

ATIVIDADE E BIOMASSA MICROBIANA NO SOLO COM A APLICAÇÃO DE DOIS DIFERENTES LODOS DE CURTUME

PASSIANOTO, Caio C.; CASTILHOS, Danilo D.; CASTILHOS, Rosa M. V.; LIMA, Ana C. R. de; LIMA, Cláudia L. R. de

Departamento de Solos/FAEM/UFPeI, Campus Universitário, Caixa Postal 354, CEP 96010-970, Pelotas-RS. E-mail: caiopassianoto@bol.com.br

(Recebido para publicação em 08/01/2001)

RESUMO

Quando um material rico em C-orgânico é adicionado ao solo, é utilizado pelos organismos como fonte de carbono e energia, ocorrendo um aumento na atividade biológica com posterior liberação de CO₂. O presente trabalho avaliou os efeitos da aplicação de dois lodos de curtume (lodo do caleiro e lodo com crômio) sobre a atividade microbiana através da respiração basal (liberação de CO₂) e sobre a biomassa microbiana. Em unidades com 3 kg de um Planossolo foram aplicados os seguintes tratamentos: 1. Testemunha (solo); 2. Lodo do caleiro (20 Mg ha⁻¹); 3. Lodo com crômio (20 Mg ha⁻¹); 4. Lodo do caleiro (40 Mg ha⁻¹); 5. Lodo com crômio (40 Mg ha⁻¹); 6. Lodo do caleiro (60 Mg ha⁻¹) e 7. Lodo com crômio (60 Mg ha⁻¹). Procedeu-se à avaliação do CO₂ liberado através da captação com NaOH e a avaliação da biomassa microbiana através do método da Irradiação-extração, utilizando-se o forno de microondas para eliminar os microrganismos. Concluiu-se que a adição dos lodos de curtume aumentaram a atividade microbiana do solo, assim como a biomassa microbiana e que a dose máxima de crômio trivalente aplicada na forma de lodo não causou danos a atividade e biomassa microbiana.

Palavras-chave: CO₂, carbono microbiano, lodo do caleiro

ABSTRACT

MICROBIAL ACTIVITY AND BIOMASS IN SOIL AFFECTED BY TWO TANNERY SLUDGES ADDITIONS. When a rich material in C-organic is added to the soil, this is used by the organisms as source of carbon and energy, an increase in the biological activity happening with subsequent CO₂ liberation. The present work evaluated the effects of the application of two tannery sludges (liming sludge and sludge with chromium) on the microbial activity through the basal breathing (liberation of CO₂) and on the microbial biomass. In 3 kg soil samples (Albaqualf) the following treatments were applied: 1. Control (Soil); 2. Liming sludge (20 Mg ha⁻¹); 3. Chromium sludge (20 Mg ha⁻¹); 4. Liming sludge (40 Mg ha⁻¹); 5. Chromium sludge (40 Mg ha⁻¹); 6. Liming sludge (60 Mg ha⁻¹) and 7. Chromium sludge (60 Mg ha⁻¹). The evaluation of CO₂ liberated through captation with NaOH and the microbial biomass was proceeded by the Irradiation-extraction method using the microwave to eliminate the microorganisms. The conclusion was that the addition of the tannery sludge increased the microbial activity of the soil, as well as the microbial biomass and that the maximum dose of applied trivalent chromium in the sludge form did not cause damage to activity and microbial biomass.

Key words: CO₂, microbial carbon, tannery wastes

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul em consequência de sua atividade pecuária expressiva, tem na indústria curtumeira um segmento de grande importância econômica, pois é responsável por 55% do processamento nacional (GUTERRES, 1996), escoando sua produção por todo Brasil e também agregando valores através da exportação de manufaturados. Outro fator importante para o RS é de cunho

social, pois esta atividade caracteriza-se por sua alta participação na geração de empregos comparada a sua participação na geração de renda (SELBACH *et al.*, 1991). No entanto, no curtimento de peles são geradas grandes quantidades de resíduos sólidos e líquidos.

A contaminação do solo é crescente no mundo, já existindo grande extensão de áreas contaminadas por agentes diversos, entre eles, os elementos metálicos, compostos orgânicos e organometálicos, que freqüentemente ocorrem em faixas de concentrações que representam perigo ambiental, com impactos na vegetação e nos organismos do solo.

A matéria orgânica afeta diretamente as características biológicas do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, através da mineralização de N e S orgânico atua como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos (MIELNICZUK, 1999). As populações microbianas do solo sofrem acentuada influência do ambiente, podendo os microrganismos ou seus processos serem inibidos em até 100% por diversos fatores estressantes, como por exemplo a deposição de metais pesados (SIQUEIRA *et al.*, 1994). Portanto, parâmetros microbiológicos são ferramentas bastante úteis no monitoramento da poluição do solo. No entanto, quando estes parâmetros são utilizados individualmente, não oferecem informações adequadas da ação de compostos xenobióticos sobre a comunidade de microrganismos do solo (JAHNEL *et al.*, 1999).

Atividades microbiológicas tais como respiração, fixação biológica do nitrogênio, mineralização de compostos orgânicos, atividade enzimática e biomassa microbiana do solo podem ser quantificadas através de técnicas bastante conhecidas. Combinando atividade microbiológica e estimativas do número de microrganismos, obtêm-se indicadores mais sensíveis da poluição do solo do que aqueles que seriam obtidos através de um único parâmetro (BROOKES, 1995). Sendo assim, a possibilidade de descarte de determinado resíduo no solo depende das características de cada material, e dos efeitos sobre o ambiente. A tolerância microbiana ao crômio é bastante diferenciada em relação às formas trivalentes e hexavalentes. O Cr³⁺ na forma de lodo de curtume (complexos orgânicos solúveis) tem efeito relativamente pequeno sobre a microbiota. GAUGLHOFER (1985) não observou efeito prejudicial decorrentes da aplicação de lodo ao solo em concentrações de até 200 mg kg⁻¹ de Cr³⁺. Com doses de 500 mg kg⁻¹ de Cr³⁺ a atividade respiratória decresceu em apenas 15%.

A poluição da biosfera com metais pesados, decorrentes de ações antrópicas, representa sérios problemas ambientais e de saúde pública em várias regiões do mundo. No solo, o excesso de metais é causado por inúmeras fontes (ALLOWAY, 1990). Considerando que os microrganismos constituem um excelente indicador das condições biológicas do solo, torna-se importante o conhecimento da influência das

adições de lodo de curtume sobre a população microbiana. Este trabalho baseou-se nas seguintes hipóteses: a) A aplicação do lodo no solo aumenta os teores de matéria orgânica na camada superficial, aumentando a atividade biológica; b) A reaplicação de lodos de curtume ao solo, pode ser efetuada em quantidades que não causem problemas referentes a toxidez da microbiota.

MATERIAL E MÉTODOS

No experimento foi utilizado o solo da unidade de mapeamento Pelotas, classificado como PLANOSSOLO Hidromórfico eutrófico (EMBRAPA, 1999), coletado em área do centro de Pesquisas Agropecuárias de Clima Temperado - EMBRAPA, localizado na planície costeira, em Capão do Leão, RS. Os lodos foram coletados no Curtume Arthur Lange, em Turuçú, RS, constando de lodo do caleiro, originado da etapa de depilação da pele, e lodo com crômio, resultante da reunião de todos os efluentes gerados no processo, inclusive o da etapa do curtimento ao crômio. O solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado (1 mm).

Em amostras de 3 kg (base seca), foram aplicados os seguintes tratamentos: 1. Testemunha (solo); 2. Lodo do caleiro (20 Mg ha⁻¹); 3. Lodo com crômio (20 Mg ha⁻¹); 4. Lodo do caleiro (40 Mg ha⁻¹); 5. Lodo com crômio (40 Mg ha⁻¹); 6. Lodo do caleiro (60 Mg ha⁻¹); 7. Lodo com crômio (60 Mg ha⁻¹). A dose máxima utilizada de lodo com crômio foi de 60 Mg ha⁻¹ em base seca, correspondendo à dose máxima permitível de crômio aplicada ao solo que é de 3 Mg kg⁻¹, segundo a USEPA (KING, 1996). A quantidade do resíduo lodo do caleiro incorporada, segue as dosagens utilizadas do lodo com crômio.

O experimento foi conduzido em bancada de laboratório, utilizando-se como unidades experimentais sacos plásticos. As amostras após incubadas e mantidas com umidade de 11g 100g⁻¹ correspondente à 80% do teor retido a tensão de 0,3 bares. Semanalmente foi realizado o revolvimento e arejamento das amostras manualmente e também a reposição da umidade com água destilada com base na perda de peso de cada unidade. Aos 30, 90 e 120 dias de incubação, amostras de 100 g de solo (base seca) foram acondicionados em frascos respirométricos de vidro com capacidade de 0,8 L, hermeticamente fechados. Procedeu-se à captação do CO₂ liberado através da metodologia proposta por STOTZKY (1965). Os resultados foram calculados pela fórmula:

$$\text{mg C-CO}_2 \text{ 100 g}^{-1} \text{ solo} = (\text{VPB} - \text{VA}) \times \text{M ácido} \times \text{Eq. C-CO}_2 \times \text{FC}$$

sendo:

VPB = volume de HCl gasto com a prova em branco;

VA = volume de HCl gasto na amostra;

M ácido = concentração do HCl (Molar);

Eq. C-CO₂ = Equivalente grama do C-CO₂ (6);

FC = Fator de correção (concentração do ácido/concentração da base).

A biomassa microbiana foi determinada pelo método descrito por VANCE *et al.* (1987), utilizando-se, em lugar do clorofórmio, o forno de microondas (2.450 Mhz, marca Panasonic, modelo EM 9003B) por três minutos, para eliminar os microrganismos. Este procedimento de irradiação-extração (IE) foi testado em estudo preliminar por FERREIRA (1998). A determinação do carbono orgânico foi conforme metodologia descrita em TEDESCO *et al.* (1995). O valor do carbono da biomassa microbiana foi calculado pela respectiva equação:

$$C_{mic} = (C_i - C_{ni})/k_c = \mu\text{g g}^{-1} \text{ de C no solo}$$

sendo:

C_{mic} = carbono da biomassa microbiana do solo;

C_i = carbono da amostra irradiada;

C_{ni} = carbono da amostra não irradiada;

k_c = 0,33 (fator de correção proposto por SPARLING & WEST, 1988).

Os dados foram submetidos à análise da variância, teste de médias (Duncan 5%) e correlação utilizando-se o programa Sanest (ZONTA *et al.*, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a estimativa da atividade microbiana através da respiração basal (liberação de CO₂) foi possível avaliar os efeitos da aplicação de dois diferentes resíduos de curtume (lodo do caleiro e lodo com crômio) durante o período de incubação. Com o aumento das doses de resíduos de curtume aplicados, foi observado um acréscimo na produção de CO₂, não ocorrendo em nenhuma das doses inibição do processo respiratório, mesmo na dose mais elevada de lodo com crômio ao solo. Este fato também foi observado por KONRAD *et al.* (2000), que avaliou as alterações químicas e biológicas do solo decorrentes da adição de lodos de curtume. A liberação acumulada C-CO₂ variou significativamente de 51,45 mg C-CO₂ 100 g⁻¹ na testemunha para valores entre 60,75 a 149,55 mg C-CO₂ 100 g⁻¹, observados respectivamente, para menor e maior dosagem de lodo (Tabela 1).

TABELA 1 - Liberação acumulada de carbono (CO₂) do solo durante 148 dias de incubação com resíduos de curtume.

Tratamentos	Liberação mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹ solo
Testemunha (solo)	51,45 e
Lodo do caleiro (20 Mg ha ⁻¹)	60,75 d
Lodo com crômio (20 Mg ha ⁻¹)	78,00 c
Lodo do caleiro (40 Mg ha ⁻¹)	84,45 c
Lodo com crômio (40 Mg ha ⁻¹)	106,95 b
Lodo do caleiro (60 Mg ha ⁻¹)	146,55 a
Lodo com crômio (60 Mg ha ⁻¹)	149,55 a
C.V.(%)	4,94

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Duncan, 5% de probabilidade de erro.

Castilhos *et al.* (2000) constaram que nos tratamentos com a adição de lodo, a quantidade de Cr³⁺ aplicada (500 mg kg⁻¹), não reduziu as populações de bactérias, actinomicetos, fungos e que a atividade microbiana foi estimulada com a incorporação do resíduo. Segundo LEITA *et al.* (1995) a atividade microbiana avaliada através da produção de CO₂ pode ser maior em solos contaminados como consequência do maior consumo de energia dos microrganismos para garantir a sua sobrevivência.

Não houve efeito negativo do crômio na atividade microbiana em nenhuma das doses de lodo aplicadas. JAHNEL (1997) observou que a aplicação de 1.142,4 mg kg⁻¹ de crômio ao solo, na forma de lodo proveniente da indústria de processamento de couro, rico em crômio, não impediu o crescimento e atividade de microrganismos, pelo contrário, favoreceu a sua atividade. PALÁCIO *et al.* (2000) avaliando a biodegradação de resíduos industriais, também observou aumento da atividade microbiana com a adição do resíduo lodo do caleiro. No entanto, HATTORI (1992) verificou que a adição de sal de crômio ao solo reduziu a produção de CO₂.

Outros autores verificaram que a contaminação pode ter efeitos negativos, positivos ou até mesmo não influenciar a respiração do solo (INSAN *et al.*, 1996; DIAS-JÚNIOR *et al.*, 1998).

Em geral, a atividade microbiana foi mais expressiva nos

primeiros dias de incubação, ocorrendo após um decréscimo na liberação de C-CO₂. Este comportamento pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes, observada logo após aplicação dos resíduos que pode ter favorecido a respiração microbiana (Figura 1).

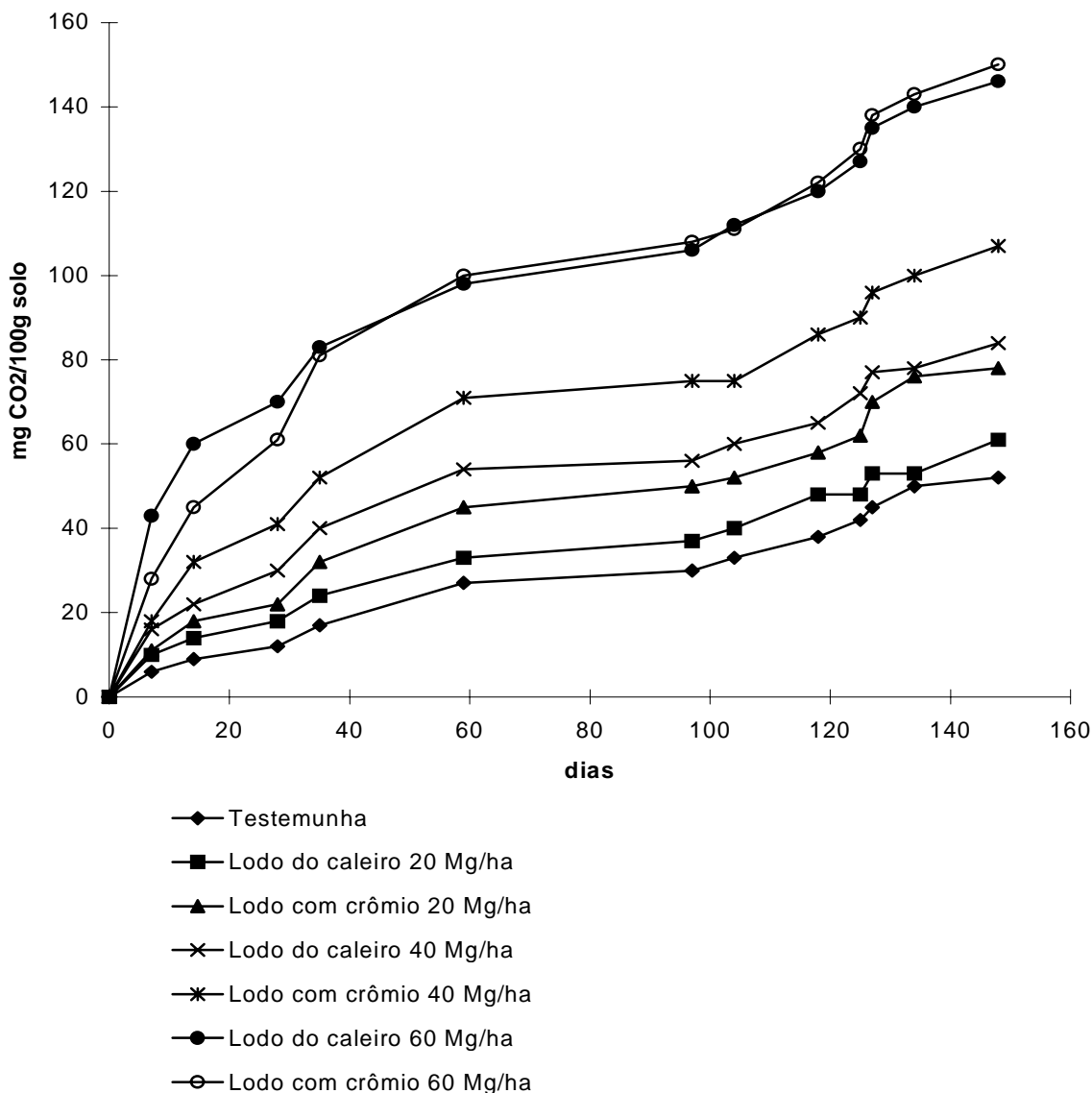


Figura 1 - Liberação acumulada de carbono (CO₂) no solo, após a aplicação de resíduos de curtume. Média de 4 repetições.

Este comportamento pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes, observada logo após aplicação dos resíduos que pode ter favorecido a respiração microbiana. NETO & SOUZA (2000) observaram que sendo a microbiota importante na reconstrução da fertilidade e fornece um indicativo precoce de mudanças no conteúdo de matéria orgânica. A estimativa através da liberação de CO₂, mostra-se bastante indicada como uma das ferramentas para avaliar a recuperação de áreas degradadas, pelo seu baixo custo, eficiência e por indicar mudanças rapidamente.

As equações evidenciaram que o modelo quadrático foi o que apresentou os maiores coeficientes (r^2) entre a

liberação de CO₂ x tempo (Tabela 2).

Pela derivação dessas equações (dCO_2/dt) calculou-se uma taxa de liberação de CO₂ aos 7 dias de 15 e 13 μg C-CO₂ g^{-1} solo dia^{-1} respectivamente para os tratamentos contendo 60 Mg ha^{-1} de lodo com cromo e 60 Mg ha^{-1} de lodo do calcário. Esses resultados bastante semelhantes comprovam que a dosagem de Cr³⁺ aplicada, não causou inibição sobre a atividade microbiana. KONRAD (2000) constatou uma atividade mais intensa para o resíduo lodo com cromo + calcário, quando adicionaram as doses de 250 e 500 mg kg^{-1} de Cr, os quais apresentaram, respectivamente, as taxas 9,3 e 13,2 μg C-CO₂ g^{-1} solo dia^{-1} .

Castilhos et al. (1999) comparando a liberação C-CO₂ nos tratamentos com aplicação de esterco e tratamentos com aplicação de lodo de curtume e considerando que a quantidade de carbono orgânico foi a mesma, observou maior liberação de CO₂ nos solos onde foram aplicados os resíduos de curtume. A ausência de efeitos tóxicos do Cr³⁺ nos resíduos também pode ser visualizada na % de degradação dos diferentes lodos (Tabela 3), cujos valores em cada dose foram até superiores no lodo contendo crômio.

Apesar da baixa degradação dos resíduos durante o período de incubação este processo pode ser aumentado ao longo do tempo, pela ação do lodo como um inóculo, introduzindo ao solo microrganismos, como vários gêneros de bactérias (BASU *et al.*, 1997), adaptados à degradação de seus constituintes e resistentes ao crômio trivalente. Os

tratamentos que receberam o resíduo lodo do caleiro apresentaram degradação crescente de 2,75% na menor dosagem para 9,38% na maior dosagem, enquanto os tratamentos que receberam o resíduo lodo com crômio a degradação aumentou de 7,94% na menor dosagem para 9,78% na maior dosagem. Comparando os tratamentos entre os diferentes lodos, nota-se que ocorreu maior degradação no resíduo lodo com crômio, sendo que esse efeito diminuiu com o aumento das doses. GAMA-RODRIGUES (1997) pondera que esses resultados de respiração acumulada dão uma estimativa da atividade microbiana, sem, contudo, permitir o entendimento sobre o acúmulo de carbono no ecossistema estudado.

TABELA 2 - Equações de regressão da liberação acumulada de C-CO₂ (y) em função do tempo (x) no solo submetido a aplicação de resíduos de curtume.

Tratamentos	Equações	r ²
Testemunha (solo)	$y = -0,0002x^2 + 0,3553x + 3,452$	0,977
Lodo do caleiro (20 Mg ha ⁻¹)	$y = -0,0008x^2 + 0,4854x + 5,906$	0,968
Lodo com crômio (20 Mg ha ⁻¹)	$y = -0,0013x^2 + 0,6417x + 7,962$	0,963
Lodo do caleiro (40 Mg ha ⁻¹)	$y = -0,0019x^2 + 0,7682x + 10,18$	0,959
Lodo com crômio (40 Mg ha ⁻¹)	$y = -0,0031x^2 + 1,0509x + 12,709$	0,955
Lodo do caleiro (60 Mg ha ⁻¹)	$y = -0,0044x^2 + 1,3845x + 27,745$	0,920
Lodo com crômio (60 Mg ha ⁻¹)	$y = -0,0049x^2 + 1,5433x + 18,239$	0,951

TABELA 3 - Carbono liberado pela decomposição microbiana dos lodos aplicados no solo após 148 dias de incubação.

Tratamentos	Carbono		Degradação ¹ %
	Adicionado mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹	Liberado mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹	
Testemunha (solo)	-	51,45	-
Lodo do caleiro (20 Mg ha ⁻¹)	337,90	60,75	2,75
Lodo com crômio (20 Mg ha ⁻¹)	334,30	78,00	7,94
Lodo do caleiro (40 Mg ha ⁻¹)	657,80	84,45	5,01
Lodo com crômio (40 Mg ha ⁻¹)	668,60	106,95	8,30
Lodo do caleiro (60 Mg ha ⁻¹)	1013,70	146,55	9,38
Lodo com crômio (60 Mg ha ⁻¹)	1002,90	149,55	9,78

¹ Para o cálculo foi usada a seguinte expressão: [(mg C liberado - mg C liberado testemunha) / mg C adicionado] x 100.

O carbono e o nitrogênio estão entre os principais constituintes da matéria orgânica. A estimativa do carbono na biomassa microbiana indicou uma variação do mesmo em função dos tratamentos aplicados (Tabelas 4).

TABELA 4 - Determinação do C da biomassa microbiana (CBM), pelo método de irradiação/extração do solo incubado com resíduos de curtume.

Tratamentos	Amostragem - Dias		
	30	90	120
	----- µg g ⁻¹ de solo-----		
Testemunha (solo)	227 e A	212 g C	225 f B
Lodo do caleiro (20 Mg ha ⁻¹)	227 e B	300 f A	225 f C
Lodo com crômio (20 Mg ha ⁻¹)	276 d B	318 e A	250 e C
Lodo do caleiro (40 Mg ha ⁻¹)	303 c C	330 d B	350 d A
Lodo com crômio (40 Mg ha ⁻¹)	303 c C	388 c B	450 c A
Lodo do caleiro (60 Mg ha ⁻¹)	455 b B	398 a C	600 a A
Lodo com crômio (60 Mg ha ⁻¹)	530 a A	393 b C	500 b B
C.V.(%)	3,3		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Duncan, 5% de probabilidade de erro.

A aplicação de 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹ do resíduo lodo do caleiro provocou em média, nas três épocas de amostragens,

acréscimos no CBM em relação a testemunha de 13, 48 e 119%. Estes resultados corroboram os de PALÁCIO *et al.* (2000), os quais constataram uma elevação no CBM em tratamentos que receberam o resíduo lodo do caleiro. Para o lodo com crômio, os tratamentos foram superiores em média de 27, 72 e 114% em comparação com a testemunha. Os aumentos da biomassa microbiana provavelmente são devidos ao aumento do carbono orgânico, sendo que, a presença do metal crômio não causou danos a biomassa, esse fato pode ser observado pelo aumento significativo na média do CBM durante o período de incubação. Lopes & Lambais (2000) avaliando indicadores microbiológicos da qualidade de solos contaminados com crômio, observaram que o carbono da biomassa microbiana em solo argiloso variou em função do período de incubação e que em solo arenoso o CBM não foi afetado pela matéria orgânica, quantidade de Cr adicionada ou período de incubação. FERREIRA (1998) encontrou valores de carbono da biomassa microbiana entre 314 a 501 µg g⁻¹ de solo nos tratamentos que receberam respectivamente, lodo de curtume + PK e crômio mineral (Sulfato de crômio) + lodo de curtume + PK. No presente trabalho, o carbono da biomassa microbiana apresentou uma correlação significativa com o carbono orgânico aplicado no solo (r²=0,74).

CONCLUSÕES

A atividade microbiana, medida pela liberação de C-CO₂, não foi afetada pela presença de crômio no resíduo aplicado e nas dosagens utilizadas;

Houve um incremento da biomassa microbiana expressa pelos teores de carbono microbiano com a aplicação dos resíduos lodo do caleiro e lodo com crômio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. 1.ed. New York: Halsted Press, 1990. 339p.
- BASU, M.; BHATTACHARYA, A.K.; PAUL, A.K. Isolation and characterization of chromium-resistant bacteria from tannery effluents. **Bulletim of environmental contamination and toxicology**, New York, v.58, p.535-542, 1997.
- BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of soils**, v.19, n.4, p.269-279, 1995.
- CASTILHOS, D.D.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Transformações biológicas do solo decorrentes da adição de resíduos de curtume e de cromo hexavalente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Resumo Expandido...** Brasília, DF: SBCS, 1999, CD ROM.
- CASTILHOS, D.D.; VIDOR, C.; CASTILHOS, R.M.V. Atividade microbiana em solo suprido com lodo de curtume e crômio hexavalente. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.1, p.71-76, 2000.
- DIAS-JÚNIOR, H.E.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p.631-640, 1998.
- EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**- Brasília: Embrapa. Produção de informação; Rio de Janeiro: 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) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. da.; BARROS, N.F. de. Biomassa microbiana e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.361-365, 1997.
- GAUGLHOFER, J. Environmental aspects of tanning with chromium. **Journal of the Society Leather Technologists and Chemists**, v.70, p.11-13, 1985.
- GUTERRES, M. Alternativas para destinação do resíduo do rebaixamento do couro "wet-blue". **Revista do couro**, p.49-54, 1996.
- HATTORI, H. Influence of heavy metals on soil microbial activities. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 38, n.1, p. 93-100, 1992.
- INSAN, H.; HUTCHINSON, T.C.; REBER, H.H. Effects of heavy metal stress on the metabolic quotient of the soil microflora. **Soil Biol. Biochem.**, v. 28, p.691-694, 1996.
- JAHNEL, M.C. **Método de plaqueamento por gotas e outros parâmetros microbiológicos na avaliação da degradação de lodo ativado de curtume em solos**. Piracicaba, 1997. 79p. Tese (Doutorado em Agronomia-Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1997.
- JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E.J.B.N.; DIAS, C.T.S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.553-559, 1999.
- KING, L.D. Soil heavy metals. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.; FONTES, M.P.F. (Ed). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, 1996. p.823-836.
- KONRAD, E.E. **Alterações químicas e biológicas do solo decorrentes da adição de lodos de curtume**. Pelotas, 2000. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Solos) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2000.
- KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D. Atividade microbiana em planossolo submetido a aplicação de lodos de curtume. In: FERTIBIO BIODINÂMICA DO SOLO, 2000, Santa Maria. **Resumo Expandido...** Santa Maria, RS: SBCS, 2000, CD -ROM.
- LEITA, L.; NOBILI, M. de; MUHLBACHOVA, G.; MONDINI, C.; MACHIOL, L.; ZERBI, G. Bioavailability and effects of heavy metals on soil microbial biomass during laboratory incubation. **Biology and Fertility of Soil**, v.19, n.2-3, p. 103-108, 1995.
- LOPES, E.B.M. de.; LAMBAIS, M.R. Indicadores microbiológicos da qualidade de solos contaminados com crômio. In: FERTIBIO BIODINÂMICA DO SOLO, 2000, Santa Maria. **Resumo Expandido...** Santa Maria, RS: SBCS, 2000, CD ROM.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.), **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, RS: Genesis, 1999. p.1-8.
- NETO, F.C.M. da.; SOUZA, C.M. de. Avaliação de um método de recuperação de áreas degradadas através da estimativa da respiração da microbiota. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13, 2000, Ilhéus. **Resumo Expandido...** Ilhéus, Ba : SBCS, 2000, CD ROM.
- PALÁCIO, S.M.; STANGARLIN, J.R.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; FAGUNDES, M.R.S. da.; GALDINO, A.P.M.; SPESSATO, S. Avaliação da biodegradação de resíduos industriais através da taxa da respiração e biomassa microbiana. In: FERTIBIO 2000 BIODINÂMICA DO SOLO, 2000, Santa Maria. **Resumo Expandido...** Santa Maria, RS: SBCS, 2000, CD ROM.
- SELBACH, P.A.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; CAVALLET, L.E. Descarte e biodegradação de lodo de curtume no solo. **Revista do couro**, p.51-62, 1991.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M. et al. **Microrganismos e processos biológicos dos solos: perspectiva ambiental**. EMBRAPA-CNPAP, 1994. 142p. (Documentos,45).
- SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p.337-343, 1988.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A. **Methods of Soil Analysis**, Madison: American Society of Agronomy, 1965, v2, p1151-1572.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Departamento de Solos. Faculdade de Agronomia. UFRGS, 1995. 215 p. (Boletim Técnico, 5).

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C.

Soil Biology and Biochemistry, v.19, p.703-107, 1987.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA, J.P. **Sistemas de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST).** Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 151p. 1984.