

Mudanças nos atributos microbianos do solo após incorporação de resíduos orgânicos ⁽¹⁾.

Cácio Luiz Boechat ⁽²⁾; Rogério Novaes de Souza ⁽³⁾; Marcela Rebouças Bomfim ⁽⁴⁾; Poliana dos Santos Pereira da Silva ⁽⁵⁾; Adriana Maria de Aguiar Accioly ⁽⁶⁾; Jorge Antonio Gonzaga Santos ⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do PPG em Ciências Agrárias da UFRB.

⁽²⁾ Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽³⁾ Graduando em Agronomia; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, S/N, Bairro universitário, Cruz das Almas, BA; ⁽⁴⁾ Doutoranda em Geologia ambiental; Universidade Federal da Bahia; ⁽⁵⁾ Graduanda em Engenharia Florestal; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; ⁽⁶⁾ Pesquisadora A; Embrapa Mandioca e Fruticultura; ⁽⁷⁾ Professor Doutor; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

RESUMO: Os parâmetros microbiológicos, tais como biomassa microbiana do solo, respiração basal e quociente metabólico (qCO_2) têm sido amplamente utilizados como indicadores de impactos ambientais, devido à sua sensibilidade para detectar fontes naturais e antropogênicas de mudanças no solo. Experimento com incubação durante o período de 98 dias foi conduzido para avaliar a influência da incorporação de resíduos orgânicos em alguns atributos microbianos do solo. A respiração basal variou entre 0,022 (controle) e 0,141 (RPC) $mg\ C-CO_2\ 100\ g^{-1}\ solo\ h^{-1}$. A microbiota dos tratamentos foi estimulada pela relação C/N dos resíduos orgânicos. A atividade microbiana variou de 4,63 (controle) a 13,22 $mg\ Cmic\ 100\ g^{-1}$ em solos tratados com RPP. Nos solos tratados com os resíduos, a atividade microbiana foi maior que no controle, exceto para o tratamento com RPC, que foi estatisticamente igual ao do controle. Os valores do quociente metabólico variaram de 0,002 (RPP) a 0,025 $mg\ de\ CO_2\ g^{-1}\ Cmic\ h^{-1}$ (RPC).

Termos de indexação: respiração basal, carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico.

INTRODUÇÃO

Os parâmetros microbiológicos, tais como biomassa microbiana do solo, respiração basal e quociente metabólico (qCO_2) têm sido amplamente utilizados como indicadores de impactos ambientais, devido à sua sensibilidade para detectar fontes naturais e antropogênicas de mudanças no solo (Chaer & Totola, 2007). Além disso, as condições abióticas tais como umidade do solo, temperatura, aeração e fertilidade, entre outros, estão diretamente relacionadas a atividade da população microbiana do solo.

O carbono da biomassa microbiana (Cmic) está relacionado a vários processos, como: a decomposição de compostos orgânicos, ciclagem de nutrientes, a solubilidade de nutrientes, degradação de compostos xenobióticos e poluentes,

a estrutura do solo e controle de agentes patogênicos e é, portanto, visto como um componente importante da qualidade do solo e sua produtividade, uma vez que responde mais prontamente às mudanças ambientais do que qualquer outro parâmetro agrônomico (Kaschuk et al., 2009).

A respiração basal é a soma total de todas as funções metabólicas no qual o dióxido de carbono ($C-CO_2$) é produzido. A técnica mais utilizada para quantificar a atividade microbiana é a avaliação da respiração basal do solo, que foi positivamente relacionada com a matéria orgânica e o conteúdo da biomassa microbiana. A razão entre a avaliação da biomassa microbiana e a respiração basal do solo, relativo a quantidade de dióxido de carbono emitido por unidade de biomassa, é denominada quociente metabólico (qCO_2).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da incorporação de resíduos orgânicos em alguns atributos microbianos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento com incubação durante o período de 98 dias foi conduzido para avaliar a influência da incorporação de resíduos orgânicos em alguns atributos microbianos do solo. Foi utilizada amostra de um Latossolo Amarelo coeso (Embrapa, 2006). A caracterização química e textural do solo foram feitas de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1999) e dos resíduos conforme Tedesco et al. (1995) e estão apresentadas na Tabela 1.

Os resíduos utilizados foram: resíduo de fábrica de papel e celulose (RPC); resíduo de polo petroquímico (RPP); lodo de esgoto municipal (LEM); lodo de esgoto de laticínio (LEL) e resíduo da fábrica de polpa de frutas (RPF). As aplicações consistiram de 27,0; 22,2; 3,0; 5,2 e 5,2 $Mg\ ha^{-1}$ de matéria seca, respectivamente. As quantidades de compostos adicionadas ao solo foram definidas para fornecer 100 $Kg\ N\ ha^{-1}$.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $6 \times 13 + 4$, sendo 5 resíduos incorporados ao solo + controle (solo sem resíduo), avaliados em 13 datas, mais 4 potes sem solo e resíduos para descontar os efeitos da contaminação do CO_2 no ambiente, com três repetições.

Os resíduos orgânicos foram adicionados ao solo conforme as doses calculadas, homogêneas vigorosamente por dois minutos para garantir uniformidade dentro e entre amostras. Os tratamentos foram avaliados a 2, 4, 6, 12, 14, 20, 28, 36, 44, 60, 74, 86 e 98 dias após a incubação, com três repetições.

A respiração basal (C-CO_2) foi determinada por incubação de 100 g de solo (peso seco) com os tratamentos em frascos de vidro fechados hermeticamente com tampas de plástico emborrachadas. Os potes foram transferidos para uma incubadora DBO na ausência de luz, com umidade controlada e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. A umidade foi ajustada para 70% da capacidade de campo. Um frasco contendo 10 mL de $1 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$ de NaOH foi colocada sobre a superfície do solo de cada vaso para capturar o CO_2 liberado e determinar a quantidade de CO_2 liberada por titulação do excesso de NaOH com uma solução de HCl 1 mol L^{-1} .

O carbono da biomassa microbiana foi determinado pelo método descrito por Vance et al. (1987), utilizando, em vez de clorofórmio, um forno de micro-ondas para matar os microrganismos e desencadear a liberação dos componentes celulares (Ferreira et al., 1999).

O carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) no extrato (solução de K_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$:solo = 4:1) foi determinado pelo método de combustão via úmida (Tedesco et al., 1995).

A respiração basal foi medida pela soma de CO_2 liberado durante o período de incubação dividido pela duração em horas. O C-CO_2 liberado por hora de período de incubação foi calculado pela equação 1, expressas em mg C-CO_2 $100 \text{ g de solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$:

$$\text{RBS} = (((\text{Vb}-\text{Va}) \times \text{M} \times 6 \times 1000) / \text{Ps}) / \text{T} \quad (1)$$

onde, RBS = carbono, derivado da respiração basal (C-CO_2 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), Vb (mL) = volume de ácido clorídrico utilizado para a titulação da solução controle (branco), Va (mL) = volume requerido na amostra; M = molaridade HCl; 6 = peso equivalente de C-CO_2 . De acordo com a Lei de Richter, o peso equivalente de um elemento ou de uma substância é a massa da substância correspondente a 8 gramas de oxigênio. No caso do CO_2 , verificou-se que a proporção de elementos C e O é 3:8 g, Ps (g) = peso do solo seco, e T (h) = tempo.

O carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) foi calculada pela equação 2 e expresso em $\text{mg } 100 \text{ g solo}^{-1}$:

$$\text{C}_{\text{mic}} = \text{E}_c / \text{K}_c \quad (2)$$

onde E_c = (C orgânico extraído do solo irradiado) - (C orgânico extraído do solo não-irradiado) e K_c = fator de conversão de 0,33 (Islam & Weil, 1998), para o método de extração por fumigação ou irradiação, ou seja, um fator em peso (mineralização de C - uma proporção de C microbiano liberado como CO_2 durante a incubação).

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi calculado como a razão entre a taxa de respiração basal do solo e o C da biomassa microbiana, sendo expresso em $\text{mg de } \text{CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ C}_{\text{mic}} \text{ h}^{-1}$ (Anderson & Domsh, 1993).

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). O teste de Scott-Knott ao nível de significância de $p < 0,01$ foi utilizado para comparar os valores médios para cada variável estudada. O programa Sisvar foi utilizado para analisar os dados (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A respiração basal variou entre 0,022 (controle) e 0,141 (PMS) mg C-CO_2 $100 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (Figura 1). A microbiota dos tratamentos foi diretamente estimulada pela relação C/N dos resíduos orgânicos. A respiração basal do solo tratado com RPC foi 6,4 vezes maior do que no controle (solo sem resíduo).

A respiração basal do solo nos tratamentos com LEL, RPP e LEM não diferiram significativamente, possivelmente devido a semelhança da relação C/N (Tabela 1). As quantidades de resíduo orgânico adicionadas aos tratamentos previu uma quantidade fixa de N (equivalente a 100 kg ha^{-1}). Portanto, os tratamentos com resíduos orgânicos com uma relação C/N elevada, tais como RPC (63,55) (Tabela 1), receberam uma concentração maior de compostos carbônicos.

Os tratamentos com resíduos orgânicos que possuíam relação C/N baixa, tais como LEM (7,20), RPP (7,66) e LEL(8,42) receberam quantidade inferior de carbono, exceto para o RPF, que possui uma relação C/N maior que os resíduos citados anteriormente (Tabela 1), contudo a respiração basal não diferiu do controle e dos tratamentos com LEM, RPP e LEL. Este resultado pode ser justificado pela presença de carbono recalcitrante no RPF, resultante do processo de estabilização que sofreu durante três anos.

A atividade microbiana variou de 4,63 (controle) a 13,22 $\text{mg C}_{\text{mic}} 100 \text{ g}^{-1}$ em solos tratados com RPP. Nos solos tratados com os resíduos orgânicos, a atividade microbiana foi maior que no controle, exceto para o tratamento com RPC, que foi estatisticamente igual ao do controle (Figura 2). O comportamento de C_{mic} do solo do melhor ao pior

foi: solo com $RPP > LEM > LEL = RPF > RPC$. O RPP incorporado ao solo estimulou o aumento das populações microbianas, quando se compara aos valores do atributo Cmic, com os demais tratamentos (Figuras 2), embora este aumento não tenha sido observado para a respiração basal (Figura 1). Assim, concluiu-se que este resíduo orgânico causa menor perturbação à população microbiana, permitindo que se desenvolvam. Comportamento semelhante foi observado nos tratamentos com LEM, LEL e RPF, embora eles apresentassem altos valores para este atributo, são menores que o do tratamento com RPP (Figura 2).

Os aumentos do Cmic nos tratamentos RPP, LEM, LEL e RPF foram acompanhados por baixos níveis de emissão de $C-CO_2$ (Figura 1) confirmando que estes resíduos influenciaram positivamente o crescimento da microbiota nativa, não reduzindo o tamanho das comunidades microbianas e disponibilizaram formas lábeis de carbono (Figura 2).

Os valores de qCO_2 variaram de 0,002 (RPP) a 0,025 mg de CO_2 g^{-1} Cmic h^{-1} (RPC). O qCO_2 do solo tratado com RPC foi maior que os demais tratamentos, os quais não diferiram significativamente entre si (Figura 3).

De acordo com Insam & Domsch (1988), a respiração basal por unidade de biomassa microbiana diminui em sistemas mais estáveis. Com base nesta informação pode-se concluir que o RPP, LEM, LEL e RPF causaram menor estresse ao ambiente microbiano, enquanto que o RPC causou elevado estresse às comunidades nativas do solo, possivelmente, devido às baixas concentrações de N e a elevada relação C/N (Figura 3 e Tabela 1).

CONCLUSÕES

Os lodos de esgoto municipal, seguido do lodo de esgoto de laticínio e resíduo de indústria de polpa de fruta impactam positivamente a microbiota nativa do solo.

O resíduo da fábrica de papel e celulose "in natura" tem uma relação C/N elevada e um desbalanço nutricional, que não permite o seu uso, devido aos distúrbios que causa na microbiota do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFRB e o CNPMF pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. P. E.; DOMSH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of the environment conditions, such

as pH, microbial biomass on the soils of forest. **Soil Biology & Biochemistry**, 25:393-395, 1993.

CHAER, G. M. & TÓTOLA, R. M. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1381-1396, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 314p.

FERREIRA, A. S., CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Uso de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:991-996, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:1039-1042, 2011.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, 47:177-188, 1988.

ISLAM K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology & Fertility of Soils**. 27:408-416, 1998.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, 42:1-13, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSAN, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, 19:703-707, 1987.

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo e resíduos orgânicos utilizados no experimento.

Parâmetro	Solo	RPC	RPP	LEM	LEL	RPF
pH em água (1:2,5)	5,2	8,30	7,40	5,67	6,90	5,40
P (mg dm ⁻³)	0,0	0,28	4,04	9,49	15,00	0,51
Ca (cmolc dm ⁻³)	1,12	38,05	23,36	11,97	39,64	5,64
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,23	1,99	0,66	3,26	1,57	2,22
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	3,53	236,40	34,40	235,00	161,60	232,40
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	6,08	407,55	59,31	405,14	278,60	400,66
Nitrogênio amoniacal (mg kg ⁻¹)	57,12	263,20	750,12	8619,80	6184,40	460,60
Nitrogênio nítrico (mg kg ⁻¹)	100,8	171,08	855,40	421,12	36,96	881,72
Nitrogênio Kjeldahl (g kg ⁻¹)	0,94	3,72	4,49	32,63	19,20	19,50
Relação C/N	3,36	63,55	7,66	7,20	8,42	11,92

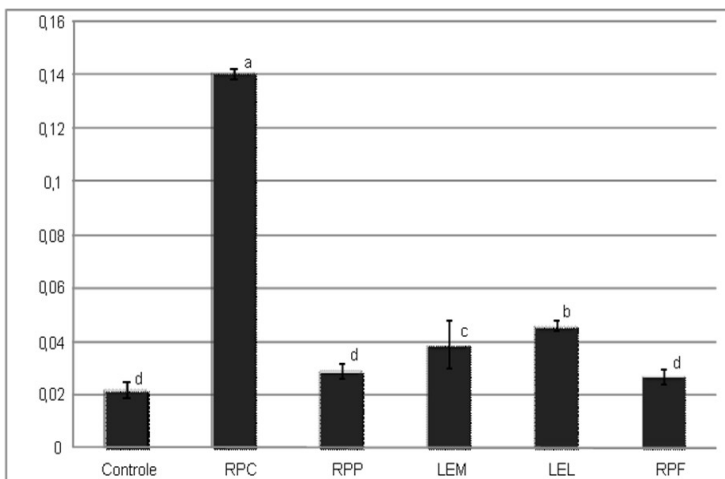


Figura 1. Respiração basal (mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo h⁻¹).

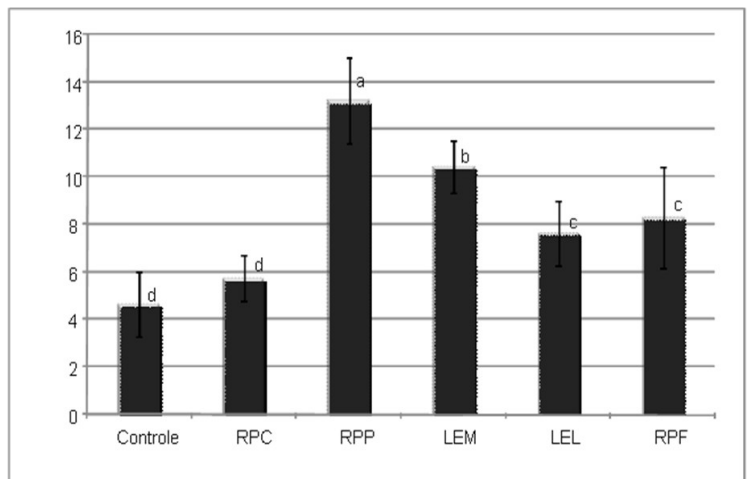


Figura 2. Carbono da biomassa (mg Cmic 100 g⁻¹).

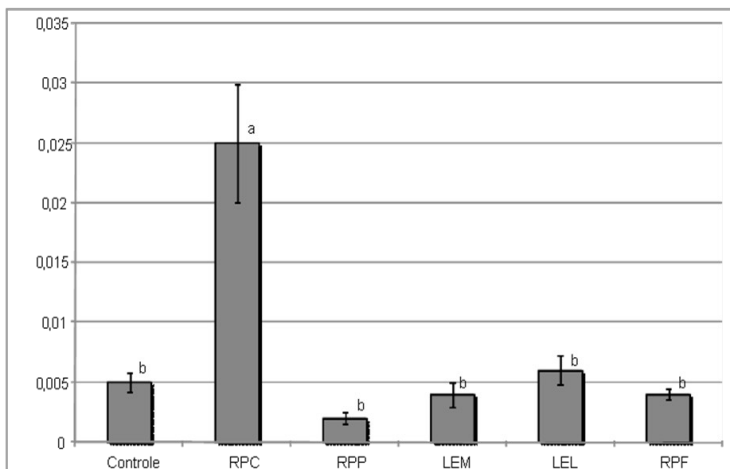


Figura 3. Quociente metabólico (mg de CO₂ g⁻¹ Cmic h⁻¹).