

Evolução e acúmulo de C-CO₂ em diferentes sistemas de produção agroecológica

Evolution and accumulation of C-CO₂ in different agroecological production systems

Arcângelo Loss¹; André Geraldo de Lima Moraes²; Marcos Gervasio Pereira³; Eliane Maria Ribeiro da Silva⁴; Lúcia Helena Cunha dos Anjos³. Autor para correspondência : arcangelo.loss@ufsc.br

¹Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.;

²Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Solos, Seropédica, RJ, Brasil. ³Professor Associado IV, UFRRJ, Departamento de Solos, Seropédica, RJ, Brasil.

⁴Pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil.

Rec.:17.01.13 Acep.:22.10.13

Resumo

A evolução de C-CO₂ por meio da atividade microbiana do solo pode ser utilizada como parâmetro para evidenciar diferenças em sistemas de produção agroecológica. Este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade microbiana do solo por meio da evolução de C-CO₂ (carbono mineralizável) oriundo da respiração dos microorganismos sob diferentes sistemas de produção. Foram selecionadas cinco áreas: cultivo de figo; consórcio maracujá – *Desmodium* sp.; cultivo de milho/feijão, com preparo convencional (PC) do solo; cultivo de berinjela/milho, em sistema plantio direto (PD) e um sistema agroflorestal (SAF). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-0.05 m e 0.05 - 0.10 m, sendo avaliada a evolução de C-CO₂ em laboratório e o acúmulo de C-CO₂ durante 37 dias. Logo após a incubação, todos os sistemas avaliados apresentaram picos de C-CO₂, com variações desses picos mais acentuadas até o 9º dia. Aos 21 dias verificou-se a estabilização da atividade microbiana. O cultivo de figo acarretou em maiores picos de evolução de C-CO₂ e, também maiores acúmulos ao final dos 37 dias. A área cultivada sob PD manejado agroecologicamente apresentou menor acúmulo de C-CO₂. O PC do solo acarretou em menores picos de C-CO₂ em 0.05-0.10 m.

Palavras-chave: Carbono mineralizável, microorganismos, respiração, sistemas agroecológicos.

Abstract

The C-CO₂ evolution via soil microbial activity can be used as a parameter to highlight differences in agroecological production systems. This work aimed to evaluate the microbial activity of soil through the evolution of C-CO₂ (mineralizable carbon) from the respiration of microorganisms under different production systems. Was selected five areas: cultivation of fig; passion fruit consortium - *Desmodium* sp.; cultivation of corn/beans, with conventional tillage (CT) of the soil, cultivation of eggplant/corn under no-tillage (NT) and agroforestry system (AFS). Soil samples were collected at depths of 0.0 - 0.05 and 0.05 - 0.10 m, and was assessed microbial activity (C-CO₂ evolution in the laboratory) and the accumulation of C-CO₂ for 37 days. Soon after hatching, all systems evaluated showed peaks of C-CO₂, with variations of these peaks more pronounced until the 9th day of evaluation. At 21 days there is stabilization of microbial activity. Growing fig resulted in higher peaks of C-CO₂ evolution, and also higher accumulations at the end of the 37 day trial. The acreage under NT agroecological showed lower accumulation of C-CO₂. The conventional tillage resulted in lower peak C-CO₂ at a depth of 5-10 cm.

Key-words: Agroecology systems, microorganisms, mineralizable carbon, respiration.

Introdução

Um sistema agroecológico apresenta características que lhe confere bom desenvolvimento, tanto na produção como na qualidade do solo. Estas características são conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS) suficiente para favorecer os atributos edáficos, como a agregação e disponibilidade de nutrientes; a biodiversidade vegetal da qual depende a diversidade da vida no solo; o uso de cobertura (viva ou morta) do solo para reduzir o aquecimento da camada superficial; o controle do vento (quebra-ventos, aléias, cercas vivas) para amenizar a perda da umidade; e o mínimo aporte de insumos externos da unidade produtiva. De maneira geral, a agroecologia engloba o ambiente como um todo, incluindo o lado social, a produção vegetal e a conservação dos recursos naturais para a manutenção da sustentabilidade do agroecossistema (Salmi *et al.*, 2006; Loss *et al.*, 2009; Loss *et al.*, 2011).

A intervenção humana nos ecossistemas naturais para a implantação de atividades agropecuárias diminui os estoques e altera a composição química da MOS (Santos *et al.*, 2008; Pillon *et al.*, 2011). No estudo desses impactos, os sistemas de produção com culturas anuais são os mais investigados, em virtude da sua grande extensão, histórico de uso e importância econômica. Os resultados desses estudos indicam que as perdas de MOS chegam a mais de 50% dos teores iniciais, em períodos relativamente curtos (menos de 10 anos), especialmente nos solos de textura arenosa e onde as práticas de manejo são menos conservacionistas (Mielniczuk *et al.*, 2003).

Entretanto, ainda é recente a geração de conhecimento científico no que diz respeito às modificações promovidas nas propriedades edáficas decorrentes do manejo orgânico com frutíferas e oleráceas (Loss *et al.*, 2009; Loss *et al.*, 2010ab; 2011). Ademais, poucos são os estudos onde foi avaliado o impacto do cultivo de espécies perenes e anuais, em sistemas orgânicos, em relação à atividade microbiana. Dessa forma, estas avaliações tornam-se importantes, pois a ciclagem de nutrientes ocorre como consequência da atividade microbiana e é especialmente importante em ecossistemas de baixa fertilidade, como os que ocorrem em solos tropicais.

Assim, por meio da evolução de C-CO₂ oriundo da respiração microbiana pode-se evidenciar modificações decorrentes dos diferentes sistemas de uso do solo (Peña *et al.*, 2005; Loss *et al.*, 2013), caracterizando-se como um bom indicador edáfico. Desta maneira, altas taxas de respiração (carbono mineralizável) podem significar maior ciclagem de carbono e nutrientes para as plantas (D'Andréa *et al.*, 2002).

Uma das formas de quantificar o compartimento lábil é a determinação do C mineralizável que se origina da quebra das moléculas orgânicas pela degradação dos substratos incorporados ao solo, convertido em energia e biomassa pelo processo da respiração (Rosa *et al.*, 2003). O carbono mineralizável é quantificado a partir da evolução de CO₂ (Mendonça e Matos, 2005; Loss *et al.*, 2013) que reflete a atividade microbiana na decomposição da MOS (Bossuyt *et al.*, 2002). Este trabalho avaliou a atividade microbiana do solo por meio da evolução de C-CO₂ (carbono mineralizável) oriundo da respiração dos microorganismos sob diferentes sistemas de produção agroecológica.

Material e métodos

O estudo foi realizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), implantado em 1993, em área de 59 ha. O SIPA está localizado na Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ (22° 45'S, 43°41'O, à 33 m.s.n.m.). O clima é o Aw, conforme classificação de Köppen. O solo é um Argissolo Vermelho-Amarelo (Loss *et al.*, 2011) com textura franco-arenosa no horizonte superficial, apresentando 784, 168 e 48 g/kg (0-5 cm) e 770, 168 e 62 g/kg (5-10 cm), para areia, argila e silte, respectivamente. No SIPA são conduzidos vários experimentos com oleráceas e frutíferas, sendo selecionadas cinco áreas (0.12 ha):

1. Cultivo de figo (*Ficus carica*) com 7 anos e as entrelinhas com gramíneas (*Paspalum notatum*). No plantio da frutífera (1999) foi utilizado como planta de cobertura o siratro (*Macroptilium atropurpureum*), que permaneceu na área até 2002 (Merlin *et al.*, 2005). A quantidade de matéria seca (MS) de folhas provenientes da deiscência natural do siratro chegou a 2 t/ha, aca-

rretando num estoque de 50 kg/ha de N (Almeida e Guerra, 2008). A adubação orgânica utilizada no plantio do figo consistiu de 30 lt por cova de esterco bovino, sendo 1/3 colocado no fundo da cova e 2/3 homogeneizados com a terra retirada da cova. Em cobertura, para formação inicial do pomar utilizou-se 4.5 kg de cama de aviário, num raio de 50 cm distante de cada planta. Na época da coleta das amostras de solo para este estudo (2005) a área com figo encontrava-se coberta somente com resíduos vegetais provenientes do corte da grama batatais (*Paspalum notatum*), não sendo verificado influência de cobertura de leguminosas.

2. Cultivo de milho/feijão em área que há 8 anos vem sendo conduzidos experimentos com rotação de culturas, tais como milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), couve (*Brassica oleracea*), berinjela (*Solanum melongena*), sendo utilizado o preparo convencional (PC) do solo (aração e gradagem). Nesta área é utilizada a crotalária (*Crotalaria juncea* e *C. spectabilis*) tanto em consórcio e/ou na forma de pré-cultivo. Em experimento com a cultura do quiabeiro, consorciado com *C. juncea*, em dois tratamentos, sendo um com a leguminosa roçada e outro, podada; Ribas *et al.* (2003) observaram que a crotalária produziu 4.4 e 3.9 t/ha de MS no primeiro corte, respectivamente, para os tratamentos roçada e podada, acumulando 130 e 116.5 kg/ha de N nestes tratamentos.
3. Cultivo de berinjela/milho com a mesma seqüência de rotação de culturas e tempo de utilização da área de milho (PC), entretanto em sistema de plantio direto (PD). Nesta área faz-se uso das leguminosas mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), *C. spectabilis* e *C. juncea*, consorciadas com a cultura principal. Em relação à produção de MS, destaca-se seu uso em consórcio com a couve, promovendo aporte de MS de 1.6 t/ha de *C. spectabilis* e 1.8 t/ha de mucuna anã em 2003; 2.8 t/ha de *Crotalaria juncea* e 5.5 t/ha de mucuna cinza no cultivo consorciado com o milho no período de

2003 - 04; 1.4 t/ha de *C. spectabilis* e 1.5 t/ha de mucuna anã em 2004 (Silva *et al.*, 2009). No momento da coleta das amostras de solo, as áreas com berinjela/milho (PD) e milho/feijão (PC) não apresentavam mais plantas de cobertura recobrando o solo. Nestas áreas sempre é adicionado esterco de curral nas covas e/ou sulcos no momento do plantio das oleráceas (doses entre 50 a 100 kg/ha de N) e 'cama' de aviário em cobertura (doses entre 100 a 200 kg/ha de N).

4. Consórcio maracujá (*Passiflora edulis*) – *Desmodium* sp., sendo esta área cultivada com maracujá desde 1996. Nesta área sempre foi realizado consórcio com leguminosas, sendo de 1996 até 2000 utilizado *Arachis pintoi*. Em seguida, a frutífera foi consorciada com *Desmodium* sp. A adubação orgânica utilizada no plantio do maracujá consistiu de 30 lt por cova de esterco bovino, sendo realizado duas adubações de cobertura com cama de aviário por ano, na dose equivalente a 100 kg/ha de N.
5. Sistema agroflorestal (SAF) com 5 anos, sendo formado por banana (*Musa sapientum*), açaí (*Euterpe oleracea*), cacau (*Theobroma cacao*), mamão (*Carica papaya*) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), entre outras. O SAF não recebeu nenhum tipo de adubação complementar, ou seja, o fornecimento de nutrientes é decorrente do aporte e decomposição do material vegetal aportado pelas espécies presentes no sistema.

As áreas de berinjela/milho, maracujá/desmódium e milho/feijão estavam separadas por meio de faixas de 1.5 m de largura, onde são utilizadas plantas de palmito jussara (*Euterpe oleracea*). Já nas áreas com figo e SAF, a faixa era formada por árvores de carambola (*Averrhoa carambola*) e, que se situavam entre as três primeiras áreas, sendo separadas por um carreador de 4 m de largura.

O manejo da fertilidade do solo das áreas foi iniciado com a correção da acidez por meio da incorporação de calcário dolomítico, sendo feito pela primeira vez em 1993, por ocasião da implantação do SIPA, em quantidade baseada nos resultados de análises de solo de

cada gleba. Os adubos orgânicos utilizados no SIPA apresentavam, em média, os seguintes teores de nutrientes (g/kg): N = 37.25, Ca = 50.03, Mg = 6.23, P = 2.68, K = 23.93 (esterco de aviário) e N = 15.20, Ca = 9.68, Mg = 3.43, P = 2.24, K = 5.80 (esterco bovino). Esta caracterização dos adubos (esterco de aviário e bovino) utilizados é decorrente de um histórico de análises existentes por meio de vários trabalhos desenvolvidos no local (Loss *et al.* 2009).

Em cada uma das áreas foram coletadas (junho/2006) dez amostras simples deformadas para compor uma amostra composta, com cinco repetições. As amostras foram coletadas nas entrelinhas, próximas do sistema radicular de cada cultura, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm. Após esta etapa as amostras foram transportadas e processadas para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A caracterização química do solo dos diferentes sistemas encontra-se em Loss *et al.* (2009; 2010a,b), sendo a média dos atributos principais apresentada na Tabela 1.

O experimento de incubação foi em laboratório. As amostras de TFSA foram colocadas sobre jornal e reumedecidas (Gonçalves *et al.*, 2002) por pulverização com água, duas vezes ao dia (manhã e noite) durante 2 semanas. Em seguida foi determinada a capacidade de campo (CC) segundo o método do funil. Para tal, pesaram-se 30 g de TFSA colocando-as num funil de plástico com 10 cm de diâmetro, vedado com lã de vidro na base, para evitar perda de material. Posteriormente, a TFSA foi saturada com água deionizada. Os funis foram cobertos com filme plástico para minimizar perdas de água por evaporação e assim permaneceram por 4-6 h para drenagem do excesso de água. Em seguida, cerca de 5 g de cada amostra foram secas em estufa a 105 °C até obter-se massa constante. A CC foi determinada utilizando a equação: $CC = P1 - P2 / P2$; onde, CC = capacidade de campo; P1 = peso da amostra de solo úmida (g); P2 = peso da amostra de solo seca (g).

Para a avaliação do C-CO₂ em laboratório, com temperatura controlada (média de 25 °C), utilizou-se o método proposto por Mendonça e Matos (2005). Foram pesados 50 g de TFSA e acondicionadas em recipientes

de 500 cm³, com fechamento hermético, sendo a umidade do solo ajustada para 65% da CC. A cada recipiente foi adicionado um frasco contendo 30 ml de NaOH 0.5 mol/lit, para capturar o C-CO₂ e outro contendo 30 ml de H₂O (para manter a umidade).

As coletas foram feitas em intervalos de 24 h nos primeiros 7 dias, de 48 h entre o 8° e 17° dia e de 96 h entre o 18° e 37° dia. Ao abrir os recipientes, retirou-se o frasco contendo NaOH, tomando-se o cuidado para deixar cada recipiente contendo o solo, aberto por 15 min para que ocorra a troca do ar (mantendo este tempo uniforme para todas as amostras). Decorrido o tempo, colocou-se outro frasco contendo 30 ml de NaOH 0.5 mol/lit, e fechou-se hermeticamente o recipiente para nova incubação. Enquanto aguardou-se o tempo para a troca de ar, pipetou-se 10 ml de NaOH (previamente incubada com o solo) para erlenmeyer de 125 ml, sendo em seguida adicionado 10 ml de BaCl₂ 0.05/mol e três gotas de fenolftaleína 1%, e logo em seguida titulou-se com HCl 0.25/mol.

O cálculo do C-CO₂ evoluído é apresentado em mg de C-CO₂/100 cm³ de solo, durante o intervalo utilizado no monitoramento da amostra. A fórmula para obter este valor é:

$$C - CO_2 (mg) = (B - V) \times M \times 6 \times (V_1 / V_2);$$

onde: B = volume de HCl gasto na titulação do branco; V = volume de HCl gasto na titulação da amostra (ml), 6 = massa atômica do carbono (12) dividido pelo número de mols de CO₂ que reagem com o NaOH, V₁ = volume total de NaOH usado na captura do CO₂, V₂ = volume de NaOH usado na titulação (ml).

Por meio dos dados de COT e N (Tabela 1) calculou-se a relação C/N e ao final dos 37 dias, quantificou-se o acúmulo de C-CO₂, sendo cada avaliação feita apresentada na forma de gráficos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo cinco sistemas de produção agroecológica com cinco repetições. Para os dados de cada variável analisada, em cada profundidade foi feita avaliação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias dos erros. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação

Tabela 1. Caracterização química do solo nos diferentes sistemas de uso avaliados.

Sistemas avaliados	Propriedades avaliadas/profundidade					
	pH	Ca+Mg	K	P	COT ^a	N
		cmol _c /kg		mg/kg	g/kg	
0 - 5 cm						
Berinjela/milho (PD)	6.85	5.20	0.40	98.75	12.10	1.61
Milho/feijão (PC)	6.85	5.90	0.30	124.65	11.41	0.96
Figo	6.70	5.85	0.75	289.30	17.70	1.93
Maracujá	6.30	5.30	0.40	74.80	12.38	1.18
SAF	6.60	4.80	0.20	80.95	13.05	0.85
5 - 10 cm						
Berinjela/milho (PD)	6.65	4.65	0.20	90.50	9.82	0.96
Milho/feijão (PC)	6.95	5.85	0.35	102.70	12.48	0.86
Figo	6.70	5.40	0.60	159.50	13.25	1.28
Maracujá	5.85	4.65	0.20	43.60	10.97	1.07
SAF	6.15	4.45	0.10	61.40	9.04	0.75

a. COT = carbono orgânico total.

do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste LSD-student a 5%, com o auxílio do programa estatístico SAEG 5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa).

Resultados e discussão

Na área com figo observaram-se maiores valores de C-CO₂ logo após a incubação, seguida pelas áreas de SAF (0-5 e 5-10 cm) e milho/feijão (PC) (5-10 cm) (Figuras 1 e 2). A atividade microbiana responde rapidamente a mudanças nas condições do solo após longos períodos de baixa atividade. Portanto, logo que se restabeleceu a umidade (reumedecimento do solo) ocorreu aumento na respiração e mineralização do COT e do N da MOS (Gonçalves *et al.*, 2002; Loss *et al.*, 2013). A secagem do solo para obtenção da TFSA poderia tornar a MOS mais acessível à decomposição, além do fato dos microrganismos mortos com a secagem terem sido, talvez, prontamente atacados pelos remanescentes após o reumedecimento (Gonçalves *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2008) originando pulsos de atividade microbiana observados através da evolução de C-CO₂ nas primeiras 24 h após o início de incubação.

O pico de maior liberação de C-CO₂ ocorrido na área com figo logo após o reumedecimento do solo pode ser devido ao maior teor de COT e N (Tabela 1) (Loss *et al.*, 2010 a, b) e baixa relação C/N do solo observado

nesta área (Tabela 2). A MOS de menor relação C/N é mais lábil e está prontamente disponível para a mineralização pela biota do solo, sendo na área de figo verificado altos teores de N (Loss *et al.*, 2010a), associado as adubações com esterco bovinos e leguminosas em anos anteriores (Merlin *et al.*, 2005; Almeida e Guerra, 2008). Avaliando a atividade microbiana em agregados de Latossolo incubados em laboratório, Loss *et al.* (2013) também observaram maiores picos C-CO₂ em áreas de PD que apresentavam baixa relação C/N e maiores teores de COT e N, logo após o restabelecimento da umidade dos agregados e posterior incubação.

Estes picos de C-CO₂ são conhecidos como efeito 'priming' em que a estimulação da atividade microbiana pela adição de resíduos orgânicos e/ou maior disponibilidade de MOS prontamente decomponível (menor relação C/N) favorece a aceleração da decomposição da MOS (Kuzakov *et al.*, 2000) aumentando a evolução de C-CO₂.

Aspectos importantes na evolução dos teores de carbono potencialmente mineralizável também estão relacionados ao histórico de manejo do solo. Dentre estes destacam-se a adição de biomassa facilmente decomponível, que induzem o efeito priming (Buso e Kliemann, 2003). Os altos teores de C-CO₂ encontrados no SAF logo após o restabelecimento da umidade pode ser devido à qualidade da MOS, pois nesta área tem-se maior diversidade vegetal. Com isto tem-se aporte

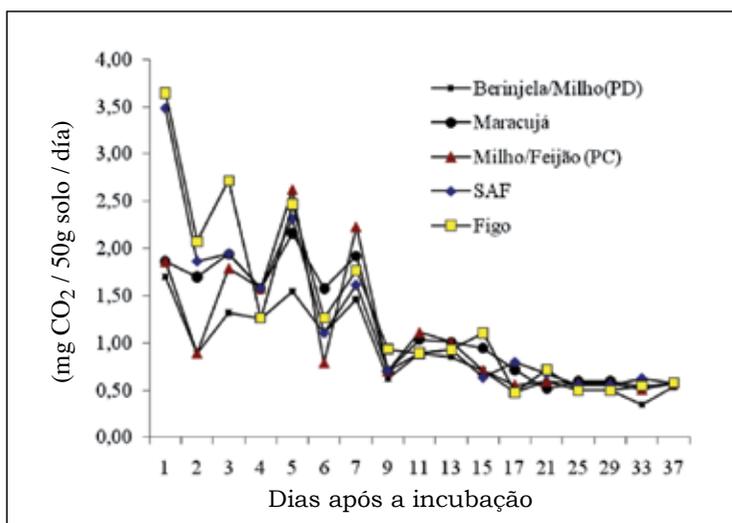


Figura 1. Evolução diária de C-CO₂ nas amostras de TFSA (0-5 cm) incubadas até os 37 dias de avaliação.

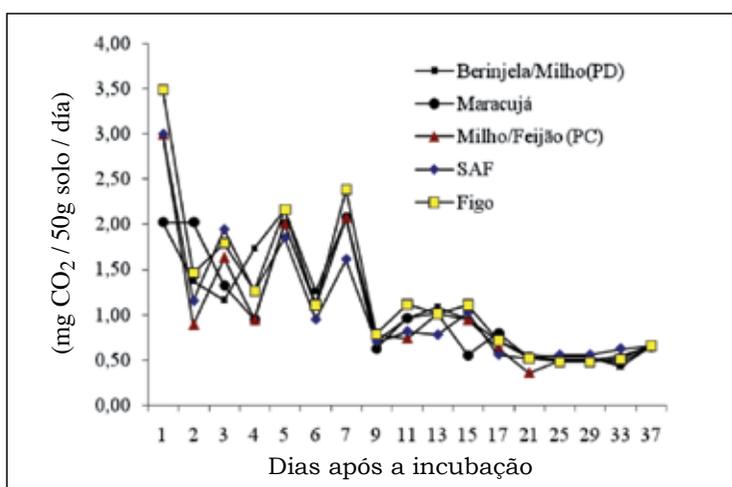


Figura 2. Evolução diária de CO₂ nas amostras de TFSA (5-10 cm) incubadas até os 37 dias de avaliação.

Tabela 2. Acúmulo de C-CO₂ e relação C/N do solo nos diferentes sistemas de uso do solo avaliados.

Sistemas avaliados	Propriedades avaliadas/Profundidade	
	C-CO ₂ (mg/50 g solo)	C/N
	0 - 5 cm	
Berinjela/milho (PD)	78.70 b*	7.51 c
Milho/feijão (PC)	88.61 ab	11.88 b
Figo	94.94 a	9.17 bc
Maracujá	96.35 a	10.49 b
SAF	88.69 ab	15,29 a
	5 - 10 cm	
Berinjela/milho (PD)	82.19 d	10.22 b
Milho/feijão (PC)	92.28 bc	14.51 a
Figo	99.39 a	10.35 b
Maracujá	89.47 c	10.25 b
SAF	92.35 b	12.05 ab

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre os diferentes sistemas de uso do solo pelo teste LSD-Student a 5 %.

vegetal oriundo de espécies frutíferas e arbóreas com diferentes sistemas radiculares, culminando na formação de MOS diferenciada, podendo estimular a atividade de diferentes tipos de bactérias.

Os picos de C-CO₂ encontrados na área de milho/feijão (PC) foram mais elevados na profundidade de 5-10 cm quando comparados com os encontrados em 0-5 cm. Esta tendência pode ser devida ao revolvimento do

solo, que por meio das práticas de aração e gradagem, incorporam os resíduos vegetais que antes estavam na superfície (0-5 cm) e são alocados para a profundidade de 5-10 cm. Com maior disponibilidade de resíduos vegetais, associado a fragmentação dos mesmos por meio das práticas de aração e gradagem, tem-se maior atividade microbiana. Portanto, tem-se maior mineralização da MOS, por meio da atividade da microbiota, culminando no aumento da evolução de C-CO₂.

Ainda em relação à área de milho/feijão (PC), e em particular para 5 - 10 cm, verifica-se que aos 2, 4, 11 e 21 dias (Figura 2) tem-se os menores valores de C-CO₂. Este padrão pode ser decorrente da ruptura dos agregados do solo por meio das práticas de aração e gradagem. Desta forma, a MOS que antes estava protegida do ataque da microbiota do solo dentro dos agregados, agora se torna exposta à ação destes microorganismos.

As áreas de berinjela/milho (PD) e maracujá apresentaram os menores valores de C-CO₂ logo após o reumedecimento. A área de maracujá estava coberta por *Desmodium* sp., espécie de leguminosa que propicia altos índices de agregação ao solo. Da mesma forma, a área de berinjela/milho é manejada na forma de sistema PD, acarretando em maior aporte vegetal na superfície do solo e, também altos índices de agregação. Estes sistemas aumentam a estabilidade dos agregados do solo (Loss *et al.*, 2009) acarretando em maior proteção física da MOS no interior dos agregados, dificultando o acesso da atividade microbiana. Desta forma, têm-se nestas áreas, menores fluxos de C-CO₂ logo após o reumedecimento do solo.

Entre os sistemas agroecológicos avaliados, observou-se uma alternância entre os picos de C-CO₂ (aumento seguido de diminuição) logo após o reumedecimento do solo até o 9º dia, sendo posteriormente verificado uma estabilização da evolução de C-CO₂. Este padrão é ocasionado pelo consumo da MOS por meio da microbiota (Carvalho *et al.*, 2008). Estes microorganismos ao se alimentarem da MOS disponível, liberam C-CO₂, culminando nos picos observados. Entretanto, quando eles morrem por falta de substrato, principalmente N, a evolução de

C-CO₂ diminui. Estes organismos que morreram serão utilizados como fonte de energia pelos restantes, que se multiplicarão gerando novo pico de evolução de CO₂ (Carvalho *et al.*, 2008; French *et al.*, 2009). Padrão semelhante foi observado por Cruz *et al.* (2004) estudando a evolução de C-CO₂ de serapilheira de diferentes coberturas vegetais. Outra causa provável deste padrão é que microorganismos adaptados a decompor certo tipo de substrato presente no solo no momento inicial, decompõe o substrato desta característica, e quando este acaba, estes microorganismos morrem por falta de substrato adequado, e diferentes tipos de microorganismos, adaptados as novas condições começarão a se multiplicar, aumentando novamente a taxa de C-CO₂, sendo desta forma observado a alternância dos picos de C-CO₂ nos primeiros 9 dias. Estes resultados são corroborados por Loss *et al.* (2013) onde os autores avaliaram a atividade microbiana em agregados de Latossolo em diferentes sistemas de uso do solo incubados em laboratório e encontraram este mesmo padrão de alternância de picos de C-CO₂.

Observando-se a dinâmica da evolução do C-CO₂ no tempo de incubação, verificou-se que até os 7 dias, em todos os sistemas avaliados, uma alternância dos picos C-CO₂ em maiores proporções e, a partir do 25º dia ocorreu a estabilização da respiração microbiana (Figuras 1 e 2). Estes resultados são corroborados por Farias *et al.* (2005) avaliando a evolução do C-CO₂ de Latossolo Vermelho-Amarelo até 65 dias. Os autores observaram que entre o 25º e 30º dia, ocorreu a estabilização da atividade microbiana.

As áreas cultivadas com figo (0-5 e 5-10 cm) e maracujá (5-10 cm) apresentaram maiores acúmulos de C-CO₂ após os 37 dias (Tabela 2). Estes resultados podem ser devidos aos altos teores de COT, N e P (área de figo, Tabela 1) e, também devido à presença de maiores teores de carbono lábil (Loss *et al.*, 2010b) verificados nestas áreas, principalmente em 0-5 cm. Quanto maior for a disponibilidade MOS de maior labilidade, maior será a atividade microbiana, conseqüentemente, maiores serão os fluxos de C-CO₂.

Para a área de berinjela/milho (PD) os menores acúmulos de C-CO₂ podem ser

decorrentes do melhor equilíbrio químico encontrado entre as frações do carbono oxidável (Loss *et al.*, 2010b). Segundo estes autores, o fracionamento oxidável do COT das áreas em estudo demonstrou que para a área de berinjela/milho tem-se predomínio de maiores proporções de matéria orgânica de maior labilidade no solo (fração F1) e matéria orgânica mais recalcitrante (fração F4). Por meio deste resultado é possível inferir que os menores acúmulos de C-CO₂ na área de berinjela/milho são devidos à melhor compartimentalização das formas de carbono, propiciando uma atividade microbiana mais branda nesta área quando comparada com as áreas que possuem maiores proporções de carbono mais lábil.

Conclusões

- O cultivo de figo em sistema agroecológico acarretou em maiores picos de evolução de C-CO₂ e, também maiores acúmulos ao final dos 37 dias de avaliação.
- A área cultivada sob sistema plantio direto manejado agroecologicamente apresentou menor acúmulo de C-CO₂.
- O preparo convencional do solo acarretou em menores picos de C-CO₂ na profundidade de 5 - 10 cm.

Referências

- Almeida, D. L. y Guerra, J. G. 2008. Uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica: fazendinha agroecológica - km 47^o. (Disponível em: http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/27_Experiencia_em_Pesquisa_Agric_Org.pdf). 20-03-2008.
- Bossuyt, H.; Six, J.; y Hendrix, P. F. 2002. Aggregate-protected carbon in no-tillage and conventional tillage agroecosystems using carbon-14 labeled plant residue. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66(6):1965 - 1973.
- Buso, W. H.; y Kliemann, H. J. 2003. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milho. *Pesq. Agropec. Tropical* 33(2):97 - 105.
- Carvalho, A. M.; Vale, H. M.; Ferreira, E. M.; Cordero, A. F.; Barros, N. F.; y Costa, M. D. 2008. Atividade microbiana de solo e serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis*. *Rev. Bras. Ci. Solo* 32:2709 - 2716.
- Cruz, A. R; Pereira, M. G; Fernandes, M. M; Giácomo, R. G; y Portela, L. S. 2004. Evolução de CO₂ de serrapilheira de diferentes coberturas vegetais. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. da Vida* 24(2):23 - 27.
- D'Andréa, A. F.; Silva, M. L.; Curi, N.; Siqueira, J. O.; y Carneiro, M. A. 2002. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do estado de Goiás. *Rev. Bras. Ci. Solo* 26(4):913 - 923.
- Farias, E. P.; Zonta, E, Santos, G. A.; y Canellas, L. P. 2005. Aporte de carbono solúvel pelo sistema radicular de arroz e sua influência nos teores de substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Rev. Bras. Ci. Solo* 29(6):875 - 882.
- French, S.; Levy-Booth, D.; Samarajeewa, A.; Shannon, K. E.; Smith, J.; y Trevors, J. T. 2009. Elevated temperatures and carbon dioxide concentrations: effects on selected microbial activities in temperate agricultural soils. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 25(11):1887 - 1900.
- Gonçalves, A. S; Monteiro, M. T; Guerra, J. G.; y De-Polli, H. 2002. Biomassa microbiana em amostras de solos secadas ao ar e umedecidas. *Pesq. Agropec. Bras.* 37(5):651 - 658.
- Kuzyakov, Y.; Fridel, J. K.; y Stahr, K. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32(11 - 12):1485 - 1498.
- Loss, A.; Pereira, M. G.; Beutler, S. J.; Perin, A.; y Anjos, L. H. 2013. Carbono mineralizável, carbono orgânico e nitrogênio em macroagregados de Latossolo sob diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado Goiano. *Semina. Cien. Agrárias* 34(5):2153 - 2168.
- Loss, A.; Pereira, M. G.; Anjos, L. H.; Beutler, S. J.; Ferreira, E. P.; y Silva, E. M. 2011. Oxidizable organic carbon fractions and soil aggregation in areas under different organic production systems in Rio de Janeiro, Brazil. *Trop. Subtrop. Agroecos.* 14(2):699 - 708.
- Loss, A.; Moraes, A. G.; Pereira, M. G.; Silva, E. M.; y Anjos, L. H. 2010a. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. *Com. Scientiae* 1(1):57 - 64.
- Loss, A.; Pereira, M. G.; Schultz, N.; Anjos, L. H.; y Silva, E. M. 2010b. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. *Bragantia* 69(4):913 - 922.
- Loss, A.; Pereira, M.G.; Schultz, N.; Anjos, L. H.; y Silva, E. M. 2009a. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. *Pesqu. Agropec. Bras.* 44(8):68 - 75.
- Mendonça, E. S. y Matos, E. S. 2005. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. 1^a ed. Ponte Nova: D & M Gráfica e Editora Ltda. 107 p.

- Merlin, A. O.; Guerra, J. G.; Junqueira, R. M.; y Aquino, A. M. 2005. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Sci. Agric.* 62(1):57 - 61.
- Mielniczuk, J.; Bayer, C.; Vezzani, F. M.; Lovato, T.; Fernandes, F. F.; y Debarba, L. 2003. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. *Tópicos em Ciência do Solo* 3:209 - 248.
- Peña, M. L.; Marques, R.; Jahnel, M. C.; y Anjos, A. 2005. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. *Floresta* 35(1):117 - 127.
- Pillon, C. N.; Santos, D. C.; Lima, C. L.; y Antunes, L. O. 2011. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. *Ci. Rural* 41(3):447 - 453.
- Ribas, R. G. T.; Junqueira, R. M.; Oliveira, F. L.; Guerra, J. G.; Almeida, D. L.; Alves, B. J.; y Ribeiro, R. L. D. 2003. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. *Agronomia* 37(2):80 - 84.
- Rosa, M. E. C.; Olszewski, N.; Mendonça, E. S.; Costa, L. M.; y Correia, J. R. 2003. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo* 27(5):911 - 923.
- Salmi, G. P.; Salmi, A. P.; y Abboud, A. C. S. 2006. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. *Pesq. Agropec. Bras.* 41(4):673 - 678.
- Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; y Camargo, F. A. 2008. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole. 654 p.
- Silva, E. E.; De-Polii, H.; Loss, A.; Pereira, M. G.; y Guerra, J. G. 2009. Matéria orgânica e fertilidade do solo em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais. *Rev. Ceres* 56(4):93 - 102.