



Semina: Ciências Agrárias

ISSN: 1676-546X

semina.agrarias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina

Brasil

Ramos Evangelista, Cristiano; Partelli, Fábio Luiz; de Brito Ferreira, Enderson Petrônio;  
Ribeiro Pires, Fábio

Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e  
convencional

Semina: Ciências Agrárias, vol. 34, núm. 4, julio-agosto, 2013, pp. 1549-1562  
Universidade Estadual de Londrina  
Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744122009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

# Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional

## Microbiological attributes of soil in the culture of cane sugar in organic and conventional management

Cristiano Ramos Evangelista<sup>1</sup>; Fábio Luiz Partelli<sup>2\*</sup>;  
Enderson Petrônio de Brito Ferreira<sup>3</sup>; Fábio Ribeiro Pires<sup>2</sup>

### Resumo

Objetivou-se avaliar os atributos microbiológicos do solo cultivado com cana-de-açúcar orgânica certificada com e sem revolvimento do solo, orgânica em certificação, convencional com e sem queima da palha e uma área remanescente de Cerrado no município de Goiatuba, Goiás. Foi realizada uma coleta de solo em março (período chuvoso) e outra em setembro de 2009 (período de estiagem) nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm para análise microbiológica. Os dados de microbiologia do solo foram analisados de forma descritiva por meio da estimativa da média e erro padrão da média e também por meio da análise multivariada, estimando-se a distância Euclidiana média entre os tratamentos, com ligação completa. Há formação de grupos entre o manejo orgânico sem revolvimento do solo e a área remanescente de Cerrado indicando proximidade entre os atributos avaliados. A área com manejo convencional com queima apresenta os valores mais altos de respiração e quociente metabólico indicando estresse do sistema solo. O manejo orgânico sem revolvimento do solo apresenta níveis de nitrogênio da biomassa microbiana mais elevados que os demais manejos e a área remanescente de Cerrado.

**Palavras-chave:** *Saccharum* sp., carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, manejo orgânico, quociente metabólico

### Abstract

The objective was to evaluate the microbial soil cultivated with sugar cane certified organic with and without soil disturbance, organic certification, with and without conventional burning and a remaining area of Cerrado in Goiatuba, Goiás. We conducted a soil collected in March (rainy season) and another in September 2009 (dry season) at a depth of 00-10 cm and 10-20 cm for microbiological analysis. The data of microbiology and soil were analyzed descriptively through the estimation of the mean and standard deviation and also by multivariate analysis, estimating the average Euclidean distance between treatments, with complete linkage. There are training groups between organic management without soil disturbance and the remaining area of Cerrado indicating proximity between attributes. The area under conventional conditions with burns presents the highest values of respiration and metabolic quotient indicating stress solo. O organic management system without tilling the soil shows levels of microbial biomass nitrogen higher than the other managements and the remaining area of Cerrado.

**Key words:** *Saccharum* sp., Microbial biomass, soil basal, respiration, organic management, metabolic quotient

<sup>1</sup> Consultor Ms. em Agricultura, SEBRAE de Goiás, Goiânia, GO. E-mail: cristianoramosevangelista@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Profs. Drs. em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, CEUNES, São Mateus, ES. E-mail: partelli@yahoo.com.br; fabiopires@ceunes.ufes.br

<sup>3</sup> Pesquisador Dr. em Fitotecnia, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: enderson.ferreira@embrapa.br

\* Autor para correspondência

## Introdução

A cultura da cana-de-açúcar é uma das principais “commodities” do agronegócio brasileiro, ocupando uma área de 8.056 mil hectares, com produção de 623,9 milhões de toneladas na safra 2010/11 (CONAB, 2012). O cultivo da cana-de-açúcar é viável principalmente devido ao seu potencial na geração de energia, produção de alimentos e geração de resíduos reaproveitados no processo produtivo. A grande maioria do cultivo da cana-de-açúcar é sob manejo convencional, contudo o manejo orgânico nessa atividade é crescente no país e no mundo.

Diversos atributos biológicos têm sido empregados para a qualificação de sistemas de manejo. A biomassa microbiana do solo (BMS) é a parte viva da matéria orgânica, responsável pelos processos bioquímicos e biológicos no solo, sendo sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo ambiente (BALOTA et al., 2003), constituindo-se, por este motivo, um sensível indicador de qualidade do solo, em que qualquer estresse no sistema afetará a densidade, diversidade e a atividade das populações microbianas do solo (PANKHURST; LYNCH, 1994).

A BMS funciona como compartimento reserva de carbono, nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) no solo, elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal e como catalisador na decomposição da matéria orgânica (SOUZA et al., 2010). Esta pode ser avaliada pelos principais atributos microbiológicos do solo, como carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico, fornecendo índices que permitem avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo, bem como sua qualidade (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

A decomposição do material orgânico do solo pode ser influenciada por fatores ambientais como água e temperatura, assim como, pelo manejo adotado em função da adição de fertilizantes e corretivos, aplicação de herbicidas e revolvimento do solo. O carbono da biomassa microbiana (CBM) é muito sensível à mudança no uso do

solo, apresentando redução significativa em áreas cultivadas com café (NUNES et al., 2009) ou em sistemas de plantio direto e manejo convencional do solo (FERREIRA et al., 2010), quando comparados a sistemas naturais de Mata.

Resultados semelhantes também foram observados por Sant’Anna et al. (2009), Partelli et al. (2012) e Souza et al. (2006). O nitrogênio da biomassa microbiana tende a reduzir nos sistemas de preparo convencional do solo e se estabilizar no sistema de plantio direto, sendo observados maiores valores em solos de mata (PEREZ; RAMOS; MACNAMUS, 2004). A respiração basal do solo indica a atividade da biomassa microbiana e junto com o quociente metabólico expressam a eficiência de diferentes sistemas de manejo. Valores maiores de quociente metabólico indicam que os micro-organismos do solo em condições de estresse consomem mais carbono oxidável para sua manutenção (PARTELLI et al., 2012).

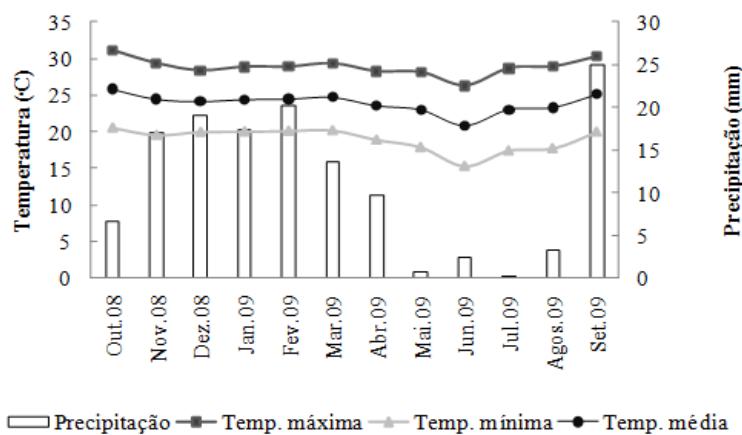
No que concerne à cana de açúcar, por ser uma cultura de expressivo impacto sobre o solo, em virtude do trânsito intensivo de máquinas de grande porte, além de práticas como a queima, torna-se necessário conhecer o efeito de alterações no sistema tradicional de produção sobre atributos do solo. Da mesma forma, há necessidade de conhecimento do manejo orgânico, seus atributos de sustentabilidade.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a alteração dos atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob influencia do manejo convencional com e sem queima da palhada e do manejo orgânico consolidado e em transição no Cerrado do Estado de Goiás.

## Material e Métodos

Os trabalhos foram realizados em áreas de produção comerciais de cana-de-açúcar pertencentes à usina Goiasa, no município de Goiatuba, Estado de Goiás. A região de estudo apresenta duas estações climáticas bem definidas, sendo uma chuvosa quente e úmida e outra seca, com muito baixa precipitação (Figura 1).

**Figura 1.** Valores médios das temperaturas máxima, média e mínima da atmosfera local e precipitação total registrada na estação meteorológica 101, Usina Goiás, Goiatuba, GO, Brasil, no período de outubro de 2008 a setembro de 2009.



**Fonte:** Elaboração dos autores.

Foram avaliadas duas áreas de produção orgânica (com e sem revolvimento do solo), uma área em processo de certificação para produção orgânica, duas áreas sob sistema convencional diferindo-as pela forma de colheita, sendo uma com queima da palha e outra sem queima e uma área de remanescente de Cerrado. Foram realizadas duas coletas de solo uma no mês de março (período chuvoso) e outra em setembro de 2009 (período de estiagem). Foram coletadas amostras de solo na camada 0-10 e de 10-20 cm de profundidade para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), respiração basal do solo (RBS) e análise química do solo.

A área de cana-de-açúcar com manejo orgânico certificado sem revolvimento do solo (C) caracteriza-se por apresentar nove anos sob manejo em sistema orgânico de produção sem revolvimento do solo e com colheita mecanizada (sem queima). A área de cana-de-açúcar com manejo orgânico certificado com revolvimento do solo (CO), caracteriza-se por ser conduzida há nove anos com sistema de produção orgânica, contudo com renovação do canavial e preparo de solo no quinto ano após a colheita da cana-de-açúcar. A colheita da cana-de-açúcar sob manejo CO no período de estiagem foi

realizada de forma manual sem queima da palha (cultura com quatro anos) devido ao acamamento da cultura dificultando a colheita por máquinas.

A área de cana-de-açúcar sob manejo orgânico em sistema de certificação ou transição (CT) é conduzida há três anos no sistema orgânico com colheita mecanizada (sem queima). As áreas de cana-de-açúcar com manejo orgânico certificado e em certificação receberam os mesmos manejos com aplicação de torta de filtro, cinzas de caldeira, compostagem, aplicação de fosfatos naturais e aplicação de vinhaça. O manejo fitossanitário para controle de pragas e doenças foi realizado utilizando-se práticas recomendadas e permitidas para cultivos orgânicos, como controle biológico de pragas e capina manual das plantas espontâneas.

As áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob manejo convencional foram diferenciadas na colheita, sendo com queima da palha (CQ), apresentando idade de quatro anos, e área de manejo sem queima da palha com colheita mecanizada (CC), com cinco anos de idade. Essas áreas foram caracterizadas pela renovação do canavial após o quinto ano de cultivo, a utilização de defensivos agrícolas e a aplicação de fertilizantes químicos e de vinhaça conforme o manejo tradicional da cultura. Como área de referência de sistemas naturais foi utilizada uma

área remanescente de Cerrado (M), representativa da região, próxima das áreas de estudo.

Cada área foi dividida em quatro parcelas de um hectare, coletando-se em cada parcela dez amostras simples na entrelinha, para formar uma amostra composta. No período chuvoso as coletas foram feitas antes da colheita da cultura e no período de estiagem, após a colheita com exceção da área com manejo convencional sem queima, que ainda não havia sido colhida por logística da usina.

As amostras de um solo classificado como Latossolo Vermelho foram retiradas com auxílio do trado holandês. Posteriormente as amostras de solo destinadas às análises microbiológicas foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em caixa térmica à temperatura de 7 a 10 °C por até 24 horas. As amostras passaram por uma peneira com malha de quatro milímetros e os resíduos orgânicos, como plantas, raízes e sementes, foram removidos.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método de fumigação-extracção, de acordo com Vance, Brookes e Jenkinson (1987), utilizando um fator de correção (kC) de 0,33 recomendado por Sparling e West (1988). O nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi determinado pelo procedimento de digestão com ácido sulfúrico e posteriormente destilado no Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995).

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada de acordo com Jenkinson e Powlson (1976) e o quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) de acordo com os procedimentos descritos por Anderson e Domsch (1990).

Os dados foram submetidos a uma análise descritiva das variáveis de estudo através da estimação da média e erro padrão da média. Realizou-se também a análise multivariada, onde estimou-se a distância entre tratamentos utilizando-se a distância Euclidiana média. Em seguida, procedeu-se o agrupamento utilizando-se o método do vizinho mais próximo (ligação completa).

## Resultados e Discussão

Na análise por agrupamento de vizinho mais próximo dos atributos microbiológicos do solo (Figura 2), observou-se a formação de dois grandes grupos, um grupo praticamente formado pelo período de estiagem, exceção do manejo CQ (chuvisco e estiagem) e outro formado apenas pelo período chuvoso, ambos sofrendo pouca influência da profundidade. O primeiro agrupando foi composto pelos manejos CQ (chuvisco e estiagem), CC (estiagem), CO (estiagem), CT (estiagem), C (estiagem) e M (estiagem); o segundo agrupando pelos manejos CC (Chuvoso), CO (chuvisco), CT (chuvisco), C (chuvisco) e M (chuvisco).

Nota-se que o manejo CQ se agrupa com os outros manejos e com a área remanescente de Cerrado apenas no período de estiagem, indicando que mesmo no verão onde há condições de água, temperatura e maior fornecimento de nutrientes melhorando as condições de crescimento microbiano no solo, este manejo não apresenta níveis semelhantes a nenhuma área de estudo no período chuvoso.

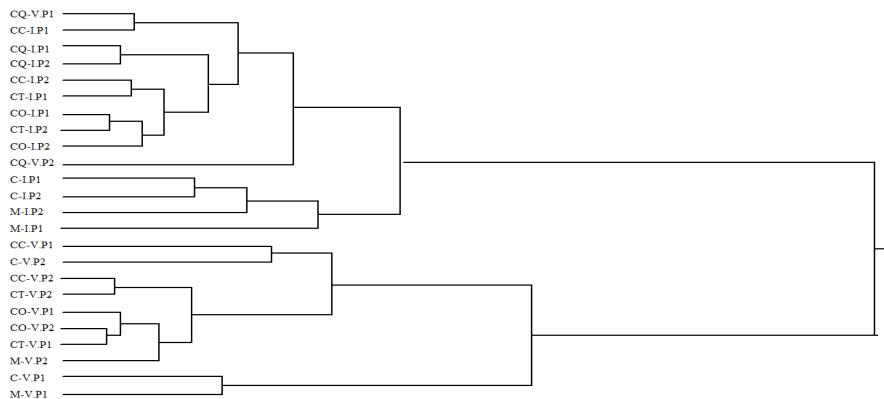
Considerando a profundidade efetiva de 0-20 cm (Figura 3), já que a profundidade de 0-10 e 10-20 cm não foi o fator determinante para a formação de grupos, observa-se ainda que, no primeiro grupo, os manejos C e a área remanescente de Cerrado apresentam mais semelhanças no grupo do que os manejos CQ, CC, CO e CT no período de estiagem.

No segundo grupo formado pelo período chuvoso (Figura 3), observa-se a formação de dois subgrupos em decorrência da proximidade entre os manejos C e a área remanescente de Cerrado e outro subgrupo formado pelos manejos CC, CO e CT. Sistemas de cultivo conservacionistas, tendem a melhorar a qualidade do ambiente para o desenvolvimento dos microorganismos do solo, preservando e acumulando matéria orgânica e incrementando o fornecimento de nutrientes aos microrganismos, além da proteção física fornecida pela estruturação do solo, já que está ligada diretamente ao teor de carbono no solo.

Resultados semelhantes foram observados por Partelli et al. (2012), onde observa-se a formação de grupos entre a lavoura de café orgânica e a área de fragmento de mata atlântica e também por Ferreira et al. (2010), na avaliação dos atributos do solo entre sistemas conservacionistas de sistema de

plantio direto e plantio convencional, verificando a formação de grupo entre o sistema de plantio direto e a área de mata nativa. Os autores atribuem a formação desses agrupamentos principalmente ao carbono da biomassa microbiana e ao carbono orgânico do solo.

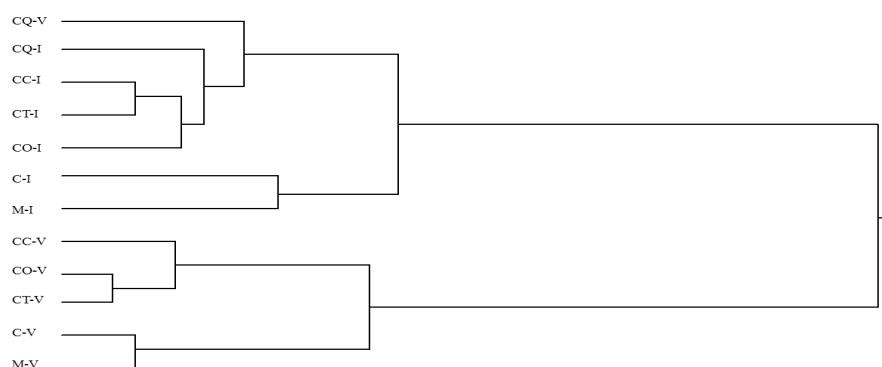
**Figura 2.** Divergência entre os sistemas de manejo e remanescente de mata Atlântica, utilizando-se a distância Euclidiana média, através do método do vizinho mais próximo, com base nos atributos microbiológicos do solo.



**Nota:** Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, depois do traço à época de amostragem e por fim, à profundidade de coleta. CQ: cana-de-açúcar sob manejo convencional, com queima da palha; CC: cana-de-açúcar sob manejo convencional, sem queima da palha; CO: cana-de-açúcar com manejo orgânico com revolvimento do solo; CT: cana-de-açúcar com manejo orgânico em sistema de transição; C: cana-de-açúcar com manejo orgânico sem revolvimento do solo; e M: remanescente representativo de Cerrado. V: amostra coletada no chuvoso; e I: amostra coletada no estiagem. P1: amostra coletada de 0-10 cm de profundidade; e P2: amostra coletada de 10-20 cm de profundidade.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

**Figura 3.** Divergência entre os sistemas de manejo e remanescente de mata Atlântica, utilizando-se a distância Euclidiana média, através do método do vizinho mais próximo, com base nos atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0-20 cm.



**Nota:** Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, depois do traço à época de amostragem e por fim, a época de coleta. CQ: cana-de-açúcar sob manejo convencional, com queima da palha; CC: cana-de-açúcar sob manejo convencional, sem queima da palha; CO: cana-de-açúcar com manejo orgânico com revolvimento do solo; CT: cana-de-açúcar com manejo orgânico em sistema de transição; C: cana-de-açúcar com manejo orgânico sem revolvimento do solo; e M: remanescente representativo de Cerrado. V: amostra coletada no chuvoso; e I: amostra coletada no período estiagense.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

A respiração basal do solo (RBS) foi influenciada pelo sistema de manejo do solo, pelos períodos e profundidades avaliadas (Tabelas 1 e 2). Em geral os valores observados para RBS foram maiores no período chuvoso e menores no período de estiagem, uma vez que esse fato é uma tendência natural, corroborando com valores observados por D'Andréa et al. (2002); e Souza et al. (2010).

A elevada taxa respiratória indica alta atividade biológica, podendo ser uma característica desejável, uma vez que pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas (BATISTA et al., 2009). Porém, nem sempre altas taxas respiratórias significam altas taxas de mineralização ou imobilização do solo, levando assim a conclusões equivocadas. Esse fato também depende da demanda de nutrientes pela planta, uma vez que parte destes nutrientes disponibilizados podem ser lixiviados, ou até mesmo utilizados por micro-organismos do solo. Observando os dados no manejo CQ no período chuvoso e estiagem na profundidade de 0-10 cm, nota-se que a prática de manejo com fogo interferiu diretamente na respiração do solo, diminuindo a oferta de compostos mineralizáveis pelos microrganismos do solo, promovendo competição e indicando estresse. Confirma-se que o fogo pode ser muito prejudicial aos microorganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica, principalmente devido às altas temperaturas. Esses resultados corroboram os observados por Barbosa (2010), onde foram avaliadas as alterações do solo promovidas pelo manejo de cana orgânica e convencional.

Observou-se no período chuvoso, na profundidade entre 0-10 cm, que o RBS no manejo convencional com queima (CQ) foi superior aos

manejos C, CO, CT, M e CC em 16,97%, 29,21%, 32,28%, 34,01% e 44,63%, respectivamente (Tabela 1). No período de estiagem na profundidade 0-10 cm o manejo CQ também apresentou valores em 23,68%, 38,07%, 44,74%, 46,55 e 50,21% superiores à área M e aos manejos CC, C, CO e CT respectivamente. Na profundidade de 10-20 cm no período chuvoso e estiagem, o manejo CQ apresentou menor interferência do fogo na respiração basal do solo. Segundo Gonzalez-Perez et al. (2004), a combustão da matéria orgânica do solo é menor em escalas de profundidade e também pela intensidade do fogo, sendo as camadas mais superficiais do solo mais afetadas por essa prática. Solos com pastagem que recebem queimada todos os anos também apresentam menor quantidade da matéria orgânica (TAVARES FILHO; FERREIRA; FERREIRA, 2011), o que pode influenciado no resultado obtido nesse trabalho.

O manejo convencional sem queima (CC) apresentou no período chuvoso os menores valores de respiração basal do solo. Na profundidade de 0-10 cm a respiração do solo foi 44,66% menor e, na profundidade de 10-20 cm, 57,63% menor do que no manejo com queima. No período chuvoso foram realizados intensos tratos culturais na cultura, inclusive a aplicação de herbicidas, podendo assim essa prática ter influenciado negativamente na respiração basal do solo, uma vez que agrotóxicos afetam alguns grupos da fauna edáfica do solo, influenciando na cadeia trófica desses sistemas. Em experimentos com os principais herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar Reis et al. (2008) e Vivian et al. (2006) observaram a influência negativa da aplicação de herbicidas na evolução de  $\text{CO}_2$  no solo, justificando assim os valores encontrados nesse sistema de manejo.

**Tabela 1.** Valores médios de RBS-respiração basal do solo (mg de C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>), CBM-carbono da biomassa microbiana (mg de CBM kg<sup>-1</sup> solo), NBM-nitrogênio da biomassa microbiana (mg de NBM kg<sup>-1</sup> solo), relação CBM/NBM, CTS-carbono total do solo (mg de C kg<sup>-1</sup> solo), NT-nitrogênio total (g/100g de solo), relação CT/NT, relação CBM/CT, relação NBM/NT e quociente metabólico (mg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> CB M h<sup>-1</sup>) no período chuvoso na profundidade de 0-10 e 10-20 cm.

Manejo	RBS	CBM	NBM	CBM/NBM	CT	NT	CT/NT	CBM/CT	NBM/NT	<i>qCO<sub>2</sub></i>
.....profundidade 0-10 cm (chuvisco).....										
CQ	0,613	209,8	33,25	6,535	7,928	0,205	38,50	27,52	163,2	2,765
E.p.m	0,044	26,66	3,532	1,207	0,847	0,006	3,022	5,706	20,28	0,386
CC	0,339	687,5	65,66	10,51	10,14	0,250	41,00	67,98	265,4	0,504
E.p.m	0,072	13,63	3,036	0,429	0,404	0,014	3,797	2,312	25,11	0,108
CO	0,434	583,4	33,71	17,62	10,42	0,238	43,93	56,26	142,0	0,739
E.p.m	0,032	42,13	3,571	1,749	0,844	0,020	1,240	2,630	9,238	0,057
CT	0,365	655,5	43,15	15,19	11,67	0,280	41,67	56,18	154,1	0,565
E.p.m	0,415	600,6	42,42	14,19	11,39	0,253	46,31	53,08	170,5	0,695
C	0,509	731,2	91,54	8,005	13,06	0,250	52,58	56,29	369,1	0,663
E.p.m	0,031	9,537	2,562	0,295	0,614	0,014	3,593	2,744	26,24	0,027
M	0,404	798,2	85,07	9,443	16,39	0,203	84,11	49,85	433,2	0,535
E.p.m	0,024	38,71	3,129	0,745	1,447	0,023	14,48	5,900	54,56	0,043
.....profundidade 10-20 cm (chuvisco).....										
CQ	0,585	143,3	11,38	13,00	4,862	0,245	19,85	35,92	46,92	4,187
E.p.m	0,045	18,59	0,907	2,741	2,001	0,019	7,880	7,598	4,310	0,499
CC	0,577	529,7	34,56	16,00	9,273	0,243	38,57	55,78	144,3	1,492
E.p.m	0,117	181,2	3,794	6,459	0,542	0,019	2,631	18,86	19,19	0,570
CO	0,661	581,6	39,43	15,96	6,583	0,230	28,83	86,22	174,1	1,214
E.p.m	0,151	160,3	4,473	5,434	0,555	0,014	2,725	21,79	26,50	0,130
CT	0,565	515,1	27,74	18,16	9,334	0,240	39,37	55,34	116,1	1,105
E.p.m	0,113	120,3	1,491	3,739	0,174	0,016	3,115	13,02	6,031	0,079
C	0,556	569,2	75,36	7,655	8,116	0,238	34,07	67,12	314,3	1,020
E.p.m	0,144	164,2	11,78	2,611	0,840	0,009	2,942	16,87	38,67	0,077
M	0,600	559,2	55,45	10,10	11,69	0,268	43,76	48,40	207,8	1,167
E.p.m	0,106	133,3	4,907	2,578	0,693	0,017	1,542	12,32	17,25	0,189

E.p.m.: erro padrão da média; CQ: manejo convencional, com queima da palha; CC: manejo convencional, sem queima da palha; CO: manejo orgânico com revolvimento do solo; CT: manejo orgânico em sistema de transição; C: manejo orgânico sem revolvimento do solo; e M: remanescente representativo de Cerrado.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

**Tabela 2.** Valores médios de RBS-respiração basal do solo (mg de C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>), CBM-carbono da biomassa microbiana (mg de CBM kg<sup>-1</sup> solo), NBM-nitrogênio da biomassa microbiana (mg NCM kg<sup>-1</sup> solo), relação CBM/NBM, CTS-carbono total do solo (mg de C kg<sup>-1</sup> solo), NT-nitrogênio total (g/100g de solo), relação CT/NT, relação CBM/CT, relação NBM/NT e quociente metabólico (mg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> CBM/h<sup>-1</sup>) no período de estiagem na profundidade de 0-10 e 10-20 cm.

Manejo	RBS	CBM	NBM	CBM/NBM	CT	NT	CT/NT	CBM/CT	NBM/NT	<i>qCO<sub>2</sub></i>
.....profundidade 0-10 cm (estiagem).....										
CQ	0,400	86,99	27,50	3,394	5,933	0,228	27,23	14,80	124,9	4,790
E.p.m	0,043	11,42	3,862	0,769	0,400	0,026	4,461	2,150	20,82	0,772
CC	0,248	169,2	39,19	4,316	10,37	0,268	39,46	16,33	148,13	1,469
E.p.m	0,042	6,389	1,052	0,083	0,151	0,022	3,768	0,729	8,968	0,259
CO	0,214	89,34	61,53	1,453	12,54	0,295	42,83	7,144	209,5	2,364
E.p.m	0,042	12,52	2,626	0,201	0,786	0,014	3,890	1,025	12,48	0,256
CT	0,199	101,6	30,44	3,521	12,62	0,208	61,66	8,090	149,4	1,971
E.p.m	0,028	8,549	3,223	0,782	0,923	0,014	6,842	0,608	22,20	0,270
C	0,221	156,7	107,5	1,458	16,46	0,265	62,97	9,583	410,8	1,430
E.p.m	0,061	21,14	2,943	0,193	0,319	0,022	4,751	1,447	26,86	0,357
M	0,305	284,6	71,36	3,972	18,17	0,258	72,24	15,75	287,0	1,054
E.p.m	0,056	32,73	2,360	0,387	0,614	0,031	6,267	1,978	36,81	0,116
.....profundidade 10-20 cm (estiagem).....										
CQ	0,239	53,43	29,37	1,809	8,704	0,248	35,57	6,052	119,5	4,696
E.p.m	0,056	13,11	3,743	0,370	0,302	0,014	3,221	1,279	16,28	0,921
CC	0,201	127,3	36,94	3,478	12,97	0,205	63,36	9,795	182,6	1,587
E.p.m	0,053	9,760	1,930	0,377	0,797	0,014	1,484	0,193	17,91	0,405
CO	0,182	77,36	49,94	1,568	13,52	0,213	63,88	5,720	236,2	2,465
E.p.m	0,032	9,963	1,914	0,254	0,400	0,009	3,44	0,714	15,81	0,529
CT	0,197	109,3	50,62	2,247	10,19	0,265	38,97	11,10	193,0	1,894
E.p.m	0,054	11,52	6,517	0,400	0,797	0,027	3,735	2,161	24,48	0,669
C	0,189	126,4	77,08	1,710	10,93	0,225	49,02	11,63	342,9	1,609
E.p.m	0,072	11,12	8,171	0,337	0,305	0,012	3,905	1,253	33,27	0,654
M	0,262	167,0	72,59	2,353	12,78	0,268	48,16	13,03	271,7	1,577
E.p.m	0,167	19,78	7,778	0,331	0,262	0,017	2,917	1,352	27,19	0,167

E.p.m.: erro padrão da média; CQ: manejo convencional, com queima da palha; CC: manejo convencional, sem queima da palha; CO: manejo orgânico com revolvimento do solo; CT: manejo orgânico em sistema de transição; C: manejo orgânico sem revolvimento do solo; e M: remanescente representativo de Cerrado.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Os manejos orgânicos C, CO e CT apresentaram no período chuvoso, na profundidade de 0-10 cm, níveis mais elevados de RBS que a área remanescente de Cerrado e ao manejo CC. O manejo CO apresentou as maiores taxas respiratórias também na profundidade de 10-20 cm no mesmo período, seguidos por M>CQ>CT>C>CC. Na avaliação entre sistemas de manejo orgânico e convencional França (2004) e Maluche Barreta et al. (2007) observaram maiores taxas de respiração em pomares orgânicos.

A área remanescente de Cerrado apresentou comportamento diferente em relação à profundidade. Na profundidade de 10-20 cm, no período chuvoso (com exceção do manejo CO) e no período de estiagem na profundidade de 10-20 cm, apresentou as maiores taxas de respiração basal do solo em relação às demais áreas de estudo, corroborando Nunes et al. (2009) e Souza et al. (2006).

Mais sensível à variação de manejo do que a respiração basal o quociente metabólico (*qCO<sub>2</sub>*) é usualmente utilizado como indicador ecofisiológico

das mudanças na comunidade microbiana do solo, representando a relação entre as quantidades de CO<sub>2</sub> produzidas por unidade de C da biomassa microbiana, por unidade de tempo (ANDERSON, 2003). Quanto aos valores observados para o  $qCO_2$ , a área remanescente de Cerrado foi em média 75,17 % menor que as áreas cultivadas nas duas épocas e profundidades avaliadas, com exceção da profundidade de 10-20 cm no período chuvoso. À medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização de recursos do ecossistema, menos CO<sub>2</sub> é perdido pela respiração e maior proporção de C é incorporada aos tecidos microbianos, o que resulta em diminuição do  $qCO_2$ . Resultados semelhantes foram observados por Partelli et al. (2012), onde o autor atribui os resultados à melhor qualidade do solo em áreas de área remanescente de Cerrado em comparação às áreas cultivadas.

Dentre as áreas cultivadas, a área com manejo CQ apresentou o  $qCO_2$  69,01% e 49,07% maior que os demais manejos avaliados no período chuvoso e estiagem respectivamente (Tabela 3). De acordo com Bardgett e Saggard (1994), valores elevados de  $qCO_2$  são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio, visualizado nesse estudo pelo manejo com utilização da queima da palha. Segundo Gonzalez-Perez et al. (2004), após a queima do material orgânico do solo há uma grande mineralização e disponibilização de nutrientes, com significativa redução da biomassa microbiana do solo. Provavelmente essa nova situação promoveu estresse na população microbiana do solo na tentativa de buscar o equilíbrio, aumentando assim níveis de respiração e consumo de energia para metabolização desses nutrientes. De acordo com Barreto et al. (2008), valores mais altos de  $qCO_2$  indicam menor eficiência na imobilização e mineralização de nutrientes por parte da biomassa microbiana do solo.

Os manejos CC e área M apresentaram no período chuvoso, na profundidade entre 0-10 cm, e a área M e o manejo C, na profundidade entre 10-

20 cm, os menores índices de quociente metabólico. No período de estiagem, na profundidade 0-10 cm, a área M e o manejo C, e na profundidade entre 10-20 cm a área M e o manejo CC, apresentaram os menores valores para este atributo. Os resultados observados no manejo CC podem estar relacionados à boa cobertura do solo com que se encontrava a cultura proveniente do acúmulo de restos culturais, já que a cultura ainda não havia sido colhida.

Os sistemas de manejo orgânico ficaram em posição intermediaria abaixo do manejo convencional com queima da palha. Segundo Maluche Barreta et al. (2007), valores maiores de  $qCO_2$  são normalmente observados em sistemas menos conservacionistas de produção.

O carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) foi influenciado pelas épocas amostradas. A área remanescente de Cerrado apresentou os maiores valores observados em todas as épocas com exceção da profundidade de 10-20 cm no chuvoso (Tabela 1). Esses valores corroboram os observados por Souza et al. (2006) e Partelli et al. (2012). De acordo com Matsuoka, Mendes e Loureiro (2003) as áreas sob Cerrado nativo que não sofreram revolvimento do solo, apresentando cobertura por gramíneas nativas ou exóticas que possuem sistema radicular abundante, aumentam a liberação de exudatos (fonte de energia), proporcionando aumento da população de microrganismos na rizosfera, e, consequentemente, a biomassa microbiana do solo.

No período chuvoso observa-se que os manejos com práticas orgânicas apresentaram níveis melhores que os manejos convencionais. Na profundidade de 0-10 cm o manejo C foi superior aos demais, apresentando taxas em 248,54% e 20,77 % maior em relação ao manejo CQ e CC. Já na profundidade de 10-20 cm observa-se que há pouca diferença dos entre os manejos orgânicos, porém com diferença de até 305,78% em relação ao manejo convencional com queima. Em estudo de compostos orgânicos em solos de mata, Vinhal-Freitas et al. (2010), observaram aumento significativo de teores de

CBM nos tratamentos com composto em relação ao tratamento sem utilização de compostos.

Em trabalho semelhante, Sant'Anna et al. (2009) observaram resultados similares, em que a mata nativa apresentou taxas mais elevadas de CBM em relação ao manejo orgânico, manejo com colheita mecanizada e manejo com queima na cultura da cana-de-açúcar respectivamente. Os autores atribuem parte desses resultados ao não revolvimento do solo, no qual preserva a estrutura formada pelos agregados protegendo internamente os microrganismos do solo.

Barbosa (2010), na avaliação do impacto do sistema de cultivo orgânico e convencional na cultura da cana-de-açúcar, observou teores mais altos de carbono da biomassa microbiana em solos com cultivo orgânico que os convencionais com e sem queima da palha. Segundo D'Andréa et al. (2002), em estudos conduzidos em solos de Cerrado demonstram que a adoção do sistema de plantio direto contribuiu para o aumento da biomassa microbiana em relação ao plantio convencional.

No período de estiagem (Tabela 2) o manejo CC apresentou as maiores taxas de CBM. Em comparação com o manejo CQ, houve um aumento de 94,52% na profundidade de 0-10 cm e 138,26% na profundidade de 10-20 cm do solo. Os valores observados no manejo CC podem ser devidos ao fato de que no período da amostragem ainda não tinha ocorrido a colheita da cultura. Assim, o solo protegido pela palha e pelas plantas, diminuiu as alterações de umidade e temperatura do solo, mantendo o ambiente mais equilibrado e, provavelmente, teve influência nos valores observados. Vasconcelos (2002) verificou que a amplitude térmica do solo na colheita crua em comparação com a colheita manual foi menor, apresentando também incrementos de umidade e matéria orgânica do solo no sistema mais conservacionista.

O manejo orgânico CO apresentou valores mais próximos ao do manejo CQ, em média 44,79% maior. Esses valores podem ser justificados pela

forma de colheita dessa área, sendo colhida de forma manual transportando todo material orgânico (folhas, ponteiro e pedaços do colmo), que pela colheita mecanizada ficaria sobre a superfície do solo. Segundo Trivelin, Victoria e Rodrigues (1995), essa quantidade de material orgânico deixado pela colheita mecanizada varia de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o que corresponde a cerca de 40 a 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, podendo aumentar com a renovação do canavial, onde ocorre a incorporação de restos culturais da soqueira, aumentando, desse modo, a quantidade de matéria orgânica e nutrientes no solo (OLIVEIRA et al., 1999).

Assim, o manejo CQ que teve a cobertura do solo degradada pelo fogo e o manejo CO que teve o material orgânico removido pela forma de colheita da cultura, influenciaram negativamente os teores de CBM no solo comparados ao manejo CC, que manteve os restos culturais no solo, corroborando Galdos, Cerri e Cerri (2009), os quais observaram aumento de 2,5 vezes de CBM na cultura da cana-de-açúcar sem a eliminação da palhada do solo (colheita mecanizada) em relação a cana-de-açúcar com queima da palhada.

Em relação à profundidade observa-se, de forma geral, que houve decréscimo do CBM com o aumento na profundidade do solo (Tabela 1 e 2), corroborando Galdos, Cerri e Cerri (2009) e Cunha et al. (2011), os quais observaram maiores níveis de carbono da biomassa nas camadas superficiais do solo e em plantio direto, comparado ao convencional. Esses valores podem ser devido à maior deposição de material orgânico, maior concentração de raízes, produção de exsudatos e ao não revolvimento do solo, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos no solo.

O manejo orgânico sem revolvimento do solo apresentou os maiores índices de nitrogênio da biomassa microbiana do solo (NBM) nos dois períodos e profundidades avaliadas, havendo um decréscimo com a profundidade (Tabelas 1 e 2). No período chuvoso o manejo C apresentou uma

variação positiva de 175,35% na camada de 0-10 cm e 561,97% na profundidade 10-20 cm do solo, em relação ao manejo CQ. O mesmo padrão foi observado no período de estiagem. Em média, dos valores observados nas duas profundidades no chuvoso o NBM seguiu a ordem decrescente C>M>CC>CO>CT e CQ, e no período de estiagem, C>M>CO>CT>CC e CQ. A biomassa microbiana é um componente importante do nitrogênio total do solo potencialmente mineralizável (PEREZ; RAMOS; MACNAMUS, 2004). Portanto, quanto maior o conteúdo de NBM, mais rápida será a sua reciclagem (ANDERSON, 2003).

A maior concentração de NBM no solo sob manejo C pode ser atribuída ao fornecimento de compostos orgânicos e ao não revolvimento solo, contribuindo para o equilíbrio de entrada e saída de nutrientes no solo. A magnitude das alterações do N no solo depende da intensidade do manejo, do tipo e freqüência dos implementos, da qualidade e quantidade dos fertilizantes e resíduos orgânicos que retornam ao solo (BEARE et al., 1994). De acordo com Bayer e Mielniczuk (1999), o preparo de solo convencional (aração e gradagem) promove maior taxa de decomposição da matéria orgânica e menor adição de resíduos, resultando em diferenças na quantidade de carbono orgânico e N total no solo. Estes autores também observaram que a taxa de decomposição de carbono e nitrogênio total do solo no preparo convencional é o dobro, comparada com o plantio direto.

Os manejos em CT e CO mantiveram posições intermediárias. O primeiro sendo afetado possivelmente pela ainda transição do sistema convencional para o orgânico, há três anos, com revolvimento do solo e pouco acúmulo de material orgânico ao longo do tempo. O segundo, devido principalmente à retirada do material orgânico da colheita que deveria cobrir o solo, principalmente da retirada das folhas, parte da planta que sofre processo de decomposição mais rápida que colmos e ponteiros.

Noordwijk et al. (1997) e Moreira e Siqueira (2006) relacionam níveis de N e CTS à textura do solo. Segundo os autores, solos argilosos podem dificultar perdas de CTS ou NTS orgânico, pela formação de complexos estáveis entre as substâncias húmicas e os constituintes inorgânicos do solo. Corroborando, aqueles autores e observando-se a textura do solo (dados não apresentados), nota-se que o manejo CQ apresenta os maior teor de areia das áreas de estudo, possivelmente contribuindo para baixos níveis em todos atributos avaliados. Contudo, solos de textura arenosa bem manejados podem obter bons níveis desses atributos satisfatórios como observado no manejo C, no qual a textura do solo apresenta 38,0%, 17,5% e 44,5% de argila, silte e areia, respectivamente.

O carbono total do solo (CTS) na área remanescente de Cerrado (M) foi superior às áreas cultivadas com manejo orgânico e convencional. Observa-se que os sistemas de cultivo que preservaram a palha da colheita no solo apresentaram maiores teores de CTS em relação ao manejo CQ, corroborando os resultados observados por Partelli et al. (2012). No período chuvoso, na profundidade de 0-10 cm, o manejo orgânico (C) foi superior em 12,83%, 20,26%, 22,41% e 39,33% aos manejos em transição (CT), orgânico (CO), convencional sem queima (CC) e convencional com queima (CQ), respectivamente. No período de estiagem na profundidade de 0-10 cm seguiram a mesma ordem observada na profundidade de 0-10 no período chuvoso (área M> C> CT> CO> CQ).

No período chuvoso, na profundidade de 10-20 cm, o manejo CC foi superior ao manejo CT, aos manejos C e CO e ao convencional CQ em 9,99%, 21,73%, 36,51% e 53,1%, respectivamente, em relação ao CTS. No período de estiagem, na profundidade de 10-20 cm, os resultados observados foram diferentes em relação ao período chuvoso, sendo o manejo CO superior aos manejos CC, área M, C, CT e CQ em 4,08%, 5,4%, 19,16% e 24,63% respectivamente. O manejo com queima nas duas épocas e profundidades avaliadas apresentou os

menores valores observados para o carbono total do solo. Nota-se que a diferença entre o manejo convencional sem queima e convencional com queima no período chuvoso na profundidade de 10-20 cm foi de 53,1%, indicando a perda de matéria orgânica no solo devido ao manejo com queima.

## Conclusões

Há formação de grupos entre o manejo orgânico sem revolvimento do solo e a área remanescente de Cerrado indicando proximidade entre os atributos avaliados.

A área com manejo convencional com queima apresenta os valores mais altos de respiração e quociente metabólico indicando estresse do sistema solo.

O manejo orgânico sem revolvimento do solo apresenta níveis de nitrogênio da biomassa microbiana mais elevados do que os demais manejos e a área remanescente de Cerrado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Goiás, à Usina Goiana, à Embrapa Arroz e Feijão, à Fertilizantes Heringer e ao CNPq pelos apoio na realização do trabalho.

## Referências

- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture Ecosystems Environment*, Amsterdam, v. 98, n. 1-3, p. 285-293, 2003.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients ( $qCO_2$  and  $qD$ ) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, v. 22, n. 2, p. 251-255, 1990.
- BALOTA, E. B.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003.
- BARBOSA, L. de A. *Impacto de sistemas de cultivo orgânica e convencional da cana-de-açúcar, nos atributos do solo*. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília, Distrito Federal.
- BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [ $^{14}C$ ] glucose in a pasture soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, v. 26, n. 6, p. 727-733, 1994.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em seqüência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.
- BATISTA, Q. R.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; SILVA, C. S. Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. E sabiá. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 146-154, 2009.
- BAYER, C.; MEILNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 1-26.
- BEARE, M. H.; CABRERA, M. L.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional-tillage and no-tillage soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 58, n. 3, p. 787-795, 1994.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO AGROPECUÁRIO – CONAB. *Cana-de-açúcar. Safra 2011/2012, terceiro levantamento*. 2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 02 jan. 2012.
- CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II – atributos biológicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 603-611, 2011.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no Sul do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 26, n. 4, p. 913-923, 2002.

- FERREIRA, E. P. de B.; SANTOS, H. P. dos; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Indicadores microbianos da qualidade do solo sob diferentes rotações de culturas e manejo do solo. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 177-183, 2010.
- FRANÇA, S. C. *Comunidade de fungos micorrízicos arbustulares nos manejos convencional e orgânico de citros e suas interações com Phytophthora parasitica*. 2004. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 153, n. 3-4, p. 347-352, 2009.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.
- GONZALEZ-PEREZ, J. A.; GONZALES-VILLA, F. J.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. The effect of fire on soil organic matter. *Environment International*, Elmsford, v. 30, n. 6, p. 855-870, 2004.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.
- MALUCHE-BARRETA, C. R. D.; KLAUBERG-FILHO, O.; AMARANTE, C. V. T.; RIBEIRO, G. M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 31, n. 4, p. 655-665, 2007.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.
- NOORDWIJK, M. van; CERRI, C.; WOOMER, P. L.; NUGROHO, K.; BERNOUX, M. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. *Geoderma*, Amsterdam, v. 79, n. 1-4, p. 187-225, 1997.
- NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; BARROS, I. J. N. F.; KASUYA, M. C. M.; CORREIA, E. F. Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da área remanescente de Cerrado mineira. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2467-2474, 2009.
- OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLLO, M. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.
- PANKHURST, C. E.; LYNCH, J. M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R.; GRACE, P. R. (Ed.). *Soil biota: management in sustainable farming systems*. Melbourne: Elsevier Science, 1994. p. 3-12.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; MARTINS, M. A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 43, n. 2, p. 847-864, 2012.
- PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MACNAMUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 6, p. 567-573, 2004.
- REIS, M. R.; SILVA, A. A.; GUIMARÃES, A. A.; COSTA, M. D.; MASSENSSINI, A. M.; FERREIRA, E. A. Ação de herbicida sobre microorganismos solubilizadores de fosfato inorgânico em solo rizosférico de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Campinas, v. 26, n. 2, p. 333-341, 2008.
- SANT'ANNA, S. A. C.; FERNANDES, M. F.; IVO, W. M. P. M.; COSTA, J. L. S. Evaluation of soil quality indicators in sugarcane management in sandy loam soil. *Pedosphere*, Columbia, v. 19, n. 3, p. 312-322, 2009.
- SOUZA, E. D.; ANDRADE, E. V. G. de C.; ANGHINONI, I.; VENSKE, C. S. de L.; CARVALHO, P. C. F.; POSSELT, A. M. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidade de pastejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.
- SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

- SPARLING, G. P.; WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 20, n. 3, p. 337-343, 1988.
- TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, R. R. M.; FERREIRA, V. M. Fertilidade química de solo sob pastagens formadas com diferentes espécies nativas e com *Brachiaria decumbens* manejadas com queimadas anuais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, p. 1771-1782, 2011. Suplemento 1.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
- TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira e cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 12, p. 1375-1385, 1995.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.
- VASCONCELOS, A. C. M. *Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual*. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- VINHAL-FREITAS, I. C.; WANGEN, D. R. B.; FERREIRA, S. de S.; CORREA, G. F.; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 34, n. 3, p. 757-764, 2010.
- VIVIAN, R.; REIS, M. R.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; GUIMARÃES, A. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. Persistência de sulfentrazone em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana de açúcar. *Planta Daninha*, Campinas, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.