

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO LODO DE ESGOTO PRODUZIDO PELA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DE TOLEDO – PARANÁ - BRASIL

Sideney Becker Onofre (*), Dirceu Abatti, Amarildo Antonio Tessaro

* Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ - Área de Ciência Exatas e Ambientais - ACEA - Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação - PPGTI - 89809-000 - Chapecó - Santa Catarina.

RESUMO

O lodo de esgoto é um material resultante dos processos de tratamento primário e secundário do esgoto e altamente complexo quanto à composição. Esses tratamentos são necessários para adequar os efluentes aos padrões de lançamento impostos pela legislação vigente, removendo ou reduzindo as concentrações de substâncias presentes no esgoto que poderiam causar impacto ao ambiente. No entanto, devido ao grande volume, o destino do lodo produzido vem preocupando pesquisadores, órgãos ambientais, legisladores, e as empresas de tratamento do esgoto, em todo o mundo. Estudos realizados na Europa indicam uma projeção preocupante para os próximos anos, com o crescimento da produção de lodo de esgoto, principalmente porque muitos países em desenvolvimento terão aumentadas as capacidades de tratamento de seus esgotos urbanos. Pela composição rica em matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o lodo de esgoto tem sido fortemente sugerido para a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo. Os benefícios que poderiam ser obtidos com sua aplicação seriam quanto à reciclagem da matéria orgânica e o aporte de nutrientes no solo, melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas e a produtividade agrícola. Entretanto, como o lodo contém elevadas concentrações de contaminantes, essa prática pode resultar em adição direta de patógenos diversos e substâncias químicas não desejadas no solo agriculturável e consequentemente na cadeia alimentar. Buscando avaliar a qualidade microbiológica, as características físico-químicas e a quantificação dos metais pesados do biossólido produzido pela estação de tratamento de esgoto – ETE, da cidade de Toledo - Estado do Paraná - Brasil, é que propomos este trabalho. Após sua realização, pode-se concluir que o lodo de esgoto produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto da cidade se enquadra como lodo do Tipo A, por possuir baixos índices de coliformes totais e termotolerantes. Considerando as características físico-químicas do lodo em base seca e os níveis de metais pesados encontrados, verificou-se que pode ser um excelente indicador para uso desse material em atividades agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Biossólidos, lodo de esgoto, tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

A reciclagem agrícola tem proporcionado inúmeros benefícios tanto para o homem quanto para a natureza. Logo, a reciclagem transforma um simples resíduo em um importante insumo agrícola, que fornece nutriente e matéria orgânica ao solo. Grandes vantagens foram percebidas com a utilização do lodo na agricultura, a saber, redução da emissão de CO₂ causada pela incineração, necessidade de adição de fertilizantes químicos em menor quantidade e aumento do teor de matéria orgânica do solo. 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 CO₂ (FEITOSA, 2009).

O lodo quando é aplicado na agricultura promove benefícios para as propriedades físicas do solo, como por exemplo, a formação de agregados das partículas do solo, que por sua vez aumentam o tamanho dos espaços vazios, trazendo conseqüências diretas na melhoria de infiltração e retenção de água; permitindo também uma maior capacidade de aeração.

A decomposição do lodo de esgoto (Figura 1), quando aplicado ao solo produz agentes complexantes que apresentam a capacidade de solubilizar formas indisponíveis de fósforo presentes no solo, assim como a liberação lenta dos compostos constituintes do lodo.

A reciclagem do lodo, para ter uma eficiência desejada, deve seguir um programa de planejamento e monitoramento adequados, no qual devem ser analisadas as informações tais como: 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. Esse trabalho deve garantir que o lodo tenha uma boa qualidade para ser utilizado na agricultura (BETTIOL; FERNANDES; CERRI, 2006).

O lodo de esgoto é considerado um resíduo de alta valorização agrícola, porém apresentam em sua composição alguns poluentes que podem contaminar o meio ambiente, podendo chegar até ao homem. O tratamento de esgoto apresenta, na etapa de decantação, um efeito de concentrar metais pesados, compostos orgânicos complexos e organismos

patogênicos. Quando o lodo é utilizado na agricultura de forma não controlada, este pode contribuir para a contaminação do solo, das plantas, do lençol freático e águas superficiais, por meio de processos de escoamento superficial, lixiviação e absorção por atividades agropecuárias através do solo e das águas (SANEPAR, 1997). O excesso de nutrientes pode ser mobilizado quimicamente no solo ou até atingir as águas superficiais e causar eutrofização das mesmas. A aplicação sem controle pode reduzir a produtividade do solo ou prejudicar a qualidade dos produtos agrícolas para o uso humano ou animal. A aplicação de lodo com baixa estabilização favorece o desprendimento de odores, atraindo insetos vetores sobre o produto (FIEST et al., 1998).



Figura 1: Leito de secagem do lodo de esgoto gerado na estação de tratamento do esgoto. Fonte: Sanepar (2015).

Esses impactos potenciais são gerados normalmente pela falta de informação, pela interpretação incorreta de muitos agricultores e consumidores sobre o uso agrícola do lodo e, principalmente, pelo preconceito que leva o consumidor a não utilizar o lodo. Tal atitude leva a geração de passivos ambientais e a contaminação de outros locais (BETTIOL; FERNANDES, 2004).

O lodo gerado no tratamento de esgoto geralmente apresenta uma alta concentração de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e micronutrientes. Esse resíduo se 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. O nitrogênio é o principal componente do lodo de esgoto, logo, pode-se dizer que o elemento é o referencial para a limitação de suas taxas de aplicação (ANDREOLI et al., 2006).

No Japão e em alguns países europeus, é feito o monitoramento da lixiviação do nitrogênio na forma de nitrato encontrado no ambiente. No Paraná, por exemplo, o volume de lodo aplicado em função da capacidade de assimilação de nutrientes tende a ser controlado, diretamente em relação ao elemento nitrogênio (MIKI et al., 2006).

Os metais pesados podem apresentar uma concentração maior no lodo que no solo. Logo é possível visualizar que se deva controlar a utilização do lodo como fertilizante. As práticas do manejo do lodo de esgoto no solo devem levar em conta as concentrações de metais pesados presentes no resíduo, sempre monitorando os níveis cumulativos máximos permitidos no solo, quantidade já acumulada, as condições regionais do solo, as condições climáticas e a topografia (MIRANDA, 2010).

A associação dos riscos aos metais pesados que estejam no solo devido à aplicação do biossólido depende de vários fatores originais do solo como: textura, tipo de argila, matéria orgânica, pH, capacidade de troca catiônica e intensidade do intemperismo (CORREIA, 2009).

A norma aplicada pelo Estado do Paraná se baseia na Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos para controlar os metais pesados e garantir, tanto a segurança ambiental quanto humana, estabelecendo um limite máximo de

50 toneladas secas por hectare durante um tempo de dez anos, logicamente é exigido para esse sistema um monitoramento constante do acúmulo destes metais no solo (SANEPAR, 1997).

Estudos realizados com lodo da estação de tratamento de esgoto de Belém mostraram que mesmo duplicando a dosagem, ou seja, 100 (t/ha), não houve nenhum acréscimo significativo nas concentrações dos elementos no solo decorrente a aplicação do lodo. Experimentos realizados com maiores dosagens em coluna de percolação mostraram que os metais pesados permanecem na superfície do solo, penetrando de cerca de 2,5 cm de profundidade, sendo o zinco o único elemento a conseguir atingir um comprimento de percolação máxima de 10cm de profundidade quando se utiliza solos de pH 4 (FIEST et al., 1998).

O monitoramento tem o objetivo de comprovar e avaliar a conformidade ambiental de todo o processo operacional. Para tanto se faz necessário o estabelecimento de critérios, métodos e estratégias de avaliação da contaminação gerada pela aplicação do lodo de esgoto na agricultura. A lei N° 12.493 de 22/01/1999 relata que toda empresa geradora de resíduo deve ser responsável pelos problemas causados tanto ao ambiente quanto à saúde, causados pelos resíduos gerados (ROQUE, 1997).

No geral, os processos que abrangem a reciclagem devem ser fiscalizados regularmente, tendo em vista a minimização das falhas operacionais. Os efeitos do lodo sobre o solo e a qualidade do biossólido produzidos são dois parâmetros de grande importância que devem estar sendo avaliados constantemente (SANEPAR, 1997).

A autorização de operação deverá ser obtida junto ao órgão ambiental, ou seja, a empresa de saneamento interessada deverá apresentar a documentação da sua estação de tratamento, a licença de operação e o plano de distribuição. A documentação de cadastro também deverá ser apresentada com os seguintes requisitos: informações de cadastro, caracterização da estação de tratamento de esgoto, caracterização do sistema de desinfecção, área para o gerenciamento do lodo, caracterização do lodo, descrição geral da área de aplicação, caracterização da aptidão do solo, descrição técnica do processo de disposição final no solo agrícola (SIMONETI, 2006).

Buscando avaliar a qualidade microbiológica, as características físico-químicas e a quantificação dos metais pesados do biossólido produzido pela estação de tratamento de esgoto – ETE, da cidade de Toledo, é que realizou-se este trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os lodos utilizados neste trabalho foram coletados na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) instalado na Cidade de Toledo, Oeste do Estado do Paraná, Brasil, localizado nas coordenadas geográficas: 24° 43' 53" , Sul e 53° 45' 55" , Oeste e altitude de 576 metros.

O pH foi determinado pesando-se 10g da amostra e passando para um becker de 100mL, adicionando água destilada e esterilizada, mantendo em repouso por quatro horas para se fazer a determinação em um potenciômetro com eletrodo devidamente calibrado.

Nas análises microbiológicas de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*) foram utilizadas a técnica de tubos múltiplos conforme o Standard Methods. A presença de *Salmonella* foi determinada segundo o procedimento descrito no Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto (BONNET, 1998) e da norma Cestesb L5 218 (1993).

Os parâmetros avaliados foram: C (g.Kg⁻¹); relação C:N (g.Kg⁻¹); N-NH₄ (mg.Kg⁻¹); N-NO₃ (mg.Kg⁻¹); P total (%); S total (%); P (%); K (%) e Mg (%). Todos esses parâmetros foram determinados pelos métodos preconizados pela APHA, AWWA, WPCF (1998).

Foram determinados os seguintes metais pesados: cádmio, cobre, níquel, chumbo e zinco. Todos os metais foram determinados por espectrometria de absorção atômica com chama de ar-acetileno, após dissolução em forno de microondas sob pressão, usando o método EPA-3051 (USEPA, 1994): Dissolução de 0,5 g de amostra em 10 mL de HNO₃ concentrado durante dez minutos a 175 °C e 200 Psig.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na caracterização do lodo de esgoto da estação de tratamento da cidade de Toledo - Paraná - Brasil, estão sumarizados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Avaliando-se a tabela 1, verificamos que o pH do lodo avaliado encontra-se na faixa de 7,56±1,06, sendo com isso considerado normal para este tipo de material. O teor de C orgânico na matéria avaliada ficou em 152±15,89 g.Kg⁻¹ de matéria analisada. O nitrogênio está presente nos esgotos numa variedade de formas devido a seus vários estados de oxidação, e por mudar rapidamente de um estado a outro, dependendo das condições físicas e bioquímicas presentes. A amônia pode estar presente como amônia molecular, NH₃, ou como íon amônio, NH₄⁺. O equilíbrio entre estas duas formas na água é fortemente dependente do pH e da temperatura (BETTIOL et al., 2006). Neste trabalho, foram detectados 1.546±245,06 mg.Kg⁻¹ na forma de íon amônio, NH₄⁺ e 536±123,98 mg.Kg⁻¹ na forma de NO₃⁻.

O nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento vegetal e para os seres vivos do solo. O uso adequado do lodo deve visar a eficiente utilização do nitrogênio, com um mínimo de perdas por percolação, volatilização, desnitrificação e arraste superficial. Com a decomposição do lodo adicionado ao solo, o nitrogênio orgânico é convertido em amônio ou nitrato. Os colóides do solo podem reter o amônio mas, o nitrato, normalmente será lixiviado para fora da zona radicular porque a capacidade dos solos em retê-lo é baixa. Por outro lado, em condições redutoras, pode ocorrer a desnitrificação, processo pelo qual o nitrogênio do nitrato é transformado em nitrogênio gasoso. Outra questão básica é o balanço desse nitrogênio.

A matéria orgânica do lodo aplicado ao solo sofre uma mineralização, liberando nitrogênio nas formas amoniacal e nítrica, que são somados aos existentes antes da aplicação. Assim, a quantidade de lodo aplicada deve ser tal que a quantidade de nitrato ou amônio presentes não exceda àquela que a planta vai usar, pois o excesso ficaria em forma facilmente lixiviável que poderia alcançar e contaminar corpos de água subterrâneos. Talvez seja esse elemento um dos mais importantes para o monitoramento nas áreas onde o lodo de esgoto é utilizado. Os teores de P total (%); S total (%); P (%); K (%) e Mg (%), foram de $8 \pm 1,22$, $1,23 \pm 0,45$, $1,34 \pm 0,23$, $165 \pm 32,78$ e $5,21 \pm 1,26$, respectivamente.

Tabela 1: Características físico-químicas do lodo de esgoto (base seca) originado da estação de tratamento de Toledo - PR - incluindo os teores de macronutrientes. Médias seguidas do desvio padrão.

Parâmetros analisados	Concentrações médias
pH	$7,56 \pm 1,06$
C (g.Kg^{-1})	$152 \pm 15,89$
Relação C:N (g.Kg^{-1})	10:2
N-NH ₄ (mg.Kg^{-1})	$1.546 \pm 245,06$
N-NO ₃ (mg.Kg^{-1})	$536 \pm 123,98$
P total (%)	$8 \pm 1,22$
S total (%)	$1,23 \pm 0,45$
K (%)	$1,34 \pm 0,23$
Ca (%)	$165 \pm 32,78$
Mg (%)	$5,21 \pm 1,26$

É praticamente nulo o risco que o excesso de fósforo, enxofre e potássio possam apresentar para as plantas porque dificilmente é constatada toxicidade por causa deste elemento e, por outro lado, nossos solos, além de deficientes em fósforo, o retêm com grande energia. Assim, a contaminação das águas subterrâneas por esse elemento é muito difícil. Entretanto, há que se ter precaução, pois o arraste do material sólido superficial por erosão levará consigo fósforo retido que, em certas situações, poderá ser liberado nos corpos de água superficiais para onde o material escorreu.

A legislação brasileira adota limites para metais pesados e ainda prevê a necessidade de respeitar os limites de acumulação de metais pesados por meio de controle das concentrações de metais no solo. Os níveis de metais pesados detectados no lodo de esgoto da ETE da cidade de Pato Branco podem ser observados na Tabela 2. Os valores detectados encontram em níveis aceitáveis conforme a legislação brasileira e também pelos níveis aceitáveis preconizados pelo Usepa, (1994).

Tabela 2: Valores de metais pesados presentes no lodo de esgoto (base seca) originado da estação de tratamento de Toledo - PR. Médias seguidas do desvio padrão.

Elementos	Média obtidas*	Níveis aceitáveis*
Cd	$5,05 \pm 1,07$	85
Cr	$68,78 \pm 12,54$	3000
Cu	$123,45 \pm 23,21$	4300
Ni	$89,76 \pm 10,67$	420
Pb	$143,05 \pm 24,39$	840
Zn	$1256,09 \pm 200,89$	7500

*Fonte: (USEPA, 1994) - Em mg do poluente por kg de lodo (em bases secas).

Os metais pesados que se apresentam no lodo de esgoto têm sido objeto de muitos estudos, dado o impacto gerado por esses elementos tanto na saúde humana quanto animal e, também, não se deve esquecer da qualidade dos alimentos.

Os metais pesados podem se acumular no solo por um longo tempo. O lodo apresenta em sua composição os seguintes metais: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Pb, Sn e Zn. Destes, alguns são considerados essenciais para plantas e animais como, por exemplo, Cu, Mo e Zn, enquanto outros são tóxicos, Cd, Hg e Pb (Sanepar, 1997).

O lodo gerado no tratamento de esgoto urbano geralmente possui uma baixa concentração de metais pesados. Se o esgoto industrial, juntamente com a água das chuvas, entrarem no mesmo sistema de tratamento de esgoto, há um aumento significativo destes elementos.

A absorção de nutrientes pelas plantas e a toxicidade dos metais pesados apresenta uma grande dependência da espécie química presente. Segundo Roque, (1997) a espécie iônica é aquela de maior taxa de absorção. Isso pode ser explicado pelo fato de que apenas o metal livre, por exemplo, Cd^{2+} , tem a capacidade de atravessar o plasmalema e entrar no citoplasma das células. Já os íons metálicos complexados com ligantes inorgânicos ou quelados com ligantes orgânicos na solução do solo não podem ser absorvidos diretamente, todavia precisam ser rompidos dos ligantes por um processo de troca.

As plantas absorvem os cátions livres em solução devido ao fato das células das raízes apresentarem um potencial negativo ao longo da membrana celular favorecendo a absorção de espécies catiônicas. Já os cátions complexados apresentam menores cargas positivas ou até mesmo cargas negativas; outro fator que inibe a absorção dos metais complexados é o aumento do volume da espécie.

Os lodos contêm os mais variados microrganismos patogênicos. Porém, a simples presença do agente infeccioso nos lodos utilizados na agricultura não implica necessariamente na imediata transmissão de doenças, caracterizando apenas um risco potencial. Os níveis de microrganismos patogênicos presentes no lodo de esgoto produzido pela ETE da cidade de Toledo - Paraná - Brasil, são discriminados na Tabela 3.

Tabela 3: Determinação de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*) e Salmonelas, nas amostras utilizadas no experimento.

Microrganismos	Índices obtidos*
Coliformes totais	$6,3 \times 10^3$
Coliformes termotolerantes	$3,2 \times 10^2$
Salmonelas	$1,2 \times 10$

* Dados fornecidos em NMP.mg⁻¹

O risco real de um indivíduo ser infectado depende, na verdade, da combinação de uma série de fatores, dentre os quais: a resistência dos organismos patogênicos ao tratamento de esgotos e as condições ambientais; dose infectiva; patogenicidade; suscetibilidade e grau de imunidade do hospedeiro; grau de exposição humana aos focos de transmissão. Assim, para que um micro-organismo presente em um efluente utilizado na agricultura chegue a provocar doença, o mesmo teria que resistir aos processos de tratamento de esgotos empregados e sobreviver no meio-ambiente em número suficiente para infectar um indivíduo suscetível.

Quanto à presença de patógenos, para que seja liberada a aplicação em áreas de uso agrícola, um lodo deve ser devidamente tratado de modo a garantir a redução de patógenos. Lodos tratados por métodos aprovados pelo órgão ambiental e que apresentem densidade de coliformes termotolerantes abaixo de 10^3 NMP/g ST (Número Mais Provável por grama de Sólidos Totais) são considerados lodos classe “A” (USEPA, 1994).

Os lodos de classe “A” se caracterizam por apresentar Coliformes termotolerantes <1000 NMP/g sólidos secos, ou, menos do que três *Salmonelas* sp. por quatro gramas de sólidos. Os autores recomendam que o teste da Salmonela não seja usado como alternativa ao dos coliformes; por um lado, é menos preciso e, por outro, a chance de encontrar três bactérias Salmonelas em quatro gramas de lodo é muito menor do que a de encontrar 1000 coliformes em um grama. Considerando essa classificação, o lodo de esgoto gerado pela ETE da cidade de Toledo - Paraná, está classificado como tipo “A”.

Como vistas à reciclagem agrícola do lodo de esgotos, um critério puramente microbiológico não parece satisfazer a uma análise mais ampla dos riscos do processo frente a uma possível contaminação ambiental e humana. A questão que permanece aberta à discussão está ligada aos níveis máximos de sobrevivência que poderiam ser admitidos nos lodos a serem dispostos, sem colocar em risco à saúde pública, considerando todos os aspectos ambientais.

CONCLUSÃO

Após a realização deste trabalho, dentro das condições conduzidas, podemos concluir que o lodo de esgoto produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Toledo, Estado do Paraná, Brasil, se enquadra como lodo do Tipo “A”, por possuir baixo índice de coliformes totais e termotolerantes.

As características físico-químicas do lodo em base seca e os níveis de metais pesados encontrados podem ser um excelente indicador para a reciclagem agrícola, porém são necessários dados sobre a dinâmica destes componentes no solo aplicado.

REFERÊNCIAS

1. Andreoli CV, Tamanin CR, Holsbach B, Pegorini ES, Neves PS (2006) Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: biossólidos - alternativas de uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: Editora ABES. 398 p.
2. Apha (1998). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20^a ed., Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 1157pp.
3. Bettiol W, Fernandes SAP, Cerri CC (2006). Efeito do lodo de esgoto na atividade microbiana do solo. In: Bettiol, W.; Camargo, O. A. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p. 207-226.
4. Bonnet BRP, Lara AI, Domaszak SC (1998). Manual de métodos para análise microbiológicas e parasitárias em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. SANEPAR, 199p.
5. Cetesb (1993). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Método de Ensaio – *Salmonella*: Isolamento e Identificação. São Paulo: Cetesb, 1993. Norma L5 218. 26p.
6. Correia JE (2009). Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto Contorno. Feira de Santana, BA. Monografia (Mestrado em Engenharia Civil) - UEFS/Engenharia Civil e Ambiental. Feira de Santana. Bahia. Brasil
7. Feitosa MCA (2009). Lodo de esgoto: algumas aplicações em engenharia. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife. Pernambuco. Brasil.
8. Fiest LC, Andreoli CV, Machado MAM (1998). Efeitos da Aplicação do Lodo de Esgoto nas Propriedades Físicas do Solo. Sanare. 9(9):238-245.
9. Kamogawa MY, Miyazawa M, Gimenez SMN, Oliveira EL (1997). Avaliação da Absorção do Zinco por Feijoeiro e sua Toxidez em Latossolo Roxo Distrófico. Sanare. 8(8):12-17.
10. Miki MK, Alem SP, Van Haandel AC (2006). Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos – condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo. In: Biossólidos: Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento. Rio de Janeiro: ABES.
11. Miranda AR (2010). Caracterização do lodo da estação de tratamento de esgotos da cidade de Chapecó (SC) visando à reciclagem agrícola. 2010. Monografia (Especialização em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Chapecó. Santa Catarina. Brasil.
12. Roque OCC (1997). Sistemas Alternativas de Tratamento de Esgotos Aplicáveis as Condições Brasileiras 1997. Tese de Doutorado em Saúde Pública, FIOCRUZ – Rio de Janeiro. Brasil.
13. Sanepar. (1997). Companhia de Saneamento do Paraná: Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná. 96 p.
14. Simoneti MF (2006). Inativação térmica de ovos de helmintos em água e biossólido digerido. 2006. 251p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.
15. Usepa (1994) United States Environmental Protection Agency. Standards for the use and Disposal of Sewage Sludge. Washington: EPA, 1994.