

Riscos associados à aplicação do lodo de esgoto na agricultura

Associated risks with the application of biosolids in agriculture

Riesgos asociados a la aplicación del lodo de esgoto en la agricultura

Letícia Amadeu Freddi

Mestranda do PPGE, UNESP – Ilha Solteira, Brasil
leticiaamadeu@gmail.com

RESUMO

O aumento populacional e o avanço tecnológico trouxeram um aumento da produção de resíduos. Com a crescente preocupação com o meio ambiente, o tratamento de águas residuárias gera um subproduto e um desafio, o lodo. Uma alternativa mais sustentável para disposição final do lodo é a sua aplicação na agricultura. Esta prática traz inúmeros benefícios, porém alguns cuidados devem ser tomados, uma vez que o biossólido é rico em nutrientes, mas também é rico em contaminantes. Os principais riscos associados à utilização agrícola do biossólido referem-se a questão dos metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e nitrogênio. Este trabalho faz um levantamento dos principais riscos associados a aplicação do biossólido no solo, e discute como minimizá-los a fim de tornar a prática mais segura.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo. Biossólido. Agricultura sustentável.

ABSTRACT

Population growth and technological advances have led to an increase in waste production. With growing concern about the environment, wastewater treatment creates a product and a challenge, the sludge. The most sustainable alternative to final disposal of sludge is its application in agriculture. This practice brings numerous benefits, but some care must be taken, since the sludge is rich in nutrients, but also rich in contaminants. The main risks associated with the agricultural use of biosolids refer to the issue of heavy metals, sanitary aspects, organic micropollutants and nitrogen. This work presents the main risks associated with the application of biosolids to soil, and discusses how to minimize them in order to make the practice safer.

KEY WORDS: Sludge. Biosolids. Sustainable agriculture.

RESUMEN

El aumento poblacional y el avance tecnológico trajeron un aumento de la producción de residuos. Con la creciente preocupación con el medio ambiente, el tratamiento de aguas residuales genera un subproducto y un desafío, el lodo. Una alternativa más sostenible para la disposición final del lodo es su aplicación en la agricultura. Esta práctica trae innumerables beneficios, pero algunos cuidados deben ser tomados, ya que el biosólido es rico en nutrientes, pero también es rico en contaminantes. Los principales riesgos asociados a la utilización agrícola del biosólido se refieren a la cuestión de los metales pesados, aspectos sanitarios, micropoluentes orgánicos y nitrógeno. Este trabajo hace un relevamiento de los principales riesgos asociados a la aplicación del biosólido en el suelo, y discute cómo minimizarlos para hacer la práctica más segura.

PALABRAS CLAVE: Lodo. Biosólidos. Agricultura sostenible.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização trouxe diversos benefícios para a sociedade, porém o aumento de bens de consumo gera grande quantidade de resíduo. Nas áreas urbanas, os principais agentes poluidores de águas são os esgotos, que na maioria das vezes são lançados diretamente nos corpos de água. Estes lançamentos são prejudiciais aos sistemas aquáticos e ao uso dos recursos hídricos.

Frente à degradação intensa dos recursos hídricos, os esgotos de diversas cidades brasileiras vêm sendo tratados em estações de tratamento de esgoto (ETEs), que operam com diferentes sistemas tecnológicos. Esse sistema de tratamento gera um subproduto denominado lodo de esgoto ou biossólido, quando este é tratado e processado.

Estima-se que a produção de lodo no Brasil está entre 150 a 220 mil toneladas de matéria seca por ano. Considerando que apenas 30% da população urbana têm seu esgoto devidamente coletado e tratado, é de se esperar que a geração de lodo superaria 400 mil toneladas de lodo por ano caso os esgotos fossem totalmente tratados no país (PEDROZA, VIEIRA, SOUSA, et al, 2010).

Diante desses dados, fica evidente que o lodo configura hoje um grande problema ambiental urbano. Atualmente, o lodo pode ter as seguintes destinações finais: aterro sanitário, incineração, deposição oceânica e florestal, e reciclagem agrícola. A última alternativa vem sendo considerada muito promissora pois aplica o lodo de esgoto como fertilizante para o solo.

O lodo é constituído por compostos inorgânicos, compostos orgânicos aportados pelo esgoto, microrganismos, e subprodutos da atividade dos microrganismos. (GONÇALVES, 1999). O que torna o biossólido tão atrativo para a aplicação na agricultura é a presença de nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio que além de serem ricos em matéria orgânica ainda atuam como condicionadores do solo. Assim, o uso do biossólido pode substituir parcialmente o uso de adubos químicos.

A reciclagem da matéria orgânica dos lodos tratados, ou biossólidos, em sólidos agrícolas é viável e desejável, desde que realizada de forma segura e coerente. As experiências negativas de uma prática inadequada podem inviabilizar esta alternativa no futuro, face à resistência que podem gerar na sociedade, decorrentes dos potenciais danos ambientais, agronômicos e sanitários (ANDREOLI & BONNET, 1998).

A resolução CONAMA 375/06, define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto sanitário e seus produtos derivados, definindo limites para substâncias potencialmente tóxicas e critérios para liberação do resíduo. Portanto, para fazer a aplicação do biossólido de maneira segura, a norma brasileira deve ser seguida rigorosamente.

Os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se a questão dos metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e nitrogênio. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo. (ANDREOLI, et al., 1999).

O presente estudo visa discutir os principais riscos associados a aplicação do lodo na agricultura, a fim de que esses riscos sejam reduzidos no futuro e a prática seja mais utilizada e segura.

2 METAIS PESADOS

Em muitos países, a presença de metais pesados no lodo é um dos problemas para a reciclagem. Em lodos domésticos a presença de metais pesados é geralmente muito baixa, porém deve se manter um forte controle das descargas industriais eventualmente ligadas a ETE e conexões clandestinas, uma vez que elas podem elevar os índices desses metais.

Os elementos que oferecem maior perigo se aplicados no solo são o Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). (ANDREOLI, et al., 1999).

Dentre esses metais pesados o Cádmio é considerado o mais perigoso pois é desnecessário para o metabolismo animal e vegetal. O pH desempenha um papel importantíssimo no controle da quantificação dos metais pesados no solo, pois pode modificar os níveis e distribuição de alguns metais, como é o caso do cádmio, zinco e níquel. A sua própria aplicação altera o pH tornando a atividade de monitoramento e controle desse parâmetro fundamental. Quanto ao cobre e ao molibdênio o maior cuidado deve ser quanto a dosagem em excesso.

Biossólidos contendo elevadas concentrações de metais pesados não devem ser destinados ao uso agrícola. Por isso, a resolução CONAMA 375/06 determina as concentrações máximas permitidas em lodos de metais pesados que é mostrada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Concentrações máximas permitidas de metais pesados em lodo de esgoto para aplicação no solo

Substâncias Inorgânicas	Concentração máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromio	1000
Mercurio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

FONTE: CONAMA 375/06 modificado

A mobilidades dos metais pesados depende muito da reação do solo, ou seja, se ele é mais ou menos ácido e, de maneira geral, aconselha-se que o pH seja mantido acima de 5,5, para evitar que esses metais, potencialmente tóxicos, sejam absorvidos pelas plantas ou fiquem disponíveis no ambiente em quantidades que apresentam risco. À medida que aumenta o tempo de contato do biossólido com o solo, diminui o perigo das plantas absorverem os metais pesados em excesso porque estes são fortemente retidos pelos colóides do solo, embora essa afirmativa nem sempre possa ser generalizada. (BETTIOL; CAMARGO, 2000)

3 SANIDADE

Os lodos de esgoto contêm patógenos humanos, entre eles, são particularmente importantes os estreptococos, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., larvas e ovos de helmintos, protozoários (cistos) e vírus (enterovírus e rotavírus). A presença de patógenos no biossólido é indesejada por oferecer riscos as pessoas que manipulam este material durante a aplicação no solo e pela contaminação que estes patógenos possam causar as culturas.

No Brasil, comumente os agentes patogênicos constituem o elemento de limitação ao uso do lodo na agricultura. Porém, é o fator mais facilmente controlado através da adoção de soluções técnicas de higienização do lodo que levem à eliminação do patógeno, como a calagem ou a compostagem. (ANDREOLI, et al. 1999)

A resolução CONAMA 375/06 estabelece os parâmetros limites do lodo quanto a quantidade de agentes patogênicos. Foi feita uma classificação do lodo em Classe A e Classe B quanto aos valores de patógenos. A partir de 2011, o lodo Classe B não pode mais ser aplicado na agricultura, portanto no Quadro 1 mostrado a seguir está indicado somente os valores limitantes para o lodo Classe A.

Quadro 1: Concentração limite de patógenos em lodo Classe A

Agentes Patogênicos	Valor limite
Coliformes Termotolerantes	$<10^3$ NMP / g de ST
Ovos viáveis de helmintos	$< 0,25$ ovo / g de ST
<i>Salmonella</i>	ausência em 10 g de ST
Vírus	$< 0,25$ UFP ou UFF / g de ST
ST: Sólidos Totais	UFF: Unidade Formadora de Foco
NMP: Número Mais Provável	UFP: Unidade Formadora de Placa

FONTE: CONAMA 375/06 modificado

Uma vez realizado o controle desses patógenos os usuários do produto e o ambiente estarão seguros. Por isso, vale ressaltar a importância da higienização do lodo para que o mesmo pode ser reciclado na agricultura sem causar danos a população e ao ambiente.

Existem dois tipos de higienização comumente empregados, são eles a calagem e compostagem. A compostagem é um processo de tratamento biológico onde o lodo é misturado com vários grupos de micro-organismos e utiliza-se da elevação da temperatura para eliminar os patógenos. Há também a adição de um composto rico em carbono para regular a relação carbono/nitrogênio. (ANDREOLI, et al., 1998).

A calagem é um método de estabilização e desinfecção química e térmica pela adição e mistura ao lodo de cal a altas dosagens para alcalinização brusca do meio, elevando o pH a níveis ligeiramente superiores a 12 o que inativa ou destrói a maior parte dos patógenos presentes no lodo, e aumento da temperatura em função das reações químicas a cerca de 60o C durante o choque alcalino. (ANDREOLI, et al., 1998).

Em um estudo realizado por Andreoli et al. (2001) mostrou que a adição de cal virgem para higienização de lodo promoveu uma redução nos teores de nitrogênio (N) e fósforo (P). Esta redução se caracteriza pelo aumento de volume devido a adição de cal, causando uma diluição. Outro fator que, provavelmente, contribuiu para a redução do N foi sua perda por volatilização ocasionada pela elevação do pH e da temperatura promovida pela adição de cal virgem.

4 MICROPOLUENTES ORGÂNICOS

Os micropoluentes orgânicos são compostos resistentes a biodegradação e a decomposição. Os compostos considerados incluem os hidrocarbonetos aromáticos, fenólicos, pesticidas, polibromenatos bifenil (PBBs), policlorinato bifenil (PCBs) e outros materiais persistentes altamente tóxicos. Eles entram no sistema de esgoto doméstico e industrial e se acumulam no lodo.

Os micropoluentes orgânicos são potencialmente perigosos para humanos e animais por apresentarem baixa solubilidade na água e não se moverem facilmente no solo; por serem relativamente estáveis no solo, uma vez que são resistentes a degradação microbiana; por

passarem através da cadeia alimentar (solo - planta - animal - homem); além de que muitos são carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos. (ANDREOLI, et al. 1999)

Uma vez aplicados no solo, esses contaminantes orgânicos do lodo podem ter destinos diversos, de acordo com suas características físico-químicas, são eles: volatilização para a atmosfera, lixiviação para águas subterrâneas, degradação química e biológica (processo lento), absorção pelas plantas e bioacumulação em organismos que se alimentam de materiais ou de outros organismos contaminados. (SAITO, 2007)

5 NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é um composto com elevado teor de concentração nos biossólidos, tornando-o fator determinante do seu aproveitamento agrícola. Porém, em altas concentrações, o nitrogênio pode causar prejuízos às águas subterrâneas. A presença de concentrações de nitrato acima de 10 mg.L^{-1} faz com que essas águas sejam classificadas como impróprias para consumo humano conforme a Portaria nº 36 de 19 de janeiro de 1990 do Ministério da Saúde. (ANDREOLI, et al. 1999)

Existe uma diferença entre fertilizantes orgânicos e os conhecidos como minerais. No caso de fertilizantes minerais, como por exemplo, ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e formulações NPK, o nitrogênio presente já está na forma disponível para a absorção pelas plantas. No caso de fertilizantes orgânicos, o processo de disponibilização do nitrogênio depende da mineralização do N orgânico, realizada gradativamente por microrganismos. Dessa forma, a diferença entre esses dois tipos de fertilizantes é quanto a velocidade de disponibilização do N no solo. (PIRES; ANDRADE, 2014). No caso no biossólido, o nitrogênio contido não está prontamente disponível para as plantas.

A mineralização do N orgânico é um processo biológico realizado por microrganismos e influenciado por diversos fatores, como clima, sistema de manejo, tipo de material orgânico adicionado ou remanescente e atributos do solo. Portanto, o processo de mineralização é muito dinâmico, o que dificulta a previsão da quantidade de N que estará disponível durante o ciclo da cultura. (PIRES; ANDRADE, 2014)

O cálculo para a recomendação de dose, principalmente para fertilizantes orgânicos é muito difícil, uma vez que, entre outros fatores, estas dosagens são determinadas em laboratórios em condições ideais, o que não acontece na prática.

Conforme a Resolução 375 do Conama (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006) calcula-se a dose a ser aplicada no campo de três maneiras diferentes, em função dos seguintes parâmetros: (i) poder de neutralização/acidificação; (ii) teor de metais pesados e (iii) teor e disponibilidade do nitrogênio. Das três doses obtidas, aquela que apresentar a menor quantidade de resíduo a ser aplicada ao solo deve ser adotada. Com exceção de lodos calados, a dose limitante geralmente é dada pelo cálculo baseado no teor e na disponibilidade de nitrogênio. (PIRES; ANDRADE, 2014)

Conforme a Resolução nº 375 do Conama (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006), a dose de lodo a ser aplicada se dá pela quantidade de nitrogênio recomendável dividido pela

quantidade de nitrogênio disponível. Para realização desta equação, a fração de mineralização do nitrogênio (FMN) é variável chave. No Brasil, o FMN tem uma porcentagem fixa para cada tipo de lodo gerado a partir de diferentes tipos de tratamento de esgoto. Este valor fixo se deve ao fato da dificuldade de operacionalidade para realizar experimentos que determinem o FMN.

A dosagem calculada a partir desta equação apresenta alguns problemas, sendo que na maioria dos casos a dosagem calculada é superior ao que seria adequado.

O primeiro problema é o cálculo de FMN ter sido obtido em um lugar de clima temperado. A Resolução 375 do Conama retirou os valores de FMN da norma dos Estados Unidos. Entretanto, o clima onde os testes foram feitos para que os dados fossem elaborados possui um clima temperado, diferentemente do Brasil, que apresenta clima tropical. Essa diferença de clima, umidade e temperatura afeta os valores de FMN, fazendo com que a equação da norma brasileira carregue um erro.

Outro fator importante que pode gerar erros no cálculo da dosagem se dá pelo fato de os valores de FMN obtidos em laboratório serem variáveis e por não terem sido validados por dados de campo. O ensaio realizado depende de condições de incubação, características do solo e do lodo de esgoto. Gerando, portanto, uma grande variabilidade de valores obtidos em diferentes estudos.

O terceiro e último problema é o fato da norma brasileira não considerar um novo cálculo para o nitrogênio quando for feito uma aplicação do lodo de esgoto numa área onde este procedimento já foi realizado. O uso continuado de lodo no solo gera uma quantidade de nitrogênio residual que não é considerada no cálculo de nova dosagem. Isto pode gerar o excesso de nitrogênio presente no solo e consequentemente aumentar o risco de contaminação de corpos d'água e água subterrânea.

No estudo feito por Cogger e Sullivan (2007) é apresentado uma planilha de cálculo detalhada para obtenção da dosagem de biossólido utilizando informações como teor de nitrogênio residual, necessidade do nutriente pela planta e disponibilidade do nitrogênio presente no solo. Esta planilha é importante pois considera a aplicação de biossólido em anos anteriores. Apesar de ser destinada aos produtores americanos, é de grande valia para o Brasil, pois pode direcionar estudos mais detalhados considerando o clima brasileiro.

6 DISCUSSÃO

A destinação final do lodo é um problema que precisa ser abordado sob o ponto de vista técnico, econômico, sanitário e agrícola, por se tratar de um resíduo rico em matéria orgânica e nutrientes. A disposição final em áreas agricultáveis é ainda considerada problemática em função da escassez de informações em relação à capacidade de suporte do solo. (ANDREOLI, 2001)

Por isso, o uso incorreto deste resíduo pode contaminar o solo, as plantas e as águas superficiais e subterrâneas com nitratos, fosfatos, metais pesados e outros poluentes presentes. Diante desses riscos, a resolução CONAMA 375/06 define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto sanitário, definindo limites para substâncias potencialmente tóxicas e critérios para liberação do resíduo.

Está presente também as culturas mais adequadas a receberem lodo de esgoto ou produto derivado. Como exemplo, pode-se citar a cultura do milho, girassol, plantas florestais e em atividades de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e fruticultura. Vale ressaltar também que é proibida a utilização de lodo de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos, raízes e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato direto com o solo. (RIGO, et al., 2014)

Avaliando os riscos que a aplicação de lodo de esgoto na agricultura pode causar, pode-se citar como principais a presença de metais pesados, patógenos, compostos orgânicos e nitrogênio em excesso.

Apesar de existir uma norma brasileira que regulamenta a aplicação de biofertilizante, existem algumas falhas que poderiam ser melhoradas com maiores estudos na área. Dentre esses problemas destacam-se o cálculo inadequado da dosagem de nitrogênio por utilizar valores de FMN de uma região de clima diferente do Brasil, pela própria variação dos valores obtidos em laboratório e pela não consideração de aplicações sucessivas.

Mesmo com estes problemas, o cálculo de dose indicado na Resolução 375 do Conama tem sido utilizado com sucesso e, até que novos resultados sejam gerados, recomenda-se que o mesmo continue sendo adotado (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006). Vale lembrar do trabalho realizado por Cogger e Sullivan (2007) que faz os cálculos utilizando as considerações citadas como falhas da norma brasileira vigente.

Um ponto interessante a ser discutido é a questão do pH e os outros compostos. Como mostrado no estudo de Andreoli et al. (2001), a adição de cal virgem para a remoção de patógenos, é uma etapa indispensável, já que a presença de patógenos é um fator limitante da aplicação do lodo na agricultura. Porém, a presença da cal alterou o pH e reduziu o número de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Considerando que esses dois nutrientes são os mais interessantes e fazem da reciclagem de lodo na agricultura uma alternativa vantajosa, é importante citar que a correção de um problema pode causar a redução de um benefício. A utilização da cal como processo de higienização não torna o procedimento inviável, mas vale ressaltar as interferências causadas na quantificação dos nutrientes.

7 CONCLUSÃO

As vantagens da aplicação do lodo na agricultura são inúmeras, destacando-se a reciclagem de resíduos, melhorias das propriedades físico-químicas e biológicas do solo, aumento do nutrientes e consequente aumento da produtividade agrícola e lucratividade. Porém, os riscos que esta atividade pode causar merecem muita atenção, já que ao mesmo tempo que a

composição do lodo é vantajosa, se não controlada, alguns compostos presentes em excesso podem causar sérios danos aos recursos hídricos, ao ambiente e à população.

A norma brasileira vigente a respeito da aplicação de lodo de esgoto na agricultura é adequada, porém com ressalvas. Muitos estudos ainda precisam ser feitos e quando os dados forem consistentes, as alterações trarão benefícios econômicos, ambientais e sociais.

A aplicação dos bio sólidos no Brasil, ainda está no início, sendo na grande maioria aplicações feitas para fim de pesquisas científicas. A nova alternativa, com o apoio dos dados científicos, se tornará cada vez mais segura e consequentemente mais utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMINO, R. C. J. **A utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados: viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais.** 2010. 221 f. (Tese Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://ppgl.geologia.ufrj.br/media/pdfs/Renata_Alamino_TESE2010.pdf>. Acesso em: 06 julho 2016.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; et al. **A gestão dos bio sólidos gerados em estações de tratamento de esgoto doméstico.** Projeto PROSAB, Curitiba, PR, 2001. Disponível em:<http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/congressos_seminarios/lodo_de_esgoto/gestao_biossolidos_etes.pdf>. Acesso em: 06 julho 2016.

ANDREOLI, C. V. (Coord.) **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura.** Projeto PROSAB e SENAPAR, Curitiba, PR, 1999. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/uso_manejo_lodo_agricultura.pdf>. Acesso em: 06 julho 2016.

ANDREOLI, C. V. (Coord.) **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final.** Projeto PROSAB, Curitiba, PR, 2001. Disponível em:<<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/CLeverson.pdf>>. Acesso em: 06 julho 2016.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura.** São Paulo, 2000. p. 25-35. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/BettiolCamargol_Disposicao_000fdq9th6v02wx5eo0a2ndxyh3hr620.pdf>. Acesso em: 02 julho 2016.

COGGER, C. G.; SULLIVAN, D. M. **Worksheet for calculating biosolids application rates in agriculture.** (Pacific Northwest Extension Publ. 511-E). Twin Falls: University of Idaho Extension, 2007. Disponível em: <<http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/pnw0511e/pnw0511e.pdf>>. Acesso em: 06 julho 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 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] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Seção I, p. 141-146. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em: 23 junho 2016.

GONÇALVES, R. F. **Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas**. 64p. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Espírito Santo/UFES, 1999.

JACOBS, L. W.; MCCREARY, D. S. **Utilizing Biosolids on Agricultural Land**. Department of Crop and Soil Sciences, Michigan State University, 2001. Disponível em: <<https://msu.edu/~warncke/E2781%20Utilizing%20Biosolids%20on%20Agricultural%20Land.pdf>>. Acesso em: 06 julho 2016.

PEDROZA, M.M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. P.; et al. **Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v.11, n.16, p. 89-188, jul./dez. 2010.

PIRES, A. M. M.; ANDRADE, C. A. A. **Recomendação de dose de lodo de esgoto: a questão do nitrogênio**. Embrapa, Comunicado técnico 52, Jaguariúna, SP, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1004771/recomendacao-de-dose-de-lodo-de-esgoto-a-questao-do-nitrogenio>>. Acesso em: 02 julho 2016.

RIGO, M. M.; RAMOS, R. R.; CERQUEIRA, A. A.; et al. **Destinação e reuso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil**. Gaia Scientia, Rio de Janeiro, v.8, p. 174-186, 2014. Disponível em:<<http://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/viewFile/17550/11550>>. Acesso em: 02 julho 2016.

SAITO, M. L. **O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Embrapa, Jaguariúna, SP, 2007. Disponível em: < www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_64.pdf>. Acesso em: 06 julho 2016.

VON SPERLING, M.(1995) **Introdução à Qualidade da Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. v.1, 243p.