

**SOBREVIVÊNCIA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NA RECICLAGEM  
AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO NO DISTRITO FEDERAL**

**Helena Adorni Mazzotti<sup>1</sup>; José Eurípedes da Silva<sup>2</sup>; Jorge Lemainski<sup>3</sup>;  
Carla Albuquerque de Souza<sup>4</sup>;**

**Termos para indexação:** lodo de esgoto, coliformes fecais, patógenos, biossólidos.

**Introdução**

O manejo adequado dos resíduos urbanos e rurais se encontra entre as questões mais importantes à manutenção da qualidade de vida da Terra e, principalmente, para alcançar um desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável nos países, conforme a Agenda 21.

O destino final dos resíduos das estações de tratamento de esgotos é uma crescente preocupação mundial, com reflexos no equilíbrio entre a oferta e a demanda de recursos hídricos para múltiplos usos, inclusive para consumo humano e animal e desenvolvimento das atividades econômicas.

No Distrito Federal (DF), com população residente de 2.455.903 habitantes (IBGE, 2007), o atendimento em coleta de esgotos ultrapassa 92% da população, sendo que 100% do volume coletado de esgotos recebem tratamento em 17 estações de tratamento de esgotos da Companhia de Saneamento Ambiental do DF (CAESB, 2007). O tratamento diário de 296.800 m<sup>3</sup> de esgoto coletado (CAESB, 2007), gerando mais de 400 toneladas/dia de lodo de esgoto que deve receber uma disposição adequada.

Uma opção ambientalmente sustentável à disposição final do lodo de esgoto é seu uso na agricultura como fertilizante e condicionador de solo, pois se trata de um produto rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (Silva et al., 2002; Lemainski & Silva, 2006). Desse modo, fecha-se um ciclo,

---

<sup>1</sup> Tecnóloga em gestão ambiental. Embrapa Cerrados (CPAC), BR 020, Km 18, Rod Brasília-Fortaleza, Planaltina DF, CEP 73310-970. E-mail: [hmazzotti@mac.com](mailto:hmazzotti@mac.com).

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa (Parque Estação Biológica, PqEB, s/n, Edifício Sede, Brasília, DF, CEP 70770-901. E-mail: [jose.euripedes@embrapa.br](mailto:jose.euripedes@embrapa.br) .

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Cerrados (CPAC), BR 020, Km 18, Rod Brasília-Fortaleza, Planaltina DF, CEP 3310-970. E-mail: [jlemainski@hotmail.com](mailto:jlemainski@hotmail.com) .

<sup>4</sup> Bióloga. Embrapa Cerrados (CPAC), BR 020, Km 18, Rod Brasília-Fortaleza, Planaltina DF, CEP 73310-970. E-mail: [carla.biologia@gmail.com](mailto:carla.biologia@gmail.com) (apresentadora do trabalho).

retornando ao solo parte dos nutrientes dele retirados para a produção de alimentos. Para isso, o lodo de esgoto deve ser tratado de forma a minimizar possíveis efeitos indesejáveis, como a presença de metais pesados e/ou organismos patogênicos (Soares, 2005; Guedes et al., 2006). O lodo da CAESB, devido a origem predominantemente doméstica, apresenta baixa concentração de metais pesados (Silva et al., 2002), entretanto, o uso agrícola desse lodo requer atenção quanto aos aspectos sanitários.

Além da presença de nutrientes, o lodo de esgoto pode conter bactérias, vírus, fungos, ovos de helmintos e cistos de protozoários que podem ser patogênicos a homens e animais (Medeiros et al., 2001), embora a evidência epidemiológica demonstre que o fato da presença de organismos patogênicos em esgotos, solos ou culturas não significa, necessariamente, a transmissão de doenças (Hespanhol, 2003). Especificamente para as condições brasileiras, há carência de conhecimento sobre a persistência de patógenos nos solos após aplicação de lodo, embora se saiba que a própria competição com organismos do solo seja apontada como um fator de estresse ambiental determinante de sua capacidade de sobrevivência (Bonnet et al., 2000). Drozdowicz (1997) assinala que há variação na densidade bacteriana em solos de ecossistemas diferentes. A EPA (1985), citada por Andraus et. al. (2001), considera como fatores que afetam a sobrevivência de bactérias no solo: umidade; capacidade de retenção de água; temperatura; pH; luz solar; matéria orgânica; e microrganismos do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência de coliformes termotolerantes depois da aplicação de lodo de esgoto em solo de Cerrado, no Distrito Federal.

## **Material e Métodos**

O experimento foi desenvolvido no período de fevereiro a março de 2008, na área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. A área em Latossolo Vermelho distrófico argiloso com declividade inferior a 5% - Lat. S 15°35'21" e Long. W 47°44'02", altitude de 998 m - abrigava pastagem de *Brachiaria* sp. e encontrava-se em pousio por mais de sete anos. Dados climatológicos da Estação Principal da Embrapa Cerrados, próxima ao local do experimento, indicaram que, entre 20 de fevereiro e 20 de março as precipitações somaram 144,8 mm, com vinte e três registros de chuva.

A análise do solo de 0-20 cm (Embrapa, 1997), antes da incorporação do lodo, indicou: pH em água = 6,02; Al = 0,00 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 34,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> = 60,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,19 mg dm<sup>-3</sup>; V = 64,03%; P = 6,39 mg dm<sup>-3</sup> e MO = 27,7 g dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental foi de bloco ao acaso com dois tratamentos: cinco parcelas com lodo de esgoto na dose de 100 Mg ha<sup>-1</sup> e uma parcela teste, sem adição de lodo. Cada parcela de 9,0 x 12,0 e área útil de 70 m<sup>2</sup>. Não houve plantio de culturas. O lodo úmido, teor de água de 84 dag kg<sup>-1</sup>, foi aplicado a lanço manual e incorporado com grade niveladora na profundidade de 10 cm, em 20 de fevereiro de 2008. O lodo proveniente do tratamento terciário de esgotos, fornecido pela Estação de Tratamento de Esgotos Brasília Sul (ETE Sul) da CAESB, passou por processo de estabilização biológica (digestão aeróbia e anaeróbia) seguido de polimento final com aplicação de coagulante metálico (Luduvic, 2000).

O número mais provável por grama de sólidos totais (NMP/g ST) de coliformes termotolerantes do lodo foi analisado a partir de duas amostras compostas de dez subamostras (Soccol et al. 2000) coletadas em 20 de fevereiro de 2008 do mesmo produto aplicado ao solo. As amostras de solo foram coletadas três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) durante um período de 30 dias, a uma profundidade de 10 cm, com trado cilíndrico, utilizando nove subamostras para cada parcela. Todas as amostras foram homogêneas em sacos esterilizados e autoclaváveis e enviadas ao Laboratório de Lodo de Esgoto da Embrapa Cerrados, onde foi realizada a análise microbiológica segundo a técnica dos tubos múltiplos com o meio A1 preconizada pela norma L5.406 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB. Esta técnica baseia-se no fato de que o grupo coliformes, presente em fezes de animais de sangue quente, abrange geralmente organismos capazes de produzir gás em meio de cultura de lactose, adequados com temperatura de 44,5±0,2°C. Organismos de outras fontes não produzem gás sob essas condições.

### **Resultados e Discussão**

A análise do lodo de esgoto, antes de ser incorporado ao solo, indicou a presença de coliformes termotolerantes em número de 3 x 10<sup>5</sup> NMP/g ST. Estas concentrações caracterizam o lodo Classe B, conforme estabelecido no Art. 11, da Resolução nº 375/2006 do CONAMA, que considera uma concentração de Coliformes Termotolerantes <10<sup>6</sup> NMP/g de ST para o lodo Classe B (Brasil, 2006).

Andraus et. al. (2001) observaram em amostras de lodo aeróbio digerido da ETE Belém (Curitiba-PR), uma variação de  $10^3$  e  $10^6$  NMP/g ST de coliformes termotolerantes no período de julho a novembro de 1997.

A Tabela 1 mostra a presença de coliformes termotolerantes em amostras de solo teste e de solo com lodo, depois da aplicação e incorporação do lodo, para o período observado.

**Tabela 1.** Resultados de análise microbiológica do número mais provável de coliformes termotolerantes por grama de sólidos totais, em amostras de solo teste e solo com incorporação de 100 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto, base úmida - Planaltina, DF. 2008

| Amostragem                     | Data da coleta e tempo depois da incorporação no solo (dias) |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
|--------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                | 20/2/2008<br>0   | 22/2/2008<br>2               | 25/2/2008<br>5               | 27/2/2008<br>7               | 29/2/2008<br>9               | 3/3/2008<br>12               | 5/3/2008<br>14               |
|                                | -----NMP/g ST <sup>2</sup> -----                             |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
| Solo teste                     | 2,2  | 2,4                          | 2,4                          | 2,4                          | 1,7 x 10                     | 3,1 x10                      | <2                           |
| Solo + lodo                    | 6,2 x 10 <sup>2</sup>  | 3,0 x 10 <sup>2</sup>        | 2,0 x 10 <sup>2</sup>        | 6,2 x 10 <sup>2</sup>        | 3,0 x 10 <sup>2</sup>        | 2,0 x 10 <sup>2</sup>        | 6,2 x 10 <sup>2</sup>        |
| Solo + lodo                    | 9,6 x 10   | 1,1 x 10 <sup>3</sup>        | 2,8 x 10 <sup>2</sup>        | 9,6 x 10 <sup>2</sup>        | 1,1 x 10 <sup>3</sup>        | 2,8 x 10 <sup>2</sup>        | 9,6 x 10                     |
| Solo + lodo                    | 1,3 x 10 <sup>3</sup>  | 3,0 x 10 <sup>3</sup>        | 3,4 x 10 <sup>3</sup>        | 1,3 x 10 <sup>3</sup>        | 3,0 x 10 <sup>3</sup>        | 3,4 x 10 <sup>3</sup>        | 1,3 x 10 <sup>3</sup>        |
| Solo + lodo                    | 1,0 x 10 <sup>3</sup>  | 2,1 x 10 <sup>3</sup>        | 5,8 x 10 <sup>2</sup>        | 1,0 x 10 <sup>3</sup>        | 2,1 x 10 <sup>3</sup>        | 5,8 x 10 <sup>2</sup>        | 1,0 x 10 <sup>3</sup>        |
| Solo + lodo                    | 1,3 x 10 <sup>2</sup>  | 4,1 x 10 <sup>3</sup>        | 6,0 x 10                     | 1,3 x 10 <sup>2</sup>        | 4,1 x 10 <sup>3</sup>        | 6,0 x 10                     | 1,3 x 10 <sup>2</sup>        |
| <b>Solo + lodo<sup>1</sup></b> | <b>6,29 x 10<sup>2</sup></b>                                 | <b>2,12 x 10<sup>3</sup></b> | <b>9,04 x 10<sup>2</sup></b> | <b>6,29 x 10<sup>2</sup></b> | <b>2,12 x 10<sup>3</sup></b> | <b>9,04 x 10<sup>2</sup></b> | <b>6,29 x 10<sup>2</sup></b> |
| .....                          |  |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
| Amostragem                     | Data da coleta e tempo depois da incorporação no solo (dias) |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
|                                | 7/3/2008<br>16   | 10/3/2008<br>19              | 12/3/2008<br>21              | 14/3/2008<br>23              | 17/3/2008<br>26              | 19/3/2008<br>28              | 21/3/2008<br>30              |
|                                | -----NMP/g ST <sup>2</sup> -----                             |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
| Solo teste                     | <2   | 9,2                          | <2                           | <2                           | < 2                          | < 2                          | < 2                          |
| Solo + lodo                    | 3,0 x 10 <sup>2</sup>  | 2,0 x 10 <sup>2</sup>        | 6,2 x 10 <sup>2</sup>        | 3,0 x 10 <sup>2</sup>        | 2,0 x 10 <sup>2</sup>        | 6,2 x 10 <sup>2</sup>        | 3,0 x 10 <sup>2</sup>        |
| Solo + lodo                    | 1,1 x 10 <sup>3</sup>  | 2,8 x 10 <sup>2</sup>        | 9,6 x 10                     | 1,1 x 10 <sup>3</sup>        | 2,8 x 10 <sup>2</sup>        | 9,6 x 10                     | 1,1 x 10 <sup>3</sup>        |
| Solo + lodo                    | 3,0 x 10 <sup>3</sup>  | 3,4 x 10 <sup>3</sup>        | 1,3 x 10 <sup>3</sup>        | 3,0 x 10 <sup>3</sup>        | 3,4 x 10 <sup>3</sup>        | 1,3 x 10 <sup>3</sup>        | 3,0 x 10 <sup>3</sup>        |
| Solo + lodo                    | 2,1 x 10 <sup>3</sup>  | 5,8 x 10 <sup>2</sup>        | 1,0 x 10 <sup>3</sup>        | 2,1 x 10 <sup>3</sup>        | 5,8 x 10 <sup>2</sup>        | 1,0 x 10 <sup>3</sup>        | 2,1 x 10 <sup>3</sup>        |
| Solo + lodo                    | 4,1 x 10 <sup>3</sup>  | 6,0 x10                      | 1,3 x 10 <sup>2</sup>        | 4,1 x 10 <sup>3</sup>        | 6,0 x 10                     | 1,3 x 10 <sup>2</sup>        | 4,1 x 10 <sup>3</sup>        |
| <b>Solo + lodo<sup>1</sup></b> | <b>2,12 x 10<sup>3</sup></b>                                 | <b>9,04 x 10<sup>2</sup></b> | <b>6,29 x 10<sup>2</sup></b> | <b>2,12 x 10<sup>3</sup></b> | <b>9,04 x 10<sup>2</sup></b> | <b>6,29 x 10<sup>2</sup></b> | <b>2,12 x 10<sup>3</sup></b> |

<sup>1</sup> Média das cinco repetições (solo + lodo); <sup>2</sup> Número mais provável por gramas de sólidos totais.

Fonte: Laboratório de Análises de Lodo de Esgoto da Embrapa Cerrados, Jun. 2008.

Nas amostras de solo realizadas depois da incorporação do lodo foi observado que a concentração de coliformes termotolerantes oscilou entre 6,29 x 10<sup>2</sup> NMP/g ST no dia da incorporação e 2,12 x 10<sup>3</sup> NMP/g ST no trigésimo dia, média de cinco repetições, sendo que o maior valor encontrado foi de 2,12 x 10<sup>3</sup> e o menor de 9,6 x 10 NMP/g ST. (Tabela 1).

No experimento realizado por Andraus et. al. (2001) em amostras de solo fertilizado com lodo aeróbio digerido, base úmida, na dose de  $60 \text{ Mg ha}^{-1}$ , foram encontrados coliformes termotolerantes nas concentrações  $4,04 \times 10^2$  NMP/g ST depois de 28 dias;  $2,27 \times 10^4$  após 42 dias;  $2,64 \times 10^2$  aos 56 dias;  $1,32 \times 10^2$  aos 70 dias; e  $5,73 \times 10^3$  depois de 80 dias da incorporação do lodo. Enquanto Rocha et al. (2003) observaram que, após 54 dias da incorporação do lodo, os coliformes termotolerantes eram praticamente nulos apesar do alto grau de contaminação inicial.

Amostras do solo teste apresentaram baixa concentração de coliformes, oscilando entre  $1,7 \times 10^1$  e  $< 2$  NMP/g ST, assim como no experimento de Andraus et. al. (2001), depois de 14 e 28 dias, observaram concentrações respectivas de  $2,65 \times 10$  e  $1,86 \times 10^2$  NMP/g ST.

### Conclusões

1. O lodo de esgoto proveniente da ETE Brasília Sul da Caesb enquadra-se como Classe B.
2. As evidências indicam que no período observado não foi possível estabelecer a taxa de sobrevivência de coliformes termotolerantes no solo, sendo recomendável ampliar o tempo de avaliação.

### Referências Bibliográficas

ANDRAUS, S.; MEDEIROS, M.L.B. de; BORGES, J.C.; SILVA, S.M.C.P. da; TOLEDO, E.B.S. Agentes patogênicos: bactérias entéricas. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, I.A. de; FERNANDES, F. (Org.) **Reciclagem de Biossólidos**: transformando problemas em soluções. 2 ed. Curitiba: Sanepar, Finep, 2001. p. 126-155.

BONNET, B.R.P.; LARA, A.I de; DOMASZAK, S.C. Indicadores Biológicos da Qualidade Sanitária do Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. (Coord.). **Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitológicas em Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto**. 2.ed.rev. e ampl. Curitiba: Sanepar, 2000. p.11-26.

BRASIL. CONAMA. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, CONAMA, 2006 (Resolução nº 375/2006).

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL – CAESB. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/conteudo/siesg/siesg.asp>>; Acesso: Jun. 2008.

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 221p. (EMBRAPA – CNPS, Documentos, 1).

GUEDES, M.C.; ANDRADE, C.A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.267-280, 2006.

HESPAHOL, Ivanildo. Saúde pública e reuso agrícola de esgotos e biossólidos. 2003, 20 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/ctgt.cfm>; Grupo de Trabalho uso agrícola do lodo de esgoto - Processo nº 02000.002533/2003-11. Acesso em: fev. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/DF.pdf>; Acesso: Jun. 2008

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. Aproveitamento do biossólido da CAESB na produção de milho (*Zea mays*, L.) no Distrito Federal. *R. bras. Ci. Solo*, 30:741-750, 2006.

LUDUVICE, M. Experiência da Companhia de Saneamento do Distrito Federal na Reciclagem Agrícola do Biossólido. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 153-162.

MEDEIROS, M.L.B. de; SOCCOL, V.T.; CASTRO, E.A. de; TOLEDO, E.B.S.; BORGES, J.C.; PAULINO, R.C.; SILVA, S.M.C.P. da; ANDRAUS, S. Aspectos Sanitários. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, I.A. de; FERNANDES, F. **Reciclagem de Biossólidos**. Curitiba: Sanepar, Finep, 2001. p. 121-126.

ROCHA, R.E.M. da; PIMENTEL, M.S.; ZAGO, V.C.P.; RUMJANEK, N.G.; DE-POLLI, H. Avaliação de biossólido de águas servidas domiciliares como adubo em couve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.12, p.1435-1441, 2003.

SILVA. J.E.; RESK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.487-495, 2002.

SOARES, E.M.B. **Impacto de aplicações sucessivas de lodo de esgoto sobre os compartimentos de carbono orgânico em latossolo cultivado com milho**. 2005. 84p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

SOCCOL, V.T.; PAULINO, R.C.; CASTRO, E. Metodologia para análise parasitológica em lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C.V. **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**, Companhia de Saneamento do Paraná. 2ª ed., Curitiba: SANEPAR, 2000. p.27-41.