

(DOI): 10.5935/PAeT.V9.N3.10

*Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science, Guarapuava-PR, v.9, n.3, p.87-95, 2016***Cientific Paper****Resumo**

O uso intensivo do solo tem ocasionado diversas alterações nos seus processos físicos, químicos e biológicos, podendo a qualidade do solo ser avaliada por meio de indicadores. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar os bioindicadores de qualidade do solo da biomassa microbiana em cultivo em consórcio e rotação de culturas em diferentes arranjos de plantas (pinhão manso e culturas anuais arroz, feijão, sorgo e soja) no sul do Estado do Tocantins. Esse estudo foi conduzido no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Universitário de Gurupi, localizado na região sul do estado do Tocantins, em altitude de 280 metros na localização de 11°43'45" de latitude e 49°04'07" de longitude. No dia 03/04/2014 foram retiradas as amostras da camada de 0-20 cm, foram avaliados cinco tratamentos, sendo T1 – consórcio pinhão manso e arroz, T2 – consórcio pinhão manso e feijão-caupi, T3- consórcio pinhão manso, feijão-caupi e arroz, T4 – consórcio pinhão manso com rotação de feijão-caupi e arroz, T5 – cultivo solteiro de pinhão manso, tendo como referência pastagem degradada e sem cultivo nos últimos 10 anos. foram avaliados, o carbono da biomassa microbiana (Cmic), o nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic), os quocientes microbianos ou relações Cmic/Nmic, a respiração basal, o quociente metabólico (qCO_2), a atividade da urease e a atividade da β -glicosidase. Não houve diferença entre os tratamentos para a variável carbono da biomassa microbiana, quocientes microbianos, respiração basal, quociente metabólico, atividade das enzimas urease e β -glicosidase e o cultivo de consórcio intercalado de pinhão manso e feijão-caupi apresentou maior valor quanto ao Nitrogênio da biomassa microbiana.

Palavras chave: sustentabilidade, biomassa microbiana, consórcio.

Indicadores biológicos de qualidade do solo em culturas intercalares ao pinhão manso

Rodrigo Ribeiro Fidelis¹
 Cassia Mara dos Santos Alexandrino²
 Damiana Beatriz da Silva³
 Maria Aparecida Alves Sugai⁴
 Rubens Ribeiro da Silva⁵

Quality biological indicators of soil in intercropping to *jatropha curcas*

Abstract

The intensive land use has caused several changes in their physical, chemical and biological processes, soil quality can be assessed through indicators. Thus, this study aimed to evaluate the quality biological indicators of soil of the microbial biomass in cultivation in consortium and crop rotation in different plants arrangements (*jatropha curcas* and rice annual crops, bean, sorghum and soy) in the south of Tocantins State. This study was conducted in the Soils Laboratory of the Federal University of Tocantins, Academic Campus of Gurupi, located in the southern region of Tocantins State, in altitude of 280 meters in the location of 11°43'45" latitude and 49°04'07" longitude. On April 3rd of 2014, samples of the layer of 0-20 cm were taken, five treatments were evaluated: T1 – *jatropha curcas* and rice consortium, T2 – *jatropha curcas* and cowpea consortium, T3 – *jatropha curcas*, cowpea and rice consortium (4 lines of cowpea and 4 lines of rice, intercalated every two lines of *jatropha curcas*), T4 – *jatropha curcas* consortium with cowpea and rice rotation, T5 – single crop of *jatropha curcas*, having as reference degraded pasture and with no cultivation in the last 10 years. The carbon of the microbial biomass (Cmic), the nitrogen of the microbial biomass (Nmic), the microbial quotients or Cmic/Nmic relations, the basal breathing, the metabolic quotient (qCO_2), the urease

Received at: 04/08/16

Accepted for publication at: 05/12/16

1 Prof. Dr. Curso de Agronomia - Universidade Federal do Tocantins-UFT - Rua: Badejós lote 07, chácara 69 e 72, Zona Rural CEP: 77402-970. Email: fidelisr@uft.edu.br.

2 Acadêmica de Agronomia - Universidade Federal do Tocantins-UFT - Brasil. Email: cassiamarauf@hotmail.com.

3 Doutoranda em Tecnologias Químicas e Biológicas Universidade de Brasília- UNB Brasil. Instituto de Química, Asa Norte, Brasília, CEP: 70919-900. Email: damisb@gmail.com

4 Doutora em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins-UFT - Email: sugai@uft.edu.br.

5 Prof. Dr. Curso de Agronomia - Universidade Federal do Tocantins-UFT - Email: rrs2002@uft.edu.br.

Applied Research & Agrotechnology v9 n3 sep/dec. (2016)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

activity and the activity of β -glucosidase were evaluated. There wasn't difference between the treatments for the carbon variable of the microbial biomass, microbial quotients, basal breathing, metabolic quotient, activity of the urease and β -glucosidase enzymes and the consortium cultivation intercalated by jatropha curcas and cowpea presented higher amount in relation to the Nitrogen of the microbial biomass.

Key words: sustainability, microbial, biomass, consortium.

Indicadores biológicos de calidad del suelo en cultivos intercalados a jatropha

Resumen

El uso intensivo de suelo viene ocasionando diversas alteraciones en sus procesos físicos, químicos y biológicos, pudiendo la calidad del suelo ser evaluada por medio de indicadores. De esta forma, su objetivo con este trabajo es evaluar los bioindicadores de calidad de suelo de la biomasa microbiana en cultivo en asociación y rotación de cultivos en diferentes conjuntos de plantas (jatropha y cultivos anuales arroz, frijol, sorgo y soya) en el sur del Estado de Tocantins. Ese estudio fue conducido en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Federal de Tocantins, *Campus* Universitario de Gurupi, en la localización de 11°43'45" de latitud y 49°04'07" de longitud. En el día 03/04/2014 fueron retiradas las muestras de la capa de 0-20cm, fueron evaluados cinco tratamientos, siendo T1 - asociación jatropha y arroz, T2- asociación jatropha y frijol-caupi, T3- asociación jatropha, frijol-caupi y arroz, T4- asociación pinhao manso con rotación de frijol-caupi y arroz, T5 - cultivo solo de jatropha, teniendo como referencia pasto degradado y sin cultivo en los últimos 10 años. Fueron evaluados, el carbono de la biomasa microbiana (Cmic), el nitrógeno de la biomasa microbiana (Nmic), los cuocientes metabólicos o relaciones Cmic/Nmic, la respiración basal, el cuociente metabólico (qCO_2), la actividad de la ureasa y β -glucosidasa. No hubo diferencia entre los tratamientos para la variable carbono de la biomasa microbiana, cuocientes microbianos, respiración basal, cuociente metabólico, actividad de las enzimas ureasa y β -glicosidasa y el cultivo de asociación intercalado de jatropha y frijol-caupi presentaron mayor valor en cuanto al nitrógeno de la biomasa microbiana.

Palabras claves: sustentabilidad, biomasa microbiana, asociación.

Introdução

A qualidade do solo pode ser mensurada através da utilização de indicadores, que são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). É crescente o interesse pelo desenvolvimento da agricultura com a integração da conservação do solo, redução de custo de produção e maior produtividade das culturas (SOUZA et al., 2010).

O conceito de qualidade do solo surgiu em civilizações muito antigas e compreende um subconjunto fundamental da qualidade ambiental (ARRUDA et al., 2012). Em linhas gerais, a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a composição natural deste, sendo também fortemente relacionado com as práticas intervencionistas do homem (ARAÚJO et al., 2012). Pois o uso intensivo do complexo solo tem provocado alterações nos

seus processos físicos, químicos e biológicos, comprometendo a sua qualidade e capacidade funcional (SILVA et al., 2011).

Os indicadores biológicos de qualidade do solo, como a biomassa microbiana, são utilizados como parâmetros sensíveis para aferição do manejo adequado do solo, em estudos de sustentabilidade (MENDES et al., 2011). A atividade e a diversidade microbiana do solo têm importantes papéis na sustentabilidade dos sistemas de produção por manterem funções essenciais na saúde do solo (IZQUIERDO et al., 2005).

Os sistemas integrados de produção agrícola, assim como outras práticas de manejo consideradas conservacionistas, apresentam-se como alternativas viáveis para a sustentabilidade do uso do solo (SILVA et al., 2011). Alternativas como a adoção de um sistema que apresente ao mesmo tempo espécies perenes que venham a contribuir para o acréscimo da renda do público da agricultura familiar a longo prazo (pinhão manso a partir do segundo

ano) e espécies anuais que garantam sua segurança alimentar (arroz e feijão-caupi) em curto espaço de tempo (logo no primeiro ano), além de ainda, promover a melhoria da atividade pecuária com a produção de silo de alta qualidade para alimentação animal (consórcio sorgo/soja) tornam-se interessante no ponto de vista socioeconômico.

Recentemente tem crescido na comunidade científica o interesse por indicadores do funcionamento do sistema solo, baseados na atividade microbiana, que sozinhos ou em conjunto com outros indicadores convencionais, podem ajudar a orientar os produtores a manejarem seus solos de forma mais produtiva e sustentável (ARAGÃO et al., 2012). ARRUDA et al. (2012), salientam que hoje existe um esforço multidisciplinar acentuado para quantificar diferentes atributos do solo relacionados com a sustentabilidade, traduzindo-os na forma de índices de qualidade. No entanto, alguns dos principais instrumentos utilizados na ciência do solo para análise e avaliação do mesmo, são as análises laboratoriais de rotina química (CASALINHO et al., 2007).

Nessa perspectiva é fundamental a escolha de um conjunto mínimo de indicadores que apresentem características como facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, capacidade de integração, adequação ao nível de análise da pesquisa, utilização no maior número possível de situações, sensibilidade às variações de manejo e clima e possibilidade de medições por métodos quantitativos e ou qualitativos (CASALINHO et al., 2007). Tendo em vista toda essa complexidade do solo objetivamos avaliar bioindicadores de qualidade do solo em cultivos intercalares no sul do estado do Tocantins, na forma de cultivo em consórcio e rotação de culturas em diferentes arranjos de plantas (pinhão manso e culturas anuais arroz, feijão, sorgo e soja).

Material e métodos

Esse estudo foi conduzido no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do estado do Tocantins, em altitude de 280 m na localização de 11°43'45" de latitude e 49°04'07" de longitude. A lavoura de pinhão manso oriunda de uma seleção massal realizada pelo programa de melhoramento da própria UFT foi implantada na safra 2010/2011, com espaçamento de 1,5 m entre plantas na linha e 6 m entre linhas totalizando 1.100

plantas por ha⁻¹ de modo a possibilitar o plantio de outras culturas nas entrelinhas para a produção de produtos de subsistência (arroz e feijão-caupi para alimentação humana e sorgo e soja para a alimentação animal).

Para avaliação dos bioindicadores de qualidade do solo foram avaliados cinco tratamentos, sendo T1 – consórcio pinhão manso e arroz, T2 – consórcio pinhão manso e feijão-caupi, T3- consórcio pinhão manso, feijão-caupi e arroz (4 linhas de feijão-caupi e 4 linhas de arroz, intercaladas a cada duas linhas de pinhão manso), T4 – consórcio pinhão manso com rotação de feijão-caupi e arroz, T5 – cultivo solteiro de pinhão manso. Foi avaliado os efeitos dos sistemas de consórcios e rotação sobre características biológicas indicadoras de qualidade do solo, tendo como referência a área adjacente coberta com pastagem degradada e sem cultivo nos últimos 10 anos.

Para essa avaliação, após a última colheita do feijão comum e arroz no dia 03/04/2014 foram retiradas quatro amostras simples da camada de 0-20 cm da área útil de cada parcela experimental, que deu origem a uma amostra composta de solo por parcela. Na área adjacente, também foram coletadas quatro amostras compostas em pontos distantes de 15 m e em cota superior à da área experimental. O solo amostrado foi peneirado, para remoção dos resíduos vegetais, e armazenado em geladeira (4 ° C), e feita as seguintes análises biológicas.

O carbono da biomassa microbiana (Cmic) foi avaliado pelo método de fumigação-extração (VANACE et al., 1987), adotando-se o coeficiente de correção de 0,30, proposto por FEIGL et al. (1995) para solos tropicais. O nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) foi avaliado pelo método da fumigação-extração, e foi adotando o coeficiente de correção de 0,45, proposto por BROOKES et al. (1985). Os quocientes microbianos ou relações Cmic/ Nmic foram calculados de acordo com SPARLING (1992).

A respiração basal foi determinada por meio da captura do CO₂ liberado do solo por solução de NaOH 0,05 mol L⁻¹, durante 72 h de incubação em recipiente hermeticamente fechado, mantido no escuro a 28 ° C, como descrito em ALEF e NANNIPIERI (1995). O quociente metabólico (q_{CO_2}) foi calculado pela razão entre o C-CO₂ da respiração basal e o C da biomassa microbiana (Cmic) das amostras, conforme ANDERSON e DOMSCH (1993). A atividade da urease foi avaliada pelo método descrito por TABATABAI e BREMMER (1972),

que se baseia na determinação do amônio liberado após incubação do solo com solução de uréia. A atividade da β -glicosidase foi determinada por espectrofotometria do *p*-nitrofenol- β -D-glucosídeo, conforme descrito por EIVAZI e TABATABAI (1988).

As atividades específicas das enzimas nas amostras de solo foram calculadas pela razão entre a atividade total ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de produto solo seco) e o Cmic ($\mu\text{g g}^{-1}$ de C no solo seco), sendo expressas em $\mu\text{g h}^{-1}$ de produto μg^{-1} Cmic, conforme WALDROP et al. (2000). Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparada pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultado e discussões

O valor de Carbono da biomassa microbiana do solo (Quadro 1) mais elevado foi no cultivo em consórcio de pinhão manso, feijão-caupi e arroz (247), apesar de não ter diferido significativamente dos demais cultivos em consórcio. O cultivo de consórcio que apresentou menor valor de Cmic foi o de pinhão manso e arroz (131). Valores mais elevados de CBM são encontrados em solos com ausência de revolvimentos (SILVA et al., 2007; JAKELAITIS et al., 2008). Estudos como os de MAIA et al. (2009), RANGEL et al. (2008), LOSS et al. (2009a,b) tem demonstrado que a quantidade de carbono no solo pode variar devido a quantidade de matéria orgânica e devido o manejo do solo.

A variabilidade dos dados, analisada exclusivamente pelos valores do coeficiente de variação (CV), verificado na camada de 0-20 cm de profundidade, apresentou alta variação para as variáveis Cmic e ηCO_2 e média para as outras variáveis analisadas, considerando a classificação de WARRICK e NIELSEN (1980).

O Nitrogênio da Biomassa microbiana (Quadro 1) apresentou valores que variaram entre (44,25 a 20,25), sendo observada diferença significativa entre os tratamentos, sendo o de cultivo em consórcio de Pinhão Manso e feijão-caupi, o que apresentou maior valor. A utilização de sistemas de consórcio de plantios perenes, além dos fatores que protegem os micro-organismos pela utilização de resíduos como cobertura, rotação de culturas, e não revolvimento do solo favorece os micro-organismos pela adição de excrementos dos próprios micro-organismos que contribuem para aumentar o teor de nitrogênio da biomassa microbiana (ALVES et al., 2011). O consórcio que apresentou menor valor

foi o de 4 linhas de feijão-caupi e 4 linhas de arroz, intercaladas a cada duas linhas de pinhão manso que foi de (20,25). FIGUEIREDO et al. (2007) observaram, avaliando oito sistemas de manejo do solo formados pelo uso de diferentes implementos agrícolas e épocas de incorporação de restos culturais que, em geral, quanta mais conservacionista o sistema maior o acúmulo de nitrogênio na superfície, imobilizado na biomassa microbiana.

Não houve diferença significativa para relação Carbono e Nitrogênio da biomassa microbiana e os valores variaram ente (2,50 a 1,50), sendo que os cultivos em consórcio que apresentaram os maiores valores foram os de 4 linhas de feijão-caupi e 4 linhas de arroz intercaladas a cada duas linhas de pinhão manso e o consórcio de pinhão manso com rotação de feijão-caupi e arroz. E o cultivo de consórcio que apresentou menor valor foi o de consórcio pinhão manso e feijão-caupi. Vale ressaltar, que a presença de resíduos na superfície do solo afeta positivamente a microbiota, favorecendo o seu desenvolvimento (MERCANTE et al., 2008). Dessa forma, é possível aumentar e/ou conservar a biomassa microbiana através da utilização de sistemas de manejo conservacionistas (MATIAS et al., 2009).

A respiração basal (C-CO_2) (Quadro 1) apresentou valores variando de (23,75 a 14,00). O cultivo de consórcio que teve maior respiração basal foi o intercalar de pinhão manso, feijão-caupi e arroz (23,75) e o que apresentou valor mais baixo foi o consórcio 4 linhas de arroz intercaladas a cada duas linhas de pinhão manso e o consórcio de pinhão manso com rotação de feijão-caupi e arroz (14,00). Não foi observado diferença significativa entre os tratamentos de consórcio em culturas intercaladas ao pinhão manso.

Deve-se salientar que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas (ROSCOE et al., 2006). Contudo, também pode ser indicativo de estresse sobre a biomassa microbiana pela perturbação no solo, principalmente pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas durante as atividades no SC (MATIAS et al., 2009). Portanto a respiração basal do solo pode ser utilizada como indicador da qualidade do solo, em razão dos diferentes sistemas de manejo e rotações de culturas e também pode ser usada para medir a atividade microbiológica, especialmente decomposição de matéria orgânica no solo (MERCANTE, 2004).

Tabela 1. Médias dos valores de carbono da biomassa microbiana (Cmic), nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic), relações CN entre Cmic e Nmic, quociente metabólico (qCO_2) e respiração basal na camada de 0-20 cm de profundidade do solo

Tratamentos	Cmic mg C kg ⁻¹ solo	Nmic mg kg ⁻¹ N solo	CN da BMS C:N microbiana	qCO_2	RBS (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo hora)
Consórcio (Pinhão Manso e Arroz)	131,00 a	35,00 ab	1,75 a	0,25 a	21,25 a
Consórcio (Pinhão Manso e Feijão-Caupi)	187,50 a	44,25 a	1,50 a	0,50 a	20,25 a
Consórcio (Feijão-Caupi, Arroz e Pinhão Manso)	171,00 a	20,25 b	2,50 a	0,75 a	14,00 a
Consórcio de Pinhão Manso com rotação de Feijão-Caupi e Arroz	274,00 a	21,50 ab	2,50 a	0,75 a	23,75 a
Cultivo solteiro de Pinhão Manso	145,50 a	26,75 ab	2,25 a	0,50 a	20,00 a
Pastagem degradada	137,00 a	27,25 ab	1,75 a	0,00 a	20,50 a
MEDIAS	174,33	29,17	2,04	0,46	19,96
C V (%)	115,03	35,66	25,69	139,42	42,03

Valores seguidos por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey; Cmic, Nmic relação C/N da biomassa microbiana, qCO_2 (quociente metabólico), respiração basal do solo.

O quociente metabólico ou taxa de respiração específica (qCO_2), que representa a quantidade de C-CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, não apresentou diferenças significativas entre os consórcios de cultivo intercalado avaliados (Quadro 1). Os valores observados variaram de (0 a 0,75). Baixos valores de qCO_2 indicam que a atividade decompositora da biomassa microbiana está lenta, o que significa que está ocorrendo maior eficiência para incorporar C na célula microbiana. Os baixos valores de qCO_2 mostram que não está ocorrendo maior gasto de energia para a manutenção da comunidade microbiana, ou seja, não está ocorrendo estresse. Pois quando ocorre estresse os microrganismos têm que consumir mais substrato para sua sobrevivência elevando o valor do qCO_2 (CARNEIRO et al., 2008; GOMIDE et al., 2011).

A atividade da urease (Quadro 2) não diferiu entre os tratamentos de consórcio de culturas intercalares ao pinhão manso, e os valores variaram

entre (13,50 a 17,75) sendo que o cultivo de consórcio que apresentou maior valor foi o de pinhão manso, feijão-caupi e arroz (17,75) e o cultivo que apresentou menor valor foi o de consórcio de pinhão manso e feijão-caupi (13,50).

A atividade e a diversidade da biota podem ser utilizadas como indicadores da qualidade do solo pela importância na funcionalidade do ecossistema, da diversidade, da dinâmica e da adaptação às alterações ambientais, os microrganismos representam indicadores sensíveis a mudanças no solo, oriundas de alterações no seu manejo (ChAer e TÓTOLA, 2007; CARNEIRO et al., 2008; MELLONI et al., 2008; CARDOSO et al., 2009; GOMIDE et al., 2011). A atividade enzimática pode ser influenciada por diversos fatores inclusive por práticas de manejo (MATSUOKA, 2006).

A atividade da β -glicosidase (Figura 1) não diferiu entre os tratamentos de consórcio, e o tratamento de consórcio que apresentou maior

Tabela 2. Média dos valores das Atividades enzimáticas Urease e β -glicosidase na camada de 0-20 cm de profundidade do solo

Tratamentos	Urease	β -glicosidase
	$\mu\text{g N-NH}_4^+\text{g}^{-1}\text{ solo h}^{-1}$	$\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}\text{ solo h}^{-1}$
Consórcio (pinhão manso e arroz)	16,25 a	3,50 a
Consórcio (pinhão manso e feijão-caupi)	13,50 a	2,25 a
Consórcio (feijão-caupi, arroz e pinhão manso)	15,00 a	2,75 a
Consórcio pinhão manso com rotação de feijão-caupi e arroz	17,75 a	2,25 a
Cultivo solteiro de pinhão manso	16,50 a	4,00 a
Pastagem degradada	16,25 a	2,25 a
Medias	15,54	2,83
C V(%)	15,74	52,08

Valores seguidos por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey

valor da β -glicosidase foi o de pinhão manso solteiro que apresentou valor de (4,0) e os consórcios que apresentaram menor valor foram os cultivos intercalados de pião manso e feijão-caupi e pastagem degradada (2,25). A β -glucosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose. A atividade dessa enzima no solo é controlada não

só pela quantidade como também pela qualidade da serapilheira (BANDICK e DICK, 1999). De acordo com a curva padrão de absorvância da atividade enzimática da β -glicosidase, observa-se que a quantidade do p -nitrofenol- β -D-glucosídeo encontrado, variou de 0 a 0,678.

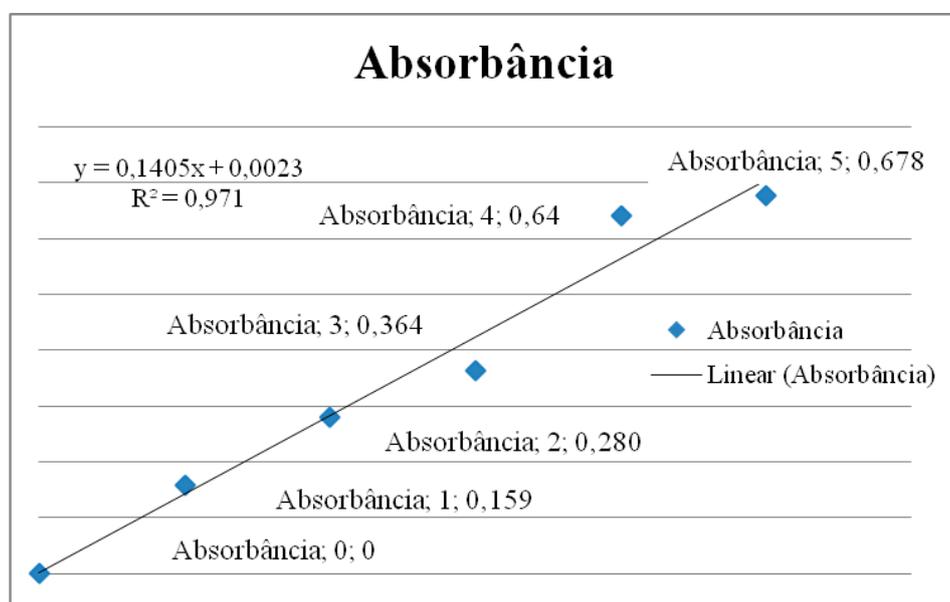


Figura 1. Curva de solução padrão das frações enzimáticas da β -glicosidase, leituras realizadas em espectrofotômetro a 400 nm

Conclusões

Não houve diferença entre os tratamentos para o carbono da biomassa microbiana, quocientes microbianos, respiração basal, quociente metabólico, atividade das enzimas uréase e β -glicosidase;

O cultivo de consórcio intercalado de pinhão manso e feijão-caupi apresentou maior valor quanto ao Nitrogênio da biomassa microbiana.

Referência

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London, Academic Press, p.576, 1995.
- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.33, n.2, p.341-347, 2011.
- ARAÚJO, A.S.F. & MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v.23, p. 66 -75, 2007.
- ARAÚJO, E. A. de; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- ARRUDA, L. E. V.; BATISTA, R. O.; VALE, H. S. M.; COSTA, L. R. da; SILVA, K. B. Uso de metodologia participativa na obtenção de indicadores da qualidade do solo em Mossoró-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v.7, n.5, p25-35, 2012.
- BANDICK, A.K., DICK, R.P. Field management effects on soil enzymes activities. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 31, p. 1471-1479, 1999.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.17, p.837-842, 1985.
- CASALINHO, H.D.; MARTINS, S.R.; SILVA, J.B.; LOPES, A.S. Qualidade do solo como indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.13, p.195-203, 2007.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. & CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p. 631-637, 2009.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. e SOARES, A.L.L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, v. 32, p. 621-632, 2008.
- CHAER, G.M.& TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantio de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, v. 31p. 1381- 1396, 2007.
- EIVAZI, F.; TABATABAI, M.A. Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 20, p.601-606, 1988.
- FEIGL, B.J.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J.; CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soil: Evaluation of methods and estimates of pool sizes. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 27, p.1467-1472, 1995.
- FIGUEIREDO, C. C.; RESK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. ; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em urn latossolo vermelho no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência*, v.31, n.3, p.551-562, 2007.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

- GOMIDE, P.H.O.; SILVA, M.L.N. e SOARES, C.R.F.S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. R. Brasileira Ciência do Solo, v.35 p. 567-577, 2011.
- IZQUIERDO, I.; CARAVACA, F.; ALGUACIL, M.M.; HERNÁNDEZ, G. e ROLDÁN, A. Use of microbiological indicators for evaluating success in soil restoration after revegetation of a mining area under subtropical conditions. *Applied Soil Ecology*, v. 30, p. 3-10, 2005.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. DA; SANTOS, J. B. DOS; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.38, p.118-127, 2008.
- LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. *Comunicata Scientiae*, v. 1, p.57 -64, 2010.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N. ; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n. 1, p.68-75, 2009a.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção. *Ciência Rural*, v.39,n 1, p.l 067 -1072, 2009b.
- 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 Sci.. Agronomy.*, v. 31n. 517-521, 2009.
- MATSUOKA, M. Atributos Biológicos de solos cultivados com videira na região da Serra Gaúcha. 2006.171f. (Tese) Doutorado- programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, porto Alegre, 2006.
- MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N.& VIEIRA, F.B. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, p. 2461-2470, 2008.
- MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; CUNHA, M.H. et al. Microbiologia do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: FALEIRO, A.; ANDRADE, S. R. M.; REIS JUNIOR, F. B. (Ed.). *Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 219-244, 2011.
- MERCANTE, F.M. et al. Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária. *Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste*, 2004.
- 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 Sci. Agron.*, 34:479-485, 2008.
- RANGEL, O. 1. P.; SILVA, C. A.; GUIMARAES, P. T. G.; GUILHERME, L.R.G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciencia e Agrotecnologia*, v.32, n.3, p 229-437, 2008.
- 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, p.163-198, 2006.
- SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F. e MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, v.34, p. 79-88, 2010.
- SILVA, M. B. DA; KLIEMANN, H. J; SILVEIRA, P. M. DA; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1755-1761, 2007.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.R.P.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJJI, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 46, p. 1321-1331, 2011.

SILVA, N. R. da; COMIN, J. J. Avaliação dos agricultores sobre a qualidade do solo: uma visão etnopedológica. In: VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE SOCIOLOGÍA RURAL, 2010. Porto de Galinhas. Anais... Porto de Galinhas: UFRPE, 2010.

SILVA, R.F.; GUIMARÃES, M.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46p. 1277-1283, 2011.

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

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

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Distribution of total and available sulfur in selected soils and soil profiles. *Agronomy Journal*, Madison, v. 64, p. 40-44, 1972.

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

WALDROP, M.P.; BALSER, T.C.; FIRESTONE, M.K. Linking microbial community composition to function in a tropical soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 32, p.1837-1846, 2000.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: Hill, D. ed. *Applications of soil physics*, New York: Academic Press, Cap. 13, p. 319-344, 1980.