

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO ACRESCIDO DE DEJETO SUÍNO

BIOMASS AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY AS AFFECTED BY SWINE RESIDUES

Maurizio Silveira Quadro^{1*}; Danilo Dufech Castilhos²; Rosa Maria Vargas Castilhos²; Gisele Vivian³.

RESUMO

As incorporações dos resíduos produzidos pelos suínos, apesar de melhorarem as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, são consideradas de grande potencial poluidor, pelos órgãos de fiscalização ambiental. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação de dejetos suínos e de calcário, sobre a biomassa e a atividade microbiana de um ARGISSOLO Vermelho-Amarelo. O experimento constou de tratamentos em um esquema fatorial com 3 blocos e constaram de 6 doses de dejetos suínos (0, 6, 12, 18, 24 e 30 Mg ha⁻¹) e 2 doses de calcário (0 e 2,7 Mg ha⁻¹) aplicados em 2 kg de solo e mantidos em incubação por 160 dias. Constatou-se que os teores de carbono e de nitrogênio da biomassa microbiana do solo aumentaram linearmente até a dose de 12 e de 18 Mg ha⁻¹, respectivamente. A evolução de CO₂ aumentou com a aplicação de até 24 Mg ha⁻¹, sendo que o percentual de biodegradação do resíduo manteve-se praticamente inalterado até a dose de 18 Mg ha⁻¹. O qCO₂ manteve-se em níveis adequados até a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de dejetos suínos, sendo que a partir deste valor o qCO₂ aumentou sensivelmente, evidenciando um estresse da população microbiana. A aplicação conjunta de dejetos de suínos e calcário aumentou o carbono da biomassa microbiana e diminuiu o quociente metabólico.

Palavras-Chave: descarte de resíduos; liberação de C-CO₂, carbono e nitrogênio microbianos; biodegradação.

ABSTRACT

The introduction of swine residues in to the soil can improve its chemical, physical and biological characteristics, but it can also present a great pollution potential to the soil according to environmental inspection agencies. The present work evaluated the effect of the application of swine dejections and lime,

on the biomass and the microbial activity of an Argisolo. The experiment was made in an factorial with 3 blocks and consisted of 6 doses of swine dejection (0, 6, 12, 18, 24 and 30 Mg ha⁻¹) and 2 doses of lime (0 and 2,7 Mg ha⁻¹), applied in 2 kg of soil and incubated per 160 days. The carbon and nitrogen of the soil microbial biomass increased linearly until the 12 and 18 Mg ha⁻¹ dose of swine dejection, respectively. The CO₂ evolution increased with the application of up to 24 Mg ha⁻¹, and the residue biodegradation rate remained unchanged until the dose of 18 Mg ha⁻¹ of swine dejection. The qCO₂ (metabolic quotient) remained in adequate levels until the application of 12 Mg ha⁻¹ of swine dejection, being up this value the qCO₂ increase significantly evidencing biomass stress. The application of swine dejection and lime increased the carbon of the microbial biomass and decreased the metabolic quotient.

Key words: slurry disposal, respiration rate, microbial carbon and nitrogen, biodegradation.

INTRODUÇÃO

Os dejetos de suínos são excelentes fontes de nutrientes, especialmente N, e quando manejados adequadamente, podem suprir parcial ou totalmente o fertilizante químico na produção de alimentos. Além do benefício como fonte de nutrientes, o seu uso adiciona matéria orgânica que pode melhorar o ambiente para o desenvolvimento da flora microbiana do solo. Por outro lado, os alimentos atualmente fornecidos aos suínos são altamente concentrados em elementos que não são aproveitados integralmente pelo metabolismo dos animais, causando a excreção de dejetos mais concentrados quimicamente e, portanto, muito diferentes daqueles resíduos vegetais e animais classificados como benéficos ao solo. Entre os principais componentes dos dejetos de suínos, além do nitrogênio, estão o fósforo e alguns microelementos, como o zinco e o cobre. No caso dos suínos e das aves, é estimado que somente 35 a 45%.

^{1*} Eng, Agrícola, Dr. em Ciência do Solo, Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola da UFPel. Rua Marechal Deodoro, 300 Ap 302; Pelotas – RS; CEP: 96020-220; mausq@hotmail.com.

² Eng, Agr, Prof. Associado do Departamento de Solos da UFPel.

³ Bolsista do Programa Especial de Treinamento da Faculdade de Engenharia Agrícola.

(Recebido para publicação em 13/06/2008, Aprovado em 09/03/2010)

do nitrogênio protéico consumido seja transformado em produto animal e para os micronutrientes como o zinco e o cobre apenas 5% seja aproveitado pelos animais.

Um dos parâmetros microbiológicos mais utilizados em estudos de impactos ambientais sobre a microbiota dos solos é a quantificação da biomassa (LOPES, 2001). A estimativa da biomassa microbiana pode fornecer dados úteis sobre modificações nas propriedades biológicas dos solos, decorrentes dos tipos de manejo aplicados e de diferentes culturas (ALVAREZ et al., 1995).

A adição de resíduos orgânicos ao solo induz um aumento transiente da biomassa, medida pela quantidade de C ou N nas células microbianas. Por outro lado, a matéria orgânica pode mascarar um possível efeito deletério sobre a microbiota, por espécies químicas tóxicas presentes em resíduos que contenham altos teores de metais (LOPES, 2001).

O estímulo dado às populações microbianas, na presença de matéria orgânica, e o efeito inibitório de metais podem ser freqüentemente observados em solos que receberam biossólidos. Decréscimos significativos no C-biomassa foram determinados em solos tratados com biossólidos com altos teores de metais, sugerindo uma menor eficiência de síntese, quando comparados com solos que receberam a adição de teores menores de metais. Por outro lado, maiores concentrações de matéria orgânica contidas no biossólido incrementaram a capacidade de crescimento microbiano e a imobilização de metais (KHAN & SCULLION, 1999). Decréscimos na biomassa microbiana também foram observados por KHAN & SCULLION (2000). Neste caso, o C-biomassa apresentou correlação negativa com a concentração de metais no solo. No entanto, essa correlação não foi observada em solos argilosos, sugerindo que a disponibilidade de metais pode ser menor em solos com maior teor de colóides. Resultados semelhantes foram observados por CHANDER & BROOKES (1991) e BAATH et al. (1998), que reportaram uma redução no carbono da biomassa microbiana em solos contaminados com biossólidos ricos em Cu, Ni e Zn (LOPES, 2001). Além da matéria orgânica, a atividade microbiana pode aumentar em decorrência da calagem, pelo aumento do pH e pela adição de Ca e

Mg, e pela maior adição de resíduos culturais ao solo, cuja magnitude do efeito é potencializada pelas condições mais favoráveis de umidade e temperatura do solo em sistema de plantio direto (COSTA et al., 2002).

Outro importante aspecto a ser considerado é o qCO_2 (quociente metabólico), uma vez que esse parâmetro permite determinar quais aplicações causam alterações na proporção de evolução de CO_2 pela quantidade de microrganismos existentes. Solos estressados têm um maior valor desse parâmetro, pois uma menor quantidade de biomassa tem o dever de degradar uma maior quantidade de matéria orgânica (MO).

O problema atual é determinar a quantidade a ser adicionada ao solo e por quanto tempo, sem que haja consequências negativas por desequilíbrio iônico, fitotoxicidade às plantas, poluição da atmosfera por volatilização de amônia, contaminação das águas de superfície e de subsuperfície por lixiviação e inibição da microbiota do solo, de maneira que os sistemas adubados com esses resíduos sejam auto-sustentáveis. O presente trabalho visou avaliar as mudanças microbiológicas ocorrentes em um Argissolo Vermelho-Amarelo após a aplicação de dejetos suíno e calcário.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em bancada de laboratório utilizando-se, como unidades experimentais sacos plásticos contendo 2 kg de solo seco. Os tratamentos utilizados em esquema fatorial com 3 blocos, constaram de 6 doses de dejetos suíno (0, 6, 12, 18, 24 e 30 $Mg\ ha^{-1}$) e 2 doses de calcário (0 e 2,7 $Mg\ ha^{-1}$). O calcário foi aplicado na forma de uma mistura de $CaCO_3 + MgCO_3$ (2:1) em doses equivalentes a 0 e 100% da quantidade necessária para elevar o pH do solo a 6,0 (SBCS/MRS, 1995). O solo utilizado foi coletado na unidade de Mapeamento Matarazo, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 1999), sendo coletado na camada de zero a 20 cm e localizado na Fazenda Experimental da Palma/ UFPel, no município de Capão do Leão, RS com as características mostradas na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas do solo utilizado no experimento

Argila	pH	SMP	M.O.	P	K	Cu	Zn	Mn	Al	Ca	Mg	Fe
%	H ₂ O		%			mg L ⁻¹				cmol _c dm ⁻³		%
19	5,0	6,2	2,1	1,9	35	1,1	1,8	43	0,8	1,4	0,6	0,11

O resíduo utilizado foi obtido em uma granja de criação de suínos, pertencente ao grupo Extremo Sul, situada no Município de Pelotas, RS, classificado como

dejetos fermentados (coletados no tanque de decantação) com as características expressas na Tabela 2.

TABELA 2 – Características do dejetos suíno utilizado no experimento.

Nutrientes	Concentração g Kg ⁻¹
Carbono	380
Nitrogênio Total Kjeldahl	35,90
Fósforo	9,93
Potássio	4,98
Calcio	52,24
Magnésio	4,99
Ferro	3,36
Cobre	0,193
Zinco	2,30
Manganês	0,61

O solo em cada unidade experimental foi incubado durante um período de 160 dias com umidade de 0,18 kg kg⁻¹, correspondente a 80 % de água retida à tensão de 0,3 bares. As unidades experimentais foram arejadas e revolvidas semanalmente. Aos 80 e 160 dias de incubação, nas unidades que receberam todos os níveis de dejetos (0, 6, 12, 18, 24 e 30 Mg ha⁻¹) e nas doses 0 e 2,7 Mg ha⁻¹ de calcário foram feitas as determinações da biomassa microbiana, respiração basal do solo (CO₂ liberado), quociente metabólico e potencial de biodegradação.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) e o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foram avaliados pelo método descrito por VANCE et al. (1987), utilizando-se, entretanto para eliminar os microrganismos o forno de microondas (2.450 MHz, marca Panasonic), por cinco minutos (FERREIRA, 1998) e a quantificação foi feita segundo TEDESCO et al., (1995). O dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de respiração microbiana, durante 75 dias de incubação, foi determinado conforme a metodologia proposta por STOTZKY (1965), sendo utilizados 100 g de cada amostra, em base de solo seco em respirômetros de vidro de 0,8 L. O percentual de biodegradação do resíduo foi calculado pela Equação 1.

$$\% \text{ biodegradação} = \frac{C_{\text{adicionado}} - C_{\text{testemunha}}}{C_{\text{adicionado}}} \quad (1)$$

sendo:

% biodegradação = carbono volatilizado com a aplicação das doses de dejetos;

C testemunha = carbono volatilizado com a dose zero de dejetos;

C adicionado = carbono adicionado com a aplicação de dejetos;

O quociente metabólico foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana, segundo a equação 2 (PIRT, 1975; ANDERSON & DOMSCH, 1978).

$$(qCO_2) = \frac{\mu g CO_2 \cdot h^{-1} \cdot g^{-1} \text{ de solo}}{\mu g C_{mic} \cdot g^{-1} \text{ de solo}} \quad (2)$$

A avaliação estatística foi realizada por regressão polinomial, com o auxílio do programa Winstat, desenvolvido pelo Núcleo de Informática da Universidade Federal de Pelotas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O descarte de dejetos suíno ao solo provocou mudanças significativas nos teores de carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), carbono liberado pela biomassa microbiana, qCO₂ e percentual de biodegradação do resíduo. A aplicação de esterco suíno ao solo causou aumentos no CBM até a dose de 18 Mg ha⁻¹, com e sem a aplicação de calcário (Figura 1), sendo que em doses superiores foi observada uma redução no CBM. Presume-se que a adição de dejetos propiciou um aumento no C-microbiano até a 18 Mg ha⁻¹, devido à presença de uma quantidade de substrato orgânico de fácil degradação. A diminuição nos teores de CBM, em doses elevadas, pode ser devida à diminuição da disponibilidade de oxigênio para a microbiota do solo.

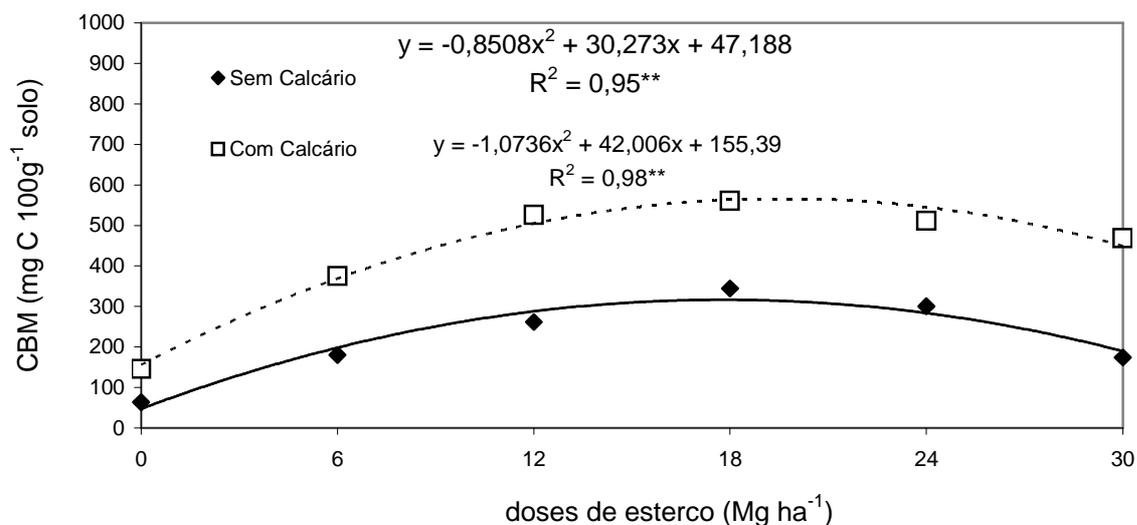


Figura 1 - Teores de C-microbiano do solo em função da aplicação de doses crescentes de dejetos suínos, na presença e ausência de calcário. ** significativo a 1%.

LOPES (2001), de modo semelhante, encontrou um aumento inicial no C-biomassa de solos com a maior quantidade de resíduos orgânicos (biossólido) adicionado, atribuindo isso ao incremento no conteúdo de matéria orgânica e nutrientes no solo, o que favorece o crescimento microbiano. Segundo AMARAL-SOBRINHO et al., (1983), a aplicação de altas doses de resíduos orgânicos, com elevada DBO (demanda bioquímica de oxigênio), podem causar uma redução da pressão parcial de O₂ do ar do solo e conseqüentemente uma redução do potencial redox do solo.

Os valores do carbono da biomassa microbiana (CBM) foram maiores quando houve aplicação conjunta de esterco suíno e calcário (Figura 1). ANDRADE et al. (1995), também observaram que a calagem aumentou a relação CBM/COT, sem causar a alteração do carbono orgânico total (COT), evidenciando assim um aumento no teor de CBM. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento de pH que disponibiliza nutrientes para os microrganismos do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2001), e/ou o efeito na seleção de uma comunidade microbiana mais eficiente para degradação de substratos orgânicos (ANDRADE et al., 1995).

A incorporação de nitrogênio à biomassa microbiana aumentou com a aplicação de dejetos suínos ao solo (Figura 2), corroborando com os resultados encontrados por FRANCO & MELO, (2002), que observaram uma regressão quadrática com aplicações de 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto ao solo, após 150 dias da aplicação deste biossólido. Entretanto, deve ser considerado que as características do biossólido diferem do dejetos suíno em vários aspectos. Nas doses acima de 18 Mg ha⁻¹ notou-se uma estabilização nos teores do NBM.

A aplicação de calcário às amostras de solo não afetou o NBM, concordando com ANDRADE et al. (1995) que verificaram que o NBM não foi alterado com a calagem do solo. É possível que em solos com a acidez corrigida, ocorra um aumento de carbono disponível para os microrganismos aumentando a atividade microbiana sem, no entanto, alterar a biomassa microbiana total (ANDRADE et al., 1995). Segundo ANDRADE et al. (1995) esse efeito pode ser muito importante, pois, com uma maior atividade microbiana, aumenta-se a taxa de mineralização e a velocidade de ciclagem de nutrientes, sem uma correspondente imobilização de nutrientes pela biomassa microbiana.

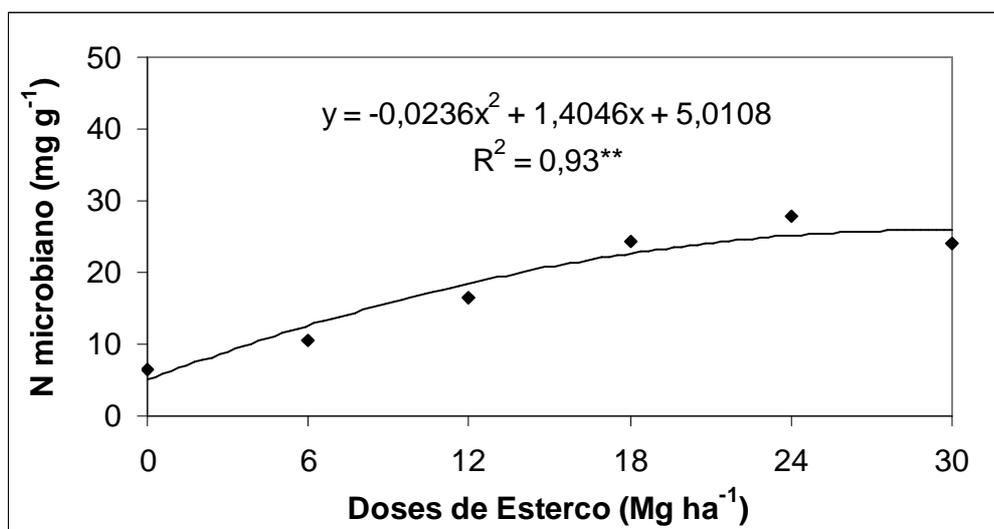


Figura 2. Efeito de doses crescentes de dejetos de suíno sobre o NBM (médias das doses com e sem aplicação de calcário). ** significativo a 1%.

A respiração basal do solo, avaliada pela liberação de C-CO₂ das amostras, aumentou significativamente com as doses de dejetos suíno (Figura 3). O aumento na liberação de C-CO₂ pode ser explicada pelo incremento no conteúdo de matéria orgânica e nutriente ao solo com a aplicação de doses crescentes de dejetos, estimulando assim a atividade microbiana e, ainda, à maior ciclagem da biomassa microbiana, ocasionando um aumento na mineralização de carbono (CHANDER & BROOKES, 1993; LEITA et al., 1995). Além disso, a maior respiração microbiana pode ser atribuída também ao aumento do pH das amostras causado pela adição de

resíduos orgânicos. SAMPAIO et al. (1985), usando dejetos curtidos, observou que a adição desses resíduos ao solo provocou o aumento na quantidade de CO₂ evoluído em relação ao solo testemunha. SAMPAIO & SALCEDO (1982) concluíram que as taxas de liberação de CO₂ são proporcionais às quantidades de resíduos orgânicos incorporados no solo. A aplicação de calcário não modificou a liberação de C-CO₂ pelos microrganismos do solo. Esse fato pode ser explicado pelo fato que a aplicação de dejetos ocasionou um acréscimo no pH do solo, provavelmente pela liberação de substâncias alcalinizantes durante a degradação do dejetos.

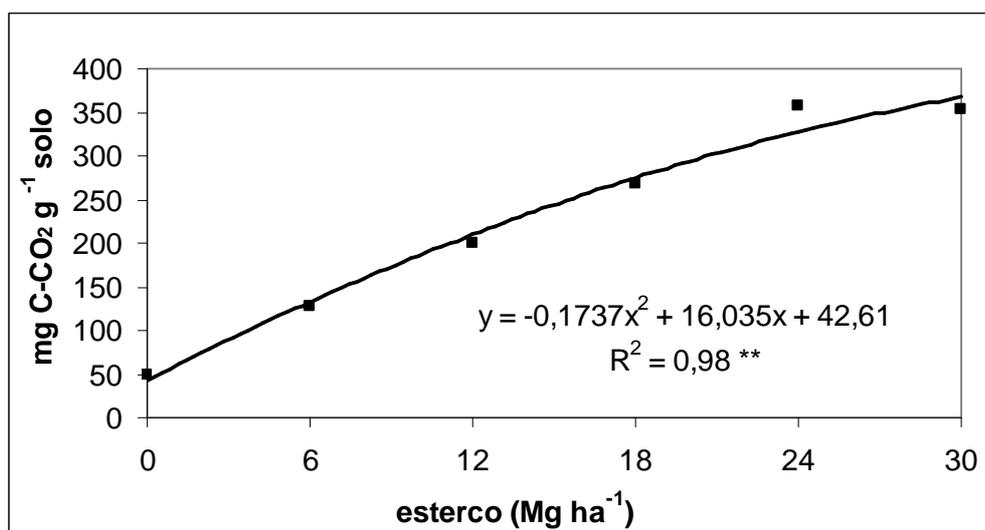


Figura 3. Liberação acumulada de C-CO₂ durante 80 dias de incubação do solo com doses de dejetos de suíno (médias das doses com e sem aplicação de calcário). ** significativo a 1% de probabilidade.

A liberação de C-CO₂ do solo sofreu uma estabilização quando aplicadas doses de dejetos

elevadas (a partir de 24 Mg ha⁻¹), podendo revelar uma estabilização na atividade microbiana do solo, em

virtude desses níveis de dejetos levarem consigo concentrações elevadas de metais ao solo. Esta estabilização pode ser melhor observada quando se considera o percentual de biodegradação. Este diminuiu com o aumento dos níveis de dejetos (Figura 4), provavelmente devido às quantidades de materiais

recalcitrantes que estão presentes no dejetos, o que promoveria uma menor atividade microbiana em altas doses e/ou pelo excesso de carbono a ser degradado durante o período de incubação proposto no presente trabalho.

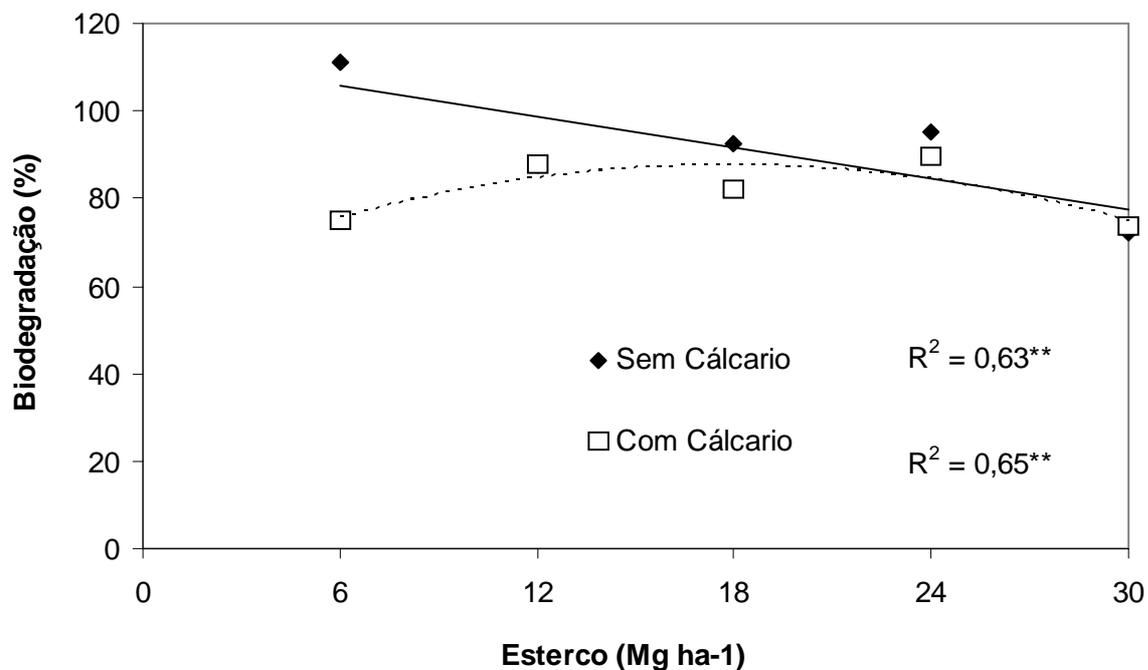


Figura 4. Percentual de biodegradação de dejetos suínos aplicados ao solo em diferentes doses ao final de 80 dias de incubação, na presença e ausência de calcário.

Presume-se que o maior percentual de biodegradação encontrado nas amostras com calcário seja devido ao fato da calagem propiciar à degradação de compostos com propriedades inibitórias à decomposição da matéria orgânica, conforme sugerido por MARSCHNER & WILCAYNSKI (1991).

Outro fator para a medição da qualidade do resíduo aplicado sobre a microbiota do solo é o quociente metabólico, que corresponde à quantidade de CO₂ liberado por unidade de biomassa microbiana produzida e indica a eficiência da comunidade microbiana em reter ou incorporar carbono na biomassa ou perdê-lo para a atmosfera na forma de CO₂. Maiores valores para qCO₂ implicam em maiores perdas de C para a atmosfera na forma de CO₂ por unidade de biomassa microbiana produzida, sendo que

um menor qCO₂ sugere maior eficiência na utilização do carbono do solo (SALA, 2002).

A presença de calcário interferiu significativamente no qCO₂ do solo, sendo que as amostras de solo que receberam calcário tiveram valores menores de qCO₂ (Figura 5). Segundo BARDGETT & SAGGAR (1994), o qCO₂ tem sido utilizado como um indicador de estresse microbiano e interpretado como “eficiência microbiana”, já que se trata da avaliação da energia necessária para manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para síntese de biomassa. Assim, “solos perturbados” apresentariam qCO₂ mais elevado do que “solos não perturbados”. Pela análise dos dados pode-se inferir que a aplicação de dejetos sólidos de suíno ao solo sem a aplicação de calcário causa um maior stress sobre a população microbiana do solo.

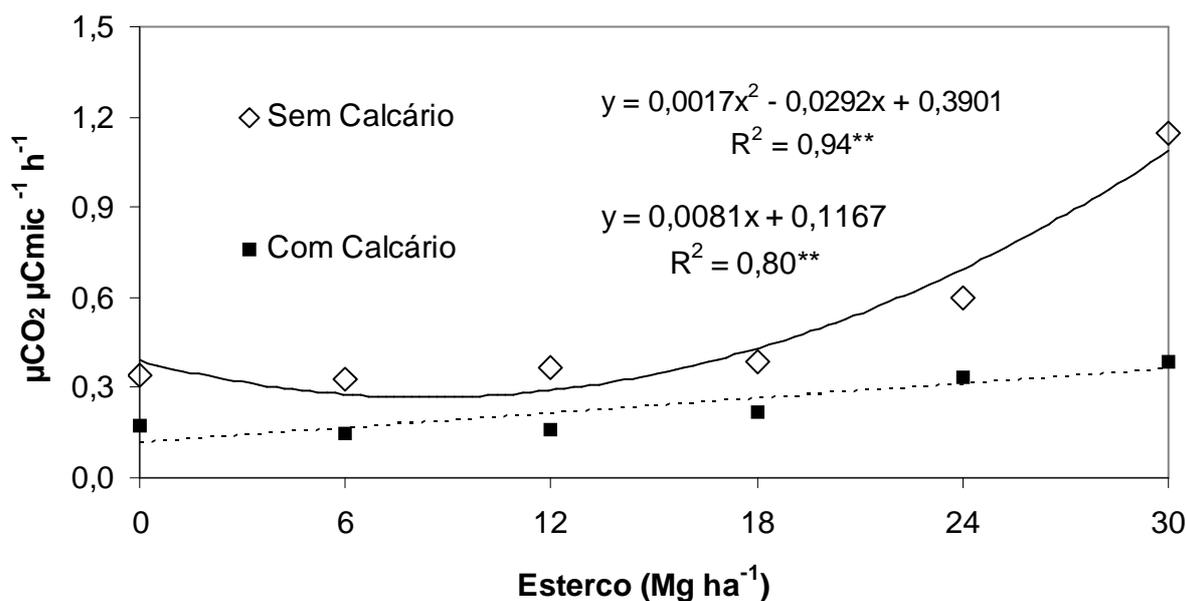


Figura 5. Coeficiente Metabólico (qCO_2) após a aplicação de dejetos suínos, na presença e ausência de calcário. ** significativo a 1% de probabilidade.

A aplicação de doses crescentes de dejetos suíno ao solo provocou um aumento significativo ($P < 0,01$) no qCO_2 . Observa-se na Figura 5, que a aplicação de dejetos suíno ao solo promoveu uma variação quadrática e linear sobre o qCO_2 nas amostras de solo sem e com calcário respectivamente. FORTES-NETO (2000), avaliando a degradação de biossólidos em solos florestais, observaram que o qCO_2 aumentou proporcionalmente às doses de biossólidos adicionadas aos solos. Segundo MELLONI et al. (2001), o maior qCO_2 encontrado em alguns solos indica uma maior atividade microbiana, provavelmente em virtude da maior decomposição da matéria orgânica, reserva e fluxo de nutrientes. O qCO_2 também foi avaliado por CARMO (2000) ao estudar o impacto da aplicação de biossólidos da ETE-Franca em solo argiloso. A autora encontrou valores significativamente maiores de qCO_2 para os solos com as doses mais elevadas de biossólidos logo após sua aplicação, não diferindo, entretanto, do controle, após 64 dias de incubação.

Para LOPES (2000), a alteração do comportamento do qCO_2 nos solos que receberam as maiores concentrações de biossólidos sugere a ocorrência de alterações na estrutura da comunidade microbiana. INSAM et al. (1991) sugerem que em áreas com maiores teores de C pode ocorrer aumento da biomassa microbiana e diminuição na atividade metabólica.

Conforme VIEIRA (2002) os maiores valores de qCO_2 observados com a aplicação de lodo de esgoto ao solo podem indicar que os microrganismos do solo, em decorrência de algum tipo de distúrbio provocado pelo lodo, estariam desviando energia destinada ao

crescimento e produção, para a sua manutenção. Um incremento no qCO_2 foi observado por FLIEBBACH et al. (1994), avaliando solos contaminados com metais. Por outro lado, INSAN et al. (1996), avaliando o efeito de metais pesados no qCO_2 do solo, não observaram diferenças significativas entre solos contaminados e não-contaminados com metais pesados, principalmente Cu e Ni.

CONCLUSÕES

A biomassa microbiana, avaliada pelos teores de CBM e NBM, aumentou pela aplicação de dejetos suínos até as doses 12 e de 18 Mg ha⁻¹, respectivamente.

A liberação de C-CO₂ aumentou com a aplicação de até 24 Mg ha⁻¹, sendo que o percentual de biodegradação do resíduo manteve-se praticamente inalterado até a dose de 18 Mg ha⁻¹ de dejetos suíno. O qCO_2 manteve-se em níveis adequados até a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de dejetos suíno, sendo que a partir deste valor o qCO_2 aumentou sensivelmente evidenciando um estresse da biomassa.

A aplicação conjunta de dejetos de suíno e calcário aumenta o carbono da biomassa microbiana e diminui o quociente metabólico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTA NATOGLIA, O.; BLOTA, L. Soil Organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from theree

tillage systems. **Soil & Tillage Research**, v.33, p.17-28, 1995.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A. C. X.; LEAL, J.R. & ROSSIELLO, R. O. P. Denitrificação e Imobilização de Nitrogênio em Solo Tratado com Vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7:263-268, 1983.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.10, p.215-221, 1978.

ANDRADE, D.S.; COLOZZI-FILHO, A.; PAVAN, M.A.; BALOTA, E.L & CHAVES, J.C.D. Atividade microbiana em função da calagem em um solo cultivado com cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 19: 191-196. 1995.

BAATH, E.; DÍAZ-RAVINA, M.; FROSTEGARD, A.; CAMPBELL, C.D. Effect of metal-rich sludge amendments on the soil microbial community. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, p. 238-245, 1998.

BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labelled (¹⁴C) in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p. 727-733, 1994.

CARMO, J.B. **Impacto da aplicação de biossólidos nas atividades microbianas do solo**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo Piracicaba, 2000. 105p..

CHANDER, K.; BROOKES, P.C. Microbial biomass dynamics during the decomposition of glucose and maize in metal-contaminated and non-contaminated soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p.917-925, 1991.

CHANDER, K.; BROOKES, P.C. Residual effects of zinc, copper and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p.1231-1239, 1993.

COSTA, S. F; BAYER, C; ALBUQUERQUE, J.A; FONTOURA, S. M. V. Efeito Da Calagem Sobre A Eletroquímica E A Física De Um Latossolo Em Plantio Direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2002, Porto Alegre, **Resumos...** Ribeirão Preto, 2002.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília-DF, Embrapa Solos, 1999, 412p.

FERREIRA, A. de S. **Efeitos da adição de resíduos de curtume e carboníferos nas plantas e no solo**. Porto Alegre, 1998. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Solos) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

FLIEßBACH, A.; MARTENS, R.; REBER, H.H.. Soil microbial biomass and microbial activity in soil treated with heavy metal contaminated sewage sludge. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p. 1201-1205, 1994.

FORTES-NETO, P. **Degradação de biossólido incorporado ao solo avaliada através de medidas microbiológicas**. Piracicaba, 2000. 113p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FRANCO, A. C. B. J. & MELO, W.J. Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana em Solo Tratado com Biossólido e Cultivado com Citros. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002. 1 CD - ROM.

INSAM, H.; HUTCHINSON, T.C.; REBER, H.H. Effects os heavy metal stress on the metabolic quotient of the soil microflora. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 691-694, 1996.

INSAN, H.; MITCHELL, C.C.; DORMAAR, J.F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, p.459-464, 1991.

KHAN, M.; SCULLION, J. Effect of soil on microbial responses to metal contamination. **Environmental Pollution**, v.110, p. 115-125, 2000.

KHAN, M.; SCULLION, J. Microbial activity in grassland soil amended with sewage sludge containing varying rates and combinations of CU, Ni and Zn. **Biology Fertility of Soils**, v.30, p.202-209, 1999.

LEITA, L.; DeNOBILI, M.; MUHLBACHOVA, G.; MONDINI, C.; MARCHIOL, L.; ZERBI, G. Bioavailability and effects of heavy metals on soil microbial biomass survival during laboratory incubation. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, p.103-108, 1995.

LOPES, E. B. M; **Diversidade metabólica em solo tratado com biossólidos**. Piracicaba 2001.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001. 66p.

MARSCHNER, B. & WILCAYNSKI, A. W. The effect of liming on the quantity and chemical composition of soil organic matter in pine forest in Berlin, Germany. **PL. Soil**, The Hague, 137(2): 229-236, 1991.

MELLONI, R.; PEREIRA, E. G.; TRANNIN, I. C. B.; SANTOS, D.R. Dos.; MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J.O. Características Biológicas De Solos Sob Mata Ciliar E Campo Cerrado No Sul De Minas Gerais **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.25, n.1, p.7-13, jan./fev., 2001

MOREIRA, F. M. S & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras, Ed. UFLA, 1ª edição, 626p., 2001.

PIRT, S.J. **Principles of Microbe and Cell cultivation**. Oxford, Boston: Blackweel Scientific, 1975. p.274.

SALA, V. M. R. **Atividade Microbiana do Solo e a Interação de Diazotróficos Endofíticos e Fungos Micorrízicos Arbusculares na Cultura do Trigo** Piracicaba, 2002. 123p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SAMPAIO, E.V.S. B & SALCEDO, I.H. Efeito da adição de nitrogênio e Palha – (14C) na Liberação de CO₂ e formação de biomassa microbiana em Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 6: 177-181 1982.

SAMPAIO, E.V.S. B; SALCEDO, I.H; ALVES, G.D; COLAÇO. W. Comparação entre estrume curtido e estrume biodigerido como fonte de nutrientes para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:27-31, 1985.

SBCS/MRS. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2. ed., Passo Fundo: Núcleo Regional Sul/Embrapa CNPT, 1995. 223p.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BONHEN, H. **Análises de Solos, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Boletim Técnico 5). 174p. 1995

VIEIRA F C B; HERBES M G; CERETTA C A; BASSO C J. Uso De Dejetos Líquidos De Suínos Na Agricultura E Evolução De Co₂. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002. 1 CD - ROM.