

ATIVIDADE MICROBIANA EM UM PLANOSSOLO APÓS A ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CURTUME

KONRAD, Eroni E. & CASTILHOS, Danilo D.

Depto. de Solos/UFPEL/FAEM, Caixa Postal 354, cep 96010-970, Pelotas/RS. E-mails: ekonrad@ufpel.tche.br
danilodc@ufpel.tche.br
(Recebido para publicação em 23/03/2001)

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de resíduos de curtume sobre a população e atividade microbiana em um Planossolo Hidromórfico, elaborou-se esse trabalho usando amostras de 100g de solo incubadas em frascos respirométricos de vidro hermeticamente fechados, onde foram aplicadas doses de lodo do caleiro (10.250 e 20.500 kg ha⁻¹) e de lodo com cromo (13.775 e 27.550 kg ha⁻¹) suficientes para incorporar ao solo 250 e 500 mg Cr kg⁻¹. Estes tratamentos foram comparados a outros contendo N, P, K e calcário (CaCO₃ + MgCO₃). As amostras foram mantidas durante 240 dias de incubação, sendo feitas oito coletas para medição da atividade microbiana através do CO₂ liberado. Observou-se que a população e a atividade microbiana não foi afetada pela presença de cromo no lodo. A degradação do resíduo lodo do caleiro foi superior ao lodo ao cromo. A aplicação de calcário aumentou em 12,3% a biodegradação do resíduo lodo com cromo.

Palavras-chave: resíduos de curtume, cromo, microrganismos, biodegradação.

ABSTRACT:

MICROBIAL ACTIVITY ON A ALBAQUALF SOIL AS AFFECTED BY TANNERY WASTES ADDITIONS. This work was carried out in order to evaluate the effects of tannery wastes applications on the microbial number and activity. Samples (100 g) of a Albaqualf soil were placed in glass flasks covered and amended with the "liming tannery sludge" (10.250 and 20.500 kg ha⁻¹) and "chromium sludge" (13.775 and 27.550 kg ha⁻¹) equivalent to 250 and 500 mg Cr kg⁻¹. This treatments were compared with others containing N, P, K and liming (CaCO₃ e MgCO₃). The samples were incubated during 240 days being made 8 measurements of microbial activity by the CO₂ released. The number and microbial activity is not affected by the chromium present in tannery sludge. The biodegradation of liming sludge was higher than chromium sludge. The liming increased in 12,3 % the chromium sludge biodegradation.

Key words: tannery wastes, chromium, microrganismos, biodegradation.

INTRODUÇÃO

A indústria curtumeira é de grande importância econômica no Rio Grande do Sul. Contando com aproximadamente 200 indústrias, o Estado processa atualmente cerca de 14,4 milhões de peles anualmente, o que representa 55% do processamento nacional.

A disposição correta dos resíduos gerados durante o processo de curtimento é uma questão que tem causado discordância entre as indústrias curtumeiras, órgãos ambientais e defensores do meio ambiente. O resíduo acumulado na estação de tratamento primário (lodo com cromo), é descartado em aterros industriais. Este é o método mais utilizado para o descarte, porém envolve altos custos e representa ainda um alto risco, podendo causar graves prejuízos ambientais e comprometimento do ecossistema.

A forma de cromo encontrada no resíduo de curtume originado da estação primária de tratamento (lodo), se apresenta no estado Cr³⁺. Quando esta forma de cromo é encontrada no solo em pH menores que 3,6, é fortemente adsorvida por caulinitas e montmorilonitas. Acima de pH 5,5, forma óxidos e hidróxidos estáveis e de baixíssima solubilidade (RAI et al., 1989; Rutland, 1991). Os compostos orgânicos podem reter o Cr³⁺ em pH acima de 5,5 fazendo com que o metal continue estável, mas solúvel, até que encontre condições de precipitação (RAI et al., 1989).

O Cr³⁺ na forma de complexos orgânicos solúveis tem efeito relativamente pequeno sobre a microbiota, sendo que não foi verificado por GAUGLHOFER (1985) nenhum efeito em concentrações de até 200 mg Cr³⁺ kg⁻¹ sendo que, com 500 mg Cr³⁺ kg⁻¹ de lodo observou-se decréscimo da atividade respiratória em apenas 15%.

CASTILHOS (1998) verificou que a atividade microbiana foi significativamente aumentada na presença do lodo de curtume. A dosagem de Cr³⁺ aplicada (500 mg kg⁻¹), além de não afetar as populações de bactérias, actinomicetos e fungos, não causou inibição da atividade microbiana. Em trabalho semelhante, JAHNEL (1997) observou um acréscimo na produção de CO₂ conforme as doses de lodo de curtume eram aumentadas, alcançando até 1.142 mg Cr kg⁻¹ de solo, não constatando inibição do processo respiratório. ANDRÉ et al. (1997) verificaram que o percentual de degradação do lodo de curtume foi maior quando a dose aplicada foi de 350 mg Cr kg⁻¹ comparado à dose de 700 mg Cr kg⁻¹.

Os microrganismos constituem um excelente indicador das condições biológicas do solo. Assim sendo, elaborou-se este trabalho objetivando avaliar o efeito da adição de lodos de curtume sobre a população e atividade microbiana de um Planossolo.

MATERIAL E MÉTODOS

Solo: Foi utilizado amostras da camada superficial (0-15 cm) do solo da unidade de mapeamento Pelotas, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico Solódico (STRECK et al., 1999), coletado na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado (Pelotas - RS) contendo: umidade=14 g 100g⁻¹; pH (H₂O)= 4,8 ; pH SMP= 5,8 ; argila =210,0 g kg⁻¹ e Matéria orgânica =13,0 g kg⁻¹; P =1,6 mg kg⁻¹ e K =26,0 mg kg⁻¹; Ca=1,4 cmol_c kg⁻¹; Mg =1,0 cmol_c kg⁻¹ e Al =1,5 cmol_c kg⁻¹.

Lodos: Os lodos utilizados foram coletados no Curtume da Empresa Arthur Lange S/A Ind. e Com., Município de Turuçu, RS, constando de lodo do caleiro, originado da etapa de depilação da pele e lodo com cromo, proveniente do tratamento primário das águas residuais do curtimento com cromo. As principais características segundo metodologia descrita em TEDESCO et al. (1995) constam na Tabela 1.

TABELA 1 - Caracterização físico-química dos lodos de curtume utilizados, coletadas no Curtume da Empresa Arthur Lange S/A Ind. e Com., Município de Turuçu - RS

Característica	L. cromo	L. caleiro	Característica	L. cromo	L. caleiro
Umidade (g kg ⁻¹)	856,0	833,0	Ca (g kg ⁻¹)	31,0	180,0
pH	7,1	11,8	Mg (g kg ⁻¹)	1,5	2,2
C. org. (g kg ⁻¹)	595,0	298,0	Na (g kg ⁻¹)	5,9	42,3
PN (%)	4,2	40,9	Cr ³⁺ (g kg ⁻¹)	36,0	0,025
N (g kg ⁻¹)	34,1	25,9	Cr ⁶⁺ (g kg ⁻¹)	0,0	0,0
P (g kg ⁻¹)	2,5	3,1	C/N	17,4	11,5
K (g kg ⁻¹)	1,0	1,8			

Tratamentos: O experimento foi conduzido utilizando-se como unidades experimentais frascos respirométricos de vidro com capacidade para 0,8 L. Os tratamentos adotados foram os seguintes: 1. testemunha (solo); 2. solo + NPK + calcário; 3. solo + lodo do caleiro (10.250 kg ha⁻¹) + PK; 4. solo + lodo do caleiro (20.500 kg ha⁻¹) + PK; 5. solo + lodo com cromo (13.775 kg ha⁻¹) + PK + calcário; 6. solo + lodo com cromo (27.550 kg ha⁻¹) + PK + calcário; 7. solo + lodo com cromo (13.775 kg ha⁻¹) + PK.

Os tratamentos que continham N, P e K receberam, respectivamente 288 mg kg⁻¹ de Uréia, 117 mg kg⁻¹ de superfosfato triplo e 138 mg kg⁻¹ de cloreto de potássio. Estas quantidades corresponderam a aplicações de 130,0, 48,0 e 83,0 mg kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente. O calcário foi aplicado na forma de uma mistura de CaCO₃ + MgCO₃ (2:1) na dose de 4.200 kg ha⁻¹, juntamente com os demais insumos e resíduos. A quantidade do resíduo lodo do caleiro incorporada para a menor dose, foi obtida através da análise do poder de neutralização desse material e do pH SMP do solo, sendo determinada a quantidade necessária para elevar o pH a 6,0, duplicando-se a dose no tratamento seguinte. Para o resíduo lodo com cromo, as dosagens foram aplicadas de modo a incorporar ao solo 250 e 500 mg Cr kg⁻¹, correspondendo a doses de 13.775 e 27.550 kg ha⁻¹, respectivamente.

Condução: Os tratamentos foram aplicados em amostras de 100 g de solo (base seca) que foram acondicionadas em frascos respirométricos, hermeticamente fechados. Cada frasco recebeu um tripé que sustentou um copo de polietileno de 50 mL com 20 mL de NaOH 1 mol L⁻¹. Os frascos foram dispostos sobre bancada de laboratório e conduzidos com três repetições em um delineamento completamente casualizado. As amostras de solo foram mantidas nos frascos respirométricos contendo 15 g 100g⁻¹ de umidade gravimétrica, correspondente ao teor de água retida à tensão de 0,3 bar. A cada análise efetuada, o solo foi revolvido, arejado e corrigida a umidade pela diferença do peso inicial, medido na ocasião da implantação do experimento. Os solos foram incubados durante 240 dias.

Amostragens e determinações: Avaliou-se a atividade microbiana determinando-se a curva de evolução do carbono na forma de CO₂ em amostragens efetuadas aos 3, 8, 15, 27, 51, 78, 155 e 240 dias. O CO₂ liberado pela atividade microbiana foi captado pela solução de NaOH e medido através da titulação do NaOH restante com uma solução de HCl aproximadamente 1 mol L⁻¹ após a adição de 5 mL de uma solução de BaCl₂ (25%) e 3 gotas de fenolftaleína (1%) (STOTZKY, 1965). Foi utilizado um tratamento que compreende a prova em branco que se baseia em um frasco com ausência de solo e contendo apenas o copo com 20 mL de NaOH 1 mol L⁻¹. Os resultados foram calculados pela

seguinte equação 1:

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

Onde: 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 (=6,0), e FC = Fator de correção (concentração do ácido / concentração da base).

Aos setenta dias de incubação, realizou-se a contagem das populações de bactérias, fungos e actinomicetos nos tratamentos, através do método de diluições decimais sucessivas e espalhamento em placas de Petri conforme metodologia proposta por ZUBERER (1994). Partiu-se de 10g de solo que foram colocadas em frascos contendo 95 mL de água destilada. Após agitação, 1 mL da suspensão foi colocado em tubos contendo 9 mL de água destilada estéril, procedendo-se a homogeneização e assim sucessivamente até a diluição de 10⁶. Inocularam-se 0,2 mL das suspensões das diluições 10⁴, 10⁵ e 10⁶ em placas de Petri. Foram utilizados os meios de Thornton para bactérias (PARKINSON et al., 1971), Martin para fungos (MENZIES, 1965) e Caseinato-dextrose-agar para actinomicetos (CLARK, 1965).

Análise estatística: Procedeu-se a análise estatística dos dados através de análise da variação de classificações múltiplas balanceadas, comparação de médias pelo teste de Duncan (5%) e análise de correlação linear com a utilização do programa SANEST desenvolvido na Universidade Federal de Pelotas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

População microbiana: Na expectativa da visualização dos efeitos da aplicação dos resíduos sobre a população microbiana avaliou-se os tratamentos em que o solo recebeu quantidades mais concentradas de lodo do caleiro (20.500 kg ha⁻¹) e lodo com cromo (27.550 kg ha⁻¹), usando o tratamento NPK + calcário como controle para comparação.

Em geral, a população de bactérias, fungos e actinomicetos foi beneficiada com a aplicação dos resíduos. Após 70 dias de incubação, a população de bactérias não apresentou diferenças significativas. Apesar disso, observou-se uma tendência de aumento para o resíduo lodo com cromo, que apresentou 0,36 unidades log unidade formadora de colônia (UFC) g⁻¹ solo superior ao tratamento NPK + calcário (Tabela 2). A contagem de fungos foi maior no lodo com cromo e a população de actinomicetos se desenvolveu melhor no lodo do caleiro. A maior incorporação de carbono orgânico e os efeitos nutricionais e corretivos do lodo com cromo proporcionaram um aumento na população de fungos e actinomicetos em relação ao tratamento NPK + calcário,

respectivamente em 1,24 e 0,59 unidades log UFC g⁻¹ solo.

A menor população fúngica observada no tratamento solo + NPK + calcário pode estar relacionada com o maior valor de pH encontrado neste tratamento (6,9), uma vez que uma boa parte destes microrganismos é beneficiada por ambientes com pH inferior ao observado neste tratamento. Segundo Siqueira et al. (1994), o pH da suspensão do solo não reflete o pH do micro-habitat, devendo ser interpretado com muita cautela, o que dificulta generalizações sobre as relações ecológicas influenciadas pela acidez do ambiente.

A aplicação de lodo do caleiro ao solo não proporcionou diferenças significativas em relação ao tratamento NPK + calcário na avaliação da população de bactérias e fungos, mas promoveu um estímulo sobre a população de actinomicetos, aumentando-a em 1,25 unidades log UFC g⁻¹ solo, quando comparado ao tratamento NPK + calcário. Aquino Neto (1998) trabalhando com o lodo do caleiro, observou que este resíduo possui degradação mais rápida, apresentando meia vida de 25 dias, valor bem inferior ao apresentado pelo resíduo lodo com cromo, que variou entre 100 e 267 dias. Alguns autores relatam que a população de actinomicetos aumenta com o decorrer do tempo pela diminuição da competição com outros grupos microbianos, se estabelecendo por possuir a capacidade de degradar substâncias orgânicas de difícil metabolização por fungos e bactérias.

O cromo sofre reações capazes de fazer com que esse elemento fique pouco disponível para microrganismos, absorção vegetal e lixiviação. As maiores populações observadas com a aplicação do lodo com cromo ao solo indica que não verifica-se efeito inibitório deste metal, na quantidade aplicada, sobre os grupos microbianos avaliados. Em trabalho semelhante, Castilhos (1998) adicionou ao solo, através de resíduo de curtume, uma dose de cromo igual a usada neste experimento (500 mg kg⁻¹) e não observou efeitos inibitórios sobre a população de bactérias, fungos e actinomicetos.

Atividade microbiana: A atividade da microbiota do solo foi avaliada durante 240 dias de incubação pela medição do acúmulo de CO₂ liberado (Tabela 3). O resíduo do caleiro

apresentou liberação de C-CO₂ significativamente maior em relação à testemunha. A maior liberação de C-CO₂ acumulada foi observada nos tratamentos contendo lodo com cromo + calcário. Nestes tratamentos, o resíduo adicionou ao solo um maior teor de carbono orgânico, sendo 8,2 g kg⁻¹ para o tratamento lodo com cromo na dose de 27.550 kg ha⁻¹ e 3,1 g kg⁻¹ para o tratamento lodo do caleiro aplicado na dose de 20.500kg.ha⁻¹.

Em geral, a atividade microbiana foi mais expressiva até os primeiros 50 dias, ocorrendo após um decréscimo na liberação de C-CO₂, em decorrência da diminuição do carbono prontamente oxidável (Figura 1). A partir do 7º dia de incubação, o tratamento contendo lodo com cromo + calcário, que incorporou 250 mg Cr kg⁻¹, apresentou uma liberação de C-CO₂ superior ao tratamento onde o calcário foi suprimido, acumulando até o 27º dia o equivalente a 66,0 mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo, valor que o tratamento 7 somente alcançou após o 70º dia de incubação. Esta maior liberação de CO₂ é explicada pelos efeitos corretivos da acidez neste tratamento.

As equações de regressão das curvas de liberação de C-CO₂ em todos os tratamentos (Tabela 4) indicam que o modelo polinomial (equação quadrática) foi aquele que apresentou o maior coeficiente r². Buscando comparar a taxa de liberação de CO₂ dos diferentes tratamentos em um determinado período, foi feita uma avaliação derivando-se as equações (dCO₂/dt) aos 15 dias após a implantação do experimento, período em que a atividade microbiana mostrou-se bastante efetiva em todos os tratamentos. Constatou-se uma atividade microbiana mais intensa para o resíduo lodo com cromo + calcário, onde os tratamentos que com doses de 13.775 e 27.550 kg ha⁻¹ de lodo apresentaram, respectivamente, as taxas 9,3 e 13,2 µg C-CO₂ g⁻¹ dia⁻¹, seguidos pelo tratamento lodo do caleiro (20.500 kg ha⁻¹), que apresentou a taxa de 8,1 µg C-CO₂ g⁻¹ dia⁻¹. O efeito da aplicação de calcário pode ser avaliada pela diminuição da cinética de liberação de C-CO₂ no tratamento contendo lodo com cromo sem calcário em relação ao tratamento que recebeu calcário, os quais apresentaram, respectivamente, as taxas 7,2 e 9,3 µg C-CO₂ g⁻¹ dia⁻¹.

TABELA 2 - População microbiana do solo após 70 dias de incubação com a aplicação de lodo do caleiro, lodo com cromo, NPK e calcário. Média de três repetições

Tratamentos	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
	log UFC g ⁻¹		
NPK + calcário	6,18	4,50 c	3,30 B
Lodo do caleiro (20.500 kg ha ⁻¹) + PK	6,01	5,65 a	3,59 B
Lodo com cromo (27.550 kg ha ⁻¹) + PK+calc.	6,54	5,09 b	4,54 A

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5%. A ausência de letras significa semelhança estatística pelo teste de Duncan.

TABELA 3 - Liberação acumulada de carbono (CO₂) do solo durante 240 dias de incubação com aplicação dos lodos, calcário e NPK. Média de 3 repetições.

Tratamentos	Liberação mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹ solo	
Testemunha	50,8	e
NPK + calcário	69,2	d
Lodo do caleiro (10.250 kg ha ⁻¹) + PK	62,8	d
Lodo do caleiro (20.500 kg ha ⁻¹) + PK	99,2	b
Lodo com cromo (13.775 kg ha ⁻¹) + PK + calc.	106,4	b
Lodo com cromo (27.550 kg ha ⁻¹) + PK + calc.	151,8	a
Lodo com cromo (13.775 kg ha ⁻¹) + PK	78,9	c

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

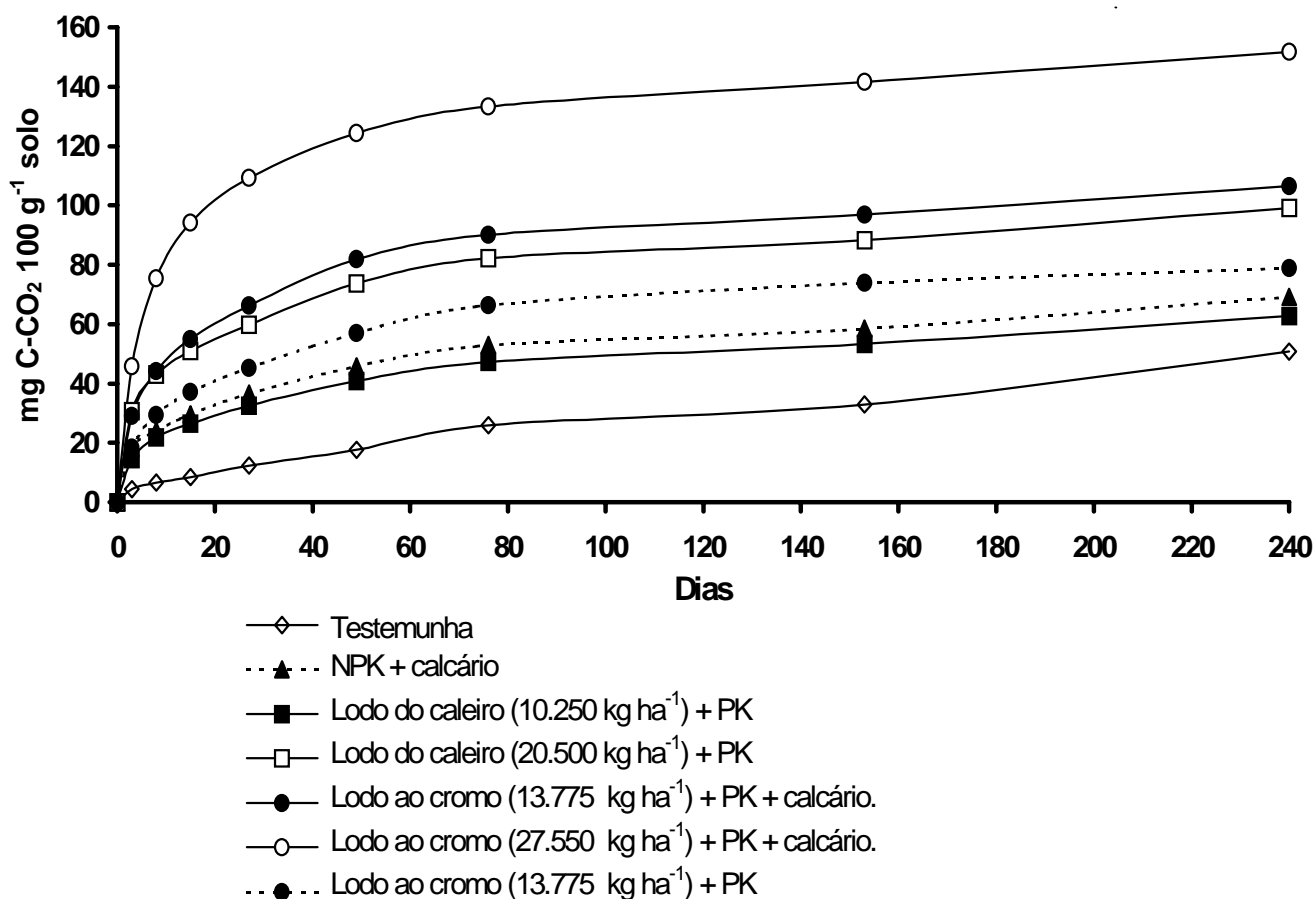


FIGURA 1 - Liberação acumulada de carbono (CO₂) no solo, após a aplicação de resíduos de curtume, calcário e NPK. Média de 3 repetições.

O cromo possui a capacidade de conferir ao couro maior resistência contra os ataques de microrganismos, motivo de seu uso preferencial no curtimento de peles. Esse elemento, em ambientes de pH mais elevado (acima de 5,5), precipita como Cr(OH)₃ (RAI et al., 1989) e pode ser adsorvido por oxidróxidos de Fe, formando complexos estáveis que podem dificultar a ação microbiana (BERTONCINI et al., 1999). Quando avaliou-se a taxa de degradação dos resíduos aplicados (Tabela 5), observou-se que nos tratamentos contendo lodo com cromo a degradação foi inferior ao

tratamento com lodo do calcário na dose de 20.500 kg ha⁻¹. O lodo do calcário, além de não formar complexos estáveis à decomposição possui relação C/N menor, o que permite uma mineralização mais intensa do resíduo.

Os menores percentuais de degradação observados para os tratamentos lodo do calcário na dose de 10.250 kg ha⁻¹ e lodo com cromo sem calcário (Tabela 5) podem ser decorrentes da baixa correção da acidez do solo nesses tratamentos.

TABELA 4 - Equações de regressão da liberação acumulada de C-CO₂ (y) em função do tempo (x) no solo submetido a aplicação de resíduos de curtume, NPK e calcário.

Tratamentos	Equações	r ²
Testemunha	$y = 3,72 + 0,28x - 0,0040x^2$	0,98
NPK + calcário	$y = 16,01 + 0,58x - 0,0015x^2$	0,87
Lodo do calcário (10.250 kg ha ⁻¹) + PK	$y = 13,85 + 0,53x - 0,0014x^2$	0,88
Lodo do calcário (20.500 kg ha ⁻¹) + PK	$y = 28,09 + 0,88x - 0,0025x^2$	0,82
Lodo com cromo (13.775 kg ha ⁻¹) + PK + calc.	$y = 28,78 + 1,02x - 0,0030x^2$	0,83
Lodo com cromo (27.550 kg ha ⁻¹) + PK + calc.	$y = 49,65 + 1,46x - 0,0045x^2$	0,75
Lodo com cromo (13.775 kg ha ⁻¹) + PK	$y = 18,13 + 0,79x - 0,0023x^2$	0,88

TABELA 5 - Carbono liberado pela decomposição microbiana dos lodos aplicados no solo após 240 dias de incubação. Média de 3 repetições.

Tratamentos	Carbono	Degradação ¹
	Adicionado mg C 100 g ⁻¹	---- % ----
Testemunha	-	-
NPK + calcário	27,4	-
Lodo do caleiro (10.250 kg ha ⁻¹)+PK	152,7	7,9
Lodo do caleiro (20.500 kg ha ⁻¹)+PK	305,5	15,8
Lodo com cromo (13.775 kg ha ⁻¹) + PK + Calcário	437,1	8,5
Lodo com cromo (27.550 kg ha ⁻¹) + PK + Calcário	846,9	9,8
Lodo com cromo(13.775 kg ha ⁻¹)+PK	409,8	6,9

¹ Para os tratamentos lodo do caleiro que aplicaram as doses 10.250 kg ha⁻¹ e 20.500 kg ha⁻¹ e lodo com cromo sem calcário foi usada a seguinte expressão: [(mg C liberado – mg C liberado testemunha) / mg C adicionado] . 100, e para os tratamentos lodo com cromo + calcário: [(mg C liberado – mg C liberado NPK + calcário) / mg C adicionado] . 100.

A adição de matéria orgânica contendo o metal cromo não causou efeito inibitório sobre a atividade microbiana. O Cr³⁺ na forma de lodo de curtume (complexos orgânicos solúveis) tem efeito relativamente pequeno sobre a microbiota, a não ser em quantidades que incorporaram concentrações ao redor de 500 mg kg⁻¹ de Cr³⁺ (GAUGLHOFER, 1985). Outros autores, trabalhando sobre a aplicação de lodo de curtume ao solo, também não evidenciaram influência do cromo sobre os microrganismos. JAHNEL (1997) observou um acréscimo na produção de CO₂ com o aumento de doses de lodo de curtume, que alcançaram até 1.142 mg Cr kg⁻¹ solo, não sendo observada inibição do processo respiratório. ANDRÉ et al. (1997) verificaram que o percentual de degradação de lodo de curtume foi maior quando a dose aplicada foi de 350 mg Cr kg⁻¹ comparada à dose de 700 mg Cr kg⁻¹.

CONCLUSÕES

- A população e a atividade microbiana são aumentadas com a aplicação ao solo dos resíduos de curtume lodo do caleiro e lodo com cromo e não são afetadas com a incorporação ao solo de 500 mg kg⁻¹ de Cr³⁺ na forma de resíduo.
- A degradação do resíduo lodo do caleiro foi superior ao lodo ao cromo.
- A biodegradação do resíduo lodo com cromo no solo é maior quando também é aplicado calcário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ E. M.; MATTIAZZO, M. E. Biodegradabilidade de um resíduo de curtume aplicado a Latossolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumo Expandido....** Rio de Janeiro: SBCS, 1997, CD ROM.
- AQUINO NETO de VICENTE. **Avaliação do aproveitamento agrícola de lodos de curtume.** Piracicaba, 1998. 111p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Solos e Nutrição de Plantas) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- BERTONCINI, E. I. ; MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.23,p.737-744, 1999.
- CASTILHOS, D.D. **Alterações químicas e biológicas do solo resultantes da adição de resíduos de curtume e cromo hexavalente.** Porto Alegre: UFRGS, 1998 194p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CLARK, F.E. Actinomycetes. In: BLACK, C.A. **Methods of Soil Analysis.** Madison: American Society of Agronomy, 1965, v.2, cap. 101, p. 1473-1476.
- GAUGLHOFER, J. Environmental aspects of tanning with chromium. **Journal of the Society Leather Technologists and Chemists**, v.70. p.11-13, 1985.
- 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) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- MENZIES, J.D. Fungi. In: BLACK, C.A. (ed.) **Methods of Soil Analysis.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.2, cap. 107, p.1502-1505.
- PARKINSON, E.S.; GRAY, T.R.G.; WILLIAMS, S.T. **Methods for Studying the Ecology of Soil Microorganisms.** Oxford: Adlard, 1971. 116p.
- RAI, D.; EARY, L.; ZACHARA, E. Environmental chemistry of chromium. **Science of Total Environment**, v.86, p.15-23, 1989.
- RUTLAND, F.H. Environmental compatibility of chromium-containing tannery and other leather product wastes at land disposal sites. **Journal of the American Leather Chemistry Association**, Cincinnati, v.86,p.364-373, 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)
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; KLAMT, E. **Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul.** Informativo da Emater – RS, Porto Alegre, V.16, n.9, 28 jul. 1999. 5p.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. In: Black, C.A., ed. **Methods of Soil Analysis.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.2, cap.113, p. 1551 – 1572.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos. Faculdade de Agronomia. UFRGS, 1995. 215 p. (Boletim Técnico, 5).
- ZUBERER, D. A. Recovery and enumeration of viable bacteria: Methods of soil analysis. Madison: **American Society of Agronomy.** Part 2: Microbiological and Biochemical Properties. 1994. Cap.8, p.120-142