



v. 9 n. 1, p. 01-08, jan-dez, 2015.

ISSN 2317-3122

Editora do GVAA - Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas - Pombal-PB - Brasil [www.gvaa.org.br](http://www.gvaa.org.br)

Revista RBGA: <http://www.gvaa.org.br/revista/index.php/RBGA>

#### Autores

<sup>1\*</sup> *Mirella dos Santos Pereira*

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 01/05/2015. Aprovado em 04/04/2016.

1) Aluna Especial do Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Brasil. E-mail : [mirella.pereira03@yahoo.com.br](mailto:mirella.pereira03@yahoo.com.br)

## REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL GVAA - GRUPO VERDE DE AGRO-ECOLOGIA E ABELHAS - POMBAL-PB - BRASIL

*Revisão Bibliográfica*

### UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

**RESUMO** – A população humana, enquanto parte do ecossistema terrestre, possui comportamentos que agem em sentido contrário à manutenção do equilíbrio do meio ambiente. Os principais fatores que alteram este equilíbrio estão relacionados ao consumo de recursos e energia e à produção de resíduos. O lodo é produzido nas Estações de Tratamento de Esgoto em quantidades significativas e sua destinação final é um sério problema ambiental. Quanto ao gerenciamento deste resíduo, uma das alternativas é a utilização para do mesmo na agricultura. As alterações benéficas nas características físicas, químicas e biológicas do solo, o aumento da produtividade agrícola e os consequentes benefícios socioeconômicos tornam a reciclagem agrícola uma das práticas mais adequada dentre as formas de disposição final do lodo de esgoto. A presente revisão tem como intuito mostrar as vantagens na utilização do lodo de esgoto na agricultura, ou seja, como uma alternativa de fonte nutricional para as plantas e condicionador de solo. Portanto é necessário buscar técnicas racionais que permitam eficácia no uso do biofóssido, respeitando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A partir do estudo exploratório bibliográfico, destacar-se-á no presente artigo as diversas vantagens do biofóssido na produção de alimentos, como também técnicas e procedimentos para mitigar seus impactos no solo, recursos hídricos e na saúde pública como um todo, devido principalmente às cargas elevadas de metais pesados e microrganismos patogênicos.

Palavras-chave: Biofóssido. Meio ambiente. Reciclagem Agrícola.

### SEWAGE SLUDGE FOR USE IN AGRICULTURE

**ABSTRACT** - Humans, as part of the terrestrial ecosystem, has behaviors that act in the opposite direction to maintain the balance of the environment. The main factors affecting this balance are related to the consumption of resources and energy and the production of waste. The sludge is produced in Sewage Treatment Plants in significant quantities and their disposal is a serious environmental problem. As for the management of this waste, an alternative is to use for the same in agriculture. The beneficial changes in physical, chemical and biological soil, increasing agricultural productivity and the resulting socio-economic benefits make the agricultural recycling one of the most appropriate practices among the forms of final disposal of sewage sludge. This review will aim to

show the advantages in the use of sewage sludge in agriculture, that is, as a nutritional source alternative to the plants and soil conditioner. Therefore it is necessary to seek rational techniques that allow effective use of biosolids, respecting the physical, chemical and biological soil. From the bibliographic exploratory study, will stand out in this article the various numerous advantages of biosolids in food production, as well as techniques and procedures to mitigate their impacts on soil, water resources and public health as a whole, mainly due high loads of heavy metals and pathogenic microorganisms.

Keywords: Biosolids. Environment. Agricultural Recycling.

## INTRODUÇÃO

Lodo de esgoto é um resíduo semissólido resultante do tratamento do esgoto cuja composição, predominantemente orgânica, varia em função da sua origem, do sistema de tratamento adotado e do próprio lodo dentro das estações, podendo apresentar tipicamente em torno de 40% da matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e os demais macro e micronutrientes e alguns elementos tóxicos, quando o lodo de esgoto é proveniente de estações de tratamento biológico, com predominância de esgotos domésticos sobre os industriais, os níveis de metais pesados e patógenos permanecem dentro das faixas aceitáveis para o seu uso agrônômico (GALLOWAY & JACOBS, 1977; CETESB, 1999; OLIVEIRA, 2000; TSUTUYA, 2001; PEGORINI et al., 2003; GALDOS et al., 2004).

Esse lodo, quando devidamente condicionado, é então denominado de biossólido se atender à Norma Portaria 4.230, no estado de São Paulo (CETESB, 1999) e em todo território brasileiro. O CONAMA estabelece os limites legais para utilização do lodo de esgoto na agricultura, através da Resolução nº 375 de 29 de Agosto de 2006, podendo ser usado com segurança.

Para Sommers (1977), os fatores determinantes da composição química do lodo de esgoto são o método de tratamento, a variabilidade sazonal, o tipo e o grau de industrialização da região onde são gerados os esgotos.

A caracterização química das amostras de lodo de esgoto apresentados pelos diversos autores brasileiros demonstram, quando comparados com aqueles apresentados por Sommers (1977), que não existem grandes diferenças na composição do lodo, porém, quando se consideram os aspectos quantitativos, verifica-se grande variabilidade.

Em regiões de clima temperado os nutrientes, predominantemente contidos no lodo de esgoto na forma orgânica, têm uma vantagem adicional em relação aos existentes nos fertilizantes minerais, pois seriam liberados ao solo no decorrer do ciclo da planta, reduzindo dessa forma a lixiviação (WALSH, 1979).

No Brasil, os primeiros trabalhos exaltando o potencial de uso agrícola desse resíduo foram realizados por

Santos (1979), Carvalho e Barral (1981), Bettiol e Carvalho (1982) e Boaretto (1986). Em geral, o lodo de esgoto pode fornecer N às plantas em quantidades satisfatórias, além de outros elementos, como P, Ca, Mg, Zn e Cu (IPT/CETESB, 1983; OLIVEIRA, 2000; TSUTUYA, 2002; GALDOS et al., 2004).

A maioria dos nutrientes no lodo está na forma orgânica, como é destacado por Sabey (1980) e Munhoz (2001), embora apenas cerca de 30 a 50 % do N total esteja na forma prontamente aproveitável pelas plantas e o P encontra-se 70 % na forma orgânica, possivelmente aproveitável no primeiro ano de cultivo, sendo a maior parte do K prontamente disponível aos vegetais.

## O LODO NA AGRICULTURA E SEUS BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

A reciclagem agrícola tem proporcionado inúmeros benefícios tanto para o homem quanto a natureza, logo a reciclagem transforma um simples resíduo em um importante insumo agrícola que fornecem nutrientes e matéria orgânica ao solo. Grandes vantagens foram percebidas com a utilização do lodo na agricultura, ou seja, redução da emissão de CO<sub>2</sub> causada pela incineração, diminuição da necessidade de adição fertilizantes químicos e aumento do teor de matéria orgânica do solo (OUTWATER, 1994).

Foi também observado, em uma análise em maior escala, que a adição de lodo ao solo está em consonância com políticas globais de preservação da biosfera devido à redução das emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> (LAL et al., 1995).

Para o alcance de uma utilização eficiente no uso do lodo deve-se seguir um programa de planejamento e monitoramento adequado, onde devem ser analisadas as seguintes informações: adequações necessárias para as estações de tratamento de esgoto e monitoramento ambiental, alternativas de higienização, aptidão das áreas de aplicação e operação da distribuição, estimativa da produção, avaliação da qualidade (CARVALHO; BARRAL, 1981).

Esta revisão de literatura teve como objetivo mostrar os fatores consideráveis para o uso do lodo de esgoto na agricultura, procurando não gerar impactos ambientais nos recursos naturais, visando transformar esse tipo de resíduo em uma importante fonte nutricional para as plantas e um significativo condicionador de solo.

## LODO COMO COMPOSTO ORGÂNICO

A qualidade do solo é a capacidade deste em sustentar a atividade biológica, promover o crescimento e a saúde das plantas e animais, e manter a qualidade ambiental (DORAN; PARKIN, 1994). Nesse sentido, resíduos sólidos de origem domiciliar e industrial se apresentam como um grande problema para a qualidade ambiental nos dias atuais, destacando os resíduos de esgoto, sendo os mais problemáticos conforme Alves et al., (1999). Depois de tratados, os esgotos produzem um resíduo de composi

ção predominantemente orgânica, chamado de bio-sólido lodo de esgoto.

A utilização do lodo de esgoto como prática agrônômica apresenta grande potencial, destacando-se, seu uso como fertilizante e condicionador de solos (SILVA et al., 2002). Este tem sido utilizado na recuperação de áreas degradadas, no desenvolvimento de áreas reflorestadas (SILVA et al., 1997). Contudo, quando se considera o uso de lodo de esgoto em áreas agrícolas é necessário que se leve em conta além dos benefícios desse uso, tais como reciclagem de nutrientes, aumento da atividade biológica do solo e melhoria das propriedades físicas, os aspectos adversos, dentre os quais a presença de metais pesados e patógenos persistentes (MELO et al., 2001).

A aplicação do lodo de esgoto no solo não é um processo simples, devido à grande variabilidade na sua composição e na complexidade dos diferentes tipos de solo. Por isso, estudos que se dedicam a indicar efeitos causados pela disposição desse resíduo no solo, são importantes ferramentas para o uso sustentável desse resíduo (RICCI et al., 2010).

Quanto aos atributos físicos do solo, a aplicação de lodo de esgoto promove aumento na porosidade total e macro porosidade, diminuição na densidade do solo (MELO et al., 2004) e maior retenção de água, nesse sentido as propriedades físicas do solo influenciam a função do ecossistema e a escolha do melhor manejo a ser adotado (DEBOSZ et al., 2002).

Sendo assim, o emprego do lodo de esgoto na agricultura, além de ser uma forma de disposição de baixo custo, pode trazer benefícios aos sistemas agrícolas, incluindo ganhos de produtividade e melhorias nas propriedades físicas e químicas dos solos conforme Marciano et al. (2001).

## BENEFÍCIOS NA APLICAÇÃO

O lodo de esgoto, como fertilizante, é uma importante forma de atrair o interesse dos agricultores devido aos benefícios provindos do mesmo. Esta alternativa de baixo custo e impacto ambiental positivo, quando realizado dentro de critérios seguros e ambientalmente corretos é uma das soluções mais adequadas para destinação do mesmo, pois promove o retorno dos nutrientes ao solo, colaborando para o fechamento no ciclo dos elementos (FERREIRA & ANDREOLI, 1999).

Quando gerado no tratamento de esgoto geralmente apresenta uma alta concentração de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e micronutrientes. Se esse resíduo for tratado com cal tem característica de corrigir a acidez do solo, pois, quando o lodo é submetido ao processo de estabilização alcalina, seu pH fica básico (LARA et al., 1999).

Várias fontes de matéria orgânica também têm sido utilizadas, como a do lodo de esgoto, que favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, aumenta a resistência do solo à erosão, por estabilizar a estrutura do solo e aumentar a

capacidade de retenção de água, tornando as culturas mais resistentes à seca, além de fornecer nutrientes para as plantas, propiciando maior rendimento de matéria verde e seca (TSUTIYA, 2001).

O reflorestamento, por não ser uma atividade que envolve produtos para consumo alimentar e pelo fato de poder ser instalado em áreas distantes de núcleos urbanos, com acesso restrito a pessoas e animais, apresenta grande vantagem em relação às culturas comerciais no tocante ao uso de lodo de esgoto. Sua aplicação em áreas agrícolas, floresta e em áreas degradadas traz benefícios às propriedades físicas do solo, pois o lodo é um condicionador que facilita a formação de agregados e melhora a infiltração, a retenção de água e a aeração do solo (TSUTIYA, 2001).

Estudos realizados por Colodro e Espíndola (2006) e Alves et al. (2007) mostram que o crescimento de plantas de eucalipto e de espécies nativas de Cerrado foi maior quando se utilizou lodo de esgoto. Observou-se também melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Também De Maria et al. (2007) verificaram que em solos que receberam lodo houve aumento gradativo no diâmetro dos agregados, de acordo com a quantidade aplicada. Os autores ainda mencionam que a estabilidade dos agregados em água foi maior em solos que receberam lodo, pois estes ficaram mais resistentes às ações hídricas, devido aos componentes e benefícios do lodo de esgoto.

## PONTOS NEGATIVOS DO USO DO LODO DE ESGOTO

Uma das principais preocupações do agricultor com o uso de resíduos orgânicos é o teor de metais tóxicos que esses materiais podem conter notadamente aqueles de origem industrial e urbana. Apesar disso, é relatado que apenas uma pequena fração dos metais apresenta formas prontamente disponíveis às plantas quando da aplicação de composto de lixo ou lodo de esgoto ao solo (LOGAN; CHANEY, 1983; PETRUZZELLI et al., 1985; JORDÃO et al., 1996; CANET et al., 1997; EGREJA FILHO et al., 1999; SILVEIRA et al., 2003).

Os metais estão envolvidos em um complexo sistema de reações que ocorrem no solo, podendo levar à contaminação do ambiente e à entrada dos metais na cadeia alimentar, contaminando os animais e o homem (HE et al., 1992; MELO et al., 1997; CRAVO et al., 1998; OLIVEIRA, 2000).

Em resíduos urbanos orgânicos, os teores de metais pesados são bem superiores aos valores encontrados nos solos agrícolas, porquanto, o uso agrônômico de resíduos orgânicos somente poderá ser feito quando neles não existam concentrações altas de Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn, pois estes metais podem ser absorvidos pelas raízes das plantas e transferidos para os alimentos (LOGAN; CHANEY, 1983; CANET et al., 1997).

A utilização do lodo não higienizado como adubo orgânico em culturas com ciclo de vida curto, cujas partes comestíveis tenham contato direto com o solo e que

sejam consumidas in natura apresenta grande risco para a saúde humana e animal, para reduzir esse risco, o lodo deve ser tratado com os processos de digestão anaeróbia, calagem ou compostagem. Estes processos, quando bem controlados, podem melhorar as características físico-químicas do lodo urbano, podendo este ser posteriormente empregado para os mais variados fins, conforme alguns autores recomendam que o teor de matéria seca seja superior a 20% para se obter maior percentual de redução de ovos de helmintos (SOCCOL et al., 1999).

A aplicação de lodo de esgoto pode tanto estimular o comportamento da população microbiana do solo, devido ao aumento de carbono e nutrientes disponíveis, como inibi-la, devido à presença de metais pesados e outros poluentes, portanto, o comportamento da população microbiana depende da qualidade e da quantidade dos resíduos que estão sendo adicionados ao solo (BAATH, 1989; PONTES, 2002).

Isto é possível, pois as alterações no solo proporcionadas pela adição de lodo poderão ocorrer de três formas: a) produzindo ação tóxica direta sobre os microrganismos; b) por meio de distúrbios funcionais, desnaturação de proteínas e destruição da integridade de membranas celulares, alterando as condições físicas e químicas do ambiente; e c) diminuindo a disponibilidade de substratos energéticos essenciais ao desenvolvimento dos microrganismos (BROOKES & MCGRATH, 1984; BROOKES, 1995).

### **ACEITAÇÃO PÚBLICA DO USO DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA**

A invenção do termo “biossólidos” foi baseada na compreensão, verificada por pesquisas na área das ciências sociais, de que este termo remete na maioria das pessoas uma resposta menos negativa do que o termo “lodo” (BEECHER et al., 2004).

Andreoli et al. (1997) destacam que, além da resistência por parte do agricultor, há também a preocupação com a possível desvalorização da propriedade e dos produtos e o receio do uso de biossólidos em função da presença de patógenos e aspectos de saúde ocupacional.

Os principais fatores que afetam a aceitação pública de biossólidos estão relacionados aos problemas de odor nas etapas de processamento e estocagem. Como as regulamentações garantem a qualidade dos biossólidos em relação ao seu conteúdo de metais e ao risco de problemas sanitários, alternativas de secagem, estabilização e de formas de processamento avançado têm apresentado um grande crescimento (PEREIRA, 2013). Desta forma, um dos principais fatores de sucesso de um programa de reciclagem é o adequado fornecimento de informações sobre os critérios de segurança adotados e a transparência dos resultados do monitoramento ambiental à comunidade envolvida (ANDREOLI et al., 2001).

### **MODO DE APLICAÇÃO DO LODO NA AGRICULTURA**

Há o interesse de pesquisadores na utilização desse resíduo rico em matéria e nutrientes, para correção do solo ou ainda para o fornecimento de nutrientes e minerais para as culturas, mas o tipo de cultura e sua necessidade nutricional limitará a aplicação do lodo de esgoto, assim como o número de doses em aplicação é delimitado pela tolerância da cultura aos metais pesados (MULCHI et al., 1987).

Em pesquisa sobre o efeito da adubação com lodo submetido a diferentes processos de higienização sobre os teores de metais pesados no solo e em grãos de milho e feijão consorciados, Nogueira et al. (2007) concluíram que não houve influência dos tipos de biossólidos em relação aos teores de metais pesados em grãos de milho e feijão, assim como Rangel et al. (2006) avaliaram que os teores de magnésio, níquel, chumbo e zinco não provocaram toxicidade em folhas e grãos de milho adubados com biossólidos. Nascimento et al. (2004) observaram que a aplicação de lodo em culturas de milho e feijoeiro elevou os teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e sódio, contribuindo para o aumento da produção de matéria seca, e que os teores de metais pesados presentes no lodo não induziram fitotoxicidade nas plantas.

Berton et al. (1989), em estudo de casa de vegetação, com a aplicação de lodo de esgoto em doses equivalentes a 0, 40 e 80 t ha<sup>-1</sup> (base seca), em cinco solos paulistas, constataram aumentos na produção de matéria seca e absorção de N, P, Ca, Mg e Zn por plantas de milho, em função das doses.

Silva et al. (2005) relata que o milho também se apresenta como cultura aceitável do lodo, obtendo assim um aumento na produtividade de áreas cultivadas pela aplicação do lodo de esgoto, esse incremento no sistema de produção, a partir da melhora dos atributos do solo pelo lodo, também foi objeto de estudo e constatação de Simonete et al. (2003) e Nascimento et al. (2004).

A aplicação de 20, 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto (com 92 % de umidade), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, aumentou a produção de matéria seca da cultura do milheto (efeito imediato) e da associação aveia ervilha (efeito residual), de acordo com as doses, como também aumentou os teores de N e P disponíveis do solo, evidenciando a contribuição do lodo em fornecer nutrientes às plantas (DA ROS et al., 1993).

Em culturas de soja, Vieira et al. (2005) e Correa et al. (2008) observaram aumento de produtividade em solos adubados com biossólido. Para a cultura de girassol, houve aumento significativo da produtividade de grãos, de óleo e de matéria seca (LOBO; GRASSI FILHO, 2007).

Chiba et al. (2008), testou a aplicação de lodo proveniente de tratamento biológico anaeróbico, da Companhia de Saneamento de Jundiá, SP, em lavoura de canaveira em Capivarí, SP. Os resultados alcançados

pelos pesquisadores não alteraram na qualidade do solo, mesmo após sucessivas aplicações, porém constataram o aumento de certos metais pesados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, apresentaram teores de P, K, Ca, Mg, Cu e Zn em níveis adequados, ou seja, valores considerados não perigosos.

Ainda em relação à cultura canavieira Silva et al. (2001), alcançaram resultados que demonstraram a redução na acidez do solo pela presença do lodo, previamente tratado, mas que o fornecimento de nutrientes se manteve.

Silva (1995) avaliou o efeito fertilizante do lodo de esgoto em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. Foram aplicados 20 e 40 t ha<sup>-1</sup> de lodo (com 62% de umidade), em combinação com adubação NP, NK, PK e NPK, nas doses de 60, 80 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, e sem adubação. As doses de lodo aumentaram linearmente a produtividade de biomassa e de açúcar.

Marques (1996), estudando o efeito da adição de 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> de lodo (com 74 % de umidade), combinado com 50 ou 100 % do adubo NPK recomendado para a cultura da cana-de-açúcar, constatou que a aplicação de 40 t ha<sup>-1</sup> com 50 % do adubo NPK promoveu produtividade da cultura semelhante à da adubação NPK convencional. Isso sugere que a utilização do lodo pode acarretar uma economia com fertilizantes minerais.

Em estudo de campo, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, Marques (1990), comparando, por dois anos consecutivos, os efeitos da adubação convencional e da aplicação anual de 4, 8, 16 e 32 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto (com 72 % de umidade), complementadas com K, sobre a produtividade e a qualidade industrial da cana-de-açúcar, concluiu que é possível a utilização do lodo na cultura como fertilizante, uma vez que não foram observadas diferenças, entre os tratamentos, para produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Outra espécie cultivada no Brasil que se demonstrou passível para a aplicação de lodo, foi o eucalipto. A princípio, percebeu-se uma diminuição na densidade da madeira, porém os teores de celulose, lignina e o poder calorífico da madeira permaneceram inalterados, porém apesar da redução da densidade da madeira houve uma compensação pelo aumento da produtividade de madeira (BARREIROS, 2007).

Estudos recentes têm conduzido a um novo enfoque para o lodo de esgoto devidamente tratado: a indução de supressividade às doenças de plantas. Leoni Velazco (2002) verificou que a incorporação de lodo ao solo causou supressividade a *Phytophthora nicotianae* em mudas de limão Cravo. Esse fato foi atribuído aos efeitos benéficos da matéria orgânica contida no lodo, quando incorporada ao solo na taxa de 200 g kg<sup>-1</sup>.

Na cultura da alface, a utilização do lodo de esgoto foi de lenta solubilização e contendo alta concentração de nitrogênio, sendo mais eficiente para o crescimento e desenvolvimento (KATAYAMA, 1993). Os teores dos metais pesados cromo, cádmio, chumbo e níquel foram abaixo dos limites inferiores admissíveis para

uso agrícola (GONÇALVES et al., 1997). Isso significa que os teores encontrados na análise foliar da alface não seriam um fator restritivo ao consumo humano. Conforme McBride (1994), quando os metais pesados se encontram em baixas concentrações, há tendência de que eles permaneçam retidos no solo pelo processo de adsorção, podendo ser utilizado como fertilizante agrícola para o cultivo da alface.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a coleta e o tratamento dos efluentes urbanos é uma realidade de apenas parte da população e, ainda assim, a geração de resíduos nas Estações de Tratamento de Esgoto representa uma questão ambiental importante. O reaproveitamento de resíduos é uma prática importante no que diz respeito às atitudes ambientalmente sustentáveis. A reciclagem agrícola de biossólidos, enquanto complemento nutricional da adubação química e agente de melhoramento das características do solo (aumento da disponibilidade de nutrientes) é uma alternativa de destinação final do lodo de esgoto.

Portanto, o resíduo pode apresentar diversas funções no solo, desde que haja uma intensa e contínua pesquisa, com o propósito de se avaliar os benefícios e as ameaças, no que se refere ao meio. Diante disso o presente trabalho apresentou algumas alternativas viáveis de utilização sustentável para o lodo de esgoto, enfatizando sua aplicação na agricultura, na qual deve seguir alguns requisitos, tanto para o alcance da melhor produtividade quanto para não prejudicar o ecossistema e a qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS

- ALVES et al. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.729-736, 1999.
- ALVES et al. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.617-625, 2007.
- ANDREOLI, C. V. et al. Proposição de plano de monitoramento da reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Estado do Paraná. **Anais...** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997.
- ANDREOLI, C. V. et al. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, **Companhia de Saneamento do Paraná**, 2001.
- BAATH, E. Effects of heavy metals in soil on microbial process and population (a review). **Water, Air, and Soil Pollution**, v.47, p.335-379, 1989.

- BARREIROS, R. M. et al. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.1, p.163-166, 2007.
- BEECHER, N. et al. Biosolid and residuals - Public perception of biosolids recycling: developing public participation and earning trust. **Water Environment Research Foundation**, Alexandria, 2004.
- BERTON, R.S. et al. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de resíduo orgânico a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.187-192, 1989.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T. Resíduo orgânico como fertilizante para a cultura do milho (*Zea mays* L.) híbrido HMDO 7974. **Fertilizantes**, v.4, p.9-11, 1982.
- BOARETTO, A.E. Uso de lodo de esgoto como fertilizante. **FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos**, Botucatu, p.185, 1986.
- BROOKES, P.C.; MCGRATH, S.P. Effects of metal toxicity on the size of the soil microbial biomass. **Journal of Soil Science**, v.35, p.341-346, 1984.
- BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, p.269-279, 1995.
- CANET, R. et al. Chemical extractability and availability of heavy metals after seven years application of organic wastes to a citrus soil. **Soil Use Manage**, v.13, p.117-121, 1997.
- CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, São Paulo, v.3, n.2, p.1-4, 1981.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Aplicação de lodo de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação. **Norma P 4.230**. São Paulo, p.32-35, 1999.
- CHIBA, M. K. et al. Cultivo de cana-de-açúcar em argissolo tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.166-169, 2008.
- COLODRO, G. Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto. **Tese (Doutorado)**. Faculdade de Engenharia Agrícola de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.82, 2006.
- CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução Conama Nº 375**, de 29 de Agosto de 2006. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2015.
- CORREA, J. C. et al. Aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.9, p. 1209-1219, 2008.
- CRAVO, M.S. et al. Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.547-553, 1998.
- DA ROS, C.O. et al. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia - ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.257-261, 1993.
- DEBOSZ et al. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. **Applied Soil and Ecology**, Amsterdam, v.19, n.3, p. 237-248, 2002.
- DE MARIA, I.C. et al. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, v.66, p.291-298, 2007.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**: In Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, v.5, p.3-21, 1994.
- EGREJA FILHO, F.B. et al. Avaliação quimiométrica da distribuição de metais pesados em composto de lixo urbano. **Química Nova**, v.22, p.324-328, 1999.
- FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C.V. Produção e características do biossólido. **PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico**, 1999.
- GALDOS, M.V. et al. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.569-577, 2004.
- GALLOWAY, H.M.; JACOBS, L.M. Sewage sludge I. Characteristics and management in utilization of municipal sewage sludges on land for agricultural production. **North Central Regional Extension Publication**, Washington, p.3-17, 1977.
- GONÇALVES, R.F. et al. Lodo de lagoas de estabilização em operação no Espírito Santo: formação e características. **Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária e Ambiental - Anais**, Foz do Iguaçu, p.427-437, 1997.

- HE, T.H. et al. Chemical properties of municipal solid waste compost. **J. Environ. Qual.**, v.21, p-318-329, 1992.
- IPT/CETESB. Instituto de Pesquisa Tecnológica. **Aproveitamento do resíduo orgânico como fertilizante**, São Paulo, 1983.
- JORDÃO, C.P. et al. Speciation of cadmium, copper, lead and zinc in compost from Brazilian urban solid waste treatment plant. **Ci. Cult. J. Braz. Assoc. Adv. Sci.**, v.48, p.284-287, 1996.
- KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, Piracicaba, p.141-148, 1993.
- LARA, W.A.R. et al. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.30, p.389-406, 1999.
- LAL et al. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. **Soil management greenhouse effect - CRC press**, Boca Raton, p.293-307, 1995.
- LEONI VELAZCO, C. Indução de supressividade a *Phytophthora nicotianae* em mudas de limão cravo com lodo de esgoto. **Dissertação (Mestrado)**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.66, 2002.
- LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **J. SoilSc. Plant Nutr.**, v.7, n.3, p.16-25, 2007.
- LOGAN, T.J.; CHANEY, R.L. Metals. **Workshop on Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land**, University of California, p.235-323, 1983.
- MARCIANO et al. Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Amarelo saturado e não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.1-9, 2001.
- MARQUES, M.O. Efeitos da aplicação de lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar. **Tese (Doutorado)**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.168, 1990.
- MARQUES, M.O. Incorporação de resíduo orgânico em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Tese (Livro Docência)**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, p.111, 1996.
- McBRIDE, M.B. Environmental chemistry of soils. **Oxford University**, New York, p.406, 1994.
- MELO et al. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997.
- MELO et al. Biossólidos na agricultura. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**, São Paulo, p.289-363, 2001.
- MELO, et al. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.67-72, 2004.
- MULCHI, C. L. et al. Long term availability of metals in sludge amended acid soils. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, p.1149-1161, 1987.
- MUNHOZ, R.O. Disponibilidade de fósforo para o milho em solo que recebeu lodo de esgoto. **Dissertação (Mestrado)**. Instituto Agronômico, Campinas, p.74, 2001.
- NASCIMENTO, C. W. A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.385-392, 2004.
- NOGUEIRA, T. A. R. et al. Metais pesados e patógenos em milho e feijão consorciados adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, p.331-338, 2007.
- OLIVEIRA, F.C. Disposição de “resíduo orgânico” e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Tese (Doutorado)**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.247, 2000.
- OUTWATER, A. B. Reuse of sludge and minor wastewater residuals. **Lewis Publishers**, Boca Raton, p.1994-179, 1994.
- PEGORINI, E.S. et al. Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba – PR. Simpósio Latino Americano de Biossólidos. **Anais...**, São Paulo, p.11, 2003.
- PEREIRA, R. D. A. Reciclagem agrícola de biossólidos: aspectos ambientais e aceitação Pública. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v.10, n.2, p.90-101, 2013.
- PETRUZZELLI, G. et al. Heavy metal extractability. **Biocycle**, v.26, p.46-48, 1985.
- PONTES, W.L. Mineralização de um biossólido industrial no solo e efeito desse na biomassa e atividade microbiana. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.73, 2002.

- RANGEL, O. J. P. et al. Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.30, n.3, 2006.
- RICCI et al. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. I – Atributos físicos e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.535-542, 2010.
- SABEY, B.R. The use of sewage as a fertilizer. **Handbook of organic waste conversion**, p.72, 1980.
- SANTOS, H.F. Aplicação do lodo de estações de tratamento de esgotos em solos agrícolas. **Revista DAE**, v.32, p.31-40, 1979.
- SILVA, F.C. Uso agrônômico de resíduo orgânico: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar. **Tese (Doutorado)**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.170, 1995.
- SILVA et al. Utilização do lodo de esgoto como fonte de fósforo e nitrogênio para o milho. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Rio de Janeiro, p.4, 1997.
- SILVA, F. C. et al. Alternativa agrônômica para o bio-sólido 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, n. 3, p.487-495, 2002.
- SILVA, F. C. et al. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.466-468, 2001.
- SILVA, C. J. C. et al. Efeito do lodo de estação de tratamento de despejos de curtume na fase inicial do crescimento do milho. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, p.131-136, 2005.
- SILVEIRA. M.L.A. et al. Biosolids and heavy metals in soils. **Sci. Agric.**, v.60, p.793-806, 2003.
- SIMONETE, M. A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Revista Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1187-195, 2003.
- SOCCOL, V.T. et al. Agentes patogênicos: helmintos e protozoários. **Sanepar**, Curitiba, p.156-179, 1999.
- SOMMERS, L.E. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizer. **J. Environ. Qual.**, v.6, p.225-231, 1977.
- TSUTIYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos. **Biossólidos na agricultura**, São Paulo, p.133-180, 2001.
- TSUTIYA, M.T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. **Biossólido na agricultura**. São Paulo, p.89-131, 2002.
- VIEIRA, R. F. et al. 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.
- WALSH, L. Land application of sludge an overview. Heating On Agricultural Productivity and Environmental Quality. **Anais...**, University of Ohio, Agriculture Committee, p.1-13, 1979.