

Comportamento da microbiota de um Argissolo submetido à aplicação de resíduos orgânicos e insumos agrícolas

Antonio Nolla¹, Marcelo de Paula Segatto² e Tiago Roque Benetoli da Silva¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP.: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

¹Ministério da Agricultura, Superintendência Federal de Agricultura, Rua José Veríssimo 420, CEP.: 82820-000, Bairro Tarumã, Curitiba, PR.

anolla@uem.br, marcelo.segatto@agricultura.gov.br, trbsilva@uem.br

Resumo: Os microrganismos do solo atuam na reciclagem de nutrientes, eliminação de pesticidas e de produtos químicos provenientes de resíduos agrícolas e industriais. Assim, é desejável avaliar o impacto da aplicação de resíduos e o papel da microbiota do solo na decomposição dos resíduos, e sua destinação no solo. Objetivou-se avaliar a atividade microbiana de um Argissolo submetido à aplicação de diferentes resíduos. Acondicionou-se, em frascos de vidro, 400 gramas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico, incorporando-se ao solo fungicida, enxofre pó e granulado, lodo de curtume, óleo diesel, esterco bovino, serragem, herbicida e resíduo de cervejaria, além do tratamento testemunha. Os tratamentos foram incubados por 31 dias, mantendo-se a umidade a 70% da capacidade de campo. A atividade microbiana nos tratamentos foi avaliada aos 2, 4, 10, 17, 24 e 31 dias através da evolução de CO₂. A aplicação de fungicida, enxofre em pó e granulado não ativou a microbiota do solo. O lodo de curtume apresentou a ativação microbiana mais uniforme. O óleo diesel estimulou mais a microbiota até os 17 dias de incubação. O herbicida atrazina ativou a microbiota, apesar de ser um xenobiótico. O esterco e resíduo de cervejaria ativaram a microbiota após os 4 dias iniciais.

Palavras-chave: Atividade microbiana, evolução de CO₂, resíduos industriais, defensivos agrícolas.

Behavior of microbial population in a subtropical submitted to the application of organic waste and agricultural inputs

Abstract: The soil micro-organisms act in the recycling of nutrients, elimination of pesticides and chemicals products from agricultural and industrial waste. Thus, it is desirable to evaluate the impact of waste application and the role of soil microbial population in the decomposition of waste and its disposal in the soil. The objective of this work was to evaluate the microbial activity in a clay soil subject to the application of different residues. Holds up in glass jars, 400 grams of an sandy soil. It was incorporated in the soil fungicide, sulfur powder and granular, tannery sludge, diesel fuel, manure, sawdust, herbicide and beer residue, and a control treatment. The treatments were incubated for 31 days, keeping the humidity to 70% of field capacity. The microbial activity in the treatments was evaluated at 2, 4, 10, 17, 24 and 31 days through the evolution of CO₂. The application of fungicide, sulfur powder and granules are not activated the microbial population. Tannery sludge microbial activation showed more uniform. The diesel oil stimulated more the microbiota up to 17 days of incubation. The

herbicide atrazine activated the microbiota, although a xenobiotic. The manure and beer residue activated microbiota after the initial 4 days.

Key words: Microbial activity, CO₂ evolution, industrial waste, pesticides.

Introdução

O solo é um sistema natural, desenvolvido a partir de restos orgânicos e da decomposição de rochas, sob a influência do clima e do meio biológico. Concomitantemente à formação do solo, a presença de animais e vegetais resulta na formação e acúmulo de matéria orgânica a qual atua na estruturação do solo. Este efeito não seria representativo caso não houvesse a atividade microbiana. Assim, juntamente com a física e a fertilidade, a microbiologia do solo constitui um dos pilares básicos para o estudo do complexo sistema solo (Fassbender, 1975; Fontes *et al.*, 1992; Moreira e Siqueira, 2006). Há no solo uma grande diversidade de microrganismos, caracterizada por intensa atividade metabólica. Estes microrganismos atuam na reciclagem de nutrientes, eliminação de pesticidas e de muitos produtos químicos provenientes de resíduos agrícolas e industriais.

Os esterco animais são empregados como fertilizantes há milênios. Estes apresentam uma grande quantidade de microrganismos, e sua composição é influenciada pelo teor de umidade, pela espécie animal e sua alimentação (Kiehl, 1985). Ao ser incorporado ao solo, o esterco sofre intensa atividade microbiológica, liberando ao solo nutrientes, matéria orgânica e elementos essenciais para o desenvolvimento de plantas. Assim, avaliações sobre a atividade microbiológica após a incorporação de esterco no solo são importantes para se saber qual a eficiência de decomposição do composto, a dosagem ideal a adicionar e o destino deste no solo.

Segundo Melo *et al.* (1999) e Selbach *et al.* (1999), o homem ao utilizar os recursos naturais que o planeta oferece, gera uma infinidade de resíduos oriundos dos mais variados setores de transformação da matéria prima. Em áreas com baixa densidade demográfica tais resíduos são reciclados pelo ambiente, mas nos grandes centros urbanos, em função da elevada quantidade de resíduos produzidos, a reciclagem é lenta, ocasionando impactos ambientais como a poluição de recursos hídricos e do próprio solo. Para que isso não ocorra, são utilizadas técnicas fundamentais para a manutenção do ambiente saudável, tais como: a intensificação do processo de reciclagem, a coleta e tratamento de águas residuais e o tratamento e disposição correta de resíduo urbano e industrial. Novamente o estudo da

microbiota do solo é essencial, porque os microrganismos são agentes básicos nas transformações dos resíduos produzidos pela população.

Herbicidas e fungicidas são substâncias químicas produzidas com a finalidade de controlar plantas espontâneas e microrganismos. Para exercer sua função, estes produtos químicos (herbicidas e fungicidas) devem apresentar na sua estrutura química, elementos que influenciem a atividade biológica. Os herbicidas e fungicidas são sintetizados pelo homem, e com isso são considerados produtos estranhos ao meio ambiente, comumente denominados xenobióticos (Ávila *et al.*, 2009).

Depois de aplicado ao solo e ter exercido sua função, um xenobiótico pode permanecer no solo mantendo ou não seu efeito biológico. Por isto, é necessário entender o comportamento de um xenobiótico no solo para saber se este irá ocasionar ou não algum dano à microbiota do solo, e se há microrganismos hábeis em utilizá-lo como fonte de carbono; assim a atividade microbiana, a biomassa microbiana produzida e a composição de microrganismos do solo são parâmetros fundamentais a serem determinados (Lavorenti, 1999).

O enxofre é o macronutriente menos empregado nas adubações. Porém, seu estudo é importante porque cultivos sucessivos, visando a produção de alimentos para o homem e animais, têm exaurido suas reservas do solo (Mello *et al.* 1989, Novais *et al.*, 2007). Ao ser adicionado determinado elemento ao solo, parte dele será aproveitado pelas plantas, perdido por lixiviação ou utilizado pelos microrganismos em seu metabolismo, entre outros. Dependendo do tipo de fertilizante, os microrganismos têm maior ou menor habilidade em metabolizá-lo. Saber qual o tipo de fertilizante mais adequado a utilizar é fundamental, pois além de proporcionar melhoras no rendimento da cultura, o fertilizante adicionado deve ativar a microbiota do solo (Moreira e Siqueira, 2006; Novais *et al.*, 2007).

A automação e a desenfreada utilização dos combustíveis fósseis tem contribuído significativamente na utilização das reservas de carbono da terra, e conseqüente produção de CO₂. Muitos efeitos produzidos pela sua queima ainda são desconhecidos, sendo necessários estudos para se saber qual o impacto sobre o meio ambiente. Ao ser adicionado ao solo, este produto ocasiona diversas alterações na microbiota. Portanto, o estudo do impacto da incorporação de combustível sobre os microrganismos do solo pode exemplificar o que este provoca no meio ambiente como um todo.

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a atividade microbiana de um Argissolo submetido à aplicação de diferentes resíduos ao solo, através da evolução de CO₂.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no laboratório de Microbiologia do solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Utilizou-se amostras de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico originalmente sob mata natural, coletado na Estação Experimental da Agronomia – UFRGS de Eldorado do Sul. Inicialmente, o solo foi amostrado com trado holandês na camada de 0-20 cm, para a caracterização química, descrita na Tabela 1. As amostras coletadas foram secas ao ar livre e tamisadas com peneira de 2mm.

Tabela 1. Caracterização química do Argissolo Vermelho distrófico típico sob campo natural utilizado como base experimental

pH	Ca ^{*(1)}	Mg ^{*(1)}	Al ^{*(1)}	P ^{*(2)}	K ^{*(2)}	H + Al ^{*(3)}	T ^{*(4)}	V ^{*(5)}	m ^{*(6)}	COS ⁽⁷⁾
(H ₂ O)*	-----mmol _c kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹	mmol _c kg ⁻¹	-----mmol _c kg ⁻¹ -----		-----%-----		g L ⁻¹
5,0	27	14	7	3,3	3,5	39	83,5	53	13,59	13,9

* Metodologias de análises descritas em Tedesco *et al.* (1995) ⁽¹⁾ = Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ⁽²⁾ = Extrator Mehlich I; ⁽³⁾ H+Al = acidez potencial - extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; ⁽⁴⁾ T = capacidade de troca de cátions (pH 7,0) = SB + H+Al; ⁽⁵⁾ V = saturação por bases = 100 SB / T; ⁽⁶⁾ m = saturação por alumínio = 100Al⁺³ / SB + Al⁺³; ⁽⁷⁾ COS = carbono orgânico solúvel (Moore,1985).

Inicialmente foi acondicionada em frascos de vidro uma quantia aproximada de 400 gramas de solo por frasco, previamente umedecido a 70% da capacidade de campo. O experimento constitui-se de 10 tratamentos, correspondentes a diferentes materiais incorporados ao solo: testemunha, fungicida (Ridomil – 200 kg.ha⁻¹), enxofre (s) pó (170 kg.ha⁻¹), enxofre (s) granulado (170 kg.ha⁻¹), lodo de curtume (30 t.ha⁻¹), combustível óleo diesel (20000 l.ha⁻¹), esterco bovino (20 t.ha⁻¹), serragem (10 t.ha⁻¹), herbicida atrazina (25 l.ha⁻¹) e resíduo de cervejaria (125 t.ha⁻¹). As parcelas foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 repetições.

Os tratamentos foram incubados por 31 dias, mantendo-se a umidade a 70% da capacidade de campo. A atividade microbiana nos diferentes tratamentos foi avaliada aos 2,

4, 10, 17, 24 e 31 dias através da evolução de CO_2 em 20 mL de NaOH (1 mol L^{-1}) e posterior titulação com solução de HCl ($0,65 \text{ mol L}^{-1}$), após a precipitação do carbonato com BaCl_2 (Jenkinson e Powlson, 1976).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SANEST e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). Relacionou-se o CO_2 acumulado com o tempo de incubação, para avaliar a atividade microbiana de um Argissolo submetido à aplicação de diferentes resíduos.

Resultados e Discussão

Os tratamentos com fungicida, enxofre em pó e granulado não foram eficazes em ativar a população microbiana do solo (Figura 1). Através dos resultados obtidos pela evolução de CO_2 , observa-se que o fungicida Ridomil, além de exercer efeito fungicida, foi pouco efetivo no desenvolvimento dos demais microrganismos (Figura 1, Tabela 2). Isto pode ter ocorrido porque sendo um biocida, este produto pode inibir o desenvolvimento microbiano (Moreira e Siqueira, 2006).

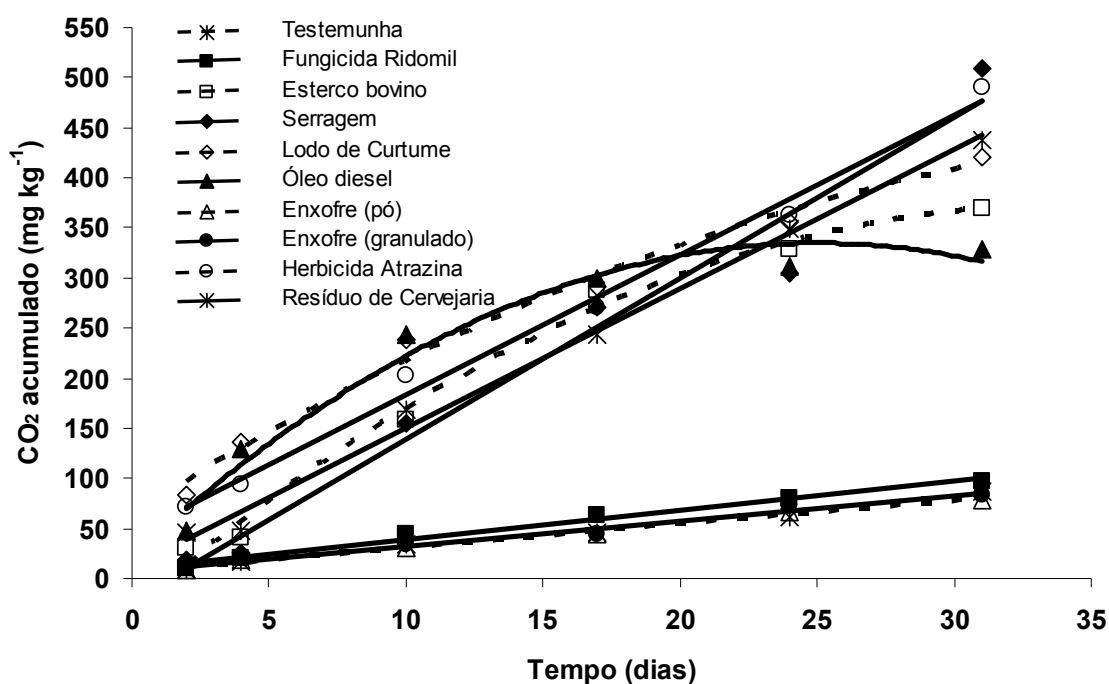


Figura 1: Evolução de CO_2 (mg.kg^{-1}) liberado do solo, em função da aplicação de diferentes resíduos em um Argissolo Vermelho Distrófico Típico originalmente sob mata natural.

Os dois tratamentos com enxofre não estimularam a atividade microbiológica (Figura 1, Tabela 2) provavelmente porque além do enxofre não ser fonte carbonada, a oxidação do enxofre elementar a sulfato é promovida por bactérias heterotróficas mesófilas do gênero *Thiobacillus*, as quais tem ótimo desenvolvimento a temperaturas entre 20 e 43⁰C (Cardoso *et al.*, 1992), porém a temperatura de incubação do experimento esteve entre 15 e 16⁰C (Figura 1). Assim, não houve ativação da população microbiana devido à temperatura baixa e o tempo relativamente curto de incubação, visto que é necessário 6-18 semanas para que haja ativação das bactérias do gênero *Thiobacillus*.

Tabela 2. Equações de regressão (e sua significância) relacionando atividade microbiana e tempo de incubação de diferentes resíduos aplicados em um Argissolo Vermelho Distrófico Típico originalmente sob mata natural

Tratamento	Equação	Ajuste (R ²)	Significância
Testemunha	$Y = 2,499x + 5,94$	0,98	P > 0,05
Fungicida (Ridomil)	$Y = 2,927x + 9,67$	0,99	P > 0,05
Esterco bovino	$Y = -0,342x^2 + 23,51x - 30,946$	0,99	P < 0,05
Serragem	$Y = 16,101x - 21,977$	0,97	P < 0,05
Lodo de curtume	$Y = -0,195x^2 + 17,305x + 63,949$	0,99	P < 0,05
Óleo diesel	$Y = -0,5026x^2 + 25,101x + 21,53$	0,97	P < 0,05
Enxofre (pó)	$Y = 2,336x + 6,822$	0,99	P > 0,05
Enxofre (granulado)	$Y = 2,488x + 7,771$	0,98	P > 0,05
Herbicida Atrazina	$Y = 14,018x + 11,586$	0,99	P < 0,05
Resíduo de Cervejaria	$Y = 13,880x + 11,586$	0,99	P < 0,05

Observa-se que os demais tratamentos estimularam a microbiota do solo. Entre eles, o Lodo de Curtume foi o resíduo incorporado ao solo que apresentou o crescimento da atividade microbiana mais uniforme durante todo período de avaliação (Figura 1, Tabela 2). Isto ocorreu porque trata-se de um resíduo com baixa relação C:N e alta umidade (Castilhos *et al.*, 2000), que provavelmente ativou a atividade microbiana com sua incorporação ao solo. Além

disso, é provável que o resíduo adicionado ao solo apresentava um teor baixo de cromo, porque em concentrações razoáveis, este elemento químico é inibidor enzimático (Kabata-Pendias e Pendias, 1986; Castilhos *et al.*, 2002).

O combustível óleo diesel foi o resíduo que mais estimulou a atividade microbiológica, até os 17 dias após a incorporação do resíduo ao solo (Figura 1, Tabela 2). Por ser fonte de carbono fóssil, provavelmente os microrganismos foram muito eficazes em decompor o substrato num primeiro momento, e a partir dos 17 dias de incubação, a atividade microbiológica não aumentou (Figura 1) por ter sido exaurido o carbono que havia no substrato (Nakatani *et al.*, 2008).

Entre os resíduos que estimularam a atividade microbiana, a serragem foi um dos menos efetivos em proporcionar desenvolvimento microbiano até os 24 dias de incubação (Figura 1, Tabela 2). Por se tratar de resíduo com alta relação C:N, já esperava-se que os microrganismos fossem menos eficazes em metabolizar o substrato (Maragno *et al.*, 2007). Porém na última avaliação (aos 31 dias), o tratamento com serragem apresentou um grande aumento na atividade microbiológica, superando todos os demais tratamentos. O pH baixo pode ter favorecido a atividade de fungos. Parece que após 24 dias da instalação do experimento, os fungos atuaram mais efetivamente na metabolização do substrato, porém, não justificando a abrupta ascensão da atividade metabólica ocorrida em curto intervalo de tempo.

O herbicida Atrazina causou efeito positivo na atividade microbiana, apesar de ser um composto Xenobiótico. Comparada com o fungicida Ridomil, também Xenobiótico, a Atrazina estimulou bastante a atividade microbiana, chegando aos 31 dias de incubação com o segundo maior resultado de evolução de CO₂ (Figura 1, Tabela 2). Isto pode ter ocorrido porque a Atrazina possui na sua estrutura química o grupamento amina, que é fonte de nitrogênio (Ávila *et al.*, 2009). Desta forma, parece que o nitrogênio presente na estrutura química da Atrazina estimulou a atividade metabólica dos microrganismos, ainda porque a dosagem aplicada ao solo foi de 5 vezes a recomendada (25 l.ha⁻¹) para o milho (FEPAGRO..., 1998).

Os tratamentos com Esterco e Resíduo de Cervejaria apresentaram uma fase de adaptação (Lag) nos primeiros 4 dias de incubação. Após a adaptação, houve crescimento exponencial da atividade microbiológica até o final do experimento (Figura 1, Tabela 2). Até os 10 dias, a evolução de CO₂ dos dois tratamentos foi muito semelhante. Aos 17 dias o esterco apresentou uma maior atividade microbiológica, e depois o resíduo de cervejaria foi superior, sendo que no final do experimento os dois tratamentos estiveram entre os 5 que apresentaram maior atividade microbiológica. A semelhança entre eles pode ter se verificado

em função da relação C:N baixa (menor que 20:1) com conseqüente facilidade em metabolização destes substratos pelos microrganismos (Moreira e Siqueira, 2006). O resíduo de cervejaria se encontrava com aspecto pastoso, e umidade igual ou superior ao do esterco. A dosagem aplicada ao solo foi de 125 t.ha⁻¹ e 20 t.ha⁻¹ respectivamente para esterco e resíduo de cervejaria, o que pode levar a concluir que o esterco é substrato com uma fonte maior de carbono que o resíduo de cervejaria.

Conclusões

Os tratamentos com fungicida, enxofre em pó e granulado não foram eficazes em ativar a população microbiana do solo.

O Lodo de Curtume foi o resíduo incorporado ao solo que apresentou o crescimento da atividade microbiana mais uniforme durante todo período de avaliação. O óleo diesel foi o resíduo que mais estimulou a atividade microbiológica até os 17 dias após a incorporação do resíduo ao solo.

A serragem foi um dos menos efetivos em proporcionar desenvolvimento microbiano até os 24 dias de incubação, porém na última avaliação apresentou um grande aumento na atividade microbiológica no solo.

O herbicida Atrazina causou efeito positivo na atividade microbiana, apesar de ser um Xenobiótico.

Os resíduos esterco e resíduo de cervejaria apresentaram uma fase de adaptação (Lag) nos primeiros 4 dias de incubação. Após a adaptação, houve crescimento exponencial da atividade microbiológica no solo.

Referências

- ÁVILA, L.G.; LEITE, S.B.; DICK, D.P.; POHLMANN, A.R. Formulações de atrazina em xerogéis: síntese e caracterização. **Revista Química Nova**, São Paulo, v.32, p. 1727-1733, 2009.
- CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360 p.
- CASTILHOS, D., VIDOR, C.; CASTILHOS, R.M.V. Atividade microbiana em solo suprido com lodo de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, p.71-76, 2000.
- CASTILHOS, D.D.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p. 1083-1092, 2002.

FASSBENDER, H. W. **Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina**. Turrialba-Costa Rica: Matilde de La Cruz, 1975. 398 p.

FEPAGRO **Recomendações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPARGRO, 1998. 148 p. (Boletim técnico, 5).

FONTES, L. E. F.; SANS, L. M. A.; FONTES, M. P. F. **Física do Solo** – Princípios Básicos. Viçosa: UFV. 1992. 287 p.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.8, p. 209-213, 1976.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 4.ed. Florida: CRC Press, 1986. 315p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

LAVORENTI, A. Comportamento dos Herbicidas no Solo. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3. Santa Maria, 1999. **Anais**. Santa Maria: IHSS, 1999. p. 21-34.

MARAGNO, E.S.; TROMBIN, D.F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Revista sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, p. 355-360, 2007. **Anais**. Santa Maria: IHSS, 1999. p. 49-64.

MELO, W. J. de; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. de Resíduos Urbanos e Industriais e a Qualidade do Ambiente. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3. Santa Maria, 1999. **Anais**. Santa Maria: IHSS, 1999. p. 49-64.

MELLO, F. de A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O. C. do; ARZOLLA, S. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 1989. 400 p.

MOORE, T.R. The spectrophotometric determination of dissolved organic carbon in peat waters. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 49, p. 1590-1592, 1985.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed.- Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

NAKATANI, A.S.; SIQUEIRA, J.O.; SOARES, C.R.F.S.; LAMBAIS, M.R. Comunidades microbianas, atividade enzimática e fungos micorrízicos em solo rizosférico de “Landfarming” de resíduos petroquímicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1501-1512, 2008.

NOVAIS, R.F.; ALVARES V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

SELBACH, P. A.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. Resíduos Urbanos e Industriais e a Qualidade do Ambiente. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3. Santa Maria, 1999. **Anais**. Santa Maria: IHSS, 1999. p. 65-77.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

Recebido em: 12/01/2010

Aceito para publicação em: 12/02/2010