CBRO Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos
08 a 09 de outubro de 2009
Hotel Canto do Sol - Vitória-ES

CRITÉRIOS PARA O USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SISTEMAS PRODUTIVOS

Aureliano Nogueira da Costa

DSc. Solos e Nutrição de Plantas
Pesquisador do Incaper / Diretor Técnico-científico da Fapes

1 INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos orgânicos em sistemas produtivos é considerada uma fonte alternativa de matéria orgânica e nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das culturas. O uso de fertilizantes como fonte de nutrientes nos cultivos agrícolas é uma realidade em função da exigências das culturas para obtenção de alta produtividade e qualidade. A utilização de adubos orgânicos como fonte alternativa de nutrientes e matéria orgânica exige conhecimento científico da interação entre os fatores físicos, químicos e biológicos do solo e dos aspectos fitotécnicos das culturas. Portanto, é fundamental a caracterização dos critérios para recomendação e aplicação de resíduos em função das exigências das culturas e da capacidade de suporte do solo com a minimização do impacto ambiental.

Entre os principais resíduos urbanos com potencial de uso na agricultura, destaca-se o lodo de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Sua aplicação no solo é uma tendência mundial e vem sendo utilizada em muitos países como fonte de nutrientes, e como fonte de matéria orgânica para o solo, com efeitos benéficos ao crescimento e desenvolvimento das culturas (BERTON et al., 1997; MARCIANO, 1999).

Os resíduos orgânicos gerados nos processos de produção agropecuária, processamento agroindustrial e lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) contém macronutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo e micronutrientes tais como, ferro, cobre, zinco, Mn e Co, destacando-se ainda como fonte de matéria orgânica para o solo (GUEDES, 2000).

Os efeitos da matéria orgânica são considerados essenciais nos solos cultivados e podem ser destacados pelo fato de solubilizar nutrientes nos solos minerais, além de aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC), liberar lentamente fósforo, nitrogênio, enxofre e água,

melhorar à nutrição de plantas, em relação a micronutrientes. Pela formação de quelatos, aumentar a capacidade de retenção de água, melhorar a estrutura do solo, melhorar a capacidade tampão do solo, reduzir a toxidez de pesticidas, favorecer o controle biológico pela maior e mais ativa população microbiana, contribuir para a transformação do Al em formas não tóxicas e quando adicionada como resíduo de cobertura, reduz consideravelmente as perdas por erosão e exerce efeitos promotores de crescimento das plantas. Esses fatores exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (MENDONÇA, MATOS, 2005).

Os Estados Unidos, o Canadá e diversos países europeus, há mais de vinte anos, utilizam esse resíduo como fertilizante agrícola e florestal. Por outro lado, no Brasil, o lodo de ETE tem seu uso agrícola bastante restrito e normalmente acaba sendo despejado diretamente em aterros sanitários ou incinerado, gerando um impacto ambiental indesejável e caro para os municípios.

A taxa de acumulação média de lodo, somente em lagoas de estabilização não mecanizadas em operação no Estado do Espírito Santo é de, aproximadamente, 20.000 t ano (GONÇALVES et al., 1997). Nos Estados Unidos, a produção anual é de 5,4 milhões de toneladas de matéria seca, deste total, 33 % é aplicado ao solo, sendo 67 % desse percentual aplicado em terras agricultáveis (EPA, 1995). De acordo com Luduvice (2000), o potencial agronômico do lodo é inquestionável, mas sua utilização em áreas agrícolas produtivas deve ser feita de maneira cuidadosa de modo a não provocar danos à saúde pública, ao meio ambiente ou prejuízos financeiros ao agricultor.

A avaliação do lodo de ETE como fertilizante orgânico na produtividade de culturas anuais e perenes tem sido realizada por vários pesquisadores em diferentes partes do mundo (ANDREOLI et al., 1994; FORSTER, et al. 1977). Nas condições brasileiras, vários trabalhos vêm sendo efetuados em áreas agrícolas com resultados promissores (SANEPAR, 1996), embora ainda não existam pesquisas conclusivas.

Assim, a utilização de resíduos orgânicos e lodo de ETE na agricultura como fertilizante para as culturas reveste-se numa alternativa interessante de reciclagem deste resíduo tendo em vista sua composição química. Contudo, a preocupação com o uso agrícola desse material é, entre outras, a disseminação de elementos indesejáveis, ou mesmo micronutrientes em doses excessivas que

podem limitar sua utilização na agricultura. Estes elementos indesejáveis, uma vez presentes no solo em forma solúvel, são absorvidos por plantas envolvidas na cadeia trófica, podendo causar sérios problemas de toxicidade as próprias plantas, à saúde de animais e do homem (AMARAL, 1994). Tão logo, deve-se conhecer, previamente, em que proporção se dá essas transferências e o que poderão representar para a saúde do animal e humana e, se for o caso, o que fazer para evitar uma eventual acumulação excessiva desses elementos.

Portanto, para atestar o potencial agronômico e verificar impacto ambiental causado pela aplicação do lodo de ETE nas atividades agrícolas e florestais no Estado do Espírito Santo, estudos se fazem necessários.

No Brasil, o uso agrícola de resíduos orgânicos e de lodo de esgoto ainda não foi amplamente difundido. Neste sentido pesquisadores do Estado do Espírito Santo preocupados com o desenvolvimento sustentável, estão desenvolvendo projetos de pesquisa para estabelecer critérios específicos para a disposição final de lodos de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE's) para usos mais nobres. Sendo assim, estes materiais poderão ser utilizados na fertilização, visando não somente diminuir o uso de fertilizantes sintéticos, como também pelo fato da aplicação na agricultura permitir completar ou efetuar o seu tratamento, com vista a retirar-lhes o caráter poluente, caso exista.

Os critérios desenvolvidos neste estudo servirão como ferramentas para subsidiar o uso do lodo de ETE em cultivos agrícolas e florestal no Estado.

2 CRITÉRIOS

2.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE LODO DE ETE NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

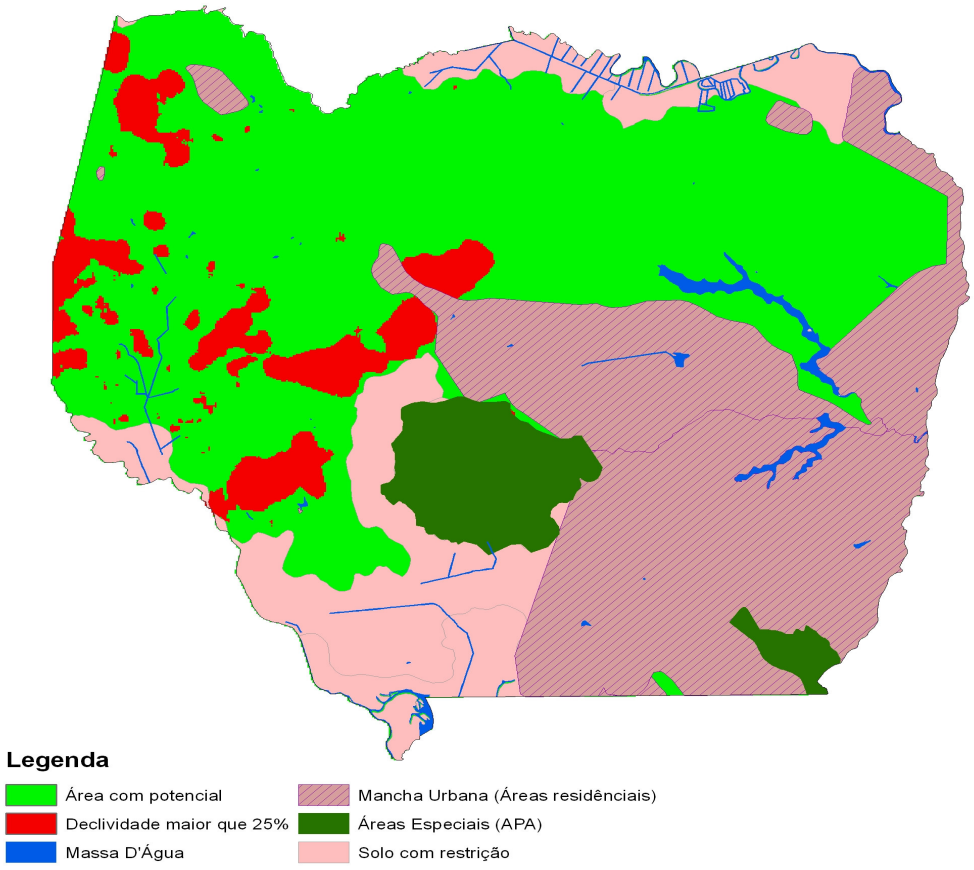
Para melhor atender os critérios e requisitos estabelecidos na resolução CONAMA 375/2006**,** a seleção das áreas para aplicação do lodo de ETE é realizada a partir da construção das unidades de mapeamento (UM), geradas por meio de um banco de dados espaciais e operadas em ambiente SIG**.** O banco de dados tem como base cartográfica digital hipsométrica, hidrográfica, rodoviária, política; geológica e de solos, na escala 1:250.000. Os dados utilizados para

elaboração das unidades de mapeamento são extraídos de fontes secundárias, tais como: Mapa Exploratório dos Solos do Estado do Espírito Santo (IBGE, 2007), Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo (IEMA, 2007) e Mapa de Bacias Hidrográficas e Hipsométrico do Estado do Espírito Santo (IEMA, 2007).

2.2 ELABORAÇÃO DO MAPA DAS ZONAS APTAS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE LODO DE ETE NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Partindo da base de dados, descrita acima, são definidas as Unidades de Mapeamento (UM), as quais representam as áreas passíveis de receberem lodo de esgoto para fins agrícolas. O mapeamento é realizado com o uso do SIG que faz os contrastes e, ou, recortes das áreas consideradas aptas para a disposição dos resíduos orgânicos. O processamento dos dados, objetivando a seleção das áreas passíveis de receberem lodo de esgoto para fins agrícolas é realizado após a modelagem com detalhe da área para cada região. A seleção das áreas para aplicação do lodo é feita com base nos resultados gerados no geoprocessamento e locada em campo com apoio de um receptor GPS de navegação. Durante a localização das áreas faz-se a checagem dos critérios estabelecidos no sistema, observando a coerência com as condições encontradas em campo e se há possíveis restrições não identificadas no sistema.

POTENCIAL PARA USO AGRÍCOLA DO BIOSSÓLIDO
MUNÍCIPIO DA SERRA



2.3 LOCALIZAÇÃO E ESTABELECIMENTO DAS UNIDADES DE REFERÊNCIAS PARA ESTUDOS DE VIABILIDADE AGRONÔMICA E AMBIENTAL A PARTIR DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE BIOSSÓLIDO EM CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS

As unidades de referência foram estabelecidas com base em aspectos geográficos, geoquímicos, uso e ocupação, importância socioeconômica e ambiental para o Estado. Para isso foram determinados unidades representativas das condições climáticas da região sul do Espírito Santo no município de Cachoeiro do Itapemirim, da região serrana, no município de Domingos Martins, e da região norte do estado, no município de Sooretama.

2.4 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DAS UNIDADES DE REFERÊNCIA (UNIDADES EXPERIMENTAIS)

As unidades de referência são implantadas com culturas representativas de cada região. Foram utilizadas diferentes doses de biossólido e diferentes fontes de matéria orgânica.

Os experimentos foram instalados em unidades experimentais do INCAPER, localizados na Região Norte, Região sul e Região Serrana do Estado. Foram aplicados aos cultivos agrícolas diferentes tipos de lodo e fontes matéria orgânica (Quadro 1). Foram utilizadas as culturas do abacaxi, cana-de-açúcar, goiaba, café arábica, café conilon, banana, eucalipto, seringueira e palmeira real para os estudos de fertilização. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com nove (9) tratamentos e três (3) repetições.

Nº e Descrição	Tratamento
1 – dose recomendada de nitrogênio (fonte esterco)	T1
2 – dose recomendada de nitrogênio(fonte química)	T2
3 – 0g de nitrogênio (controle)	T3
4 – dose 1 de nitrogênio (fonte lodo)	T4
5 – dose 2 de nitrogênio (fonte lodo)	T5
6 – dose 3 de nitrogênio (fonte lodo)	T6
7 – dose 4 de nitrogênio (fonte lodo)	T7
8 – dose 5 de nitrogênio (fonte lodo)	T8
9 – dose 6 de nitrogênio (fonte lodo)	T9

Quadro 1. Descrição resumida dos tratamentos

Os resultados obtidos estão sendo submetidos à análise de variância e de regressão. As comparações de médias serão feitas através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2.4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS E DO BIOSSÓLIDO

A caracterização do resíduo orgânico e do lodo de ETE estão sendo realizados para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos antes e após a higienização. A concentração de

patógenos nos resíduos orgânicos e no lodo está sendo utilizada, para posterior classificação de acordo com resolução CONAMA 375/2006 que estabelece o lodo tipo “A” com os critérios de concentração de coliformes termotolerantes inferior a 10^3 NMP por g de ST; ovos viáveis de helmintos inferior a 0,25 ovo/g de ST; Salmonella ausência em 10 g de ST e Vírus inferior a 0,25 UFP ou UFF/ g de ST e o lodo tipo “B” com coliformes termotolerantes inferior a 10^6 NMP por g de ST; ovos viáveis de helmintos inferior a 10 ovos/g de ST. O uso de lodo enquadrado como "classe B" será avaliado na atividade de silvicultura, em consonância com o artigo 14 da referida Resolução.

A caracterização química é feita para as seguintes substâncias inorgânicas: Arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco com base no método SW-846 3051 e 3052 da Environmental Protection Agency (U.S.EPA, 1996). O nitrogênio total é determinado pelo método Kjeldahl. O pH em H_2O, os teores de CaO e MgO e o teor de P solúvel em ácido cítrico são extraídos conforme a metodologia descrita por EMBRAPA (1999). O P extraído com Mehlich-1 seguem o protocolo sugerido por Defelipo e Ribeiro (1996). O carbono orgânico total (CO) é determinado de acordo com Yeomans & Bremner (1988), adaptado por Mendonça e Matos (2005).

A Biomassa microbiana é determinada pelo método de fumigação e extração (CFE) (VANCE et al., 1987). O tratamento para a higienização do lodo é realizado com o uso da cal na proporção de 50% V/V em volume. O monitoramento do uso do biossólido no solo e a disponibilidade dos nutrientes para as culturas foi realizado para os diferentes tratamentos.

2.4.2 ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO SOLO

A amostragem do solo está sendo realizada na profundidade de 0 a 20 cm para coleta de material e análise dos parâmetros físicos e químicos. São analisados os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn Cu, Mn , Na e B. A determinação da classificação textural, capacidade de campo, ponto de murcha, teor de argila, matéria orgânica, pH, acidez, capacidade de troca catiônica e soma de bases foram realizados para o solo coletado na profundidade de 0 a 20 cm. As análises do solo são realizadas antes e após o uso de lodo para os aspectos físicos, químicos e microbiológicos.

2.4.3 ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO VEGETAL

O monitoramento das características fenológicas do vegetal são determinados de acordo com a cultura e a fase de desenvolvimento da planta. Para esse parâmetro são avaliados a altura, diâmetro do caule a 10 cm do solo, numero de folhas ou ramos emitidos e outras características de crescimento e desenvolvimento de cada cultura. Características nutricionais foram feitas a partir de análises foliares aonde foram avaliados os teores em $dag.kg^{-1}$ de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e os teores em ppm dos micronutrientes zinco, manganês, ferro, cobre e boro. Os resultados das análises foliares foram comparados com um sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para correta avaliação. Análise microbiológicas são realizadas por meio das análises para determinação microrganismos patogênicos e análise parasitológica.

2.4.4 ESTUDOS DE LIXIVIAÇÃO E SOLUBILIZAÇÃO PARA METAIS PESADOS NO LODO DE ETE

Testes de lixiviação e solubilização de resíduos são realizados em colunas conforme as normas técnicas NBR 10.005 e NBR 10.006, respectivamente. Depois de realizados os testes, o lodo é classificado quanto a sua periculosidade, conforme norma técnica NBR 10.004 (ABNT, 1987). Os teores dos elementos nos extratos são determinados por espectrometria de emissão óptica em plasma induzido (ICP OES), ou por espectrofotometria de absorção atômica (E.A.A.), conforme o caso.

3. ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE QUALIDADE PARA SOLOS

3.1 VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE (VRQ)

A previsão quanto aos requisitos impostos pela legislação vigente, os organismos de monitoramento ambiental precisam de parâmetros de referência para a avaliação continuada do

impacto causado pela aplicação do biossólido sobre o solo, que no presente caso, exerce influência direta e, ou, indireta em rios, lagos, ambientes costeiros, flora e fauna e a saúde pública. Dessa forma São estabelecidos os valores de referência de qualidade (VRQ) para metais pesados em solos do Estado do Espírito Santo. Para isso são caracterizados geoquimicamente os solos das três Bacias Hidrográficas selecionadas para a implantação das unidades de referências com culturas agrícolas e florestais.

Quanto à seleção, localização e reconhecimento das unidades de mapeamento para a coleta das amostras de solo e o estabelecimento dos VRQ são utilizados as informações obtidas para a elaboração do mapa das zonas aptas para disposição do biossólido no Estado do Espírito Santo.

Para a amostragem são definidas as áreas provenientes de locais com o mínimo ou nenhuma ação antrópica, com vegetação nativa ou reflorestamento antigo tal como proposto por SINGH e STEINNES (1994). Para cada ponto de coleta é amostrado aproximadamente 0,5 kg de solo, coletado com auxílio de trado holandês de aço inox, na profundidade de 0-20 cm, acondicionados em sacos de polietileno devidamente identificados. Os locais de coleta são georreferenciados com GPS de navegação. Após as coletas, as amostras são transportadas para o laboratório, secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de 2,0 mm de abertura de malha (ABNT 50). Posteriormente as amostras foram quarteadas manualmente para a obtenção de alíquotas representativas para os ensaios de caracterização dos solos e para a determinação dos metais pesados. São determinados: densidade de partícula, densidade do solo e textura das amostras, segundo manual da EMBRAPA (1997) e pH em H_2O, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+} e Al^{3+} trocáveis, acidez potencial, cálculo da saturação por bases, saturação por alumínio (m), capacidade de troca de cátions (CTC_e e a pH 7,0) de acordo com EMBRAPA (1999). O carbono orgânico total (CO) é determinado de acordo com Yeomans e Bremner (1988), adaptado por Mendonça e Matos.

Para determinar os teores de metais pesados arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco nos solos foi feita a extração total e semi-total desses elementos por procedimentos de ataque ácido, com digestão em forno microondas, de acordo com o método EPA 3052 e 3051 (1996), sendo dosado por espectrofotometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).

3.2 ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (IG), FATOR DE CONTAMINAÇÃO (FC) E FATOR DE ENRIQUECIMENTO (FE)

O índice de geoacumulação (IG) o fator de contaminação (FC) e o fator de enriquecimento (FE) são utilizados para diferenciar entre a origem dos metais com processos naturais das atividades humanas, indicando assim o grau de influência da ação antropogênica no meio.

O índice de geoacumulação é determinado através da equação de Müller (1979):

$IG = \log_2 (Cm / 1{,}5 \times Cn)$

onde: Cm = concentração de um determinado elemento (mg kg^{-1}) na área em estudo; Cn = concentração natural ou "background" geoquímico ou valor de referência de um determinado elemento (mg kg^{-1}) na área em estudo; 1,5 = fator utilizado para compensar possíveis variações de background devido a efeitos litogênicos. O índice de geo-acumulação (IG) possui sete graus de intensidade de contaminação, onde IG próximo a zero significa solo não-contaminado e deficiente do metal indo até IG = 6 que significa que o solo se encontra fortemente contaminado.

O fator de contaminação é a razão entre a concentração de metal no solo e seu valor de referência (Laybauer, 1995). Esté pode ser calculado da seguinte maneira:

$$F.C. = Cm / Cn$$

O fator de enriquecimento pode ser calculado de algumas maneiras diferentes, Zonta et al. (1994) utilizaram a seguinte equação:

$$FE\ (\%) = [(C - C_{min})/(C_{max} - C_{min})] \times 100$$

Onde: C = média da concentração do elemento X (µg g^{-1}); C_{min} e C_{max} concentrações mínima e máxima determinadas no período de investigação do trabalho (µg g^{-1}).

3.3 OBTENÇÃO DOS COEFICIENTES DE DISTRIBUIÇÃO SÓLIDO-SOLUÇÃO (KD)

Os coeficientes de distribuição sólido-solução (Kd) são definidos como a relação entre as concentrações adsorvidas e em solução. O Kd permite avaliar a proporção de metal que é móvel e, possivelmente, biodisponível, em diferentes sistemas, obtidos a partir de isotermas de adsorção (SOARES, 2004).

Para a obtenção dos coeficientes de distribuição é utilizado o método batch de laboratório. Foram separadas amostras simples de cinco classes de solos representativos do Espírito Santo, com ampla variação de características físicas e químicas entre si. Dessas, foram retiras sub-amostras de 2,00 g de terra fina seca ao ar, transferidas para tubos de centrifuga de 50 mL, onde serão adicionados 20 mL de solução 0,01 mol L^{-1} de $NaNO_3$ (relação 1:10) contendo cinco diferentes concentrações de Cr, Cd, Co, Cu, Pb e Zn (0,1 ; 0,5; 1,0; 2,5 e 5,0 mg L^{-1}), em duplicata . As soluções estoque dos metais foram preparadas a partir da diluição em água ultra pura de sais de alto padrão de pureza, tais como: $K_2Cr_2O_7$, $Cd(NO_3)_2$, $Co(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$ e $Zn(NO_3)_2$. Os tubos contendo as amostras de solo e as soluções foram colocados sob agitação a 200 rpm por 24 h a 25 ºC. Após a agitação, as suspensões passarão por centrifugação a 2500 rpm durante 10 minutos. Uma alíquota de 2 ml foi recolhida em tubos do tipo Eppendorf e centrifugada a 15000 *g* por 30 minutos. Após esse procedimento foram determinadas as concentrações dos metais na solução de equilíbrio por espectrofotometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).

As isotermas de adsorção e o cálculo dos coeficientes de distribuição (Kd's) foram obtidos a partir dos gráficos de concentrações adsorvidas em função das concentrações de equilíbrio. Os limites críticos foram calculados de acordo com o critério sugerido por Libardi et al. (1996).

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. D. **Avaliação de um resíduo da indústria de zinco como corretivo da acidez e fertilizante de solo e fonte de metais pesados para plantas**. Viçosa: UFV, 1994. 70 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.

ANDREOLI, C.V; DOMASZK, S; FERNANDES, F.; LARA, A.I. **Proposta preliminar de regulamentação para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Paraná.** Sanare, Curitiba, v. 7, n.7, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.005, Lixiviação de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 1987. 7 p.

BERTON, R.S., VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A.; BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de $CaCO_3$ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.4, p. 685-691, 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Res. Nº 375 de 29/08/2006**, Brasília, 2006.

DIAS, J. C. S. (2000) A fertilização e a qualidade dos produtos alimentares de natureza vegetal. Investigação Agrária N.º 2, p. 50-51
EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997, 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**; organizador Fábio César da Silva. – Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia , 1999, 370p.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Process Design Manual: Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage**. Cincinnati-Ohio. EPA/625/R-95/001, 1995.

FORSTER, L.J. LOGAN, R.H. MILLER WHITE, R.K., State of the art in municipal sewage sludge landspreading. In: R.C. Loehr, Editor, **Land as a Waste Management Alternative, Ann Arbor Science Publishers,** 1977. p. 603–618.

GUEDES, M.C. **Efeito do lodo de esgoto (biossólido) sobre a nutrição, ciclagem denutrientes e crescimento de sub-bosque em plantações de eucalipto**. 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

GONÇALVES, R.F; NASCIMENTO, C.G. do; FERRARI, G.F.; MULLER, P.S.G. **Lodo de lagoas de estabilização em operação no Espírito Santo: Formação e Características.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais,** Rio de Janeiro: ABES, 1997. p.427-437.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RESURSOS HIDRICOS DO ESPÍRITO SANTO/ IEAMA - ES. **Subgerência de geomática**. Disponível em: <http://www.iema.es.gov.br/default.asp.htm>. Acesso em 20 ago. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Mapa Exploratório dos Solos do Estado Espírito Santo**. RadamBrasil, 1985. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br. htm>. Acesso em 20 ago. 2007.

LAYBAUER, L. **Análise de transferência de metais pesados em águas e sedimentos fluviais na região das minas de camaquâ**. 1995. 146p. Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul ,Porto Alegre, 1995.

LIBARDI, P.L..; MANFRON, P.A.; MORAES, S.O.; TUON, R.L. **Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 20, n.1, p 1-12, 1996.

LUDUVICE M. Experiência da companhia de saneamento do distrito federal na reciclagem agrícola de biossolido. In: BETTIOL, W. CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. cap.5, p.153-162.

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos.** São Paulo: Produquimica, 1994. 140p.

MARCIANO, C.R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Amarelo**. 1999. p. 93. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análise.** Viçosa: UFV, 2005, 107p.

MÜLER, G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. *Umschan*, **1979**. p. 778-783.

ROCHA, G.N. **Monitoramento da fertilidade do solo, nutrição mineral e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido,** 2002. 48p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Projeto interdisciplinar para o desenvolvimento de critérios sanitários, agronômicos e ambientais para a implantação da reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estado da arte.** Curitiba: SANEPAR/FINEP, 1996.

SINGH, B.R.; STEINNES, E. **Soil and water contamination by heavy metals.** In: LAI, R.; STEWART, B. A. (Eds.) Advances in soil science: soil process and water quality. USA : Lewis, 1994. p.233-237.

U.S. Environmental Protection Agency. 1996. Method 3051: Microwave assisted acid dissolution of sediments, sludges, soils, and oils. 2nd ed. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency. 1996. Method 3052: Microwave assisted acid dissolution of sediments, sludges, soils, and oils. 2nd ed. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

VANCE E.D., BROOKES, P. C., JENKINSON D.S., An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry.** v.19, p.703-707, 1987.

ZONTA, R.; ZAGGAIA, L.; ARGRSE, E.; **Heavy metal and grain size distribution in estuarine shallow water sediment of the Cena Marsh (Venice Lagoon, Italy).** Sci. Total Environ.**,** v. 151, p 19-28, 1994.