



II-441 – PRODUÇÃO DE BIODSÓLIDO POR MEIO DE COMPOSTAGEM DE LODO DE ESGOTO E SEU POSSÍVEL USO AGRÍCOLA

Ana Cláudia Ferreira Marques⁽¹⁾

Bióloga Licenciada e Bacharel em Biologia Sanitária pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Especialista em Gestão Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana.

Elisa Teshima

Engenheira de Alimentos. Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Professora Adjunta da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Sandra Maria Furiam Dias

Engenheira Civil. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Doutora em Saúde Pública. Professora Adjunta da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Adenil Falcão, nº582. Bairro Brasília. Feira de Santana. Bahia. CEP: 44062161-Brasil-(75)32233123. e-mail: anacfmarques@yahoo.com.br

RESUMO

Dentre os mais graves problemas ambientais da atualidade, destaca-se a disposição final do lodo de esgoto, um subproduto das estações de tratamento de esgotos que se acumula em seus pátios, e muitas vezes acabam sendo destinados em aterros sanitários. Nas estações de tratamento de esgoto de Feira de Santana a situação não tem sido diferente do perfil mundial, o lodo é levado para o aterro sanitário do município. Este estudo tem como objetivo analisar a qualidade física, química e microbiológica do composto orgânico produzido pelo método de reviramento manual a partir da mistura do lodo de esgoto com poda de árvore, com fins de utilização na agricultura. Foi montada uma pilha de 200 kg com o lodo de esgoto misturado com podas de árvore, numa proporção de 1:1. A pilha foi monitorada através de medição diária de temperatura, verificação do grau de umidade, controle da aeração (revolvimento manual), análise de sólidos totais fixos e voláteis, pH, análises parasitológica e microbiológica. Com 24h do início do processo de compostagem a temperatura atingiu valor termofílico de 61°C, a fase de degradação ativa durou um período de 25 dias, (atingindo a temperatura máxima de 66°C no 9º dia), dando início à fase de maturação em que ocorre o predomínio de temperaturas mesofílicas. O valor do pH no início do processo (0 dias) foi de 6,5, valor considerado ótimo para a realização de uma compostagem eficiente. Ao longo dos 60 dias do processo de compostagem este valor diminuiu atingindo um valor de 4,8. Os sólidos voláteis tiveram somente uma pequena redução (2%) no tempo de 60 dias. A concentração de Coliformes totais permaneceu constante durante a fase termofílica da compostagem. Entretanto, no período 60 dias houve uma redução significativa da sua concentração. No entanto, a concentração de Coliformes termotolerantes diminuiu ao longo dos 60 dias do processo de compostagem, tendo uma redução significativa no período 60 dias. A concentração de Enterococos diminuiu ao longo dos 60 dias em 50%. A concentração de *Salmonella* houve pouca redução. Todas as análises parasitológicas deram contagem negativa para ovos de helmintos. Portanto, até o período de 60 dias este composto orgânico não está adequado para ser utilizado na agricultura, pois contém contaminantes acima do limite máximo permitido pelo ministério da Agricultura e pH ácido.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, biossólido, uso agrícola.

INTRODUÇÃO

Dentre os mais graves problemas ambientais da atualidade, destaca-se a disposição final do lodo de esgoto, um subproduto das estações de tratamento de esgotos (ETE) que se acumula nos pátios das estações e, muitas vezes, acabam sendo destinados para aterros sanitários.

Nas estações de tratamento de esgoto de Feira de Santana a situação não tem sido diferente do perfil mundial, o lodo é levado para o aterro sanitário do município, onde é disposto com o resíduo urbano.

O lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica, obtido ao final do processo de tratamento de esgoto. A destinação adequada desse resíduo é importante devido aos problemas ambientais que podem ser causados pelo seu acúmulo, o que muitas vezes representa uma ameaça ao ambiente se não forem encontradas



alternativas viáveis do ponto de vista social, econômico e ambiental. Desta forma, é necessário que se façam estudos visando encontrar alternativas que maximizem ações de reciclagem e reaproveitamento deste resíduo.

Assim, uma alternativa para este resíduo é a sua reciclagem para aproveitamento agrícola, visto que a compostagem segundo Pereira Neto (2007), é um processo biológico aeróbio e utilizado no tratamento e na estabilização de resíduos orgânicos para a produção de húmus desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos.

Na compostagem de materiais ricos em nitrogênio, como é o caso do lodo de esgoto há necessidade de adicionar material rico em carbono, tais como: resíduos de podas de árvores, materiais palhosos (capim, bagaço de cana dentre outros), pois o lodo de esgoto possui altos teores de umidade, baixa concentração de Carbono, baixa relação C/N e estrutura densa o que confere ao lodo uma granulometria muito fina. O resíduo estruturante tem como finalidade aumentar a relação carbono/ nitrogênio, melhorar a estrutura física da leira, além de absorver o excesso de umidade e melhorar o espaço de ar livre entre as partículas nas pilhas de compostagem (FERNANDES, 1999a; USEPA, 2003; SILVA ET AL, 2007; PEREIRA NETO, 2007; GEA ET AL, 2007; LU; WU; GUO, 2009).

Para Barbosa e Tavares Filho (2006), o lodo de esgoto possui alguns dos nutrientes essenciais às plantas (nitrogênio, fósforo e micronutrientes), apresenta teores de umidade variável e é rico em matéria orgânica. Além disso, atua como um condicionador do solo melhorando a estrutura e o estado de agregação das partículas do solo, diminuindo a densidade e aumentando a aeração do solo. Dessa forma, a aplicação desse resíduo no solo pode reduzir a utilização de fertilizantes e o custo da adubação, uma vez que aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo, melhorando o desenvolvimento da planta e consequentemente, a aumento de produtividade.

Nesta perspectiva, este estudo tem como objetivo analisar a qualidade física, química e microbiológica do composto orgânico produzido pelo método de reviramento manual a partir do lodo de esgoto com poda de árvore com fins de utilização na agricultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um estudo piloto com o lodo de esgoto e poda de árvore foi realizado no município de Feira de Santana-Ba, visando futuramente desenvolver um trabalho mais aprofundado.

O lodo foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto Contorno de Feira de Santana, constituída dos tratamentos preliminar, primário e secundário através de duas lagoas aeradas funcionando em paralelo. Esse conjunto opera em série com um decantador secundário (com captação de lodo para recirculação e para o leito de secagem) e uma lagoa facultativa. O efluente tratado é lançado no riacho Principal, afluente da bacia de acumulação da barragem Pedra do Cavalo. O lodo foi transportado em bombonas plásticas e tambores para a sede da Equipe de Estudo e Educação Ambiental (EEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) onde ficou armazenado até o início do experimento.

O método escolhido para a compostagem foi o de reviramento manual seguindo os critérios estabelecidos pela resolução do CONAMA 375/2006 para a redução significativa de patógenos.

Neste estudo escolheu-se como resíduo estruturante a poda de árvore. A premissa de escolha deste resíduo foi devido à disponibilidade de sua grande quantidade na UEFS. A poda foi triturada, com o objetivo de diminuir o tamanho das partículas.

O processo de compostagem realizou-se na sede da EEA/UEFS, onde a pilha da compostagem de 200 kg foi montada com o lodo de esgoto seco gerado do leito de secagem da Estação de Tratamento de Esgoto do Contorno de Feira de Santana misturado com podas de árvore, numa proporção de 1:1. As análises laboratoriais foram realizadas nos laboratórios de Saneamento e de Qualidade de Alimentos do Departamento de Tecnologia da UEFS.

A pilha foi monitorada através de medição diária de temperatura, verificação do grau de umidade, controle da aeração (revolvimento manual), análise de sólidos totais fixos e voláteis, pH, análises parasitológica e microbiológica.



Medição de temperatura

O controle foi realizado diariamente. Utilizando-se um termômetro digital com sonda acoplada em haste metálica, que é introduzida na pilha de compostagem em três áreas distintas: Base(B), Meio (M) e Topo (T).

Controle de aeração (reviramento manual)

O monitoramento foi feito a partir da tomada de temperatura. Ao alcançar o limite de 65°C ocorre o reviramento da massa de compostagem com a ajuda de pás. Caso a temperatura seja limite convencionou-se revirar a leira de três em três dias.

Verificação do grau de umidade

Coletou-se *in loco* uma amostra da pilha de compostagem, e com a mão (com luva) apertou-se esta amostra para verificar o grau de umidade, que deve estar entre 50 e 60%.

Análise de sólidos totais fixos e voláteis

As amostras coletadas foram submetidas ao Laboratório de Saneamento (UEFS). A técnica de análise segue o Standard Methods, 20 ed (AWWA/WEF, 1998). As amostras foram analisadas em três replicatas, nos tempos zero (instalação das leiras), 30 e 60 dias.

pH

A amostra (10 gramas) foi colocada em suspensão em água fervida e resfriada (50 mL), após agitação deixou-se em repouso (3 a 12 horas) e efetuou-se a leitura do pH com pHmetro com eletrodo calibrado com soluções tampão de pH 6,8 e 4,2 (HANDA; NOGUEIRA, 2000). As amostras foram realizadas em três replicatas, nos tempos zero (instalação das leiras), 30 e 60 dias.

Análise parasitológica

Para análise em laboratório, as amostras do composto para análise parasitológica foram coletadas das camadas superficial, mediana e profunda nos períodos de tratamento por compostagem: 0, 30 e 60 dias. Foram coletadas cinco amostras de 1000g, em cada período de tempo citado acima. Após homogeneização das subamostras, retirou-se 1000g e acondicionou-se em sacos plásticos estéreis. A amostra foi imediatamente transportada para o laboratório de Qualidade de Alimentos localizado no Labotec II da Uefs após a coleta, à temperatura de 4°C. Foi utilizado como método de análise aquele descrito em Thomaz Soccol, Paulino, Castro, 2000.

Análise microbiológica

Para análise microbiológica do lodo compostado seguiu-se a metodologia proposta por Toledo e Medeiros (2000). Foram coletadas amostras das camadas superficial, mediana e profunda no início da compostagem, nos tempos zero (instalação das leiras), 15, 30 e 60 dias. Retirou-se subamostras em 10 pontos aleatórios, em cada uma das camadas, que foram homogeneizadas e retiradas 1000g de amostra, acondicionando-as em sacos plásticos autoclaváveis e conservando a temperatura de 4°C, para transporte e entrega no laboratório de Qualidade de Alimentos localizado no Labotec II da Uefs.

Os parâmetros microbiológicos foram: Coliformes a 45° C, Salmonela e Enterococos. A metodologia de análise de microrganismos foi aquele descrito no *Standard Methods*, 20 ed (AWWA/WEF, 1998).

RESULTADOS

A pilha de compostagem foi montada com lodo de esgoto doméstico e poda de árvore, numa proporção de 1:1 com 200 kg (Figura1).



Figura 1: pilha de compostagem com lodo de esgoto e poda de árvore.

Análises físico-químicas

Com 24h do início do processo de compostagem a temperatura atingiu valor termofílico de 61°C, indicando de acordo com Pereira Neto (2006), que o ambiente ecológico da compostagem está satisfatório (umidade, aeração, nutrientes, etc.) registrando num período de 12 a 24 h temperaturas termofílicas. Na visão de Kiehl (2004), a elevação da temperatura indica que a compostagem se iniciou, ou seja, a decomposição do composto começa a gerar calor e a temperatura começa a subir. A figura 2 mostra as temperaturas registradas durante os 60 dias do processo de compostagem.

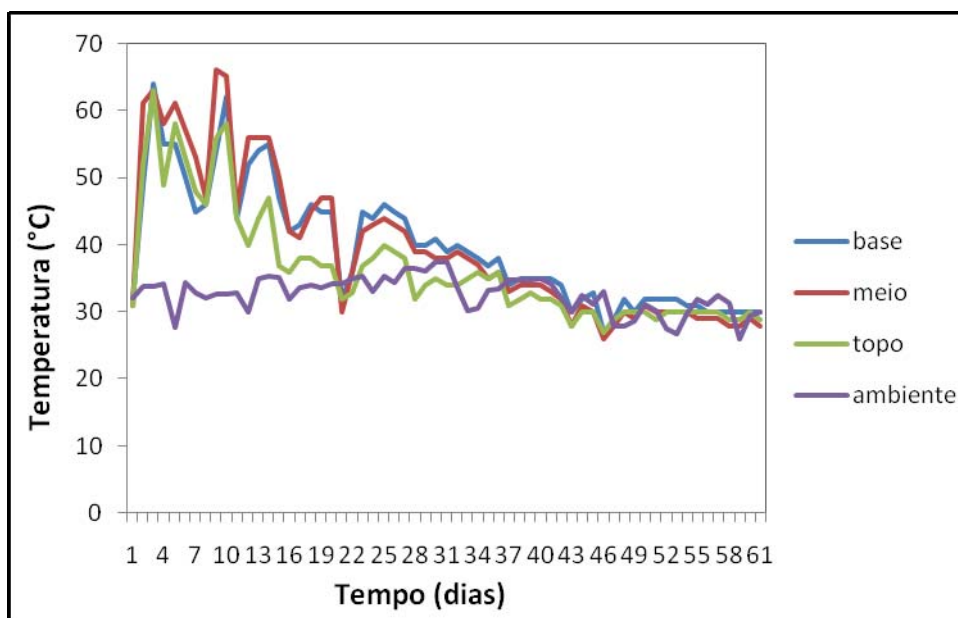


Figura 2: temperaturas registradas durante os 60 dias do processo de compostagem.

De acordo com esta figura a fase de degradação ativa (temperaturas entre 45-65°C) durou um período de 25 dias, (atingindo a temperatura máxima de 66°C no 9º dia), dando início à fase subsequente da compostagem que é a de maturação em que ocorre o predomínio de temperaturas mesofílicas (30-45°C).

Ainda segundo esta figura observou-se uma diferença de temperatura nas diversas regiões da pilha, sendo que o meio apresentou os mais altos valores de temperatura e o topo atingiu as temperaturas mais baixas, devido a ser a parte mais externa, exposta ao sol e ao vento. De acordo com Fritsch (2006), o revolvimento da leira é



um fator importante para a eliminação dos patógenos, misturando as diferentes camadas e expondo porções mais frias ao efeito das altas temperaturas (FRITSCH, 2006).

O valor do pH no início do processo (0 dias) foi de 6,5, valor considerado ótimo para a realização de uma compostagem eficiente (USEPA, 2003). Ao longo dos 60 dias do processo de compostagem este valor diminuiu atingindo um valor de 4,8 como mostra a Tabela 1. Os valores de pH encontrado difere do que é discutido em literatura onde o pH inicialmente em uma leira de compostagem é geralmente ácido devido os ácidos orgânicos formados na fase fitotóxica tornarem o meio mais ácido do que a própria matéria-prima original. Os ácidos orgânicos e os traços de minerais que se formam, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina. Com a compostagem há a formação de ácidos húmicos que também reagem com os elementos básicos, formando humatos alcalinos. Como consequência, o pH do composto se eleva à medida que o processo se desenvolve, passando pelo pH 7,0 e alcançando pH superior a 8,0 (KIEHL, 2004).

Tabela 1. Características de pH, sólidos totais, fixos e voláteis durante o processo de compostagem.

Tempo (dias)	pH	Sólidos Totais	Sólidos Fixos	Sólidos Voláteis
0	6.5	56%	44%	57%
30	6.1	52%	43%	57%
60	4.8	48%	45%	55%

POURCHER et al (2005), realizaram estudos com o lodo de esgoto do tipo lodo ativado misturado com resíduos de palha e encontrou em um dos seus tratamentos pH com valor de 4,8, justificando que este valor encontrado se deve provavelmente ao aumento do conteúdo de nitratos para um bloqueio da desnitrificação, devido a uma escassez de carbono.

De acordo com os dados da Tabela 1, verificou-se um pequeno decréscimo no teor de sólidos voláteis. No período de 0 e 30 dias permaneceu com o mesmo valor, tendo somente uma pequena redução (2%) no tempo de 60 dias. Este resultado mostra que não houve a mineralização da matéria orgânica e sua consequente estabilização, como o encontrado por Dias e Vaz (1996), com um decréscimo no teor de sólidos de 58% para 22%.

Análise Microbiológica e parasitológica

Como padrão de referência de interpretação dos resultados das análises parasitológicas e microbiológicas foi utilizada para este estudo a Instrução Normativa nº 64/2008 do Ministério da Agricultura, que traz em anexo os valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos em mgKg^{-1} de matéria seca.

A sobrevivência de patógenos é influenciada por diversos fatores, como: temperatura, pH, umidade, salinidade, condições do solo, competição com outros microrganismos. A Figura 3 mostra a concentração dos microrganismos patogênicos analisados neste estudo.

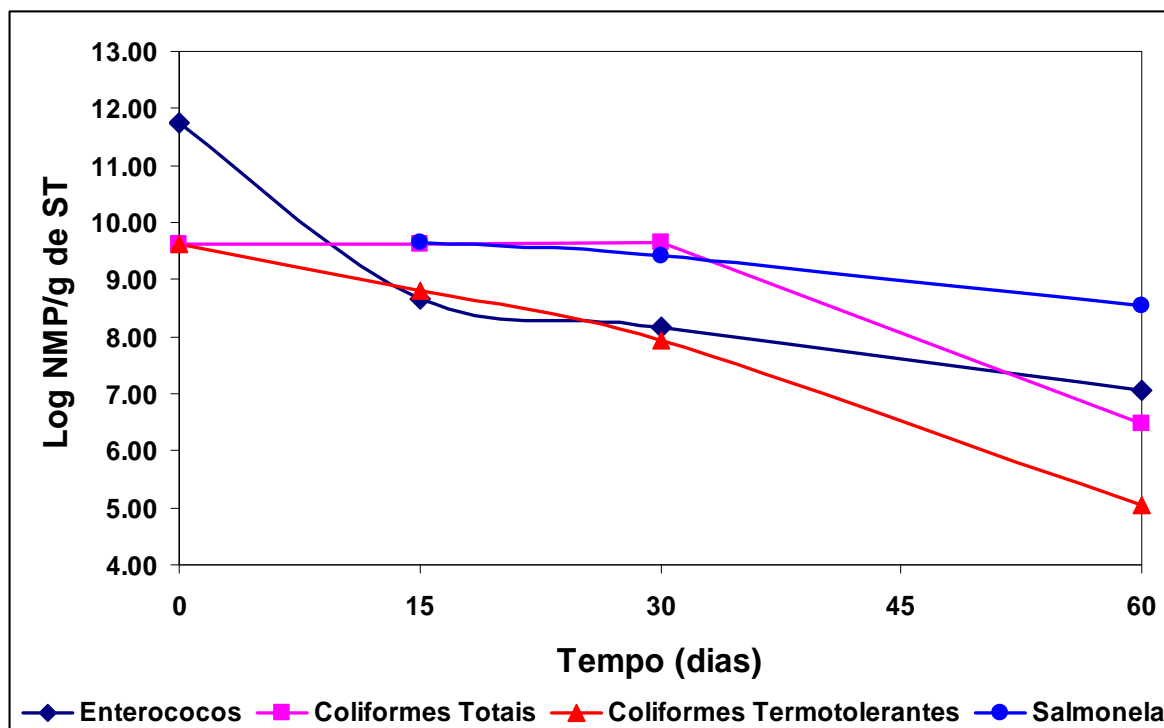


Figura 3: Concentração logarítmica dos microrganismos analisados na pilha de compostagem

A concentração de Coliformes totais permaneceu constante durante a fase termofílica da compostagem. Entretanto, do período de 30 para 60 dias houve uma redução significativa de três ciclos logarítmicos da sua concentração, o que pode ser explicado pela presença de pH ácido (4,8), pois os Coliformes não resistem a este valor de pH.

Quanto à concentração de Coliformes termotolerantes, verificou-se uma diminuição ao longo dos 60 dias do processo de compostagem, tendo uma redução significativa de 2,88 ciclos logarítmicos do período de 30 para 60 dias, possivelmente em virtude da acidificação do composto.

A concentração de Enterococos teve uma redução constante ao longo do processo de compostagem, verificando-se uma redução de 4,56 ciclos logarítmicos ao longo dos 60 dias analisados.

No caso do patogênico *Salmonella ssp.* verificou-se que houve uma ligeira redução nos seus níveis, na ordem de 1,12 ciclo logarítmico em 60 dias, demonstrando sua resistência a temperaturas termofílicas e ao pH ácido.

Todas as análises parasitológicas deram contagem negativa para ovos de helmintos.

Segundo a Instrução Normativa nº64 (2008), o limite máximo permitido para Coliformes termotolerantes é de 1.000 NMP por grama de matéria seca, ovos viáveis de helmintos com limite máximo de 1(número por grama de sólidos totais) e *Salmonella sp* ausência em 10 g de matéria seca.

Portanto, até o período de 60 dias este composto orgânico não está adequado para ser utilizado na agricultura, pois contém contaminantes acima do limite máximo permitido pelo ministério da Agricultura.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos com este estudo piloto, o composto orgânico não está adequado para ser utilizado na agricultura, pois apresenta até o momento pH ácido(4,8), pouca estabilização evidenciada pela baixa redução no teor de sólidos voláteis e presença de microrganismos patogênicos acima do valor máximo permitido pelo Ministério da Agricultura.



Novos estudos estão sendo realizados utilizando-se outras proporções de lodo de esgoto e de poda de árvore, além da análise microbiológica para Enterococos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, 1134p. 1998.
2. BARBOSA, G. M.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 27, n.4, p.565-580, out./dez.2006.
3. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 375/2006 de 29/08/2006. <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano/29 Nov.2007](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano/29%20Nov.2007)>.
4. BRASIL, Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 64/2008
5. FERNANDES, F. (Coordenador). Manual prático para compostagem de biossólidos. Rio de Janeiro: ABES. 1999.
6. FRITSCH, P. R. C. A temperatura como parâmetro acessível e possível de ser utilizado no controle do processo de compostagem em municípios de pequeno e médio porte. 2006. Dissertação (Mestrado escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca) Rio de Janeiro. 2006.
7. GEA, T. et al. Co-composting os sewage sludge: fats mixtures and characteristics of the lípases involved. Biochemical Engineering Journal 33. 275-283. 2007.
8. HANDA, R. M.; NOGUEIRA, A. Determinação de pH de amostras de lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coordenadores). Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba: Sanepar, 2000.
9. KIHIL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. São Paulo: editado pelo autor, 2004.
10. LU, Y.; WU, X.; GUO, J. Characteristics of municipal solid waste and sewage sludge co-composting. Waste management 29. 1152-1157, 2009.
11. PEREIRA NETO, J.T. Manual de compostagem processo de baixo custo. Belo Horizonte: UNICEF, 2007.
12. SILVA, M. M. P. da et al. Avaliação das características químicas, físicas e biológicas de lodo produzido em tanques sépticos coletivos e municípios de pequeno porte do semi-árido paraibano. CD-ROM do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. 2007.
13. THOMAZ SOCCOL, V.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. Metodologia para análise parasitológica em lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coordenadores). Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba: Sanepar. 2000.
14. TOLEDO, E. B. S.; MEDEIROS, M. L. B. de. Amostragem de lodo de esgoto para análises microbiológicas. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coordenadores). Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba: Sanepar. 2000.
15. U. S. EPA- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA 625/ R-92/013. Environmental Regulations and Technology Control of Pathogens and vector Attraction in Sewage Sludge (including Domestic Septage) Under 40 CFR part 503.