola, F., & Fernandes, S. A. P. (2007). *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Instituto Agronômico Campinas-SP, 21-37.
- Araújo, R., Goedert, W. J., & Coelho, M. P. C. (2007). Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1099-1108.
- Borges, A. L., Silva, S. de O., Caldas, R. C., & Ledo, C. A. S. (2006). Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.28, p.314-318.
- Brookes, D. C. (1995). The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 19, p. 269-279,
- Cardozo, S. V., et al. (2008). Caracterização de propriedades edáficas em áreas sob manejo orgânico e natural na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(3), 517-530.
- Cavalcante, S. V., Santos, V. R., Santos-Neto, A. L., Santos, M. A. L., Santos, C. G., & Costa, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura (2012). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(5), 521-528.
- Carrer Filho, R. (2002). *Actinomicetos como agentes de biocontrole de doenças e como promotores de crescimento do tomateiro*. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Cochran, W. G. (1965). *Técnicas de amostragem*. Fundo de Cultura, 555p.
- Cunha, E. Q., Stone, L. F., Ferreira, E. P. B., Didonet, A. D., Moreira, J. A. A., & Leandro, W. M. (2011) – 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*, 35(2), 603-611. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200029>
- Dias., et al. (2007). Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. *Ciência Rural*, Santa Maria, 37(2), 352-356.
- Elfstrand, S., Båth, B., & Mårtensson, A. (2007). Influence of various forms of green manure amendment on soil microbial community composition, enzyme activity and nutrient levels in leek. *Applied Soil Ecology*, 36(1), 610-621.
- Espíndola, J. A. A., Almeida, L. D., & Guerra, M. G. J. (2004). *Estratégia para utilização de leguminosa para adubação verde em unidade de produção agroecológica*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).
- Espindola, J. A. A., Guerra, J. G. M., Perin, A., Teixeira, M. G., Almeida, D. L., Urquiaga, S., Busquet, R. N. B. (2006). Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.415-420.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a computer statistical analysis SYSTEM. *Ciência Agrotecnologia - UFLA*, 35(6), 1039.
- Ferreira, E. P. B., Wendland, A., & Didonet, A. D. (2011). Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. *Bragantia*, 70(4), 1-9.
- Finckh, M. R., & Tamm, L. (2015). *Organic management and airborne diseases*. In: Finckh, M. R.; Van Bruggen, A. H. C.; Tamm, L. *Plant diseases and their management in organic agriculture*. (1ª ed.) APS Press.
- Gupta, S. R., & Singh, J. S. (1981). Soil respiration in tropical Grass Land. *Soil Biol. Biochem*. Vol. 13, pp 261-268,
- Hara A. F., & Oliveira A. L. (2019). Efectividade simbiótica de isolados de rizóbios em caupi (*Vigna unguiculata* L.walp) em latossolo ácido e álico na Amazônia. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, 5(12), 28310-28324, dec. 2019. ISSN 2525-8761.
- Islam, K. R., & Weil, R. R. (2000) – Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 79(1), 9-16. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00145-0)
- Jenkinson, D. S., & Ladd, J. N. (1981). Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E. A., Ladd, J. N. (Org.) *Soil biochemistry*. New York: Marcel Dekker, p. 415-471.
- Jenkinson, D. S., & Powlson, D. S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil: a method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 8(3), 209-213.
- Kennedy, A., & Doran, J. (2002). Sustainable agriculture: role of microorganisms In: BITTON, G. (Org.). *Encyclopedia of environmental microbiology*. New York: John Wiley & Sons, p. 3116-3126.
- Leal, M. L. A., et al. (2021). Efeito dos sistemas de manejo e do uso do solo na população de microrganismos do solo. *Research, Society and Development*, 10(9), e21910917966. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17966>

- Kuzyakov, Y. (2010). Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(9), 1363-1371.
- Rodrigues, M. G. V., et al. (2010). Amostragem foliar da bananeira 'prata-anã'. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 32(1), 321-325.
- Mafra, A. L., Miklós, A. A. W., Vocurca, H. L., Harkaly, A. H., & Mendoza, E. (1998). Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:43-48.
- Melo, V. F., Silva, D. T., Evald, A., & Rocha, P. R. R. (2017). Chemical and biological quality of the soil in different systems of use in the savanna environment. *Revista Agro@ambiente on-line*. 11(2): 101-10.
- Osterroht, M. (2002). Crescimento do pasto: fundamentos para o manejo de pastagens. *Agroecologia Hoje*, Botucatu, 2(13), 21-22.
- Paula, P. D., et al. (2015). Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *glicíndia sepium* e acácia angustissima em um sistema agroflorestal. *Ciência Florestal*. Santa Maria. 25, 791-800.
- Parkin, T. B., Doran, J. W., & Francop-Vizcaino, E. (1996) – Field and laboratory tests of soil respiration. In: Doran, J.W. & Jones, A. (Eds) – Method for assessing soil quality. Madison, *Soil Science Society of America*, p. 231-245.
- Paulino, G. M., Alves, B. J. R., Barroso, D. G., Urquiaga, S., & Espindola, J. A. A. (2009). Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 44: 1598-607.
- Paulino, G. M., Alves, B. J. R., Barroso, D. G., Urquiaga, S., & Espindola, J. A. A. (2011). Desempenho da glicíndias no cultivo em aleias em pomar orgânico de mangueiras e gravioleira. *Revista Arvore*, 781- 789.
- Pereira A. S., et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM
- Queiroz, L. R. (2006). *Leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura do milho*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 72f.
- Santana, A. C., Chaves, J. S., & Rodriguez, C. A. (2017). Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, p.1-67.
- Silva, C. F., et al. (2021). Soil attributes as indicators of the stabilization process of erosion in gullies at different formation stages in the South east region of Brazil. *Revista Ambiente & Água* [online]. 2021, 16(4). <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2632>.
- Silva, H. S., et al. (2021). Atividade microbiana no solo em sistema de produção consorciado. *Research, Society and Development*, v. 10, n.14, e534101422366. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22366>
- Simão, S. *Manual de Fruticultura.: Agrônômica Ceres*, 2014. 530p.
- Siqueira, J. O., Moreira, F. M. S., Grisi, B. M., Hungria, M., & Araujo R. S. (1994). *Microrganismos e processos biológicos do solo: Perspectiva ambiental*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. EMBRAPA. p.142.
- Souto, P. C., Bakke, I. A., Souto, J. S., & Oliveira, V.M. (2009) – Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semi-árido da Paraíba, Brasil. *Revista Caatinga*, 22(3), 52-58.
- Souza, S. L., Chaves, S. J., Alves, N. R., Rodrigues, G. T., Paraíso, A. S. B., Santos, N. J. P., Matos, M. S., & Soares, B. R. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por *Glicíndia sepium* em pomar orgânico consorciado de laranja e banana (2020). *Brazilian Applied Science Review*. 4(5), 2916-2925p. 10.34115/basrv4n5-013.
- Sparling, G. P., & West, A. W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(3), 337-343.
- Tate, K. R., Ross, D. J., & Feltham, C. W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Biochem.*, 20:329-335.
- Thomas, R. L., Sheard, R. W., & Moyer, J. R. 1967. Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorus, and potassium analysis of plant material using a single digestion. *Agron. J.* 59:240-243.
- Vance, E. D., Brookes, P. C., & Jenkinson, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*. 19: 703-707, 1987.