



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

MAURO FERNANDO TEODORO

ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Assis
2012

MAURO FERNANDO TEODORO

ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Municipal
de Ensino Superior de Assis, como
requisito do Curso de Graduação.

Orientador: Prof^a Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello
Área de Concentração: Química

Assis
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

TEODORO, Mauro Fernando

Alterações de qualidade do solo em função da aplicação de lodo de esgoto / Mauro Fernando Teodoro. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA - Assis, 2012.

56p.

Orientador: Patrícia Cavani Martins de Mello

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Lodo de Esgoto. 2. Metais Pesados. 3. Tratamento de Esgoto.

CDD: 660
Biblioteca da FEMA

MAURO FERNANDO TEODORO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Municipal
de Ensino Superior de Assis, como
requisito do Curso de Graduação,
analisado pela seguinte comissão
examinadora:

Orientador: Prof^a Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello.

Analisador: Prof Dr. Idécio Nogueira da Silva

Assis
2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por toda sabedoria. À minha família e namorada pelo apoio e incentivo desde o início. Aos meus amigos pela ajuda nos momentos difíceis através do compartilhamento de conhecimentos.

AGRADECIMENTO

À professora, Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante o trabalho.

Aos amigos, Bruno José, Rafael Gustavo, Luis Fernando e a todos aqueles que colaboraram para a realização deste trabalho.

Aos familiares, Maria Helena, Mauro Lima que me ajudaram muito durante todo este tempo.

À minha namorada Lílian Del Padre, por ter sempre me apoiado e incentivado.

“Procure ser um homem de valor, em vez
de ser um homem de sucesso.”

Albert Einstein

RESUMO

O lodo de esgoto é um resíduo originado de sistemas de tratamento de efluentes domésticos e industriais, que podem apresentar altos teores de nutrientes, matéria orgânica, microrganismos patogênicos e metais pesados. Este material pode ser utilizado na agricultura como fertilizante desde que suas concentrações de metais pesados estejam em conformidade com a Resolução CONAMA 375/06. Este trabalho foi elaborado com o objetivo de comparar a quantidade de metais pesados em dois tipos de solos da cidade de Botucatu-SP: um sob o estado natural que foi denominado "solo A" e o outro alterado com a presença de lodo de esgoto denominado "solo B". Foram realizadas análises de Cd, Ni e Pb no lodo de esgoto e nas amostras de solo, coletados nas profundidades de 0,10; 0,20 e 0,30 cm. Os resultados mostram que as concentrações de metais pesados no lodo estão em conformidade com a resolução do CONAMA, entretanto o solo A apresentou menor quantidade de metais pesados comparado com o solo B. Este fator comprova que a aplicação contínua do lodo de esgoto pode alterar a qualidade do solo.

Palavras-chave: lodo de esgoto; metais pesados; solo.

ABSTRACT

Sewage sludge is a waste originated from treatment systems and industrial effluents, which may have high levels of nutrients, organic matter, pathogens and heavy metals. This material can be used in agriculture as fertilizer since their concentrations of heavy metals in conformity with Resolution CONAMA 375/06. This work was done in order to compare the amount of heavy metals in two soil types in the city of Botucatu-SP: a natural state under what was termed "The ground" and other changes in the presence of sewage sludge called "soil B ". Analyses of Cd, Ni and Pb in sewage sludge and soil samples collected at depths of 0,10; 0,20 and 0,30 cm. The results show that the concentrations of heavy metals in the sludge are in accordance with the resolution of CONAMA, however soil showed the least amount of heavy metals compared to the soil B. This factor proves that the continuous application of sewage sludge can alter soil quality.

Keywords: sewage sludge, heavy metals, soil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Solo.....	17
Figura 2	- Composição média do esgoto doméstico.....	20
Figura 3	-Grade de retenção.....	25
Figura 4	- Desarenador.....	26
Figura 5	- Processo aeróbio.....	28
Figura 6	- Reator aeróbio.....	28
Figura 7	- Reator anaeróbio.....	29
Figura 8	- Leitos de secagem.....	31
Figura 9	- Tabela periódica.....	36
Figura 10	- Metal Cádmio.....	37
Figura 11	-Metal Chumbo.....	38
Figura 12	-Metal Níquel.....	39
Figura 13	- Protótipo de ETE de reator anaeróbio.....	44
Figura 14	- Amostras digeridas através de digestão nitroperclórica.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Parâmetros de qualidade do esgoto e seus efeitos sobre a água	21
Tabela 2	- Sistemas Aeróbios x Sistemas Anaeróbios.....	30
Tabela 3	- Principais atividades industriais geradoras de metais encontrados no lodo.....	35
Tabela 4	- Características dos metais pesados em lodo de esgoto de diferentes ETEs.....	39
Tabela 5	- Concentrações limites de alguns metais pesados.....	40
Tabela 6	- Efeitos nocivos dos metais pesados (Ni, Pb e Cd) em humanos.....	41
Tabela 7	- Concentrações de metais pesados presentes no lodo de esgoto.....	48
Tabela 8	-Comparação das concentrações de metais pesados no lodo da ETE Botucatu (SP).....	49
Tabela 9	- Resultado das análises dos metais pesados Cd, Ni e Pb.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
V.M.P	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	O SOLO.....	17
2.1	CONTAMINAÇÃO DO SOLO.....	18
2.2	ORIGEM DOS METAIS PESADOS NO SOLO.....	18
2.2.1	Litogênicos.....	19
2.2.2	Antropogênicos.....	19
3	ESGOTO DOMÉSTICO	20
3.1	O TRATAMENTO DE ESGOTO.....	21
3.2	IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO.....	22
4	DEFINIÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	24
4.1	PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE).....	24
4.1.1	Tratamento Preliminar.....	25
4.1.1.1	Gradeamento.....	25
4.1.1.2	Desarenador.....	26
4.2	TRATAMENTO PRIMÁRIO.....	26
4.3	TRATAMENTO SECUNDÁRIO.....	27
4.3.1	Processo Aeróbio.....	27

4.3.2	Processo Anaeróbio.....	29
4.4	LEITOS DE SECAGEM	30
4.5		30
5	LODO DE ESGOTO	32
5.1	CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO.....	32
5.2	BENEFÍCIOS DO LODO DE ESGOTO.....	33
5.3	EFEITOS NOCIVOS DO LODO.....	33
5.3.1	Presença de metais pesados no lodo de esgoto.....	34
5.3.2	Caracterização dos metais pesados Cádmio, Chumbo e Níquel.....	35
5.3.2.1	Cádmio.....	36
5.3.2.2	Chumbo.....	37
5.3.2.3	Níquel.....	38
5.4	CONCENTRAÇÕES DE METAIS NO LODO DE ESGOTO.....	39
6	RISCOS DOS METAIS PESADOS EM PLANTAS E HUMANOS.....	41
7	APLICAÇÃO DIDÁTICA.....	42
7.1	MATERIAIS E REAGENTS.....	42
7.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	42
8	MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
8.1	MATERIAIS E REAGENTES.....	45

8.2	EQUIPAMENTOS.....	46
8.3	COLETA DE DADOS.....	46
8.4	CARACTERIZAÇÕES QUÍMICAS DAS AMOSTRAS DE SOLO E DO LODO DE ESGOTO.....	46
8.4.1	Procedimentos das análises de Cd, Ni e Pb	46
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
9.1	AVALIAÇÕES DE METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS DE SOLO.....	50
10	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, muitas cidades iniciaram a construção de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), visando à despoluição dos rios e a redução dos problemas de saúde pública. Desse tratamento resulta a produção do lodo de esgoto, que é um resíduo que necessita de uma adequada disposição final para não causar problemas ambientais. Este lodo é produzido a partir do tratamento, higienização, estabilização e secagem do esgoto urbano, com o objetivo de torná-lo menos poluído e permitir o seu retorno ao ambiente (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

Os lodos de esgoto estão sendo utilizados em larga escala na agricultura, principalmente como condicionador e fonte de nitrogênio (BOEIRA; LIGO; DYNIA, 2002). A elevação do custo de fertilizantes comerciais também faz o uso desses resíduos orgânicos uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da reciclagem de nutrientes. Em relação ao meio ambiente, se faz necessário à ampliação de sua oferta, visando à redução da poluição dos corpos hídricos (MELO; SILVA; DIAS, 2008).

A utilização desses resíduos em solos agrícolas por conterem altos teores de matéria orgânica contribui para o maior armazenamento de C (carbono), aumento da CTC (Capacidade de Troca Catiônica), melhoria da estrutura, maior infiltração e retenção de água no solo, entre outros (ROCHA; GONÇALVES; MOURA, 2004).

Apesar da resposta no desenvolvimento e produtividade de diversas culturas, por se tratar de um resíduo urbano-industrial, há necessidade de se seguir critérios rigorosos para sua aplicação na agricultura, haja vista que em sua composição existem poluentes como metais pesados, compostos orgânicos e microrganismos patogênicos ao homem (MELO; MARQUES; MELO, 2001).

O objetivo deste trabalho é verificar possíveis alterações químicas ocasionadas a um solo, onde houve disposição histórica de lodo de esgoto proveniente de uma estação de tratamento urbano, da cidade de Botucatu/SP.

2 O SOLO

O solo é um meio natural encontrado na superfície da terra. É composto por materiais minerais e orgânicos, que tem como função ajudar o desenvolvimento dos vegetais (SILVA, 2008).

O solo é uma parte natural integrante do meio ambiente, que está em constante inter-relação com águas superficiais e subterrâneas, rochas, ar, condições climáticas e com os ecossistemas (PÉRES, 1997).

Uma de suas funções é participar dos principais ciclos vitais do planeta. Estão na base da reciclagem da cadeia de nutrientes originados das rochas e transformados pela ação da atmosfera, da água e da atividade biológica (LE SOL, 2007). A figura 1 ilustra a imagem do solo.



Figura 1- Solo (In: PORTAL SÃO FRANCISCO, 2012).

Também por meio da reciclagem, neutraliza as toxinas. No entanto, quando os dejetos urbanos, indústrias e agropecuários ocorrem em excesso, o solo torna-se incapaz de estocá- los e reciclá- los (SILVA, 2008).

2.1 CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Denomina-se solo contaminado toda área, local ou terreno onde há, comprovadamente, poluição ou contaminação causada pela introdução de qualquer substância ou resíduo que nela tenha sido depositada, acumulada, armazenada, enterrada ou infiltrada, seja de forma planejada, acidental ou até mesmo natural e que contenha quantidades e concentrações de matéria em condições de causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a ser protegido (DOMINGUES, 2009).

A maior parte dos solos do mundo está sendo poluída por alguns elementos depositados na atmosfera, aplicação de fertilizantes, lodo de esgoto, agroquímicos e esterco. A contaminação do solo por metais pesados presentes em algumas substâncias aplicadas no solo pode alterar a biodiversidade microbiana e inibir a comunidade e os processos biológicos sendo que o efeito desses metais dependerá das características do solo, concentrações e formas químicas dos elementos e da quantidade de contaminantes e suas características (ZEITOUNE, 2003).

2.2 ORIGEM DOS METAIS PESADOS NO SOLO

Os metais pesados estarão sempre presentes em solos, sedimentos e sistemas aquáticos. Sua distribuição em solos é variável, devido às diferenças na capacidade de retenção de componentes das diversas camadas do solo. Sua origem permite classificá- los em litogênicos (intemperismo de rochas e minerais, emissões vulcânicas) e antropogênicos (os aterros sanitários, as atividades industriais e de

mineração, as aplicações de corretivos, fertilizantes, pesticidas e lodo de esgoto) (GONÇALVES, 2011).

2.2.1 Litogênicos

A fração litogênicas dos metais, como parte dos ciclos bioquímicos naturais, é liberada das rochas pelos processos de intemperismo e são ciclados, através dos vários compartimentos, por processos bióticos e abióticos, até que encontrem seu destino final nos oceanos ou nos sedimentos. O tipo de rocha e os constituintes minerais do material de origem do solo influenciam em seus níveis naturais de metais (GONÇALVES, 2009).

2.2.2 Antropogênicos

A mineração, adubação com lodos de estação de tratamento de efluentes, a fabricação de baterias de automóveis e celulares, as aplicações militares e aeroespaciais, a estabilização de plásticos, a formulação de pigmentos os fertilizantes fosfatados, a queima de combustíveis e outras mais. São atividades antropogênicas que podem levar cádmio(Cd), níquel(Ni) e chumbo(Pb) aos solos. Análises em locais próximos a complexos industriais e refino de minério mostram elevadas concentrações de metais no solo, afetando a funcionalidade, a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas, causando danos, na maioria das vezes, irreversíveis às propriedades químicas, físicas e biológica do solo (GONÇALVES, 2009).

3 ESGOTO DOMÉSTICO

A crescente demanda da sociedade pela manutenção e melhoria das condições ambientais tem exigido cada vez mais das gestões políticas dos municípios e das empresas públicas e privadas, atividades capazes de compatibilizar o desenvolvimento com as limitações da exploração dos recursos naturais. Dentre esses recursos, os hídricos, que até pouco tempo eram considerados fartos, tornaram-se limitantes e competitivos, em virtude da alta poluição, necessitando, portanto, de rápida recuperação. A água usada nas atividades domésticas se transforma em resíduo líquido conhecido como esgoto, que necessita de tratamento antes de serem lançados no ambiente, pois é o principal causador da poluição dos mananciais (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

O esgoto doméstico apresenta em sua composição cerca de 99,9% de água, e 0,01% de sólidos, sendo que no total de sólidos, 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos e gorduras) e 30% inorgânicos (areia, sais, metais, etc.) como ilustra a figura 2 (ZEITOUNE, 2005).

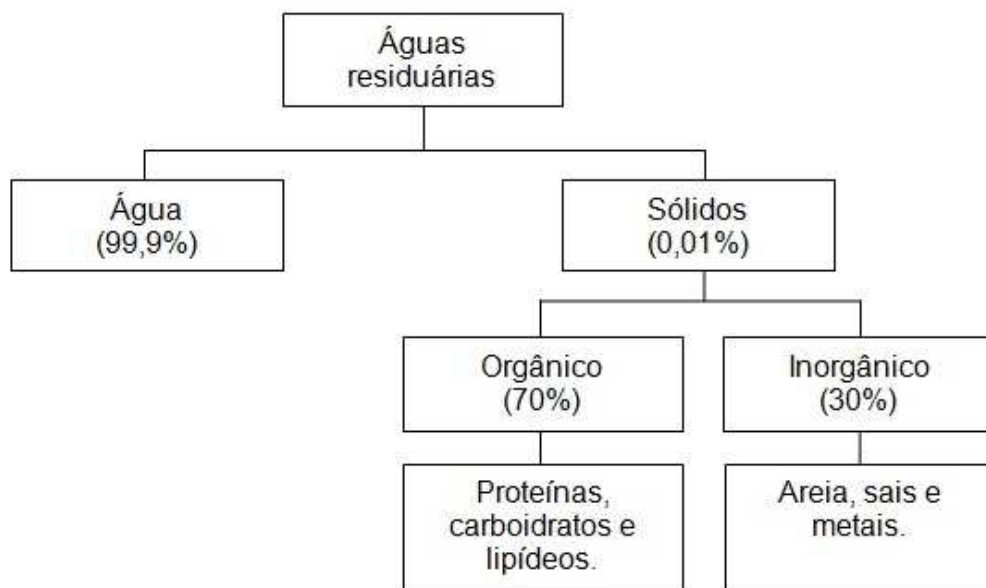


Figura 2 – Composição média do esgoto doméstico (ZEITOUNE, 2005).

3.1 O TRATAMENTO DE ESGOTO

Define-se tratamento de esgoto o conjunto de procedimentos físicos, químicos e biológicos que são aplicados a água para que ela retorne seu ciclo em boas condições para o consumo, tendo como finalidade eliminar microrganismos patogênicos, redução da demanda bioquímica de oxigênio, remoção de materiais sólidos e reduzir substâncias químicas indesejáveis (MAGALHÃES, 2011).

Para superar os processos químicos de estabilização de águas residuárias, avançou-se nas pesquisas tecnológicas no que se diz a respeito da microbiologia e da bioquímica, desenvolvendo assim novas abordagens de tratamento para esses resíduos (MAGALHÃES, 2011).

Com a aplicação do tratamento biológico, os sólidos e compostos dissolvidos contidos nas águas residuárias podem ser reduzidos para concentrações toleráveis ou transformados em substâncias inofensivas. Contudo, ainda hoje são descartadas águas residuárias sem nenhum tratamento em rios, oceanos e lagos (MENDONÇA, 2004).

São apresentadas na tabela 1 as principais substâncias provenientes do esgoto que alteram a qualidade da água e seus efeitos

Parâmetros	Efeitos
Metais Pesados	Causam inibição à atividades vitais da microflora, microfauna e peixes.
Matéria orgânica	Sendo degradada reduz o nível de oxigênio dissolvido na água, provocando mortes de peixes e a formação de ambientes com maus cheiros.

Sais inorgânicos de cálcio e magnésio	Elevação da dureza da água, prejudicando sua utilização.
Nutrientes (nitrogênio e fósforo)	Em excesso provocam crescimento indesejáveis de algas (eutrofização).
Óleos e graxas	Acabam com aspecto da água e influenciam negativamente na capacidade de reaver oxigênio natural nos corpos de água.
pH e temperatura	Ocorre a modificação devido ao despejo de esgoto não tratado sobre as águas.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade do esgoto e seus efeitos sobre a água (In: SANTOS, 2011).

3.2 IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO

Os esgotos podem atingir a água, os alimentos, os utensílios domésticos, as mãos e o solo, contaminando-os. É de extrema importância seu tratamento, pois evita a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas, além da degradação do corpo da água (DELTA SANEAMENTO, 2011).

Os dejetos são a principal causa de doenças vinculadas à água. São transmitidos cerca de cinquenta tipos de infecções de uma pessoa doente para uma pessoa sadia, por diferentes caminhos, o modo mais comum é por excretos humanos, dados que muitos microrganismos patogênicos são parasitas do intestino humano e, portanto, sendo eliminados juntamente com as fezes. Sem o tratamento dos esgotos, esses excretos humanos contaminam mananciais superficiais ou subterrâneos, que, se utilizados para consumo, podem ocasionar o acesso desses

microrganismos patológicos a uma pessoa, causando-lhe doenças (SILVA et al., 2002).

Em relação ao meio ambiente é extremamente importante, pois o tratamento de esgoto contribui positivamente, reduzindo a contaminação dos corpos hídricos (LOPES, 2007).

4 DEFINIÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

A Estação de Tratamento de Esgoto é a unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que através de processos físicos, químicos e biológicos removem as cargas poluentes do esgoto devolvendo ao ambiente o produto final efluente tratado, no entanto ocorre a geração de um resíduo semi-sólido e pastoso chamado de lodo de esgoto (GIMARÃES; NOUR, 2001).

Desta forma obtém-se muitas vantagens deste tipo de tratamento que são: a alta eficiência, a pouca utilização de espaço físico, a estabilização do lodo resultante e a produção de gás metano (CH_4) (BARBOSA, 2005).

Encontramos também suas desvantagens que consistem em analisar mensalmente a demanda bioquímica de oxigênio (DBQ), demanda química de oxigênio (DQO) e oxigênio dissolvido (OD), os custos envolvidos e o tempo necessário para se ter resultados, são necessários para comprovar a eficiência do tratamento (BARBOSA, 2005; RAMOS et al.; 1994).

Das muitas opções que se tem de sistemas de tratamento de esgoto, o objetivo principal é o de simular os fenômenos naturais em condições controladas e otimizadas, fazendo com que resulte em um aumento da velocidade e da eficiência de estabilização da matéria orgânica e de outras substâncias presentes no meio (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

4.1 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO (ETE)

O sistema de tratamento de esgoto sanitário é composto por um conjunto de instalações que consistem em redes coletoras, interceptoras, emissário, elevatórias de esgoto, estação de tratamento de esgoto e disposição final (Barbosa, 2005).

O funcionamento de uma Estação de Tratamento de Efluente compreende basicamente as seguintes etapas: Tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e disposição final do lodo (leitos de secagem).

4.1.1 Tratamento Preliminar

Obtem-se, por ações físicas, a remoção do material grosseiro e uma parcela das partículas maiores em suspensão no esgoto, ficando restrito o uso de grades e caixas de areia (FERNANDES, 1999).

4.1.1.1 Gradeamento

Consiste a remoção de sólidos grosseiros, onde os materiais de dimensões maiores ficaram retidos na barra de ferro de acordo com a figura 3 (MELLO, 2007).



Figura 3 – Grade de retenção. (In: TRATAMENTO DE ESGOTO DE ANDIRÁ-PR, 2012).

4.1.1.2 Desarenador

No desarenador ocorre a remoção da areia por sedimentação. Este mecanismo tem por finalidade evitar possíveis danos aos equipamentos, tubulações e facilitar o transporte do líquido conforme a figura 4 (MELLO, 2007).



Figura 4 – Desarenador (In: TRATAMENTO DE ESGOTO DE ANDIRÁ-PR, 2012).

4.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO

Neste tratamento ocorre a separação da água dos materiais poluentes por sedimentação nos equipamentos, através da ação física pode, em alguns casos, pode ser ajudado pela adição de agentes químicos que através de coagulantes e floculantes possibilitando a obtenção de flocos de matéria poluente de maiores dimensões e assim mais facilmente descartáveis (MELLO, 2007).

É um processo caracterizado pela remoção de substâncias grandes e fisicamente separáveis dos líquidos, que são insolúveis, que na sequência permite que o

efluente seja purificado, sendo que as substâncias contaminadas não são degradadas, mas transferida para uma nova fase (SANTOS, 2011).

4.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

É um tratamento onde a atividade principal é a alimentação de bactérias pela matéria orgânica presente nos resíduos (SANTOS, 2011).

Os avanços tecnológicos em relação à microbiologia e a bioquímica possibilitaram o desenvolvimento de novos tratamentos como os biológicos, que são subdivididos em dois processos, os aeróbios e anaeróbios (WEBER, 2006).

4.3.1 Processo Aeróbio

Nos processos aeróbios de tratamento de efluente são empregados microrganismos que, para oxidar biologicamente a matéria orgânica utiliza o oxigênio, que é obtido por aeração mecânica (agitação) ou por insuflação de ar como são apresentados nas figuras 5 e 6 respectivamente (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

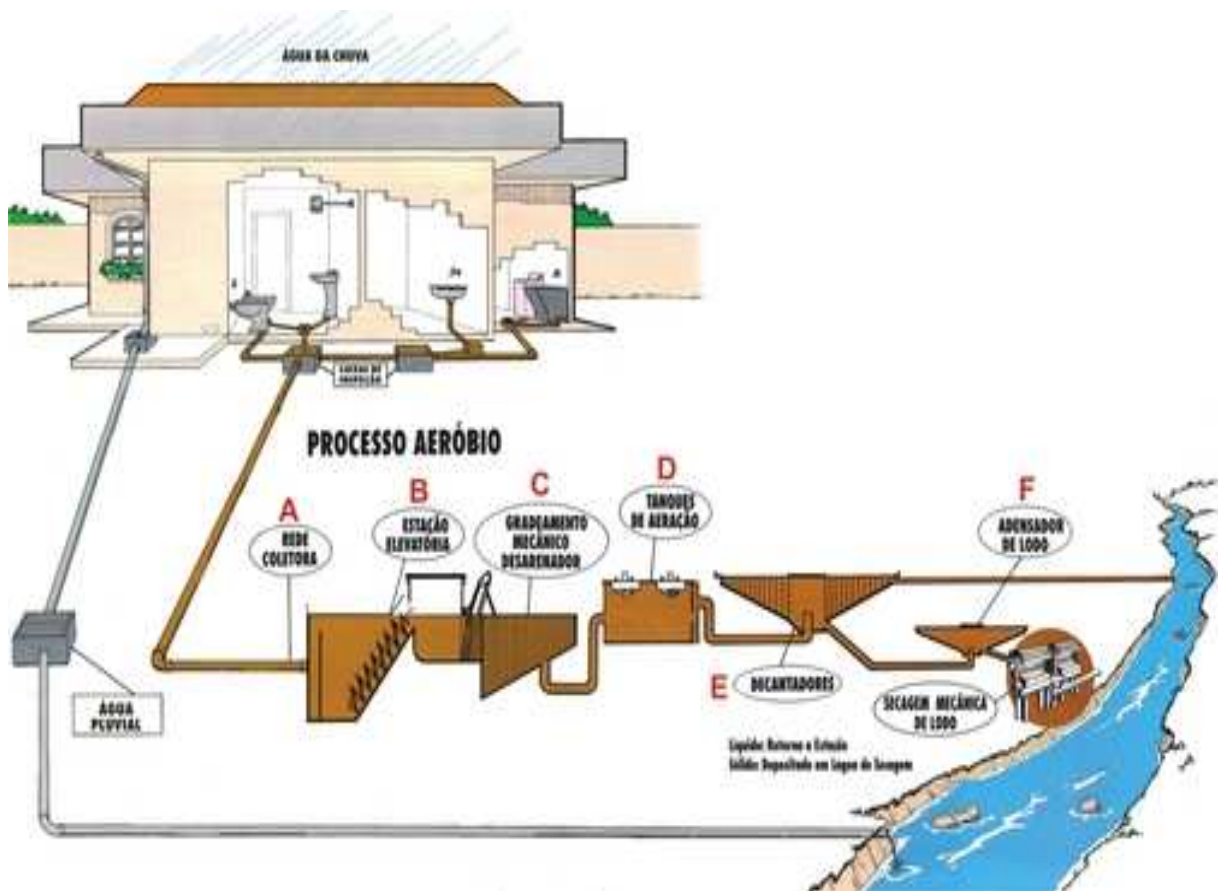


Figura 5 – Processo Aeróbio (In: SANEPAR, 2012).



Figura 6 – Reator Aeróbio (Aerador) (In: SANEPAR, 2012).

4.3.2 Processo Anaeróbio

Neste processo os microrganismos degradam a matéria orgânica com a ausência do oxigênio, que promove a transformação de compostos como carboidratos, proteínas e lipídios em produtos mais simples como o metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2). A função do reator anaeróbio na estação de tratamento é a decantação, digestão e remoção da matéria orgânica do esgoto. O líquido entra no reator, sofre a degradação pelas bactérias anaeróbias e o material não degradado deposita-se no fundo. Este material, denominado lodo deve ser removido periodicamente, através de registros que estão presentes no reator. A figura 7 ilustra um reator anaeróbio (GUIMARÃES; NOUR, 2001).



Figura 7 – Reator Anaeróbio (In: SANTOS, 2011).

4.4 SISTEMAS AERÓBIOS X SISTEMAS ANAERÓBIOS

Em decorrência da ampliação de conhecimento na área, os sistemas de tratamento de esgotos, notadamente os reatores de manta de lodo, cresceram em maturidade, passando a ocupar uma posição de destaque, não só em nível mundial, mas principalmente em nosso país, face às nossas favoráveis condições ambientais de temperatura. As diversas características favoráveis para aplicar sistemas anaeróbios e aeróbios passíveis de serem operados com elevados tempos de retenção de sólidos e baixíssimos tempos de detenção hidráulica, conferem aos mesmos um grande potencial para a sua aplicabilidade em tratamentos de águas residuárias (SCHMITT, 2006).

A tabela 2 mostra a comparação entre os sistemas aeróbios e anaeróbios

AERÓBIOS	ANAERÓBIOS
<ul style="list-style-type: none"> Há consumo de energia elétrica para girar os aeradores 	<ul style="list-style-type: none"> Não há consumo de energia elétrica
<ul style="list-style-type: none"> Alta produção de sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> A produção de sólidos é de 5 a 10 vezes menor
<ul style="list-style-type: none"> Ocorre somente cerca de 40 a 50% de degradação biológica com a conseqüente conversão em CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> Cerca de 70 a 90% do material orgânico biodegradável é convertido em biogás (CH₄)
<ul style="list-style-type: none"> Necessita de um amplo espaço físico para sua implantação 	<ul style="list-style-type: none"> Necessita de pouco espaço para sua implantação

Tabela 2 - Sistemas Aeróbios x Sistemas Anaeróbios (SCHMITT, 2006).

4.5 LEITOS DE SECAGEM

São caixas com um sistema de drenagem sobre o qual é colocada uma camada de britas, seguida de camadas de areia, que tem por finalidade a disposição do lodo produzido nos processos anteriores, nesses leitos ocorrerá à infiltração do excesso de água e a secagem dos resíduos conforme a figura 8 (ANDREOLI et al., 1999).



Figura 8 – Leitos de secagem do lodo (In: SANTOS, 2011).

5 LODO DE ESGOTO

Os lodos de esgoto são produzidos nas estações de tratamento de esgoto, a partir do tratamento de águas residuárias com a finalidade de torná-las menos poluída de modo a permitir seu retorno ao ambiente sem que sejam agentes de poluição (ZEITOUNE, 2005). Após o lodo passar pelo processo de higienização, estabilização e secagem recebem o nome de biossólido (MATTIAZZO; PIRES, 2008).

Este termo biossólido serve para designar o lodo produzido pelas estações de tratamento de esgoto e podem ter como finalidade sua aplicação na agricultura (SANTOS, 2011).

Nas últimas décadas a produção de lodo teve um enorme crescimento devido as grandes ampliações da cobertura de coleta e tratamento de esgoto, principalmente nas grandes cidades. Estima-se que no Brasil sejam gerados aproximadamente de 150 á 220 mil toneladas de lodo seco por ano nas ETEs (SANTOS, 2011).

5.1 CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO

Os lodos apresentam uma composição muito variável, pois depende da origem do esgoto, podendo ser proveniente de uma área tipicamente residencial ou industrial (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

Um lodo típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio e 2 % de fósforo, os demais macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca, S) e micronutrientes (Zn, Cu, Mn, Ni, Mo, Fe, Se) e também podem obter em sua composição elementos potencialmente tóxicos como Cd, Pb, Hg e Cr. Sob o ponto de vista nutricional, o biossólido pode não ser um material bem balanceado, pois o elemento potássio (K),

geralmente apresenta teores baixos na composição do resíduo, pois é muito solúvel e se perde com o efluente sem ficar retido em sua massa orgânica (GUEDES, 2005). Apesar deste resíduo ser rico em matéria orgânica, nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e micronutrientes, a proporção entre os nutrientes pode não ser adequada para o destino onde poderá ser aplicado, pois um dos critérios para calcular a dose ótima de aplicação é a relação entre a quantidade de N recomendada para a cultura e a quantidade de N disponível no lodo. Biossólidos com altos teores de N podem levar as pequenas doses de aplicação e a redução do potencial de utilização de outros nutrientes (GUEDES, 2005)

5.2 BENEFÍCIOS DO LODO DE ESGOTO (BIOSSÓLIDO)

Pelo seu ótimo potencial fertilizante e condicionador de solos a utilização desses resíduos promove o crescimento de plantas, e tem como principal benefício, a incorporação dos macronutrientes N, P, e dos micronutrientes Zn, Cu, Mn e Mo (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

Este resíduo exerce um papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo, em sua composição contém altos teores de matéria orgânica, contribuindo para o aumento de húmus, aumento na capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo (CEOLATO, 2007).

5.3 EFEITOS NOCIVOS DO LODO

Apesar das vantagens da disposição do lodo como adubo é necessário conhecer sua composição química, e que atenda padrões mínimos de qualidade, pois pode apresentar elementos tóxicos e agentes patogênicos ao homem (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

A presença de poluentes como metais pesados são uma das maiores preocupações, pois está associada à ocorrência de despejos industriais no esgoto, entretanto esses elementos apresentam grandes riscos de contaminação, colocando em perigo a saúde humana e animal. Essas substâncias entram na cadeia alimentar, chegando aos consumidores de primeira ordem e ao homem, através da absorção das plantas que alimentaram animais herbívoros (GUEDES, 2005).

5.3.1 Presença de metais pesados no lodo de esgoto

Os metais pesados mais estudados são aqueles que não são essenciais para os vegetais como Pb, Cd, Cr e Hg, e os micronutrientes Cu, Zn, Fe, Mn, Ni e Mo. Também são citados o Co, considerado benéfico ao desenvolvimento vegetal, o semi-metal As e os não-metal Se, com densidade inferior a 5 g/cm^3 (ZEITOUNE, 2003).

São encontrados metais pesados por toda a natureza. As rochas de origem e mais outras fontes como: precipitação atmosférica, cinzas, calcário, fertilizantes químicos e adubos orgânicos (esterços de animais, lixo domiciliar e bio-sólido) (TSUTIYA, 1999).

A atividade industrial gera os metais contidos nos bio-sólidos. São eles: Cu, Ni, Cd, Hg, Zn, Pb e Cr. A concentração desses metais tem intensidade resultante da maior ou menor participação de esgotos industriais. Além de ser fonte de material orgânico e nutriente, o bio-sólido poderá contribuir também para a contaminação do solo com metais pesados. Esses metais não apenas exercem efeitos sobre o crescimento das plantas, mas também afetam os processos bioquímicos que ocorrem no solo (TSUTIYA, 1999).

A tabela 3 mostra as principais atividades industriais que podem contaminar o lodo de esgoto com metais pesados.

Metal	Modo de Contaminação
Cádmio (Cd)	Indústrias de tratamento de superfícies metálicas, plásticos, fabricação de radiadores, borracha, pigmentos, etc.
Cobre (Cu)	Canalizações de água quente, fábricas de fios elétricos, radiadores de automóveis e tratamento de superfícies metálicas
Zinco (Zn)	Produtos farmacêuticos, fábrica de tintas, borracha, pilhas elétricas, galvanização
Níquel (Ni)	Fábrica de ligas de aço especiais, recobrimento de superfícies metálicas por eletrólise, hidrogenação de óleos e substâncias orgânicas, tintas, cosméticos.
Mercúrio (Hg)	Produtos farmacêuticos, fungicidas, aparelhos elétricos e eletrônicos, tintas, pasta de papel, fabricação de cloretos de vinil.
Cromo (Cr)	Curtumes, fabricação de ligas especiais de aço, tratamento de superfícies metálicas
Chumbo (Pb)	Fabricação de baterias, tintas, escoamento pluvial de vias públicas, canalizações.

Tabela 3 – Principais atividades industriais geradoras de metais encontrados no lodo (FERREIRA, 2000).

5.3.2 Caracterização dos metais pesados Cádmio, Chumbo e Níquel

Se caracteriza os metais pesados pela sua densidade maior que 5 g/cm³. Outra forma de identificá- los é pela sua toxicidade, ou seja, elementos potencialmente tóxicos (ZEITOUNE, 2003).

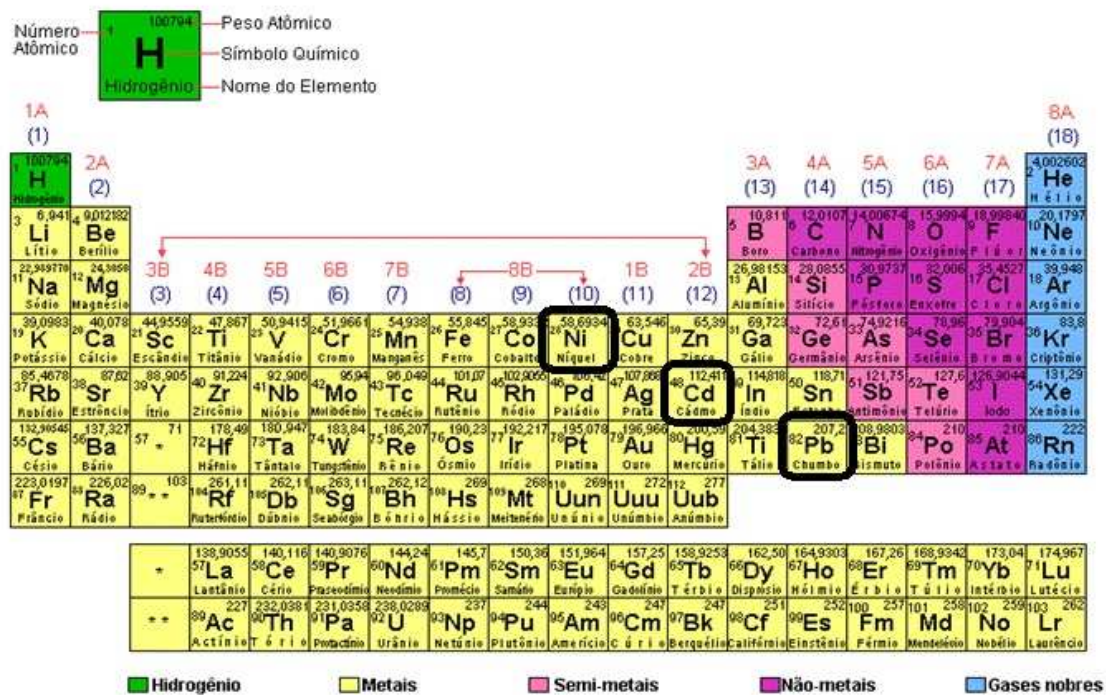


Figura 9 – Tabela Periódica (In: ESSENCIAQUÍMICA, 2012)

5.3.2.1 Cádmio

Possui densidade 8,65 g/cm³, é encontrado em rochas magmáticas e sedimentares. O Cd pertence ao grupo 12 (2B na tabela periódica, acompanhado pelo zinco (Zn) e mercúrio (Hg). Tem número atômico 48 e massa atômica de 112,41 g/mol. É considerado um dos principais contaminantes do ambiente e um dos mais tóxicos,

apresentando assim, concentrações média na crosta terrestre de aproximadamente 0,17mg/Kg (GONÇALVES, 2009).

O Cd é muito utilizado para revestir superfícies metálicas, banho eletrolítico, produção de ligas, fusíveis, soldas, pigmentos de tintas, baterias, fungicidas, na indústria plástica e em adubos fosfatados. A contaminação do solo se dá através de restos de metais fundidos como Zn, resíduos de pneus, óleos combustíveis, fertilizantes fosfatados, baterias de Ni e Cd, lodo de esgoto, resíduos industriais e lixo urbano (ZEITOUNE, 2003).



Figura 10 - Metal Cádmió (In: INFOESCOLA, 2012).

5.3.2.2 Chumbo

O chumbo possui densidade $11,35 \text{ g/cm}^3$, é um elemento considerado não essencial, que vem sendo usado por nós humanos há pelo menos 7000 anos, pois é muito difundido na natureza e de difícil extração. É altamente maleável, por isso, fácil de ser moldado possuindo ponto de fusão de 327° C (GONÇALVES, 2009).

Na tabela periódica pertence ao grupo 14 (4A). Seu número atômico é 82 sendo sua massa atômica igual a $207,2 \text{ g/mol}$ e é o menos móvel dos metais pesados, encontrado normalmente em todos os solos, variando de 1 a 200 mg/Kg . Este elemento se acumula superficialmente no solo com facilidade, diminuindo sua concentração ao longo do perfil. Logo, a zona de contaminação se encontra confinada na superfície. É muito pouco transportado pela água superficial ou

subterrânea. Sua contaminação ao ambiente é através de refinarias de Pb, escapamentos de carros, fabricas de baterias, pigmentos e indústrias químicas (ZEITOUNE, 2003).



Figura 11 - Metal Chumbo (In: INFOESCOLA, 2012).

5.3.2.3 Níquel

O níquel possui densidade $8,91 \text{ g/cm}^3$, apresenta número atômico 28 e massa atômica igual a $58,7 \text{ g/mol}$. É situado no grupo 10 (8B), ou seja, é um elemento de transição na classificação da tabela periódica. Possui coloração branco-prateada, conduz eletricidade e calor, é maleável. Apresenta caráter ferromagnético, o que impossibilita ser laminado, polido ou forjado facilmente (GONÇALVES, 2009).

Foi encontrado em forma de metal nos meteoros junto com o ferro, e acredita-se que exista no núcleo da terra junto com o mesmo metal. Detecta-se sua presença em combinações com diversos minerais como: garnierita, millerita, pentlandita e pirrotita (GONÇALVES, 2009).

O Níquel é liberado durante o processamento de metais e combustão de óleo e carvão, tornando um sério poluente. Outras fontes importantes de Ni para o solo é a aplicação de lodo de esgoto e fertilizantes fosfatados (ZEITOUNE, 2003).



Figura 12 - Metal Níquel (In: INFOESCOLA, 2012).

São apresentados na tabela 4 a presença dos metais Cd, Ni e Pb em lodos de diferentes Estações de Tratamento de Esgoto.

ETE's	Cd (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
Curitiba (PR)	3,0	73	123
Barueri (SP)	9,4	605,8	348,9
Franca (SP)	2,05	72	140
Jundiaí (SP)	9,2	25,3	136,4

Tabela 4 – Características de metais pesados em lodo de esgoto de diferentes ETE's (In: BETTIOL; CAMARGO, 2000).

5.4 CONCENTRAÇÃO DE METAIS NO LODO DE ESGOTO

Para que o lodo seja utilizado na agricultura como fertilizantes é necessário conhecer sua composição química. Segundo a resolução do CONAMA 375/06

existem valores máximos de metais pesados que possam estar presentes no lodo de esgoto. A tabela 5 mostra a concentração máxima de metais permitidos.

Metal	Concentração Máxima permitida no lodo (base seca) mg/kg
Arsênio	41
Cádmio	39
Cobre	1500
Chumbo	300
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

Tabela 5 - Concentrações limites de alguns metais pesados (In: SANTOS, 2011).

Quando o lodo de esgoto é aplicado ao solo com altas concentrações de metais pesados, uma forma de diminuir a disponibilidade dos metais é realizar a calagem (adição de cal hidratado), pois a capacidade do solo em reter metais diminui com a elevação do pH, favorecendo a solubilização e a mobilidade destes elementos. Em solos neutros a alcalinos, os metais tornam-se menos solúveis e disponíveis, por formarem precipitados com hidróxidos e carbonatos (ZEITOUNE, 2003).

6 OS RISCOS DOS METAIS PESADOS EM PLANTAS E HUMANOS

Nas plantas os metais pesados tendem a acumular-se nas raízes que são os primeiros órgãos vegetais afetados pela a poluição do solo por esses elementos, ocorrendo engrossamento e escurecimento. A presença dos metais Cd, Ni e Pb pode causar a inibição da divisão celular, diminuir a produção e a absorção de água, prejudicar a absorção de nutrientes, inibir a fotossíntese e pode ocasionar o murchamento das folhas (GONÇALVES, 2009).

Os elementos Cádmio, Chumbo e Níquel também são potencialmente tóxicos a humanos podendo acarretar efeitos adversos (GONÇALVES, 2009).

Os riscos desses metais pesados em humanos estarão expostos na tabela 6.

Elementos	Efeitos em Humanos
Níquel	Pode causar sintomas como apatia, dores genitais, febre, insônia e náusea.
Chumbo	Resulta em anemia, anorexia, dores de cabeça, sonolência, fadiga, irritabilidade, cólicas abdominais, dores nos ossos e articulações, insuficiência renal e hipertensão entre outros.
Cádmio	Causam irritações no estômago, provocando vômitos e diarreias, em testículos pode levar à esterilidade e também causam câncer.

Tabela 6 – Efeitos nocivos dos metais pesados (Ní, Pb e Cd) em humanos (In: GONÇALVES, 2009).

7 APLICAÇÃO DIDÁTICA

Construir um protótipo de estação de tratamento de esgoto através de materiais recicláveis. A proposta desse trabalho é demonstrar a eficiência da remoção da matéria orgânica (sujeira) por microrganismos presente no esgoto através do processo anaeróbio (ausência de oxigênio).

7.1 MATERIAIS E REAGENTES

Para a realização desse experimento serão necessários os seguintes materiais:

- 4 garrafas de 5L
- 1 garrafa pet 2L
- Mangueira de chuveiro
- Peneira de plástico
- Bexiga
- Controlador de fluxo de água
- Cola quente
- Arame
- Luva de borracha
- Lodo de esgoto

7.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a construção do protótipo, seguir os seguintes passos:

Cortar 3 garrações de água a 6,5 cm da base e faça um furo de 5 cm de diâmetro no fundo. Encaixe o topo do garrafão com a tampa na base furada.

Para os decantadores: Faça um furo a ± 5 cm de altura e encaixe a uma mangueira de chuveiro, que é conectada à caixa de gordura, no caso do decantador 1, ou ao reator, no caso do decantador 2. Coloque um controlador de fluxo (0,5 a 1,0 L.s-1) entre o decantador 1 e a caixa de gordura. Cole com cola quente para vedar as conexões.

Caixa de gordura: Corte uma garrafa PET no formato de uma barca e colado 2 pedaços da parte recortada de tal forma a bloquear a gordura na superfície. Faça um furo no fundo da garrafa a uns 2 cm de altura e conectado uma mangueira que levará o efluente para o reator.

Reator: Cole o defletor na parte superior, a uns 8 cm do topo, feito de um pedaço de outro frasco cortado a 3,5 cm de altura a partir do fundo com um furo de 10 cm de diâmetro. Corte mais um frasco a 6,5 cm do topo para construir o coletor de gás. Amarre 3 fios de arame de tal forma que este possa ser encaixado no topo do reator sem que se encoste em nenhuma outra parte deste.

Faça um furo a 3 cm do topo para encaixar um tubo de mangueira para ser conectado ao segundo decantador. Faça um furo na tampa que está na parte de baixo e encaixe a mangueira vinda da caixa de gordura, para que o esgoto entre no reator por baixo, devido à gravidade, e tenha fluxo ascendente. Para finalizar, remova a tampa do coletor de gás e coloque uma bexiga ou faça um furo nela, encaixe uma mangueira e coloque a bexiga. Essa parte vai depender do tamanho de bexiga a ser utilizada. A manta de lodo anaeróbio deverá ser colocada a um volume que não ultrapasse 1/3 do reator. Para ser realizado o tratamento transfira para o primeiro decantador aproximadamente 3L de efluente doméstico, coletado em algum ponto de descarte, passando pela peneira para remover resíduos sólidos. Adicione o efluente até que o sistema esteja funcionando por completo. Para ocorrer a degradação da matéria orgânica no protótipo adquira uma manta de lodo de uma estação de tratamento de esgoto ETE de reator anaeróbio e coloque dentro do reator do protótipo, essa manta de lodo é composta por bactérias Heterotróficas do

gênero *Pseudomonas* (*P. fluorescens*, *P. aeruginosa*), que realizam a decomposição de carboidratos, proteínas e ácidos orgânicos. A figura 13 ilustra o protótipo de uma ETE.



Figura 13 – Protótipo de ETE de reator anaeróbico (KONDO; ROSA, 2007).

8 MATERIAIS E MÉTODOS

8.1 MATERIAIS E REAGENTES

- Ácido Nítrico PA
- Ácido Perclórico PA
- Água Destilada
- Balão Volumétrico 100 mL
- Bastão de Vidro
- Béquer 500 mL
- Béquer 1L
- Cadinho de Porcelana
- Espátula
- Funil
- Pipeta Graduada 5 mL
- Pêra de Segurança
- Proveta 100 mL

8.2 EQUIPAMENTOS

- Balança Análítica (Marte AY – 220)
- Balança de Bancada (Radwag)
- Bloco Digestor

- Capela
- Chapa Elétrica de 350°C
- Espectrômetro de absorção atômica (Perkin-elmer a analyst 100)
- Estufa de secagem 105°C (JIIICA)
- Mufla (EDG Equipamentos EDG 3P – 5)

8.3 COLETA DE DADOS

As amostras de lodo de esgoto e as do solo foram retiradas da área experimental situada em Botucatu-SP e enviadas ao laboratório para a realização de análises químicas. Os trabalhos experimentais foram desenvolvidos no laboratório de Química na Fundação Educacional do Município de Assis-SP e no Instituto de Química – UNESP Campus de Araraquara – SP.

8.4 CARACTERIZAÇÕES QUÍMICAS DAS AMOSTRAS DE SOLO E DO LODO DE ESGOTO

Foi analisado a presença de Cd, Ni e Pb (metais pesados) em uma amostra de solo da cidade de Botucatu – SP, onde houve a disposição de lodo de esgoto, e em seguida foram comparados os resultados obtidos com a análise de outra amostra de solo vizinho onde não houve a presença do lodo de esgoto.

Nas amostras de lodo do reator anaeróbio que são depositados em leito de secagem também foram determinados os metais pesados.

8.4.1 Procedimento das análises de Cd, Ni e Pb

Foram pesados 5g das amostras de solo e de lodo de esgoto em um Becker de 500 mL e em seguida foi feita uma digestão nitroperclórica com 30mL de ácido nítrico 65% e 5mL de ácido perclórico P.A. Em seguida, realizou-se a digestão em bloco digestor para posterior realização de análise dos metais Ni, Cd e Pb através de leitura em espectrômetro de absorção atômica de método de chama. Como fontes de radiação foram utilizadas lâmpadas de catodo oco: de Chumbo ($\lambda = 405,8$ nm, $i = 5$ mA, fenda= 0,2 nm), Níquel ($\lambda = 341,5$ nm, $i = 5$ mA, fenda 0,2 nm) e Cádmio (326,1 nm, $i = 5$ mA, fenda 0,2 nm). Em todos os casos foram utilizados chama de Óxido nitroso-acetileno.

A calibração do equipamento foi feita com soluções intermediárias de chumbo, cádmio e níquel preparadas por diluições das respectivas soluções estoque do padrão.



Figura 14 – Amostras digeridas através de digestão nitroperclórica do lodo de esgoto e das amostras de solo.

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores dos metais Cd e Ni encontrados no lodo de esgoto foram respectivamente de 1,82 mg/Kg, 35,6 mg/Kg.

Obs: Não foi possível quantificar o metal Pb pois sua concentração esteve abaixo dos limites de quantificação do método utilizado.

Uma informação importante apresentada por esta pesquisa é de que os resultados obtidos de metais pesados presente no lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade de Botucatu-SP estavam de acordo com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 375/06, onde (V.M.P) significa Valor Máximo Permitido conforme a tabela 7.

Metal	Lodo (mg/Kg)	V.M.P* (mg/kg)
Cd	1,82	39
Ni	35,6	420
Pb	****	300

Tabela 7 – Concentrações de metais pesados presentes no lodo de esgoto em (mg/Kg) (Resolução CONAMA 375/06).

Os teores de metais pesados encontrados no lodo de esgoto da ETE indicam que este resíduo pode ser utilizado na agricultura sem causar danos prejudiciais às plantações.

Confrontando os resultados das concentrações de metais pesados no lodo da ETE de Botucatu com as concentrações obtidas em lodos de diferentes ETEs no Brasil como Curitiba, Barueri, Franca e Jundiaí (BETTIOL; CAMARGO, 2000), através dos dados representados na tabela 8, observou-se que Botucatu (SP) apresentou menor concentração do elemento cádmio no lodo de esgoto em relação aos outros municípios. Entre as fontes utilizadas para comparação dos resultados deste trabalho, observou-se que o elemento níquel obteve uma maior concentração apenas para Jundiaí-SP. A variação nos teores de metais pesados em diferentes ETEs pode ser atribuída a diversos fatores como: origem do esgoto, tipos de sistema aplicado para tratamento e sua eficiência, além das características de cada região, influenciadas pelas características de uso e ocupação do solo. A existência de fontes industriais de esgotos pode incorporar ao lodo, principalmente metais pesados, utilizados nos processos.

Fontes	Concentração dos metais pesados no lodo de esgoto (mg/Kg)		
	Cd	Ni	Pb
Botucatu (SP)	1,82	35,6	****
Curitiba (PR)	3,0	73	123
Barueri (SP)	9,4	605,8	348,9
Franca (SP)	2,05	72	140
Jundiaí (SP)	9,2	25,3	136,4

Tabela 8 – Comparação das concentrações (mg/Kg) de metais pesados no Lodo da ETE Botucatu (SP) com diferentes ETEs no Brasil.

9.1 AVALIAÇÕES DE METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS DE SOLO

Na tabela 9 são apresentados os resultados das análises de Cd, Ni e Pb para dois tipos de amostras de solos diferentes. Essas amostras foram denominadas “solo A” (sem a presença do lodo) e “solo B” (com a presença do lodo).

Obs: Nas amostras de solos também não foram possíveis quantificar o teor de Pb, pois a concentração deste metal esteve abaixo dos limites de quantificação do método utilizado.

A análise dos resultados mostra que não houve grandes diferenças nas quantidades de Cd entre os dois tipos de solos analisados. A variação observada foi para o elemento Ni, pois o “solo B” onde é aplicado o lodo de esgoto obteve maior concentração deste metal.

AMOSTRAS	ANÁLISES		
	Cd (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb(mg/Kg)
SOLO A	1,08	11,6	****
SOLO B	1,2	39,8	****

Tabela 9 - Resultado das análises dos metais pesados Cd, Ni e Pb.

A análise química dos componentes Cd, Ni e Pb no solo é muito importante, pois quando a concentração desses metais apresentam valores extremamente altos as plantas podem absorver os metais que estão presentes no solo e, conseqüentemente, podem entrar na cadeia alimentar, prejudicando também os animais que se alimentarem das plantas contaminadas.

10 CONCLUSÃO

As análises químicas do lodo de esgoto indicaram que as concentrações dos metais pesados Cd, Ni e Pb estavam abaixo dos limites máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 375/06, podendo assim ser utilizado este lodo na agricultura como fertilizante.

Ao serem comparadas as composições de metais pesados do “solo A” com o “solo B”, constatou que o elemento Cd apresentou baixa variação entre as amostras, enquanto que o elemento Ni apresentou diferenças significativas.

O Solo onde ocorre a aplicação do lodo de esgoto apresentou maior concentração de metais pesados do que a do solo sem a presença do lodo. Portanto, devido à aplicação deste resíduo constatou-se que ocorreram alterações químicas no solo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Maria Ivanilda. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

ANDREOLI, Cleverson Vitório; LARA, Aderlene Inês; FERREIRA, Andréa Cristina; PEGORINI, Eduardo Sabino; ILHENFELD, Ricardo Germano Kurten. **Uso e manejo do lodo na agricultura**. Companhia de Saneamento do Paraná, Curitiba, 1999, 98p.

BETTIOL, Wagner; CAMARGO, Otavio Antônio. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo do esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente 2000. 312p.

BOEIRA, R. C.; LIGO M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, nov. 2002. V. 37, n. 11, p.1639-1647.

CEOLATO, Luiz Carlos. **Lodo de Esgoto líquido na disponibilidade de nutrientes e alterações dos atributos químicos de um argissolo**. 2007. 52p. Dissertação (Mestrado). Instituto Agrônomo, São Paulo, 2007.

DOMINGUES, Thabata Costa de Godoy. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação**. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado). Instituto Agrônomo, Campinas SP, 2009.

GONÇALVES, Veridiana Cardozo. **Cádmio, Chumbo e Níquel: Teores em fertilizantes fosfatados e fracionamento e sorção em solos do Rio Grande do**

Sul. 2009. 147p. Dissertação (Doutorado) – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GUEDES, Marcelino Carneiro. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus Grandis*.** 2005. 168p. Dissertação (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

GUIMARÃES, José Roberto; NOUR, Edson Aparecido Abdul. **Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza.** Disponível em: <<http://http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>> acesso em: 14 out. 2011.

KONDO M; ROSA V. Protótipo de reator anaeróbio: Tratamento de esgoto doméstico nas escolas. **Química nova na escola**, 2007, p. 33-36.

MATTIAZZO, Maria Emilia; PIRES, Adriana Moreno. **Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura.** Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular-19.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2011.

MELLO, Edson José Resende. **Tratamento de esgoto sanitário: Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG.** 2007.108p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Minas -UNIMINAS, Urbelândia - MG.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. **O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo.** In: TSUTIYA, M.T. et al. (Eds.). *Biossólidos na agricultura.* São Paulo: Sabesp, 2001.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, C. A. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de diversas origens. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2008 v.32, n.1, p. 101-110.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2004 v.28, n.4, p.623-639.

SANTOS, Erick Rafael. **Caracterização química e microbiológica do lodo de esgoto pra fins de fertilização. 2011.** 59p. Trabalho de Conclusão de Curso – Fundação Educacional do Município de Assis, Assis- SP.

SCHIMITT, F; VIDI T; WERDENFELDER S. **Tratamento Anaeróbio de Efluentes. 2006. 60p. Trabalho conclusão de curso.** Universidade Federal de Santa Catarina centro tecnológico departamento de engenharia química e engenharia de alimentos, Florianópolis SC, 2006.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o lodo de esgoto produzindo no Distrito Federal. II. Aspectos qualitativos, econômicos e práticos do uso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 2002 v.26, n.2, p.497-503.

SILVA, Daniela Bendana. Comparação entre solo in natura e adubado com composto orgânico do Horto Medicinal da UNIPAR. In: **XVI Encontro de Química da região sul**, 16, 2008, Blumenal SC, Brasil.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Metais Pesados: **O principal fator limitante para o uso agrícola de Biossólidos das Estações de Tratamento de Esgoto.** Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-140.pdf>> acesso em: 11/07/2012.

WEBER, Maria Isabel. **Avaliação da Eficiência de um reator anaeróbio de leito fluidizado para o tratamento de resíduos líquidos da Indústria de refrigerantes.** 2006. 166p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

ZEITOUNE, Carolina Freitas. **Eficiência de Espécies vegetais como Fitoextratoras de Cádmiu, Chumbo, Cobre, Níquel e Zinco de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.** 2003. 103p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

ZEITOUNI, Rafael Freitas. **Análise da Norma Cetesb P 4.230 –“ A aplicação de lodo de Sistemas de Tratamento Biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação”.** 2005. 267p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, 2005.