



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 18 – Ano IX – 10/2020
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Processos de geração e destinação do lodo de esgoto

Geraldo Ribeiro Zuba Junior
Técnico administrativo/Chefe de produção Vegetal, ICA
Universidade Federal do Minas Gerais-UFMG
Montes Claros- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9317320046243835>
E-mail: juniozuba@yahoo.com.br

Regynaldo Arruda Sampaio
Professor Titular ICA- Universidade Federal do Minas Gerais - UFMG
Montes Claros- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7213782918637141>
E-mail: regynaldo@terra.com.br

Evander Alves Ferreira
Professor Visitante ICA-Universidade Federal do Minas Gerais - UFMG
Montes Claros- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5887024898731149>
E-mail: evanderaves@gmail.com

Cássia Michelle Cabral
Doutora em Ciência Florestal pela Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM
Diamantina - UFVJM - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8256971689993828>
E-mail: mtchells@yahoo.com.br

Resumo: A utilização agrícola do lodo de esgoto apresenta-se como a alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que contribui para a melhoria física e química do solo, viabilizando a sua utilização como fertilizante na recuperação de áreas degradadas, na silvicultura e na agricultura. Objetivou-se sintetizar informações existentes acerca dos processos de geração e destinação do lodo de esgoto, assim como os impactos agrônômicos e ambientais de seu uso. O emprego do lodo de esgoto na agricultura tem sido incentivado pelas agências ambientais, desde que higienizado, por meio de processos químicos, físicos ou biológicos. Neste sentido processos de estabilização podem promover a redução dos contaminantes biológicos e da solubilidade dos metais pesados. Dentre os diversos métodos de estabilização, destacam-se a solarização, a compostagem, a vermicompostagem e a caleação. O lodo de esgoto pós-tratamento pode ser usado nas principais culturas agrícolas, sendo importante fonte de matéria orgânica e nutrientes.

Palavras-chave: Estatização de resíduos, fertilização do solo, geração de lodo de esgoto.

Introdução

A busca por melhores condições de saneamento básico e redução com gastos hospitalares no serviço público de saúde têm elevado os investimentos públicos na construção de estações de tratamento de esgoto no Brasil (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). O aumento no número de estações de tratamento de esgoto promove ao longo dos anos aumento na produção de lodo, resíduo urbano que pode ser utilizado na agricultura (BIONDI; NASCIMENTO, 2005; LEMAINSKI; SILVA, 2006).

A utilização do lodo de esgoto apresenta-se como uma alternativa viável e consiste na incorporação ao solo, de modo a promover a melhoria das condições químicas e físicas e de desenvolvimento das plantas (GOMES *et al.*, 2006). O lodo de esgoto é uma importante fonte de matéria orgânica e de nutrientes, podendo complementar os fertilizantes minerais e reduzir os custos de produção (CHIARADIA *et al.*, 2009). No entanto, o uso do lodo na agricultura apresenta riscos potenciais de contaminação do solo e das plantas com patógenos, parasitas, metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas (ROCCA, 1993). A contaminação acima dos níveis permitidos pela legislação depende da forma e da frequência da aplicação do lodo de esgoto no solo (NASCIMENTO *et al.*, 2014^a).

Alguns estudos sugerem que o uso seguro do lodo de esgoto na fertilização de algumas culturas depende do emprego de processos de estabilização deste resíduo, os

quais podem promover a redução de contaminantes biológicos e da solubilidade de metais pesados (DORES-SILVA *et al.*, 2011). Dentre os diversos processos de estabilização do lodo de esgoto, destacam-se a compostagem, a vermicompostagem, a solarização, o tratamento térmico e a caleação, sendo que este último pode promover uma intensa redução da disponibilidade de metais pesados presentes no solo, em função da elevação do pH do mesmo, minimizando os impactos ambientais negativos (CUNHA *et al.*, 2015).

Diante do exposto objetivou-se sintetizar informações existentes acerca dos processos de geração e destinação do lodo de esgoto, assim como os impactos agrônômicos e ambientais de seu uso.

Lodo de Esgoto: Geração e Destinação

O lodo de esgoto é um resíduo gerado pelo tratamento do esgoto doméstico, agroindustrial e industrial nas estações de tratamento de esgotos (ETEs). A crescente implantação das estações de tratamento de esgotos tem ampliado muito o volume de lodo gerado, causando grande preocupação com relação a sua disposição final (BIONDI; NASCIMENTO, 2005; LEMAINSKI; SILVA, 2006).

Dentre as formas de destinação final do lodo, destacam-se o aterro sanitário, a incineração e a aplicação no solo. O aterro sanitário é um método onde os resíduos são depositados conforme os princípios de engenharia, para que ocupem a menor área e volume permissível (ABNT, 1985). Segundo Lobo *et al.* (2013), apesar de ter um elevado custo operacional, o aterro sanitário é o método mais utilizado no Brasil para disposição final do lodo de esgoto.

O processo de incineração utiliza a decomposição térmica via oxidação, com o objetivo de reduzir o volume e a sua toxicidade ou mesmo eliminá-la completamente em alguns casos (ROCCA, 1993). De acordo com Fernandes *et al.* (2001), os métodos de incineração e disposição em aterros sanitários só deveriam ser utilizados quando não houver áreas com solos apropriados próximo a estação de tratamento ou quando o material apresentar contaminantes. Borges *et al.* (2009) destacam que a utilização do lodo de esgoto na agricultura tem sido incentivada pelas agências ambientais, desde que este

material passe por processo de higienização, por meio de processos químicos, físicos ou biológicos.

A utilização agrícola do lodo de esgoto apresenta-se como a alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que contribui para a melhoria física e química do solo (GOMES *et al.*, 2006; MARQUES *et al.*, 2007; BARBOSA *et al.*, 2007; TRANNIN *et al.*, 2008; CHIARADIA *et al.*, 2009), possibilitando a sua utilização como fertilizante na recuperação de áreas degradadas, na silvicultura e na agricultura.

De acordo com Lobo *et al.* (2013) a adubação de culturas de interesse agrônômico com lodo de esgoto pode promover aumento na produção de grãos e de matéria seca das plantas. No Brasil, o lodo de esgoto tem proporcionado aumento de produtividade em experimentos com cana-de-açúcar (MARQUES *et al.*, 2007; CHIBA *et al.*, 2008), eucalipto (ANDRADE; MATTIAZZO, 2000), feijão (NASCIMENTO *et al.*, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2006), milho (LEMAINSKI; SILVA 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2006), soja (VIEIRA *et al.*, 2005; LEMAINSKI; SILVA, 2006b), mamona (NASCIMENTO *et al.*, 2011; CAVALCANTE *et al.*, 2015) e girassol (LOBO *et al.*, 2013). Apresenta, porém, riscos potenciais de contaminação do solo e das plantas com patógenos e metais pesados o que pode limitar a sua utilização como adubo (BIONDI; NASCIMENTO, 2005; GOMES *et al.*, 2006; NOGUEIRA *et al.*, 2007, OLIVEIRA *et al.*, 2009; NASCIMENTO *et al.*, 2014a; b).

Os metais pesados estão presentes no lodo de esgoto, porém, não há resultados conclusivos sobre a efetiva contaminação do solo decorrente do uso agrícola desse resíduo. No entanto, em longo prazo, após aplicações sucessivas de lodo de esgoto, o aumento nos teores de metais no solo pode tornar-se uma preocupação justificada, pois, se não houver seu controle efetivo, pode acarretar problemas ao meio ambiente (GOMES *et al.*, 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2004). Isto ocorre em razão das concentrações de metais no lodo serem mais elevadas do que as naturalmente encontradas em solos (SILVA *et al.*, 2006).

Dessa forma, visando o uso seguro na agricultura brasileira, foram definidos critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo de esgoto, gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário, por meio da Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006.

Alternativas para a estabilização do lodo de esgoto

Compostagem

A compostagem é um processo onde os resíduos de origem vegetal e, ou, animal com alta relação carbono/nitrogênio (C:N) são transformados em produtos com menor relação C:N, pela ação de microrganismos (LIMA, 1995). Nesse processo, os resíduos orgânicos são degradados por meio de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras (LIMA, 1995). Os parâmetros envolvidos no processo são aeração, temperatura, umidade, relação C:N e tamanho das partículas (PEREIRA NETO, 1996). De acordo com Fernandes (2000), a temperatura é um dos processos mais importantes na compostagem, uma vez que está diretamente envolvida na biodegradação dos resíduos e na eliminação de patógenos.

O processo de compostagem pode ser dividido em duas fases distintas, sendo que, na primeira, ocorre a degradação ativa do material utilizado, enquanto que, na segunda etapa do processo, ocorre a maturação (humificação) do material orgânico (MATOS *et al.*, 1998).

Costa *et al.* (2000) relatam que a compostagem de lodo primário e resíduos de capim meloso, capim napier verde, capim napier seco, palha de café e esterco de galinha, na proporção de 50 kg de lodo para cada m³ da mistura de resíduos vegetais, produziu um excelente adubo orgânico. A redução da pilha de compostagem em função da perda de carbono pelo processo de respiração microbiana promove o aumento na concentração de nutrientes no composto, à medida que o volume da leira diminui (COSTA *et al.*, 2009).

Nogueira *et al.* (2006) estudando a aplicação de composto produzido com a mistura de lodo de esgoto e de biomassa de *Ipomoea carnea* spp., constataram não haver diferença de produção de milho e feijão consorciados quando comparada à adubação mineral. Aisse *et al.* (1999) relatam que a compostagem do lodo de esgoto abre perspectivas para o processamento integrado de outros resíduos urbanos, tais como, podas de árvore, serragem, madeira e restos de hortaliças, pois participam do processo como fonte de carbono e material estruturante e o lodo como fonte de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes. Os autores relatam um experimento, realizado em Londrina/PR, em que

foram utilizados resíduos de podas de árvores triturados e lodo de esgoto proveniente de um reator anaeróbio, na proporção de 43,5% e 56,5%, respectivamente. Segundo os autores, com a compostagem, a inativação de patógenos foi elevada, tornando o lodo apropriado para a reciclagem agrícola.

Vermicompostagem

O vermicomposto é obtido por meio do processo de estabilização e decomposição do composto orgânico pela ação de minhocas, que excretam o material orgânico ingerido na forma de cropólitos, favorecendo a absorção dos nutrientes pelas plantas (DORES-SILVA *et al.*, 2011). As minhocas promovem um processo mecânico e biológico, onde a matéria orgânica é triturada ao passar pelo seu trato digestivo, além de revolver e aerar o composto (DORES-SILVA *et al.*, 2011). Segundo Corrêa *et al.* (2007) a vermicompostagem promove a umidificação da matéria orgânica e o controle dos patógenos, por meio da ação detritívora das minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo.

De acordo com Godoy *et al.* (2009), no Brasil, apenas a gigante africana (*Eudrilus eugeniae*) e a vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*), são as duas espécies de minhocas criadas em cativeiro para a produção de vermicomposto. Segundo Cunha *et al.* (2017) a *E. foetida* produz um vermicomposto com teores de nutrientes, matéria orgânica e pH com adequadas condições para uso como fertilizante agrícola.

A vermicompostagem pode ser utilizada como biotecnologia para a destinação final do lodo de curtume, uma vez que o seu produto, no geral, tem relação C:N, carbono, nitrogênio e pH adequados às exigências técnicas da Instrução Normativa do MAPA e Resolução do CONAMA, possibilitando a sua utilização como fertilizante na agricultura (CUNHA *et al.*, 2015). Segundo Malafaia *et al.* (2015) a vermicompostagem de lodo de curtume, gera um produto estável, com relação C:N baixa, que pode ser utilizado com composto orgânico na agricultura.

Garg *et al.* (2006) verificaram aumentos nos teores de N, P, K e condutividade elétrica do substrato e redução no pH, carbono orgânico total e relação C:N, ao avaliarem as alterações físicas e químicas em diversos resíduos submetidos ao processo de vermicompostagem.

A eficácia da utilização do processo de vermicompostagem como forma de estabilização de resíduos, vem sendo demonstrada por diversos trabalhos científicos, resultando em menores riscos de contaminação por patógenos (NAIR *et al.*, 2006; RODRÍGUEZ-CANCHÉ *et al.*, 2010).

Promovendo a redução dos teores de Mn, Zn, Pb e Cu (KHWAIRAKPAM; BHARGAVA, 2009). No entanto Gupta; Garg (2008) relatam que a vermicompostagem pode aumentar os teores de metais pesados neste resíduo. O aumento ou a redução dos teores de metais pesados no lodo de esgoto, por meio da utilização do processo de vermicompostagem, é influenciado pelo tempo de estabilização deste resíduo, uma vez que, a partir da décima quinta semana, as minhocas começam a excretar os metais pesados, o que contribui para o aumento nos teores destes elementos no vermicomposto (AZIZI *et al.*, 2013).

Estabilização química (Caleação)

O processo de estabilização química ou caleação consiste em adicionar a cal virgem ao lodo de esgoto com o intuito de eliminar os patógenos presentes neste resíduo por meio da elevação da temperatura e do pH. A elevação do pH, além de eliminar os microrganismos patogênicos, diminui a solubilidade de metais pesados (FERNANDES, 2000; FIA *et al.*, 2005; NOGUEIRA *et al.*, 2007).

Segundo Pegorini *et al.* (2003) o processo de higienização do lodo de esgoto por meio da caleação promove a redução na concentração de coliformes fecais abaixo dos limites de detecção. Martins *et al.* (2003) constataram que a caleação tem mostrado ser muito eficiente no controle de patógenos, além de promover a redução da absorção de metais pesados pelas plantas.

Por outro lado, Chueiri *et al.* (2007) verificaram que os parâmetros morfológicos e a matéria seca das plantas de trigo foram negativamente afetados pela aplicação de lodo de esgoto alcalinizado, uma vez que elevou o pH do solo acima da neutralidade e reduziu a disponibilidade de manganês. Segundo Fernandes e Souza (2000) a adubação com lodo de esgoto caleado pode favorecer as perdas de nitrogênio, pela volatilização da amônia, e a insolubilização do fósforo (FERNANDES; SOUZA, 2000; CARNEIRO *et al.*, 2005; FIA *et al.*, 2005). Dores-Silva *et al.* (2011) também afirmam que a adubação do solo com

biossólido alcalinizado, pode ocasionar mudanças nas características químicas, elevando o pH a níveis superiores a 7,5, prejudicando absorção de nutrientes, o desenvolvimento e a produtividades das culturas.

Tratamento térmico

Consiste no tratamento onde o lodo de esgoto no estado pastoso é submetido a elevadas temperaturas, visando a perda de umidade e eliminação de patógenos, com consequente redução do volume e do custo de transporte.

De acordo com Pedroza *et al.* (2010) a utilização do tratamento térmico no lodo de esgoto promove a redução de patógenos, bactérias, vírus e ovos de helmintos a níveis aceitáveis, sendo que a exposição do lodo a temperaturas de 58 °C durante aproximados 32 minutos promove a inativação térmica de 99,9 % de ovos viáveis de patógenos nos biossólidos.

Leito de secagem (Solarização)

O leito de secagem é uma das alternativas mais utilizadas para desidratação do lodo de esgoto, onde a evaporação é um dos mecanismos mais importantes para a remoção de umidade, sendo influenciado principalmente pela temperatura ambiente, material utilizado e pela umidade relativa do ar (BORGES *et al.*, 2009).

O processo de desidratação do lodo promove o aumento na concentração de sólidos totais por meio da redução da umidade, com consequente redução do volume do lodo e do custo de transporte (BORGES *et al.*, 2009). De acordo com Pedroza *et al.* (2010), no período de 10 a 60 dias após a disposição do lodo de esgoto no leito de secagem, verifica-se um aumento na concentração de sólidos no lodo de esgoto de aproximadamente 40%.

De acordo com Borges *et al.* (2009) o lodo tratado termicamente perde mais água por evaporação do que por drenagem, sendo o processo onde o tempo de exposição à radiação solar e a variação da temperatura contribui para a eliminação ou inativação de microrganismos patogênicos.

Alcântara *et al.* (2003) constataram uma maior produtividade na cultura do algodoeiro, quando adubado com lodo de esgoto solarizado em comparação a adubação com lodo de esgoto caleado. De acordo com estes autores, o processo de estabilização do lodo de esgoto por meio da solarização preserva os teores de matéria orgânica e de nutrientes presentes neste resíduo, ao contrário do processo de caleação, onde ocorrem perdas de nitrogênio pela volatilização da amônia e precipitação de alguns micronutrientes em função da elevação do pH do solo com a aplicação do lodo caleado.

Presença de Metais Pesados no Lodo

Os metais fazem parte de um grupo heterogêneo de elementos químicos, que apresentam características como alta condutividade térmica, elétrica, brilho característico, massa específica maior que 5 g cm^{-3} , podendo ser encontrar sob diferentes formas no solo, ou seja: dissolvido, trocável, ligados a estruturas do solo (adsorção específica) e insolúvel (formando precipitados) (CARDOSO *et al.*, 2018)

A utilização do lodo de esgoto na fertilização de solos agrícolas destaca-se pela melhoria das propriedades físicas e químicas do solo e pela viabilização da reciclagem de nutrientes (MARQUES *et al.*, 2002; MELFI; MONTES, 2002; MELO *et al.*, 2002; TSUTIYA *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2005), promovendo aumento nos teores de matéria orgânica e de elementos essenciais às plantas e contribuindo para a redução da demanda por fertilizantes minerais e conseqüentemente do custo de produção (SILVA *et al.*, 2002; LEMAINSKI; SILVA, 2006a). No entanto, pode apresentar riscos potenciais de contaminação do solo e das plantas com metais pesados, o que pode comprometer a sua utilização (BIONDI; NASCIMENTO, 2005; GOMES *et al.*, 2006; NOGUEIRA *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

A presença de metais pesados no lodo de esgoto pode contribuir para uma elevação nos teores destes elementos no solo após sucessivas aplicações deste resíduo (NASCIMENTO *et al.*, 2004; GOMES *et al.*, 2006). Isto ocorre em função dos teores de metais presentes no lodo de esgoto serem mais elevados do que os naturalmente encontrados no solo (SILVA *et al.*, 2006). As concentrações desses metais são influenciadas por diversos fatores, como a origem do lodo de esgoto e o processo de tratamento do esgoto.

A adubação com lodo de esgoto pode contribuir para o aumento nos teores de chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu) e zinco (Zn) no solo, além de organismos patogênicos e compostos orgânicos sintéticos (NASCIMENTO *et al.*, 2014). De acordo com Galdos *et al.* (2004) e Silva *et al.* (2006) a adubação com lodo de esgoto na cultura do milho favoreceu o aumento nos teores de Cu, Ni, Pb e Zn no solo em função da aplicação deste resíduo. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques *et al.* (2007), que constataram uma elevação nos teores de metais pesados no solo em cultivo de cana-de-açúcar adubado com lodo de esgoto.

Diversos trabalhos têm demonstrado que a fertilização do solo com lodo de esgoto, aumenta os teores de metais pesados, no entanto, os valores ainda permanecem dentro dos níveis estabelecidos pela legislação (MARTINS *et al.*, 2003; RANGEL *et al.*, 2004; GOMES *et al.*, 2006; NOGUEIRA *et al.*, 2007).

Segundo Nascimento *et al.* (2014) para uma utilização segura do lodo de esgoto é necessário submeter este resíduo a processos de estabilização, o qual podem ser feitos utilizando diversos métodos, como compostagem, vermicompostagem, solarização e caleação. Estes autores relatam que nos processos de vermicompostagem e compostagem ocorrem a quebra das moléculas orgânicas, tornando os elementos químicos que constituem estas moléculas mais fitodisponíveis.

Considerações finais

O lodo de esgoto devidamente tratado e estabilizado pode ser usado nas principais culturas agrícolas, sendo importante como fonte de matéria orgânica e nutrientes para as plantas.

A utilização agrícola de lodo de esgoto ou produtos provenientes de sua estabilização é uma alternativa importante para a redução dos custos de produção e para o aumento da produtividade de diversas culturas, uma vez que este resíduo promove melhorias físicas e químicas do solo devido aos altos níveis de nutrientes e matéria orgânica.

Referências

- AISSE, M.M.; FERNADES, F.; SILVA, S.M.C.P. Aspectos tecnológicos e de processos. In: ANDREOLI, C. V.; LARA, A.I.; FERNADES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba: Sanepar, Finep, p.51–119, 1999.
- ANDRADE, C.A.; MATTIAZZO, M.E. Nitratos e metais pesados no solo após a aplicação de biossólido (lodo de esgoto) em plantações florestais de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Florestalis**, v.58, p.59-72, 2000.
- AZIZI, A. B.; LIM, M. P. M.; NOOR, Z. M.; ABDULLAH, N. Vermiremoval of heavy metal in sewage sludge by utilising *Lumbricus rubellus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.90, p.13-20, 2013.
- BARBOSA, G.M.de C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.B.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.31, p.601-605, 2007.
- BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A. Acúmulo de nitrogênio e produção de matéria seca de plantas em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, v.18, p.123-128, 2005.
- BORGES, E.S.M.; GODINHO, V.M.; BEJAR, D.O.; CHERNICHARO, C.A.de L. Tratamento térmico de lodo anaeróbico com utilização do biogás gerado em reatores UASB: avaliação da auto-sustentabilidade do sistema e do efeito sobre a higienização e a desidratação do lodo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.14, n.3, p.337-346, 2009.
- Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília, 2006.
- CAETANO, L. C. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, A. de F. S. da; GUARÇONI, R. C. Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 883-890, 2013.
- CARDOSO, M. M.; PEGORARO, R. F.; MAIA, V. M.; KONDO, M. K.; FERNANDES, L. A. Crescimento do abacaxizeiro 'vitória' irrigado sob diferentes densidades populacionais, fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n.3, p.769-781, 2013
- CARDOSO, P. H. S.; SOUSA, I. DE P.; ZUBA JUNIO, G. R.; GONÇALVES, P. W. B.; SAMPAIO, R. A. As, Cu and Zn concentration in sanitary sewage sludge fertilized soil and in crambe and corn grains. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.38, n.3, p.426-433, 2018.

CARNEIRO, C.; SOTTOMAIOR, A.P.; ANDREOLI, C.V. Dinâmica de nitrogênio em lodo de esgoto sob condições de estocagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n. 6, p.987-994, 2005.

CHIARADIA, J.J. *et al.* Produtividade e nutrição de mamona cultivada em área de reforma de canal tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 701-709, 2009.

CHIBA, M.K.; MATTIAZZO, M.E.; OLIVEIRA, F.C. Cultivo de cana-de-açúcar em Argissolo tratado com lodo de esgoto. I – Disponibilidade de nitrogênio no solo e componentes de produção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.643-652, 2008.

CHUEIRI, W.A.; SERRAT, B.M.; BIELE, J.; FAVARETTO, N. Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.502–508, 2007.

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p.420–426, 2007.

COSTA, A.N.; RODRIGUES, C.; TELES, C.R.; KROHLING, B. Reciclagem Agrícola do Lodo de Lagoas de estabilização. *In*: GONÇALVES, R.F. (Coord.). **Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas**. Rio de Janeiro: ABES, p. 69-76, 2000.

COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L.A.M.; DECARLI, L.D.; PELÁ, A.; SILVA, C.J.; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 1, p.100–107, 2009.

CUNHA, A.H.N.; ARAÚJO, C.S.T.; SILVA, S. M. da C.; VIEIRA, J.A.; BRASIL, E.P.F.; FERREIRA, R.B.; MATOS, T.N.de. Vermicompostagem de diferentes tipos de lodo de curtume associado a cinzas. **Revista ESPACIOS**. v. 38, n. 16, p. 28, 2017.

CUNHA, A.H.N.; FERNANDES, E.P.; ARAÚJO, F. G. MALAFAIA, G.; CORREIO, J.A.V. Vermicompostagem de lodo de curtume associado a diferentes substratos. **Multi-Science Journal**. v.1, n.3, p.31-39, 2015.

DORES-SILVA, P.R.; LANDGRAF, M.D.; REZENDE, M.O.O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 956-961, 2011.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. *In*: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. cap. 3. p.45-68.

FERNANDES, F.; LOPES, D.D.; ANDREOLI, C.V., SILVA, S.M.C.P. da. Avaliação de alternativas e gerenciamento do lodo na ETE. *In*: ANDREOLI, C.V.; CLEVERSON, V.A.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**.

Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. p. 299-318.

FERNANDES, F.; SOUZA, S.G. Estabilização de lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. cap. 2. p. 29-55.

FERREIRA, E. A. *et al.* Abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 264, p. 7-16, out. 2011.

FIA, R.; MATOS, A.T.; AGUIRRE, C.I. Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caledo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n. 4, p.287-299, 2005.

GALDOS, M. V.; MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 569-577, maio/jun. 2004.

GARG, P.; GUPTA, A.; SATYA, S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: a comparative study. **Bioresource Technology**, v.97, n3, p. 391-395, 2006.

GODOY, J.R.R.; MEDEIROS, C.M.; SANTANA, G.P. Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, grama e pó de serragem utilizando *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.5, p. 648-653, 2009.

GOMES, S.B.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M.; ACCIOLY, A.M.de A. Distribuição de metais pesados em plantas de milho cultivadas em Argissolo tratado com lodo de esgoto. **Revista Ciência Rural**, v.36, p.1689-1695, 2006.

GUPTA, R.; GARG, V. K. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. **Journal of Hazardous Materials**, v. 153, n. 3, p. 1023–1030, maio 2008.

KHWAIRAKPAM, M.; BHARGAVA, R. Vermitechnology for sewage sludge recycling. **Journal of Hazardous Materials**, v.161, n 2/3, p. 948–954, jan. 2009.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da. Avaliação agrônômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.10, p.1477-1484, 2006b.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da. Utilização do biossólido da CAESB na produção de milho no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.30 n.4, p. 741-750, 2006a.

LIMA, L.M. Q. **LIXO: tratamento e biorremediação**. 3. ed. São Paulo: Hemus, 1995. 265p.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L.T.; KUMMER, A.C.B. Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.504-509, 2013.

MALAFAIA, G.; JORDÃO, C. R.; ARAÚJO, F. G. de; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. de L. Vermicompostagem de lodo de curtume em associação com esterco bovino utilizando Eisenia fétida. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.20, n.4, p. 709-716, 2015.

MARQUES, M.O.; NOGUEIRA, T.A.R.; FONSECA, I.M.; MARQUES, T.A. Teores de Cr, Ni, Pb e Zn em Argissolo Vermelho tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.133-143, 2007.

MARTINS, A.L.C.; BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.27, p.563-574, 2003.

MATOS, A.P. **Produção Integrada de Fruteiras Tropicais**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2012.

MATOS, A.T.; VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.; GARCIA, N.C.P.C.; RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 199-203, 1998.

MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Impacto dos biossólidos sobre o solo. *In: Biossólidos na agricultura*. 2. ed. São Paulo: ABES/SP, 2002. p.243-272.

MELO, W. J. de; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. de. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. *In: Biossólidos na agricultura*. 2. ed. São Paulo: ABES/SP, 2002. p.289-363.

MOTA, M. F. C.; PEGORARO, R. F.; SILVÂNIO R. DOS S.; MAIA, V. M.; SAMPAIO, R. A.; KONDO, M. K. Contamination of soil and pineapple fruits under fertilization with sewage sludge. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.5, p.320-325, 2018.

NAIR, J.; SEKIOZOIC V.; ANDA M. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. **Bioresource Technology**, v.97, n. 16, p.2091–2095, 2006.

NASCIMENTO, A.L.; SAMPAIO, R.A.; BRANDÃO, D.S.; ZUBA JUNIO, G.R.; FERNANDES, L.A. Crescimento e produtividade de semente de mamona tratada com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, v.24, p.145-151, 2011.

NASCIMENTO, A.L.; SAMPAIO, R.A.; ZUBA JUNIO, G.R.; FERNANDES, L.A.; CRUZ, S.F.; CARNEIRO, J.P.; BARBOSA, C.F.; LIMA, N.N. de. Atributos químicos do solo adubado com lodo de esgoto estabilizado por diferentes processos e cultivado com girassol. **Bioscience Journal**, v.30, p.146-153, 2014b.

NASCIMENTO, A.L.; SAMPAIO, RS.; ZUBA JUNIO, G.R.; CARNEIRO, J.P.; FERNANDES, L.A.; RODRIGUES, M.N. Teores de metais pesados no solo e em girassol adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.294–300, 2014a.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.385-392, 2004.

NOGUEIRA, T.A.R.; SAMPAIO, R.A., FERREIRA, C.S.; FONSECA, I.M. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1, p.122-131, 2006.

NOGUEIRA, T.A.R.; SAMPAIO, R.A.; FONSECA, I.; FERREIRA, C. S.; SANTOS, S.E.; FERREIRA, L.C.; GOMES, E.; FERNANDES, LA. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.331-338, 2007.

OLIVEIRA, J.P.B. de; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R.S.; JASPER, A.P. dos S.; SANTOS, L.N.S.; OLIVEIRA, L.B. de. Concentração de metais pesados em plantas de maracujá doce cultivadas em dois solos tratados com lodo de esgoto. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, p. 217-223, 2009.

PEDROZA, M.M.; VIEIRA, G.E. G.; SOUSA, J.F. DE. PICKLER, A.de C.; LEAL, E.R. M.; MILHOMEN, C. da C. Produção e tratamento de lodo de esgoto: uma revisão. **Revista Liberato**, v.11, n. 16, p. 89. 2010.

PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L. de P.; FERREIRA, A. Qualidade do Lodo de esgoto utilizado na Reciclagem Agrícola na Região Metropolitana de Curitiba – PR. *In*: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE BIODIVERSIDADE, 1., 2003, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo, jun. 2003.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; GUILHERME, L. R. G.; DYNIA, J. F. Acúmulo de Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em latossolo vermelho adubado com fontes de lodo de esgoto e cultivado com milho. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 15-23, jan./fev. 2004.

REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. Exigências edafoclimáticas. *In*: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência Tecnológica, 2000. (Frutas do Brasil, 7). p. 9.

ROCCA, A.C.C. **Resíduos sólidos industriais**. 2. ed. São Paulo: Cetesb, 1993. 234p.

RODRÍGUEZ-CANCHÉ, L.G.; VIGUEROS L. C.; MALDONADO-MONTIEL, T.; MARTÍNEZ-SANMIGUEL, M. Pathogen reduction in septic tank sludge through vermicomposting using *Eisenia fetida*. **Bioresource Technology**, v.101, n.10, p. 3548–3553, 2010.

SILVA, C.A.; RANGEL, O.J.P.; DYNIA, J.F.; BETTIOL, W.; MANZATTO, C.V. Disponibilidade de metais pesados para milho cultivado em Latossolo sucessivamente tratado com lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.30, p.353-364, 2006.

SILVA, J. E.; RESCK D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica 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**, Viçosa, v. 26, p. 487-495, 2002.

SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S.; REINHARDT, D. H. Introdução. *In*: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi Produção**: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência Tecnológica, 2000. (Frutas do Brasil, 7). p. 9.

TRANNIN, I.C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA F. M. S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 223–230. 2008.

VIEIRA, R.F.; TANAKA, R.T.; TSAI, S.M.; PÉREZ, D.V.; SILVA, C.M.M. de S. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.9, p.919-926, 2005.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2020

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424