

II-416 - AVALIAÇÃO DO DECAIMENTO DE MICRO-ORGANISMOS INDICADORES E PATOGÊNICOS EM SOLO RECEPTOR DE LODO DE REATOR UASB

Thais Ester Rodrigues Costa⁽¹⁾

Estudante de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Bruna Coelho Lopes⁽²⁾

Médica Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Hortência Franco Rodrigues⁽³⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Antônio Teixeira de Matos⁽⁴⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pela Universidade Federal de Viçosa. Professor na Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, de 1996 até 2015. Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal de Minas Gerais, no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Juliana Calábria de Araújo⁽⁵⁾

Bióloga pela Universidade Federal do Rio de Janeiro Mestre e Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Pós-doutorado no Departamento de Microbiologia da USP. Pós-doutorado na Universidade Federal de Minas Gerais no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Fleming, 100 – Ouro Preto - Belo Horizonte – MG – CP: 31310 - 490. Brasil. Tel.:(31)996165023. E- mail: thais_rodriguescosta@hotmail.com

RESUMO

A quantidade de lodo de esgoto produzida é proporcional ao aumento dos serviços de saneamento. Dessa forma, a destinação correta desse resíduo gerado em sistemas de tratamento de esgoto (ETE) é uma preocupação mundial, tendo em vista o risco de contaminação ambiental e a necessidade de extensas áreas para a disposição final. Uma das alternativas de destinação é o uso agrícola, devido à sua capacidade de retenção de água, correção do pH e aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo. Tendo em vista os benefícios do uso do lodo no solo, este trabalho tem por finalidade comparar o decaimento de microrganismos indicadores e patogênicos em solo receptor de lodo de esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de esgoto, solo receptor e microrganismos patogênicos e indicadores

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Lodo de esgoto é um resíduo intrínseco das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). A aplicação do lodo de esgoto no solo é uma alternativa sustentável de disposição final, pois seu elevado teor de matéria orgânica proporciona aumento na retenção de água nesse meio e na absorção de nutrientes pelas plantas, com consequente ganho de produtividade da cultura. Em 2006, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 375 (BRASIL, 2006) que definiu, em âmbito federal, critérios e procedimentos para a utilização do lodo de esgoto sanitário com finalidade agrícola, no sentido de criar destinação final mais adequada e sustentável a esse resíduo. Apesar da sua importância, em termos ambientais, o conteúdo da referida resolução assemelha-se, em diversos aspectos, ao da legislação estadunidense (U.S. EPA, 1993), não levando em consideração as peculiares operacionais das ETEs no Brasil e nem as condições ambientais do país.

Segundo Lima et al. (2009) para utilizar o biossólido na agricultura, cada região deve estabelecer uma regulamentação para a disposição adequada, isso porque, cada localidade possui condições ambientais, sociais e econômicas diferentes. No estado do Paraná, por exemplo, a utilização do lodo está embasada no “Plano de

Gerenciamento de Biossólidos”, que a partir da qualidade do lodo, das características ambientais e agrícolas, são definidos os procedimentos da reciclagem na agricultura (ANDREOLI et al, 1999).

O uso do lodo de esgoto no Brasil ainda não atingiu níveis consideráveis se comparado com os Estados Unidos e países europeus. Entretanto, após a Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92- foi criada a Agenda 21 Brasileira que tem como um dos seus temas a Agricultura Sustentável. O objetivo da agricultura sustentável é adotar práticas que conservem os recursos naturais e forneçam produtos mais saudáveis. Dessa forma, em um dos seus tópicos o uso do lodo de esgoto é visto como uma fonte de nutrientes para o uso agrícola, recuperação e conservação dos solos (BRASIL, 2000).

Nesse contexto, com a condução da presente pesquisa, procurou-se avaliar três aspectos de fundamental importância dessa legislação e que vem inviabilizando o aproveitamento agrícola do lodo de esgoto sanitário em solo brasileiro, sendo eles: a tipificação do lodo, o tipo de micro-organismo indicador utilizado e as restrições de acesso e cultivo em áreas em que o lodo tenha sido disposto.

Organismos entéricos, como coliformes termotolerantes, colifagos e *Clostridium perfringens* são frequentemente utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas residuárias e biossólidos (WEF, 2009). Os colifagos possuem semelhança com os vírus entéricos em termos de composição, estrutura e morfologia e compartilham algumas propriedades fundamentais com os vírus humanos. Colifagos são bacteriófagos que infectam bactérias do grupo coliforme e podem ser classificados em somáticos e F-específicos, sendo diferenciados pelo local onde está inserido o receptor (GRABOW, 2001; NRC, 2004). Os colifagos somáticos e F-específicos partilham características morfológicas similares às dos vírus entéricos e, dessa forma, são utilizados como indicadores da presença de vírus entéricos (JEBRI et al., 2014; NAPPIER; AITKEN; SOBSEY, 2006). O *Clostridium perfringens* é bactéria sulfato-redutora, saprófita presente no solo, água e decomposição da matéria orgânica utilizada como indicador de poluição fecal tardia (UE, 1998) e, também, como indicador da possível presença de protozoários (WEF, 2009).

No presente trabalho visou-se, portanto, aprofundar o entendimento do comportamento de micro-organismos indicadores (coliformes termotolerantes, *Clostridium perfringens*, colifagos somáticos e F-específicos) e patogênico (*Salmonella* spp) após sua disposição no solo. Além disso, a pesquisa teve o intuito de gerar novos conhecimentos, no ponto de vista sanitário que possibilite uma avaliação das restrições estabelecidas na resolução CONAMA nº 375/2006, para a utilização agrícola do lodo de esgoto sanitário.

METODOLOGIA

O aparato experimental foi instalado no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento UFMG/COPASA (CePTS), localizado dentro da Estação de Tratamento de Esgotos do Rio Arrudas - COPASA (ETE Arrudas), em Belo Horizonte. O lodo foi coletado de reator UASB, que possui capacidade atual de tratamento do esgoto sanitário produzido por 640 habitantes. No reator, o lodo foi coletado a uma altura de 50 cm, tendo apresentado um teor aproximado de sólidos totais de 4%. O volume aplicado de lodo foi aplicado na superfície do solo das parcelas experimentais numa dose de 0,025m³.m², o que correspondeu a 1,0 kgST.m². Em cinco parcelas experimentais o lodo foi aplicado superficialmente na forma líquida, enquanto a sexta não recebeu esse resíduo, permanecendo como parcela controle. O tempo de avaliação do decaimento dos micro-organismos foi de 60 dias, sendo as coletas de amostras compostas de solo, efetuadas de acordo com a norma de EPA (U.S. EPA, 1997), realizadas no mesmo dia e após 3, 8, 15, 45 e 60 dias de efetuada a aplicação. Essas coletas foram feitas com o auxílio de um *trier*, até uma profundidade máxima de solo de 5 cm. Nas amostras de solo foi quantificada a presença de coliformes termotolerantes (U.S. EPA, 2010), *Clostridium perfringens* (UE, 1998), colifagos somáticos e colifagos F-específicos (U.S. EPA, 2001). O micro-organismo patogênico monitorado no presente trabalho foi a *Salmonella* spp, o que foi feito de acordo com a Método 1682 (U.S. EPA, 2006). Os dados foram submetidos a testes de normalidade (*Shapiro-Wilk*) e, para avaliar o decaimento, foi utilizado o teste de *Kruskal-Wallis* para amostras não-dependentes.

RESULTADOS & DISCUSSÕES

Os resultados do decaimento dos coliformes termotolerantes, *Salmonella* spp e *Clostridium perfringens* estão apresentados na Figura 01. Já o decaimento para colifagos somáticos e F-específicos estão apresentados na Figura 02.

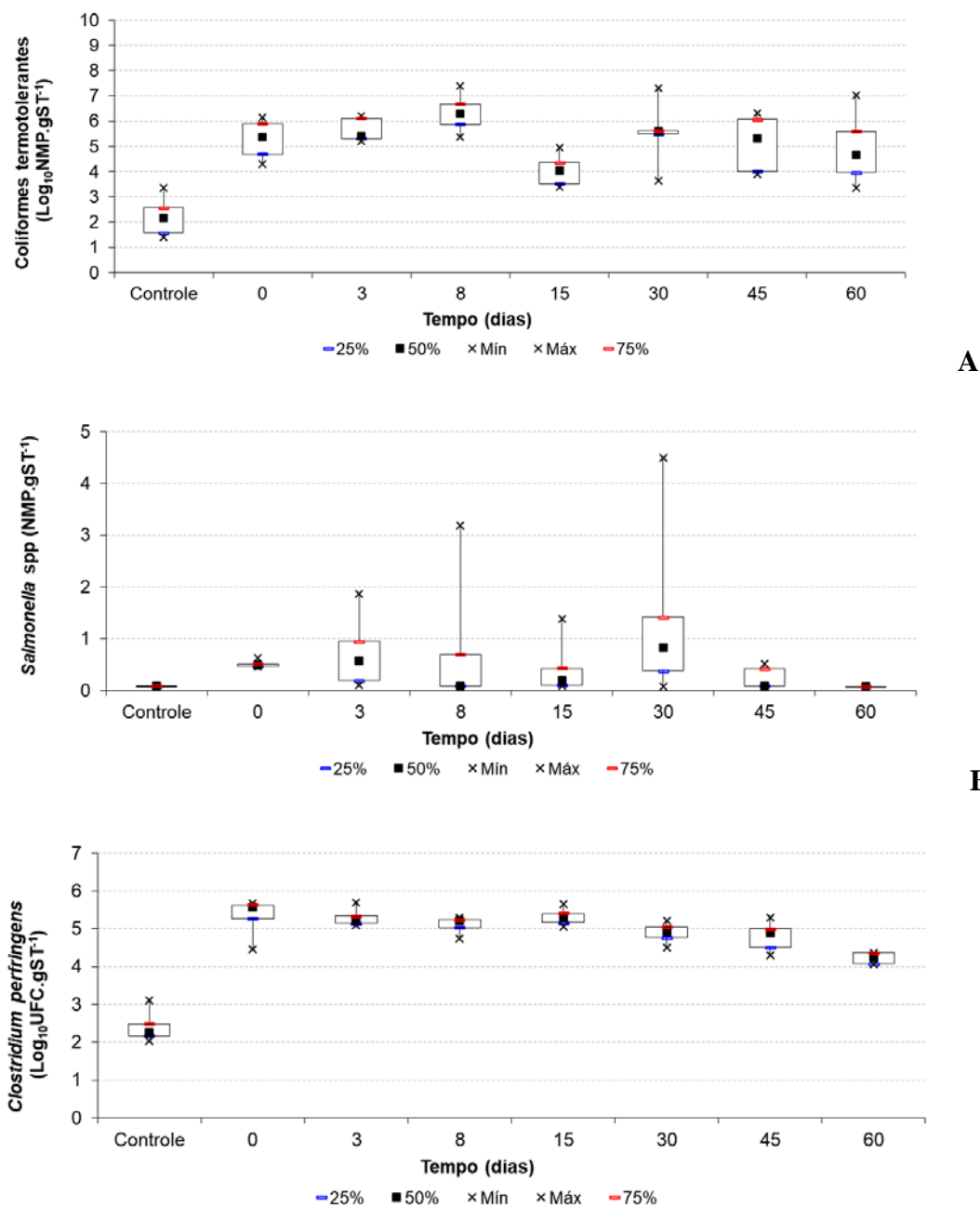


Figura 1: Box-plot do decaimento dos coliformes termotolerantes (A), *Salmonella* spp (B) e *Clostridium perfringens* (C) em solo receptor de lodo proveniente de reator UASB.

Com um nível de confiança de 95%, não foi identificado decaimento significativo dos coliformes termotolerantes e do *Clostridium perfringens* durante os 60 dias de aplicação superficial do lodo no solo. Em relação ao comportamento dos coliformes termotolerantes, nota-se que a parcela controle (sem aplicação do solo) apresentou valores medianos de 2,2 $\text{Log}_{10}\text{NMP.gST}^{-1}$ e a aplicação superficial do lodo proporcionou elevação dessa concentração em 3,2 Log_{10} no solo, atingindo a concentração mediana de 5,4 $\text{Log}_{10}\text{NMP.gST}^{-1}$.

durante os 60 dias de monitoramento. Já a concentração média do *Clostridium perfringens* no solo controle foi de 2,3 Log₁₀UFC. gST⁻¹ e sua concentração mediana foi de 5,22 Log₁₀ UFC.gST⁻¹, ao longo dos 60 dias, no solo em que foi feita a incorporação do solo. Com base nos resultados obtidos, embora se evidencie tendência de decréscimo nas concentrações após 30 dias, verificou-se que, mesmo em condições tropicais (temperaturas médias entre 20-25°C ao longo do ano) não foram suficientes para promover o decaimento dos indicadores de coliformes termotolerantes e *Clostridium perfringens* até os valores anteriormente encontrados no solo controle.

A *Salmonella* spp (Figura 1B) apresentou comportamento distinto ao grupo dos indicadores. Durante o período avaliado foi identificado um crescimento durante os 30 dias iniciais de aplicação do lodo do reator UASB no solo. Esse crescimento pode estar associado à capacidade da *Salmonella* de recrescimento no solo, conforme descrito por Zaleski *et al.* (2005), que verificou esse fenômeno nos primeiros 15 dias após a disposição de lodo digerido no solo. Entretanto, verificou-se tendência de decréscimo nessa concentração a partir dos 30 dias, sendo atingidos mesmos valores que na amostra de solo que não recebeu lodo de esgoto, aos 60 dias.

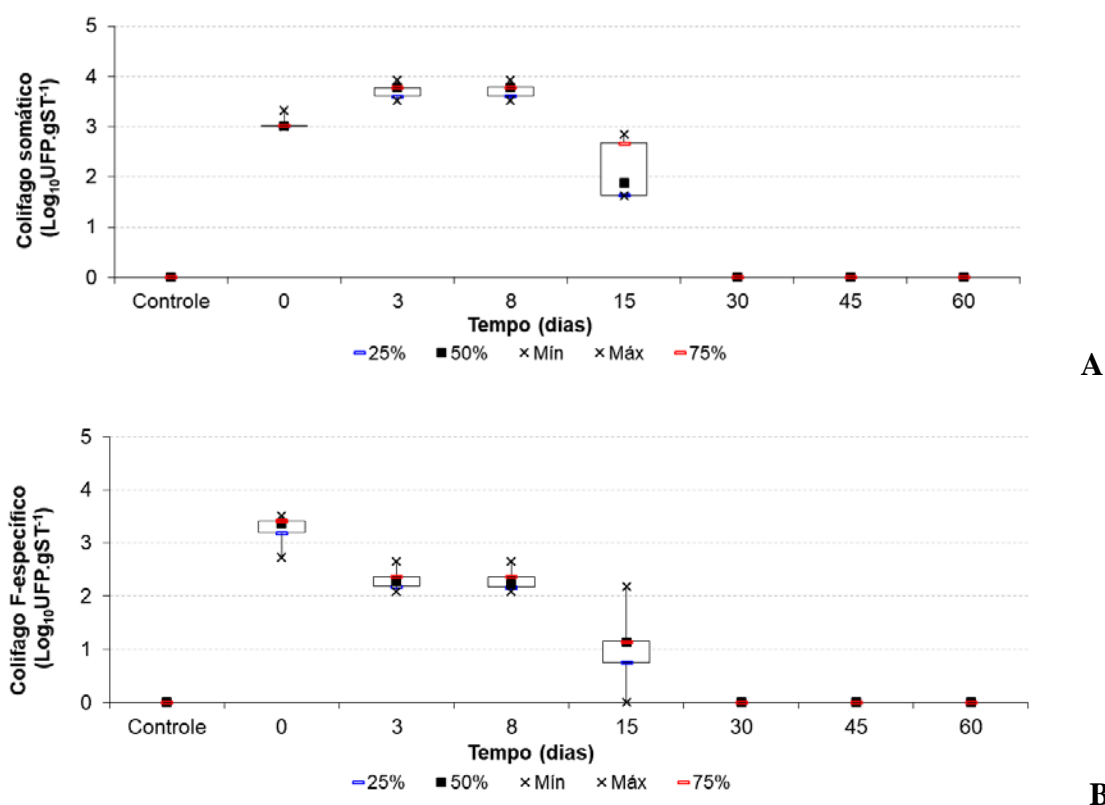


Figura 2: Box-plot do decaimento de colifagos somáticos (A) e F-específicos (B) em solos receptores de lodo de esgoto de reator UASB.

Com um nível de confiança de 95%, os colifagos somáticos e específicos apresentaram decaimento significativo durante 60 dias de experimento. Nota-se que a aplicação de lodo no solo promoveu um decaimento dos colifagos somáticos nos 15 dias iniciais de 14,4%, sendo totalmente removido após 30 dias de aplicação do lodo. Já os colifagos F-específicos apresentaram um decaimento de 67,8% nos primeiros 15 dias iniciais, sendo não mais detectados após 30 dias. Apesar dos colifagos serem utilizados como indicadores de vírus patogênicos em águas de abastecimento e efluentes domésticos (WEF, 2009), poucos estudos os correlacionam com biossólidos, devido à dificuldade de cultivo dos vírus patogênicos, ainda assim, não deixa de ser um indicativo de baixa sobrevivência de vírus no solo.

CONCLUSÕES E/OU RECOMENDAÇÕES

O período de 60 dias de aplicação do lodo de reator UASB no solo não promoveu o decaimento dos indicadores coliformes termotolerantes e *Clostridium perfringens* a tal ponto de atingirem as concentrações iniciais no solo não receptor desse resíduo. Entretanto, *Salmonella* spp, colifagos somáticos e F-específicos permaneceram abaixo do limite de detecção, após 30 dias de aplicação superficial no lodo. Com base nisso, considera-se recomendável maior aprofundamento científico para definição de micro-organismos indicadores para se avaliar o risco sanitário de utilização do lodo de esgoto doméstico na agricultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C.V. et al. *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Fatores Limitantes*. Curitiba, 1999: PROSAB. p.46.
2. BRASIL. RESOLUÇÃO No 375 , DE 29 DE AGOSTO DE 2006. *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. Diário Oficial da União*. Brazil: Ministério do Meio Ambiente. , 2006
3. GRABOW, W. O.K. Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA*, v. 27, n. 2, p. 251–268, 2001.
4. JEBRI, Sihem et al. A comparison of two extraction methods for the detection of Enteroviruses in raw sludge. *Journal of Virological Methods*, v. 200, p. 1–5, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jviromet.2014.01.018>>.
5. LIMA, M. D.F. et al. *Aspectos legais de utilização do lodo de esgoto na agricultura*. Vitória , 2009. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/723/1/cap2lodoesgoto.pdf>> .
6. NAPPIER, S. P.; AITKEN, M. D.; SOBSEY, M. D. Male-Specific Coliphages as Indicators of Thermal Inactivation of Pathogens in Biosolids. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 72, n. 4, p. 2471–2475, 1 abr. 2006.
7. NRC. *Indicators for Waterborne Pathogens*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2004.
8. U.S. EPA. 40 CFR Part 257, 403, 503 et al. *Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge*. . [S.l: s.n.], , 1993
9. U.S. EPA. *Method 1602 : Male-specific (F+) and Somatic Coliphage in Water by Single Agar Layer (SAL)*. . Washington, D.C.: [s.n.], 2001.
10. U.S. EPA. *Method 1680: Fecal Coliforms in Sewage Sludge (Biosolids) by MultipleTube Fermentation using Lauryl Tryptose Broth (LTB) and EC Medium*. . Washington, D.C.: [s.n.], 2010.
11. U.S. EPA. *Method 1682: Salmonella in Sewage Sludge (Biosolids) by Modified Semisolid Rappaport-Vassiliadis (MSRV) Medium*. . Washington, D.C.: [s.n.], 2006.
12. UE. *Directiva 98/83/CE relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. [S.l: s.n.], , 1998
13. WEF, Water Environment Research Foundation. *Pathogen Risk Indicators for Wastewater and Biosolids*. 1. ed. London: IWA Publishing, 2009.
14. ZALESKI, Kathleen J. et al. Potential regrowth and recolonization of salmonellae and indicators in biosolids and biosolid-amended soil. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 71, n. 7, p. 3701–3708, 2005.