



## Determinação das Características Químicas de Lodo de Esgoto produzido em Reator UASB em Palmas, Tocantins

Marcelo Mendes Pedroza<sup>1</sup>, Rui Felipe de Miranda Rios<sup>2</sup>, Camilla Mendes Pedroza<sup>3</sup>, João Fernandes de Sousa<sup>4</sup>, Gláucia Eliza Gama Vieira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Engenharia Química, Professor do Curso de Controle Ambiental, IFTO. e-mail: mendes@ifto.edu.br

<sup>2</sup>Aluno do Curso de Saneamento Ambiental, IFTO. e-mail: ruiRIOS82@hotmail.com

<sup>3</sup>Bióloga, Mestranda em Biologia Vegetal, UFV. e-mail: caca\_pedroza@hotmail.com

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Química, Professor do Curso de Engenharia Química, UFRN. e-mail: joao@eq.ufrn.br

<sup>5</sup>Doutora em Química, Professora do Curso de Engenharia Ambiental, UFT. e-mail: glau.eliza@ig.com.br

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo determinar as características químicas de lodo de esgoto doméstico. As amostras foram coletadas em leitos de secagem de estação de tratamento de esgoto. Os lodos LD-1 e LD-10 são lodos tipicamente anaeróbios e a amostra LD-6 é um lodo misto. LD-1 e LD-6 apresentaram teores de umidade de 12,0 e 11,5%, respectivamente. O maior teor de cinzas foi observado na amostra LD-6 (46,2%). A menor concentração de matéria orgânica foi detectada em LD-6 (40,6%), por ser esse lodo rico em cloreto férrico. As amostras LD-1 e LD-10 apresentaram o maior conteúdo de carbono (27,0%). Os principais metais detectados na amostra de lodo LD-1 foram o ferro, zinco, manganês, chumbo, cobre, níquel e cromo. O ferro total apresentou a maior concentração (28911 mg/kg) e o níquel a menor delas (24 mg/kg). Todos os metais determinados no lodo LD-1 apresentaram concentrações inferiores aos valores limites estabelecidos para uso agrícola pela resolução brasileira.

**Palavras-chave:** análise química, lodo de esgoto, metais pesados, minerais, reator UASB

### 1. INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas os principais agentes poluidores de águas são os esgotos, que na maioria das vezes são lançados diretamente nos corpos de água. Frente à degradação intensa dos recursos hídricos, os esgotos de diversas cidades brasileiras vêm sendo tratados em estações de tratamento de esgoto (ETEs), que operam com diferentes sistemas tecnológicos. Nestes sistemas de tratamento de águas residuárias, a água retorna aos mananciais com bom grau de pureza. No entanto, ocorre a geração de um resíduo semi-sólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica, chamado de lodo de esgoto. A destinação deste lodo residual que é gerado nas ETEs é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento, públicas ou privadas (Metcalf e Eddy, 2002).

O gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e alto custo, que, se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas (Luduvic, 2001).

O termo “lodo” tem sido utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgotos. Nos processos biológicos de tratamento, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, denominada genericamente de lodo biológico ou secundário, composto principalmente de sólidos biológicos. O termo biossólido é utilizado apenas quando o lodo apresenta características que permitam o seu uso agrícola (Andreoli *et al.*, 2006).

Alguns constituintes das águas residuárias tais como metais e ovos de helmintos, ao passarem pela estação de tratamento de esgoto, concentram-se no lodo. Vários componentes orgânicos (ácidos húmicos) e minerais (nitrogênio e fósforo) conferem características fertilizantes ao resíduo. Entretanto, outros constituintes são indesejáveis como os metais pesados, os poluentes orgânicos e os microrganismos patogênicos pelo seu risco sanitário e ambiental (Oliveira, 2000).

A presença desses constituintes no lodo é muito variável, e depende das características do esgoto bruto e do sistema de tratamento. O esgoto produzido por uma população saudável conterà menos agentes patogênicos que o produzido por uma população doente. Da mesma forma o esgoto doméstico possui baixos teores de metais pesados, o que diminui o risco sanitário e ambiental. Teores altos de contaminantes químicos no esgoto são características, geralmente, de esgotos industriais

(Cebalos, 2004). O recebimento de efluentes industriais juntamente com o doméstico pode comprometer a qualidade do lodo das estações de tratamento de despejos domiciliares, principalmente em relação à concentração de metais pesados (Andreoli *et al.*, 2006). O biossólido, lodo de esgoto com características químicas e biológicas aceitáveis para uso agrícola, é uma importante fonte de matéria orgânica, micro e macronutrientes. Quando aplicado ao solo pode conferir maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão, diminuição do uso de fertilizantes minerais, maior resistência da planta aos fitopatógenos e aumento da produtividade da cultura (Corrêa, 2004). No entanto, a presença de metais pesados no biossólido pode comprometer o seu uso agrícola.

Este trabalho teve como objetivo determinar as características químicas do lodo doméstico produzido em reator UASB da ETE Vila União, no estado do Tocantins, Brasil, segundo as técnicas analíticas gravimétricas (Umidade, Cinzas e Material Volátil) e instrumentais: Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – OES), Difractometria de Raio-X (DRX), e Análise Elementar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### A Estação de Tratamento de Esgotos Vila União, Palmas-TO

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) denominada Vila União, localizada no bairro Vila União, na cidade de Palmas (Tocantins), é de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Tocantins (Saneatins). O sistema de esgotamento é composto por rede coletora, tratamento preliminar, estação elevatória, reator UASB e Lagoa Facultativa (Figura 1). Essa estação tem a capacidade de tratar 110,0 l/s, mas atualmente trata uma vazão média de 30 l/s de esgotos. A alimentação do sistema é feita através de esgotos tipicamente domésticos.

O Reator UASB (Figura 2a) é constituído por uma câmara inferior de digestão e por um dispositivo superior para separação de gases, sólidos e líquidos. O processo consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de uma manta de lodo densa e de elevada atividade que tem por objetivo reduzir a carga orgânica contida nos esgotos. Esse reator tem um volume de 3128 m<sup>3</sup>, altura de 7,8 metros e um diâmetro de 22,6 metros.

O Efluente do reator UASB é lançado numa lagoa facultativa (Figura 2b), que representa a última etapa do tratamento biológico da ETE Vila União. Essa lagoa tem 220 metros de comprimento, 110 metros de largura e 1,5 metros de profundidade. O efluente final da ETE é descartado através de uma única tubulação localizada na parte superior da lagoa e, é lançado no corpo receptor, o córrego Água Fria. O lodo biológico produzido no reator UASB é lançado em leitos de secagem que tem por finalidade reduzir o teor de umidade do lodo. A descarga desse lodo, feita diretamente do reator UASB, é realizada a cada mês em quantidade média que varia entre 33,6 e 50 m<sup>3</sup> de lodo.

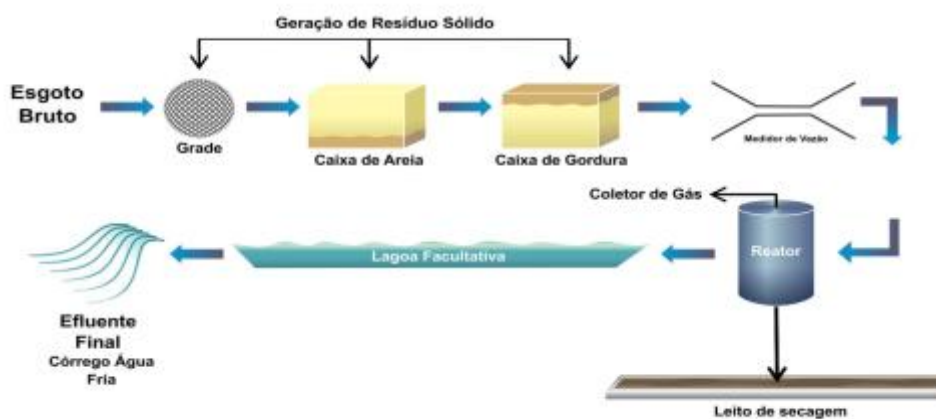


Figura 1 – Desenho esquemático da ETE Vila União, localizada em Palmas, Tocantins

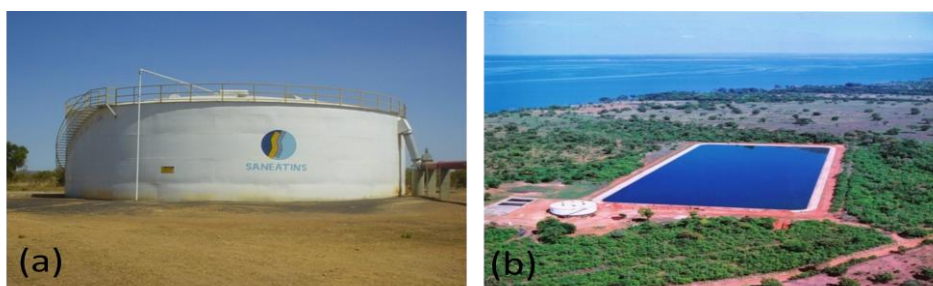


Figura 2 – ETE Vila União, estado do Tocantins: (a) Reator UASB e (b) Lagoa Facultativa

### Coleta, preparo das amostras e procedimentos analíticos

As amostras foram coletadas em leitos de secagem da estação de tratamento de esgoto Vila União. Os lodos LD-1 e LD-10 são lodos tipicamente anaeróbios e a amostra LD-6 é um lodo misto, rico em cloreto férrico. Para a determinação de metais pesados, as amostras foram digeridas em água régia (HCl:HNO<sub>3</sub>, 3:1, v/v), seguindo recomendações de Melo e Silva (2008). Os procedimentos analíticos usados na determinação das características químicas dos lodos residuais são apresentados na Tabela 1. O espectrômetro utilizado na análise de metais foi o ICP-OES, modelo ICAP 6000 da Thermo Scientific. O Analisador elementar usado no experimento foi o CE Instruments, Modelo EA 1110. O Difratorômetro de raios-X utilizado foi um modelo XRD-6000, Marca SHIMADZU. O MEV usado no experimento era da Marca Philips, Modelo XL30 – ESEM.

Tabela 1 – Métodos analíticos aplicados na caracterização química do lodo de esgoto

Variável analítica	Método analítico
Umidade	ASTM D 3173-85
Cinzas	ASTM D 2415-66
Material volátil	ISO 5623-74
Fe, Zn, Mn, Co, Ni, Cr, Pb	ICP-OES
C, N, H, S	Análise elementar

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análises Imediata e Elementar dos Lodos Residuais

Os Lodos LD-1 e LD-6 apresentaram teores de umidade de 12,0 e 11,5%, respectivamente. Na amostra de LD-10 foi detectada a menor umidade (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados das análises Gravimétricas e Elementar das amostras de lodos de esgotos

Método Analítico	Lodos		
	LD-1	LD-6	LD-10
Umidade (%)	12,0	11,5	6,7
Cinzas (%)	32,2	46,2	31,8
Material Volátil (%)	53,9	40,6	57,8
Carbono Fixo (%)	1,9	1,8	3,7
Carbono (%)	27,0	15,0	27,0
Hidrogênio (%)	4,4	3,6	3,7
Nitrogênio (%)	3,6	2,7	2,7
Enxofre (%)	2,7	5,3	3,1

O maior teor de cinzas foi observado na amostra LD-6 (46,2%), possivelmente devido a uma elevada quantidade de ferro advindo do tratamento físico-químico do lodo com cloreto férrico (FeCl<sub>3</sub>). A análise de material volátil mostrou que a amostra LD-10 apresentou a maior concentração de



matéria orgânica (57,8%). A menor concentração foi detectada em LD-6 (40,6%), por ser esse lodo rico em material inorgânico. As características orgânicas e inorgânicas das amostras foram também verificadas através da análise elementar (CNH) dos lodos. Os lodos LD-1 e LD-10 apresentaram maior conteúdo de carbono, 27,0%. Na amostra LD-6, foi percebido o menor teor, 15,0% (Tabela 2).

### 3.2 Determinação de Metais na amostra de Lodo LD-1

Do ponto de vista ambiental, o metal pesado pode ser entendido como aquele que, em determinados teores e tempo de exposição, oferece risco sanitário, comprometendo a atividade biológica dos seres vivos. Os metais pesados possuem efeito cumulativo no organismo e podem provocar, desta forma, intoxicações crônicas, cânceres, problemas cardíacos e respiratórios e alergias. Os principais metais pesados detectados na amostra de lodo LD-1 foram o Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Chumbo (Pb), Cobre (Co), Níquel (Ni) e Cromo (Cr). O ferro total apresentou a maior concentração (28911 mg/kg) e o níquel a menor delas (24 mg/kg), conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação Quantitativa de alguns metais de amostra de Lodo LD-1, de Reator UASB, usando Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – OES)

Parâmetro Analisado	Resultado (mg/kg)	Resolução CONAMA 375 (mg/kg) (Brasil, 2006)
Ferro total	28911	-
Zinco	892	2800
Manganês	82	-
Chumbo	47	300
Cobre	219	1500
Níquel	24	420
Cromo total	39	1000

Segundo Corrêa (2004), o lodo é uma importante fonte de matéria orgânica, micro e macronutrientes. A sua destinação no solo pode conferir maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão, diminuição do uso de fertilizantes minerais, maior resistência da planta aos fitopatógenos e aumento da produtividade da cultura. Entretanto, a presença de metais pesados no biossólido pode comprometer a sua aplicação na agricultura.

A contaminação das plantas por metais pesados depende de sua mobilidade no solo e de sua biodisponibilidade. Esses elementos apresentam baixas solubilidade e mobilidade no solo, com baixo risco de contaminação. Deve-se considerar que os metais pesados do biossólido encontram-se combinados a compostos orgânicos e que são menos absorvidos pelas plantas do que os que podem ser encontrados em fertilizantes químicos comerciais. De acordo com Canellas *et al.*, (2000), uma fração da matéria orgânica do lodo, não-biodegradável, tem a capacidade de complexar metais e, isso reduz o conteúdo disponível desses elementos para o processo de absorção pelos vegetais.

A Resolução CONAMA Nº 375, de 29 de agosto de 2006, “define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados” (Brasil, 2006). Segundo esse documento, os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites máximos de concentração de alguns metais e de aspectos microbiológicos. Como observado na Tabela 3, todos os metais determinados no lodo LD-1 apresentaram concentrações inferiores aos valores limites estabelecidos pela resolução brasileira. No entanto, é importante verificar também a qualidade microbiológica do resíduo antes de sua aplicação no solo. Os parâmetros definidos por essa resolução para biossólido do tipo classe A são: coliformes termotolerantes (<1000 NMP / g de Sólidos Totais), ovos viáveis de helmintos (< 0,25 ovo / g de Sólidos Totais), *salmonella* (ausência em 10 g de Sólidos Totais) e vírus (< 0,25 UFF / g de Sólidos Totais).

De acordo com Chiba (2005), um aspecto importante que deve ser levado em consideração é a acumulação e biomagnificação de metais pesados na cadeia alimentar. Os seres humanos podem se

contaminar por esses elementos químicos através da ingestão de partes comestíveis de plantas contaminadas, de consumo de animais previamente contaminados ou de subprodutos preparados com estes vegetais. Simonete e Kiehl (2002) avaliaram a aplicação de lodo de esgoto em cultivares de milho e o comportamento do ferro e cobre acumulado pelas plantas. Os pesquisadores verificaram, através da análise de regressão, que os dois metais apresentaram um comportamento linear crescente ( $R^2 = 0,958$  e  $R^2 = 0,976$ , respectivamente) com as doses do resíduo. Os incrementos de ferro proporcionados pela adição do resíduo variaram, da menor para a maior dose aplicada, em relação ao cultivo sem aplicação de lodo, de 18% a 159%, respectivamente. Para o cobre a variação foi de 38% a 62%, respectivamente.

Com relação ao tratamento térmico de lodo residual, alguns pesquisadores observaram que o conteúdo de metais pode atuar nas reações catalíticas durante o processo de pirólise, facilitando a degradação térmica do resíduo. Fonts *et al.*, (2009) determinaram que o teor de metais da biomassa favoreceu um aumento do rendimento da fração gasosa e a diminuição do percentual da fração líquida. Domínguez, Menéndez e Pis (2006) observaram que a produção de  $H_2$  era maior quando foi empregado um lodo com maior teor de metais.

### 3.3 Análise de Minerais e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) dos Lodos Residuais

Foram determinados os principais minerais presentes nas amostras do lodo residual LD-1, através da técnica Difratomia de Raio-X (DRX). O difratograma, Figura 3, apresenta picos característicos de fase cristalina, dos seguintes minerais: caulinita, quartzo, gibbsita, albita, magnetita, dolomita e rutilo. Diversas estruturas cristalinas foram observadas através da análise MEV do lodo residual. As micrografias revelam que a morfologia da amostra possui superfície com aspecto irregular, com vazios e aberturas. Não há presença evidente e em grande quantidade de partículas com diâmetros definidos, havendo a presença de elementos de composição química variada. A heterogeneidade da amostra de lodo com magnificação de 500x foi melhor observada quando foi realizada a microscopia com magnificações de 1000x e 5000x, conforme Figura 4. Estruturas aparentemente de origem microbiológica também foram observadas com o recurso da microscopia eletrônica de varredura, por ser o lodo de esgoto, uma mistura de substâncias que geralmente se caracteriza por apresentar minerais, colóides e partículas provenientes de matéria orgânica decomposta.

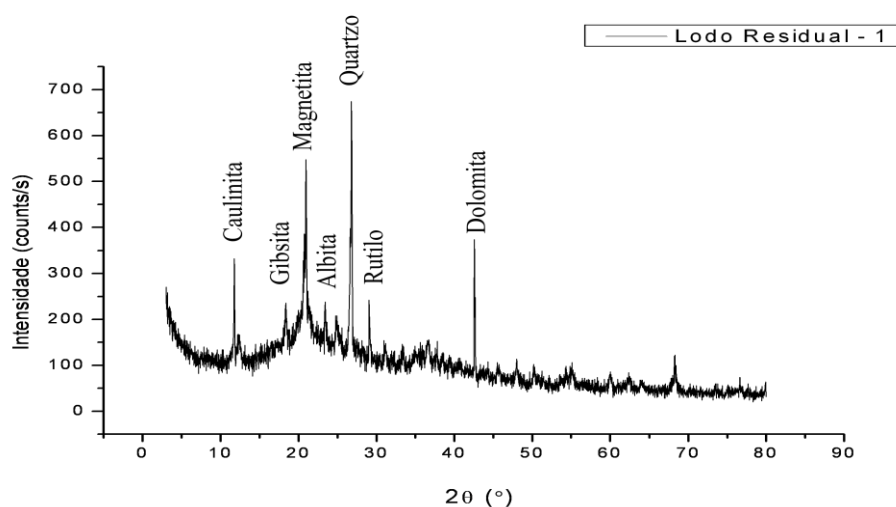


Figura 3 – Difratograma do Lodo Residual LD-1, de Reator UASB, Palmas, Tocantins

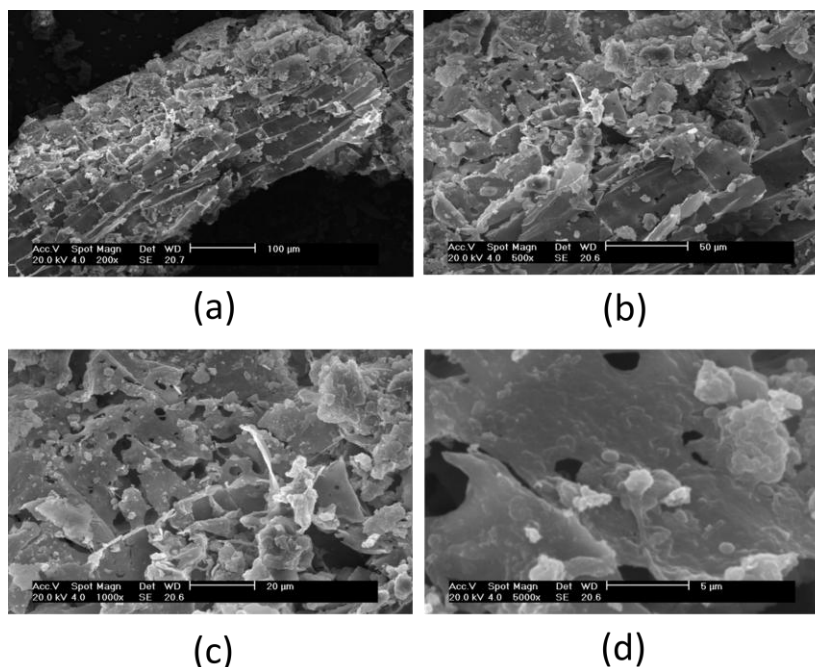


Figura 4 – Microfotografias do Lodo LD-1, obtidas com MEV, com ampliações de: (a)200, (b)500, (c)1000 e (d)5000x

#### 4. CONCLUSÕES

O lodo de esgoto estritamente doméstico possui geralmente baixas concentrações de metais tóxicos, mas quando esgotos industriais entram em contato com rede coletora de esgoto doméstico, este pode ter sua concentração de metais aumentada significativamente. Altas concentrações de metais em lodos resultam em ações mais restritivas quanto ao uso desse material para fins agrícolas.

Dentre os processos mais comuns de disposição de lodo de esgoto citam-se: *landfilling*, reuso agrícola, aterro sanitário e incineração. Todavia, esses processos convencionais de disposição apresentam certas limitações. *Landfilling* ocupa uma extensa área e talvez seja a grande desvantagem desse sistema. A reciclagem agrícola de biossólidos pode resultar no acúmulo de compostos nocivos, tais como metais pesados, no solo.

#### AGRADECIMENTOS

A Capes, pela Bolsa de Estudo concedida e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), por todas as condições oferecidas durante a realização dessa pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

Andreoli, C. V., Tamanin, C. R., Holsbach, B., Pegorini, E. S., Neves, P. S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal, In: **Biossólidos - Alternativas de uso de resíduos do saneamento**, Editora ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Rio de Janeiro, 398 p, 2006.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no 375, de 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: set. 2011.



Canellas, L. P., Santos, G. A., Moraes, A. A., Rumjanek, V. M., Olivares, F. L. **Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos de origem urbana: Métodos espectroscópicos (UV-VIS, IV, RMN) e microscopia eletrônica de varredura**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, **24**, 741-750, 2000.

Ceballos, B. S. O. **Avaliação sanitária de efluente e da alface irrigada com esgotos tratados**, XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 2004.

Chiba, M. K. **Uso de lodo de esgoto na cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio e fósforo: Parâmetros de fertilidade do solo, nutrição da planta e rendimentos da cultura**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 142p, 2005.

Corrêa, R.S. **Efficiency of five biosolids to supply nitrogen and phosphorus to ryegrass**, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, **39**, 1133 – 1139, 2004.

Domínguez, A., Menéndez, J. A., Pis, P.P. **Hydrogen rich fuel gas production from the pyrolysis of wet sewage sludge at high temperature**, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, **77**, 127-132, 2006.

Fonts, I., Azuara, M., Gea, G., Murillo, M. B. **Study of the pyrolysis liquids obtained from different sewage sludge**, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, **85**, 184 – 191, 2009.

Ludovice, M. Processos de estabilização de lodos. In: **Lodos de Esgotos – Tratamento e Disposição Final**. ABES, Rio de Janeiro, 484p, 2001.

Melo, L. C. A., Silva, C. A. **Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos**, Química Nova, **31**, 556-561, 2008.

Metcalf & Eddy, INC. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. Ed. McGraw-Hill, New York, 1334 p, 2002.

Oliveira, F. C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 247p, 2000.

Simonete, M. A., Kiehl, J. C. **Extraction and bioavailability of heavy metals in response to the addition of sewage sludge to the soil**, Scientia Agricola, **59**, 555-563, 2002.