

II-144 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DO LODO DE ESGOTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM SÃO LUÍS, MARANHÃO

Marcos Henrique Rodrigues Carvalho⁽¹⁾

Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão. Especialista em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental pela Universidade Estadual do Maranhão. Especialista em Gestão Ambiental e Responsabilidade Social pela Escola de Negócios Excellence.

Alessandro Costa da Silva⁽²⁾

Graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Maranhão. Especialização em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. Mestrado em Agroquímica e doutorado em Agronomia, ambos pela Universidade Federal de Viçosa.

Lúcia Maria Coelho Alves⁽³⁾

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Maranhão. Especialização em Microbiologia pela Universidade Federal do Maranhão. Mestrado e doutorado em Medicina Veterinária, ambos pela Universidade Estadual de São Paulo.

Alexandre Santana Azevedo⁽⁴⁾

Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão. Especialista em Gestão Ambiental e Responsabilidade Social pela Escola de Negócios Excellence. Especialização em Andamento em Toxicologia Geral pela Faculdade UNILEYA.

Rosana Sousa de Oliveira Pinho Azevedo⁽⁵⁾

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão.

Endereço⁽¹⁾: Rua Projetada, Número 208, Residencial Villagio do Angelim, Bloco 6, Apartamento 208 - Angelim - São Luís - Maranhão - CEP: 65010-000 - Brasil - Tel: +55 (98) 98837-3908 - e-mail: marcosohrc@hotmail.com

RESUMO

O trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação química, física e microbiológica do lodo de esgoto produzido em estação de tratamento de esgoto doméstico. Inicialmente foi realizada a coleta do lodo com posterior secagem e transporte para as análises de laboratório sob resfriamento. A análise química consistiu no tratamento da amostra pela técnica de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) com os respectivos metais pesados qualificados e quantificados em mg.kg^{-1} . A análise microbiológica utilizou indicador ambiental específico para caracterização de amostras ambientais sólidas. Foi realizada também a análise de estabilidade do biossólido produzido, para a caracterização do resíduo em estabilizado ou não estabilizado, segundo a resolução CONAMA nº 375/06. Após análise química verificou-se que a amostra está em conformidade com o estabelecido pela referida resolução. As amostras de lodo foram caracterizadas como sendo classe A, no que diz respeito à presença de bactérias do grupo coliformes termotolerantes. Pode-se inferir, por meio dos resultados, que o lodo em estudo se encontra dentro de limites seguros para utilização agrícola, bem como estabilizado quanto à atratividade de insetos vetores de doenças.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de Esgoto, Metais Pesados, Concentração de Bactérias, Estabilização.

INTRODUÇÃO

O atual crescimento urbano do Brasil se apoia num modelo desenvolvimentista de crescimento, gerando uma expansão acelerada da zona urbana, visando o desenvolvimento adequado do espaço urbano, mas que ao mesmo tempo provoca uma heterogeneidade, segregação social e ampliação da pobreza. Pode-se verificar que a expansão da periferia e o crescimento desordenado da zona urbana são acompanhados de uma ausência ou ineficiência de oferta de serviços públicos essenciais, como o saneamento básico e melhores condições de habitação (MARTINS, 2012).

Nesse sentido, no que se referem ao saneamento básico, algumas ações têm sido desenvolvidas através da criação de leis, como é caso da Política Nacional de Saneamento Básico, Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Este é regido por meio de princípios tais como a universalização do acesso, integridade, o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos que devem ser desempenhados de forma a promover à saúde pública e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

O efluente doméstico ou esgoto doméstico é aquele originado predominantemente por atividade decorrente do uso da água em ambientes residenciais, comerciais e instituições públicas e privadas. Sua composição é 99,53 a 99,87 % de água e 0,13 a 0,47 % de sólidos (LEME, 2007). No entanto, a fase sólida, apesar de representar a menor fração dentro da composição do esgoto, corresponde ao resíduo final do tratamento, denominado lodo de esgoto, e é responsável por grande parte do potencial poluidor, capaz de causar grandes prejuízos ambientais tais como: contaminação por bactérias, vírus, helmintos e carrear certas quantidades de metais pesados.

Por outro lado, este resíduo é rico em nutrientes vegetais, principalmente o nitrogênio, fósforo e micronutrientes essenciais ao crescimento das plantas. A composição do lodo é variável, e dependerá dos processos e atividades envolvidas no empreendimento, se são de natureza doméstica ou industrial. Quando classificado como de origem doméstica, produz um resíduo que ao ser tratado, tem potencial para produzir um excelente condicionador de solo e adubo natural chamado biossólido (MATTIAZZO & BERTONCINI, 1999). Este subproduto tem ampla aplicação em vários setores ligados à produção de vegetais, tais como: recuperação de áreas degradadas, agricultura e reflorestamento (HOPE, 1986).

Alguns contaminantes metálicos podem ser encontrados naturalmente no meio ambiente, apresentando diferentes concentrações e disponibilidades de acordo com o tipo de rocha e dos processos pedogenéticos formativos. Entretanto, sua ocorrência mais expressiva está associada a processos antropogênicos como: fertilização, uso de agrotóxicos, corretivos do solo, uso de água contaminada, resíduos orgânicos, inorgânicos e deposição atmosférica (ALLOWAY, 1990).

Infelizmente, a presença de solos ácidos no Brasil favorece a mobilidade e biodisponibilidade desses metais no meio biológico. Ao entrar no ciclo biológico seja pelo ar, água ou solo, passa a fazer parte da cadeia alimentar, o que acarreta a ocorrência de processos de bioacumulação, ou seja, acúmulo de metais em tecidos biológicos de forma continuada, o que pode levar a níveis que promovam toxicidade ou morte aos organismos. Apesar desses desconfortos ainda é comum o uso de metais (cádmio, zinco, chumbo, cobre e níquel) em processos industriais, visto que são catalisadores e entram na composição de vários produtos. Como os efluentes industriais são descartados nos corpos hídricos, existe uma tendência dos lodos proveniente das estações de tratamento de esgoto apresentarem contaminantes metálicos, inviabilizando-os como adubos (SILVA, 2016).

O lodo de esgoto poderá ainda ter seu uso como adubo agrícola inviabilizado pelo seu teor de bactérias e número de ovos de helmintos. O uso doméstico do lodo para utilização em jardins e cultivo de plantas folhosas tem sofrido restrições em decorrência da multiplicação e reaparecimento de bactérias como a *Salmonella* spp (ANDREOLI, 2001), além de concentrar boa parte dos metais absorvidos nas folhas, sendo por isso preferível o uso de frutos na alimentação.

O parâmetro da concentração de bactérias do grupo coliformes termotolerantes também é utilizado para a caracterização microbiológica e sanidade do lodo. Esta análise baseia-se na utilização do meio de cultura específico para bactérias da família *Enterobacteriaceae* e do grupo coliformes termotolerantes, que são micro-organismos capazes de fermentar a lactose a 44 – 45° C em 48 horas, anaeróbios facultativos, gram-negativos e não produtores de esporos (CETESB, 2007). Dentro deste grupo de bactérias, a *Escherichia coli* é caracterizada como sendo de ocorrência exclusivamente fecal, amplamente encontrada em fezes humanas, mamíferos, pássaros e animais de sangue quente, sendo assim uma bactéria bioindicadora de contaminação por material de origem fecal.

Outro fator restritivo para o uso do lodo como adubo é a estabilidade do resíduo gerado, que pode ser verificado através da relação existente entre composição de sólidos totais por sólidos voláteis. A análise deste parâmetro é extremamente útil uma vez que a produção de lodos instáveis gera a formação de odores que acabam atraindo insetos vetores de doenças para as áreas de aplicação agrícola do lodo.

O presente trabalho objetivou a análise dos parâmetros microbiológicos, teor de metais pesados e estabilidade do lodo de esgoto estabelecidos na resolução CONAMA nº 375/06, para futura utilização agrícola desse material.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises químicas, microbiológicas e de estabilidade do lodo foram realizadas nos laboratórios de Química de Solos e de Microbiologia do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão, no período de setembro a dezembro de 2013.

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi obtido por processo de digestão anaeróbica e aeróbica de tratamento, sendo caracterizado como lodo ativado proveniente de uma estação de tratamento de esgotos doméstico (ETE) de um órgão público, com capacidade de tratamento de 4,2 l/s, localizado no município de São Luís do Maranhão.

A caracterização do lodo consistiu na coleta de lodo fresco, armazenagem em recipiente de vidro autoclavado, seguido de secagem prévia das amostras em luz artificial, em conformidade com a norma estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.007, para análise de amostras ambientais sólidas.

A desinfecção das amostras seguiu o Manual: Uso e Manejo de Biossólidos na Agricultura (SANEPAR, 1997), em que foi realizada a pesagem de uma quantidade de cal hidratada equivalente a 50 % do peso seco da amostra obtida após a secagem com luz artificial. Após a etapa de pesagem foi realizada a mistura do lodo seco com a cal hidratada e realizada a reidratação para possibilitar a homogeneização da mistura. Após este procedimento, as amostras foram colocadas para secar espontaneamente. O material foi estocado por 60 dias para a realização da estabilização alcalina, que consiste na eliminação de patógenos (bactérias) por elevação do potencial hidrogeniônico (pH).

A análise química de metais pesados foi realizada a partir da técnica de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (*ICP-AES*), a qual se baseou no uso de uma fonte de energia proveniente do gás argônio, que permite a obtenção de altas temperaturas 6.000 K à 8.000 K. O uso dessa alta temperatura é capaz de produzir uma amostra na forma de neblina, que tendo seus átomos excitados são capazes de emitir radiação em comprimentos de ondas determinados de forma padronizada, o que os torna característicos e passíveis de identificação e quantificação (RICE *et al.*, 2012). Os metais pesados analisados neste trabalho foram: Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Crômio (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). A escolha foi devido a levantamento bibliográfico de pesquisa sobre metais e lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto.

Quanto ao aspecto do perfil químico da amostra, conteúdo de metais pesados, não houve avaliação pré e pós tratamento, mas tão somente a análise qualitativa e quantitativa das concentrações médias dos respectivos metais estudados em seis amostras, que foram comparadas ao valor de referência estabelecido na resolução CONAMA 375/2006.

As amostras analisadas quanto ao aspecto microbiológico consistiram em dois grupos de tratamento, sendo: duas amostras caracterizadoras do lodo em estudo pré-tratamento, sem adição de cal hidratada, e seis amostras do material estudado pós-tratamento, com adição de cal hidratada, dose equivalente a 50 % do peso seco da amostra de lodo, sendo, portanto, um total de oito amostras analisadas.

A técnica utilizada foi a de determinação da concentração de bactérias por tubos múltiplos, dada em número mais provável por 100g do resíduo sólido analisado, NMP/100g (RICE *et al.*, 2012). As células bacterianas da amostra foram separadas por processo de agitação, obtendo-se assim uma suspensão de células uniformemente distribuídas. Nesta metodologia é realizada a inoculação de volumes decrescentes da amostra em meio de cultura A-1, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos através de diluições sucessivas da amostra, em que são obtidos os inóculos, cuja semeadura indica resultados negativos em pelo menos um tubo da série em que os mesmos foram inoculados e a combinação de resultados positivos e negativos permite a obtenção de uma estimativa da densidade das bactérias por cálculos de probabilidades, indicados na tabela de número mais provável (CETESB, 2007). O meio A-1 empregado nesta técnica, pode ser utilizado para o isolamento direto dos coliformes termotolerantes em água, água residuária tratada e água do mar.

Para a análise de estabilidade do lodo foram aplicadas as metodologias descritas por Rice *et al.* (2012). A primeira é utilizada para a obtenção de sólidos totais (ST) em mg/L, que são obtidos por aquecimento e evaporação de uma mostra numa cápsula de porcelana de peso conhecido a uma temperatura de 103 -105°C. A diferença obtida na pesagem da amostra antes e depois da secagem representa os sólidos totais (RICE *et al.*, 2012). A segunda é utilizada para obtenção de sólidos voláteis (SV) em mg/L, obtidos pela diferença entre sólidos totais e sólidos fixos. Os sólidos fixos podem ser obtidos ao se submeter os sólidos totais, à calcinação em mufla a (550 ± 50) ° C por 1 hora, seguindo-se de esfriamento da amostra em dessecador e realização da pesagem em balança com precisão de 0,1 mg. Logo, a estabilidade foi obtida pela fórmula da equação 1.

$$\text{Estabilização} = \text{Sólidos Totais} / \text{Sólidos Voláteis} \quad (\mathbf{E=ST/SV}) \quad \text{equação (1)}$$

Em relação à estabilidade do lodo foram utilizadas seis amostras que também foram comparadas ao valor de referência estabelecido na resolução CONAMA nº375/2006.

Para as análises de metais pesados e de estabilização da amostra de lodo, foi utilizada a técnica estatística do teste-t de *student* para amostra simples, em que se buscava uma possível diferença entre os valores médios encontrados nas amostras e os valores de referência estabelecidos na resolução CONAMA 375/2006. Para isso, foi utilizado o programa estatístico Statistica 7.0, adotando-se um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os resultados evidenciaram que o resíduo da estação de tratamento de esgoto em estudo apresentou boa qualidade quanto aos aspectos estudados. O conteúdo microbiológico, o teor de metais pesados e a estabilização do referido resíduo estiveram em acordo com o preconizado na resolução CONAMA nº 375/2006, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodo de esgoto gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Além disso, atendeu ainda a legislação internacional conforme a Tabela 01.

Tabela 1: Valor médio da concentração de metais pesados encontrados em uma amostra de lodo de esgoto de uma estação de tratamento de esgoto doméstico em São Luís, MA; bem como valores de referência das legislações nacionais e internacionais aplicadas.

SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA NO LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO (mg.kg ⁻¹ , BASE SECA)			
	AMOSTRA (N = 6)*	USA US.EPA, PART 503	UNIÃO EUROPEIA Nº 86/278/CEE	CONAMA Nº 375/2006
CÁDMIO	0.0	39	20 – 40	39
CHUMBO	2.61	300	750 – 1200	300
COBRE	40.96	1500	1000 – 1750	1500
CRÔMIO	0.0	1200	-	1000
NÍQUEL	3.0	420	300 – 400	420
ZINCO	4.45	2.800	2.500 – 4000	2800

Fonte: Fonte: CONAMA 375/06, US.EPA, Part 503 e nº86/278/CEE.

* média (μ) em mg.kg⁻¹, base seca.

O estudo da concentração de metais pesados no lodo baseou-se na resolução CONAMA nº 375/2006, bem como de outras classificações estabelecidas por países desenvolvidos, tais como: Agência de Proteção Ambiental Americana (US.EPA, Part 503) e a diretiva da Comunidade Econômica Europeia, estabelecida pela diretiva do Conselho das Comunidades Europeias, nº 86/278/CEE. Nesses documentos são indicadas as concentrações máximas permitidas (VMP) para o uso do lodo na agricultura. E como pode ser visto pela Tabela 01 tem-se o valor máximo permitido da concentração de metais pesados no Brasil, Estados Unidos, União Europeia e a média (μ) da concentração de metais pesados encontrados na amostra.

Entre os seis metais pesados estudados, dois (Cádmio e Crômio) mostraram-se ausentes na amostra. O primeiro é um elemento relativamente raro, que não ocorre em sua forma pura, encontrando-se no solo associado a sulfetos em minérios de zinco, chumbo e cobre (KLAASSEN, 2008). É encontrado em produtos industriais na produção de ligas metálicas de baixo ponto de fusão, fabricação de baterias, em pigmentos amarelos na

indústria de corante. Devido a sua presença estar associada a processos industriais, não foi possível observar sua presença mesmo que em pequenas concentrações conforme descrito por Oliveira & Mattiazzo (2001), cujo lodo da estação de tratamento de esgoto doméstico Barueri em São Paulo, não foi detectada presença de Cádmiio. O segundo, o Crômio, que está presente em diversos processos industriais e no curtimento de couros, também não foi detectado nas amostras em estudo.

Os demais metais pesados (Chumbo, Cobre, Níquel e Zinco) foram detectados na amostra conforme estabelecido na Tabela 01. Os resultados encontrados foram semelhantes aos obtidos por (FERREIRA, 2005; RANGEL, 2006; ARAÚJO, 2009), em que houve a presença dos referidos metais pesados. Todavia, as concentrações de Pb, Cu, Ni e Zn das amostras estudadas foram relativamente baixas. Foi observada uma diferença estatisticamente significativa na concentração desses metais pesados em relação aos valores de referência preconizados pela resolução CONAMA nº 375/2006.

O chumbo ($\mu = 2,61$ mg/kg; DP = 0,78; $p < 0,001$), considerado o metal pesado mais prejudicial à saúde, é facilmente encontrado, extraído e manuseado. Entra na composição de substâncias inorgânicas como: pigmentos em tintas, corantes e cerâmicos esmaltados. Nos componentes orgânicos são encontrados em aditivos de gasolina. A concentração de chumbo encontrada na amostra representou 0,87 % do limite máximo permitido.

O cobre foi o metal pesado encontrado de maior concentração sendo: Cu ($\mu = 40,96$ mg/kg; DP = 4,88; $p < 0,001$). Ainda assim, sua concentração representou apenas cerca de 2,73 % do limite máximo permitido na resolução CONAMA nº 375/06. Este metal vem sendo utilizado por muitos séculos, desde os tempos romanos, e é considerado um elemento essencial e amplamente distribuído na natureza. Suas maiores fontes são alimentos, bebidas e água para consumo humano (KLAASSEN, 2008). No ambiente industrial sua toxicidade está associada à inalação de particulados, fumos metálicos, operações de fundição e soldagem. Na água quando em excesso, representa risco aos peixes podendo ocasionar distúrbios endócrinos e outros efeitos tóxicos (HANDY, 2003).

O níquel foi encontrado na amostra com uma baixa concentração: Ni ($\mu = 3,0$ mg/kg; DP = 4,88; $p < 0,001$), representando cerca de 0,71 % do limite máximo permitido pela resolução CONAMA nº 375/2006. Este metal é produzido a partir de minérios contendo sulfetos e óxidos de silicato e é utilizado na indústria em várias ligas metálicas, incluindo o aço inoxidável e eletrolgalvanização. É um metal que origina ligas metálicas fortes, resistentes à corrosão e que apresenta uma boa condutividade elétrica e térmica. A exposição humana ocorre pela inalação de aerossóis, poeiras ou fumos que contenham o níquel, além do contato dérmico em áreas de mineração do metal. Na natureza o contato ocorre através do ar, fumaças de cigarro, água e alimento, mas não oferece riscos toxicológicos (KASPRZAK et al., 2003).

O zinco foi encontrado na amostra com uma baixa concentração: Zn ($\mu = 4,45$ mg/kg; DP = 4,88; $p < 0,001$), representando cerca de 0,16 % do limite máximo permitido pela resolução CONAMA 375/2006. Este metal pesado tem sido utilizado em ligas metálicas e na medicina. É considerado um micronutriente essencial, e sua deficiência pode provocar consequências severas à saúde. A toxicidade em decorrência do zinco é relativamente incomum e ocorre apenas sobre condições de um alto nível de exposição. No ambiente pode ser encontrado na água, ar e alimentos (KLAASSEN, 2008).

Os resultados das análises microbiológicas revelaram que o lodo atendeu ao estabelecido na legislação, no caso a resolução CONAMA 375/2006. Diante dos resultados, o lodo foi enquadrado como resíduo classe A, ou seja, aquele em que a concentração de bactérias do grupo coliformes termotolerantes é menos que 10^3 NMP/g de ST (Tabela 02).

Tabela 2: Classes de lodo de esgoto quanto a sua concentração do bioindicador de contaminação fecal.

TIPO DE LODO DE ESGOTO	BIOINDICADOR DE CONTAMINAÇÃO FECAL
AMOSTRA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES < 505 NMP/G DE ST*
A	COLIFORMES TERMOTOLERANTES < 10 ³ NMP/G DE ST
B	COLIFORMES TERMOTOLERANTES < 10 ⁶ NMP/G DE ST

Fonte: CONAMA 375/2006.

* média (μ) da concentração de coliformes termotolerantes na amostra.

A análise microbiológica foi realizada sob dois tratamentos: o primeiro consistiu na avaliação sem o uso da cal hidratada, obtendo-se um valor médio de coliformes termotolerantes em torno de 505 NMP/g de ST (N = 2). O segundo, após o tratamento com a cal hidratada, apresentou uma concentração ainda menor, com valor médio de coliformes termotolerantes < 1,8 NMP/g de ST (N = 6). Diante desse resultado, pode-se afirmar que a própria digestão anaeróbica e aeróbica realizada na estação de tratamento de efluentes foi responsável por essa queda no número de bactérias, acentuando-se ainda mais a remoção após o tratamento químico da amostra de lodo.

Os resultados da análise de estabilidade do lodo evidenciaram que o material pode ser classificado como estável, um lodo que produz um resíduo tratado que não oferece risco de atratividade de insetos vetores de doença. O valor médio das seis amostras analisadas, obtidas pela análise de estabilidade foi de 0,44; DP = 0,04; $p < 0,001$.

CONCLUSÕES

De acordo com o estudo realizado do lodo de esgoto da estação de tratamento do presente trabalho, o resíduo do tratamento atendeu a legislação aplicada em vigor em todos os aspectos analisados, quais sejam: o físico, de estabilidade do lodo; o microbiológico por meio da concentração de bactérias do gênero coliformes termotolerantes e a análise química da concentração de metais pesados presentes no lodo. Dessa forma, esse material está apto para sua utilização futura na agricultura, não oferecendo, portanto, riscos ambientais de acordo com os parâmetros analisados.

Faz-se necessário ressaltar que a legislação brasileira é criteriosa, tendo-se em vista que o resíduo do tratamento de esgoto oferece riscos à saúde pública, quando não respeitado os parâmetros técnicos, que nesta pesquisa ficaram dentro de limites seguros.

Considerando-se que neste trabalho foram realizadas as análises físicas de estabilidade do lodo, microbiológica de coliformes termotolerantes e química dos metais pesados: Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Crômio (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn), sugere-se que os estudos posteriores venham contemplar um maior número de metais pesados requeridos pela resolução CONAMA nº 375/06, quais sejam: Arsênio (As), Bário (Ba), Mercúrio (Hg), Molibdênio (Mo) e Selênio (Se).

A análise microbiológica também poderá ser ampliada levando em consideração os parâmetros: número de ovos viáveis de helmintos, concentração de bactérias do gênero *Salmonella* e concentração de vírus na amostra de lodo.

Pode ser realizada ainda uma análise do potencial agrônomo do lodo produzido, levando-se em consideração os seguintes parâmetros: carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato/nitrito, pH em água (1:10), potássio total, sódio total, enxofre total, cálcio total, magnésio total e umidade.

Sugere-se também que sejam realizadas todas as análises solicitadas pelos manuais internacionais e nacionais; com um maior número de repetições e de amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLOWAY, B.J. The origins of heavy metals in soils. In: Heavy Metals in Soils. New York: Blackie Academic & Professional, 1990. p. 29-39.
2. ANDREOLI, C. A., LARA, A. L., FERNADES, F. Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções. 2. ed. Curitiba: Sanepar, 2001. 288 p.
3. ARAÚJO, F. F. de, GIL, F. C., TIRITAN, C. S. *Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de Brachiaria decumbens e na atividade da desidrogenase. Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.39, n.1, p. 1-6, jan./mar. 2009.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 2004.
5. BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 01 Jan. 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 21 mai. 2017.
6. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resoluções do CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre set/1984 e jan/2012. Brasília: MMA, 2012. 1126p.
7. CETESB. Coliformes termotolerantes: Determinação em amostras ambientais pela técnica de tubos múltiplos com meio A1 – Método de ensaio. Manual técnico. São Paulo, 2007.
8. FERREIRA, T. L. Utilização de lodo de esgoto na implantação de cafezal em latossolo vermelho distrófico. Campinas. 2005. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical - Instituto Agrônomo, 2005.
9. HANDY, R. D. *Chronic effects of cooper exposure versus endocrine toxicity: Two sides of the same toxicological process. Comparative Biochemistry Physiology Part A*, v.135, p.25-38, jun. 2003.
10. HOPE, J. Sewage Sludge Disposal and Utilization Study. Washington State Institute for Public Policy, 1986. Disponível em <: <http://www.wsipp.wa.gov/rptfiles/sewage.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2017.
11. KASPRZAK, K. S., SUNDERMAN JR., F. W., SALNIKOW, K. *Nickel carcinogenesis. Mutation Research*, v.533, p. 67-97, dec. 2003.
12. KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology, the Basic Science of Poisons. Kansas City: Mc.Graw Hill, 2008. 1309p.
13. LEME, E. J. de A. Manual prático de tratamento de águas residuárias. 1. ed. São Carlos: EUDFSCar, 2007. 595 p.
14. MARTINS, K. G. Expansão urbana desordenada e aumento dos riscos ambientais à saúde humana: o caso brasileiro. Brasília. 2012. Monografia de Graduação. Faculdade UnB Planaltina - Universidade de Brasília, 2012.
15. MATTIAZZO, M. E., BERTONCINI, E. I. *Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 23, n. 3, p. 737-744, jul. 1999.
16. OLIVEIRA, F. C., MATTIAZZO, M. E. *Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. Scientia Agricola*, v.58, n.4, p.807-812, out./dez. 2001.
17. RANGEL, O. J. P., SILVA, C. A., BETTIOL, W., DYNIN, J. F. *Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.3, p. 583-594, mai./jun. 2006.
18. RICE, E. W., BAIRD, R. B., EATON, A. D., CLESCERI, L. S. (Eds.). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd ed. Washington DC: APHA, 2012. 1496p.
19. SANEPAR. Manual técnico para a utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná. 2. ed. Curitiba, 1997. 96 p.
20. SILVA, A. C. Química ambiental: uma abordagem introdutória e generalista. EdUema. 1.ed. São Luís, 2016. 297 p.