



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

A SITUAÇÃO BRASILEIRA DOS BIOSSÓLIDOS

MARIA FERNANDA DE SOUSA MACHADO

Campinas, SP
2001





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

A SITUAÇÃO BRASILEIRA DOS BIOSSÓLIDOS

Maria Fernanda de Sousa Machado

Orientador: Prof. Dr. Roberto Feijó de Figueiredo

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Saneamento e Ambiente.

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese.	
	31/01/01
Prof. Dr.	
Matrícula:	45373

Campinas, SP
2001

UNIDADE	BE
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	M18s
V	EX
TOMBO BC	53894
PROC.	124103
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	20/05/03
Nº CPD	

CM00182834-5

BIB ID 289996

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M18s

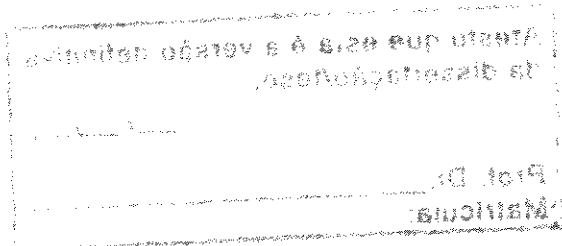
Machado, Maria Fernanda de Sousa

A situação brasileira dos bio sólidos / Maria
Fernanda de Sousa Machado.--Campinas, SP: [s.n.],
2001.

Orientador: Roberto Feijó de Figueiredo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Lodo. 2. Esgotos. 3. Tratamento. 4. Águas
residuais - Purificação - Tratamento biológico. 5.
Engenharia sanitária. 6. Água poluição. I. Figueiredo,
Roberto Feijó de. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

A SITUAÇÃO BRASILEIRA DOS BIOSSÓLIDOS

Maria Fernanda de Sousa Machado

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Roberto Feijó de Figueiredo
Presidente e Orientador/ FEC/UNICAMP

Prof. Dr. Denis Miguel Roston
FEAGRI/UNICAMP

Prof. Dr. Bruno Coraucci Filho
FEC/UNICAMP

Campinas, 13 de julho de 2001

Dedicatória

Ao meu marido, Marcelo,
meus pais, Clodomiro e Christina,
e minha irmã, Míriam.

Agradecimentos

Agradeço ao Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP pela oportunidade; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Mestrado; aos familiares, amigos e funcionários da UNICAMP que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Um especial agradecimento ao Prof. Dr. Roberto Feijó de Figueiredo pela orientação e atenção dispensada e pelo interesse e dedicação ao projeto.

Pelas contribuições e sugestões, agradeço aos professores Bruno Coraucci Filho (UNICAMP), Dênis Miguel Roston (UNICAMP), Eglé Teixeira Novaes (UNICAMP) e Marcos von Sperling (UFMG) e à ASSEMAE – Associação dos Serviços Municipais de Água e Esgoto.

Agradeço, especialmente, a efetiva colaboração das seguintes prestadoras serviços de saneamento que forneceram informações essenciais para a realização deste trabalho:

AMSS/Cuiabá – Agência Municipal de Serviços de Saneamento de Cuiabá-MT;

CAER – Companhia de Águas e Esgotos de Roraima;

CAESB – Companhia de Água e Esgoto de Brasília;

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará;

CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba;

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento;

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos – Rio de Janeiro;

CESAMA – Companhia de Saneamento e Pesquisa do Meio Ambiente de Juiz de Fora-MG;
CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento;
COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento;
COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais;
CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento;
DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe;
DMAE/Porto Alegre – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre-RS;
EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A;
SAAE/Sertanópolis - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sertanópolis-PR;
SAAE/Volta Redonda – Serviço Autônomo de Água e Esgoto – Volta Redonda-RJ;
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;
SAEE/Jataizinho - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jataizinho-PR;
SAEE/Ribeirão Claro – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Ribeirão Claro-PR;
SAMAEB/Blumenau – Serviço Autônomo de Águas e Esgoto - Blumenau-SC;
SAMAEB/Caxias do Sul – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul-RS;
SAMAEB/Ibiporã – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Ibiporã-PR;
SAMAEB/Jaguapitã - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Jaguapitã-PR;
SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A;
SANEAR – Companhia Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento - Colatina-ES;
SANEATINS – Companhia de Saneamento do Tocantins;
SANEMAT – Companhia de Saneamento do Estado de Mato Grosso;
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná;
SANESUL – Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul;
SEMAEB/Piracicaba – Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba-SP; e,
SEMAEB/São Leopoldo – Serviço Municipal de Água e Esgoto de São Leopoldo-RS.

Sumário

	Página
Lista de Figuras.....	xii
Lista de Tabelas	xiv
Resumo	xix
Abstract.....	xx
1 Introdução	01
2 Objetivos.....	04
2.1 Objetivo Geral.....	04
2.2 Objetivos Específicos	04
3 Revisão Bibliográfica	06
3.1 Tipos de Lodo de Esgoto	06
3.2 Processos de Tratamento de Esgoto X Lodo Gerado	12
3.3 Constituição do Lodo de Esgoto.....	19
3.4 Processos de Tratamento de Lodo	31
3.4.1 Adensamento do Lodo.....	33
3.4.2 Digestão do Lodo.....	37
3.4.3 Estabilização Química Alcalina do Lodo	46
3.4.4 Condicionamento	49

	Página
3.4.5 Desidratação / Secagem / Desaguamento	50
3.4.5.1 Leitões de Secagem	53
3.4.5.2 Lagoas de Secagem.....	56
3.4.5.3 Filtros Prensa	57
3.4.5.4 Filtros de Esteira / Prensas Desaguadoras	59
3.4.5.5 Centrífugas.....	62
3.4.5.6 Filtros a Vácuo	66
3.4.5.7 Secagem Térmica.....	66
3.4.6 Compostagem	68
3.4.7 Incineração.....	76
3.5 Métodos e Sistemas de Disposição Final do Lodo de Esgoto	80
3.5.1 Aterros Sanitários	82
3.5.2 Uso Agrícola	85
3.5.3 Landfarming.....	91
3.5.4 Reflorestamento	92
3.5.5 Recuperação de Áreas Degradadas.....	94
3.5.6 Conversão do Lodo em Óleo Combustível.....	95
3.6 Legislação	96
3.7 A Situação dos Bissólidos no Mundo	107
3.8 A Situação do Saneamento Básico no Brasil.....	109
4. Metodologia	111
4.2 Escolha do Local.....	111
4.2 Coleta de Dados	111

	Página
4.3 Tratamento e Disposição dos Dados.....	118
5. Resultados e Discussão	124
5.1 Resultados por Estados	127
5.2 Resultados por Regiões.....	149
5.3 Resultados por Tipo de Tratamento de Esgoto Utilizado.....	154
5.4 Resultados – Destino Final do Lodo.....	164
5.5 Resultados – Características Físicas, Químicas e Biológicas dos Biossólidos.....	166
6. Conclusões	169
Anexo A – Bahia	171
Anexo B – Ceará	173
Anexo C – Distrito Federal.....	189
Anexo D – Espírito Santo	194
Anexo E – Goiás	202
Anexo F – Mato Grosso.....	209
Anexo G – Mato Grosso do Sul.....	213
Anexo H – Minas Gerais	218
Anexo I – Paraíba	221
Anexo J – Paraná	223
Anexo K – Pernambuco	243
Anexo L – Rio de Janeiro	245
Anexo M – Rio Grande do Sul	248
Anexo N - Roraima.....	252
Anexo O – Santa Catarina.....	254

	Página
Anexo P – São Paulo	257
Anexo Q – Sergipe	261
Anexo R – Tocantins	264
Anexo S – Análises Laboratoriais da Composição do Lodo de Esgoto	266
Referências Bibliográficas.....	275

Lista de Figuras

	Página
FIGURA 1 - Composição típica do esgoto bruto	19
FIGURA 2 – Adensador de lodo por gravidade (desenho esquemático)	34
FIGURA 3 – Diagrama sistemático da conversão dos sólidos voláteis a gases (Base seca)	39
FIGURA 4 – Leito de secagem (desenho esquemático).....	54
FIGURA 5 – Filtro prensa (desenho esquemático)	58
FIGURA 6 – Filtro de esteira (desenho esquemático).....	60
FIGURA 7 – Centrífuga contracorrente (desenho esquemático).....	64
FIGURA 8 – Centrífuga eqüicorrente (desenho esquemático).....	64
FIGURA 9 – Compostagem por reatores biológicos “in-vessel” de fluxo contínuo (desenho esquemático).....	73
FIGURA 10 – Incinerador de câmara múltipla (desenho esquemático).....	77
FIGURA 11 – Incinerador de leito fluidizado (desenho esquemático)	78
FIGURA 12 – Localização das ETEs no Brasil	150
FIGURA 13 – Distribuição por regiões da população atendida por tratamento de esgoto no Brasil.....	151
FIGURA 14 – Distribuição por regiões do volume de esgoto tratado no Brasil	151

FIGURA 15 – Estimativa da produção de lodo por região.....	152
FIGURA 16 – Porcentagens dos tipos de ETEs no Brasil	155
FIGURA 17 – População X Tipo de tratamento de esgoto	155
FIGURA 18 – Volume de esgoto tratado X Tipo de tratamento de esgoto.....	156
FIGURA 19 – Produção estimada de lodo X Tipo de tratamento de esgoto	156
FIGURA 20 – ETEs no Brasil – Comparativo	163

Lista de Tabelas

	Página
TABELA 1 - Produtos gerados no tratamento de esgoto e de lodo.....	07
TABELA 2 - Características físicas dos lodos gerados em uma ETE	09
TABELA 3 - Relação do tratamento de esgoto com a quantidade de lodo produzido	14
TABELA 4 - Quantidade de lodo gerado em alguns sistemas de tratamento de esgoto. ..	15
TABELA 5 - Processamento do lodo nos principais sistemas de esgotos utilizados no Brasil	17
TABELA 6 - Composição química típica e propriedades dos lodos bruto e digerido	22
TABELA 7 - Níveis de nutrientes nos biossólidos e nos fertilizantes comerciais.....	22
TABELA 8 - Metais presentes no lodo	23
TABELA 9 - Principais metais pesados encontrados nos lodos provenientes de atividades industriais.....	24
TABELA 10 – Concentrações médias de metais presentes no lodo e os limites permitidos pelo regulamento “40 CFR Part 503” da U.S.EPA. para o uso agrícola	25
TABELA 11 - Valores típicos de microrganismos patogênicos no lodo bruto e no lodo digerido anaerobiamente.	26
TABELA 12 - Relação dos agentes patogênicos no lodo e doenças e sintomas causados	27

	Página
TABELA 13 - Principais compostos orgânicos presentes no lodo e seus efeitos à saúde	29
TABELA 14 - Efeitos dos processos de tratamento de lodo de esgoto.	31
TABELA 15 - Teor de sólidos presentes no lodo após o seu adensamento.	36
TABELA 16 - Comparação entre digestão aeróbia e anaeróbia.	44
TABELA 17 - Percentuais de remoção de microrganismos patogênicos para tratamento de calagem a 30, 40 e 50 % em relação ao peso seco de lodo	47
TABELA 18 - Desempenho típico do filtro prensa	59
TABELA 19 - Desempenho típico do filtro esteira / prensa desaguadora	61
TABELA 20 - Desempenho típico de centrífugas no desaguamento de lodo	65
TABELA 21 - Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias, em °C	70
TABELA 22 - Principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de compostagem	74
TABELA 23 - Tempos e temperaturas necessárias para a destruição de microrganismos patógenos presentes no lodo de esgoto.	75
TABELA 24 - Tempo de sobrevivência de alguns patógenos no solo e na superfície das plantas	88
TABELA 25 - Limites de concentração de metais pesados nos bio sólidos para aplicação no solo (valores em peso seco)	98
TABELA 26 - Valores limites para metais pesados dos bio sólidos para uso agrícola	103
TABELA 27 – Admissão máxima anual de metais pesados no solo com bio sólidos de qualidade comprovada	104
TABELA 28 - Valores limites de metais pesados no solo	105
TABELA 29 - Gerenciamento dos bio sólidos na Europa e Estados Unidos	108

TABELA 30 - Dados gerais sobre os sistemas de esgotamento sanitário no Brasil em 1996	110
TABELA 31 – Bahia – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	128
TABELA 32 – Bahia – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto.....	128
TABELA 33 – Bahia – Destino final dos biossólidos	128
TABELA 34 – Ceará – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	129
TABELA 35 – Ceará – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto.....	129
TABELA 36 – Ceará – Destino final dos biossólidos	129
TABELA 37 – Distrito Federal – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	130
TABELA 38 – Distrito Federal – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto.....	130
TABELA 39 – Distrito Federal – Destino final dos biossólidos	130
TABELA 40 – Espírito Santo – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	131
TABELA 41 – Espírito Santo – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	131
TABELA 42 – Espírito Santo – Destino final dos biossólidos.....	131
TABELA 43 – Goiás – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	132
TABELA 44 – Goiás – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto.....	132
TABELA 45 – Goiás – Destino final dos biossólidos	132
TABELA 46 – Mato Grosso – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	133
TABELA 47 – Mato Grosso – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	133
TABELA 48 – Mato Grosso – Destino final dos biossólidos.....	133
TABELA 49 – Mato Grosso do Sul – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	134
TABELA 50 – Mato Grosso do Sul – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	134
TABELA 51 – Mato Grosso do Sul – Destino final dos biossólidos	134

TABELA 52 – Minas Gerais – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto.....	135
TABELA 53 – Minas Gerais – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto.....	135
TABELA 54 – Minas Gerais – Destino final dos bio sólidos.....	135
TABELA 55 – Paraíba – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	136
TABELA 56 – Paraíba – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	136
TABELA 57 – Paraíba – Destino final dos bio sólidos	136
TABELA 58 – Paraná – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	137
TABELA 59 – Paraná – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	137
TABELA 60 – Paraná – Destino final dos bio sólidos	137
TABELA 61 – Pernambuco – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	138
TABELA 62 – Pernambuco – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	138
TABELA 63 – Pernambuco – Destino final dos bio sólidos	138
TABELA 64 – Rio de Janeiro – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	139
TABELA 65 – Rio de Janeiro – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	139
TABELA 66 – Rio de Janeiro – Destino final dos bio sólidos	139
TABELA 67 – Rio Grande do Sul – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	140
TABELA 68 – Rio Grande do Sul – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	140
TABELA 69 – Rio Grande do Sul – Destino final dos bio sólidos	140
TABELA 70 – Roraima – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	141
TABELA 71 – Roraima – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	141
TABELA 72 – Roraima – Destino final dos bio sólidos.....	141
TABELA 73 – Santa Catarina – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto.....	142
TABELA 74 – Santa Catarina – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto.....	142

	Página
TABELA 75 – Santa Catarina – Destino final dos bio sólidos	142
TABELA 76 – São Paulo – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	143
TABELA 77 – São Paulo – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	143
TABELA 78 – São Paulo – Destino final dos bio sólidos	143
TABELA 79 – Sergipe – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	144
TABELA 80 – Sergipe – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	144
TABELA 81 – Sergipe – Destino final dos bio sólidos	144
TABELA 82 – Tocantins – Dados gerais por tipo de tratamento de esgoto	145
TABELA 83 – Tocantins – Produção de lodo por tipo de tratamento de esgoto	145
TABELA 84 – Tocantins – Destino final dos bio sólidos	145
TABELA 85 - Dados totais por Estado.	147
TABELA 86 – Porcentagens por estado em relação aos valores totais do Brasil.	149
TABELA 87 – Dados totais por Regiões	153
TABELA 88 – Estimativa da contribuição média “per capita” de esgoto	154
TABELA 89 – Dados de Lagoas de Estabilização por Estados e Regiões	157
TABELA 90 – Dados dos Sistemas Aeróbios por Estados e Regiões	158
TABELA 91 – Dados dos Sistemas Anaeróbios por Estados e Regiões	159
TABELA 92 – Dados dos Sistemas Mistos por Estados e Regiões.	160
TABELA 93 – Tipos de tratamento de esgoto por Regiões.	161
TABELA 94 – Estimativa da média “per capita” de produção de lodo no Brasil.	162
TABELA 95 – Destino final do lodo.	165
TABELA 96 - Composição média dos bio sólidos no Brasil.	167
TABELA 96 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo	267

Resumo

Machado, Maria Fernanda de Sousa. A Situação Brasileira dos Bio sólidos. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. 2001. 282 p. Dissertação.

Os processos de tratamento de esgoto geram diversos subprodutos, dentre eles o lodo, que é responsável por um elevado custo operacional em seu tratamento, transporte e disposição final. Bio sólidos é um novo termo designado para o lodo estabilizado, gerado nas estações de tratamento de esgoto que possa ser reciclado, recebendo assim um destino final mais útil, como por exemplo a aplicação no solo para fins agrícolas. Visando estas novas potencialidades do lodo de esgoto, este estudo apresenta um diagnóstico da situação brasileira dos bio sólidos, abordando a sua produção real e teórica, o destino final e a sua constituição, além de informações referentes ao tratamento de esgoto no Brasil. A metodologia desta pesquisa consistiu na elaboração de um formulário enviado às prestadoras de serviços de saneamento responsáveis pelas estações de tratamento de esgoto, com questões relacionadas ao lodo e ao tratamento de esgoto. Foram coletados os dados provenientes de 275 estações, que são responsáveis pelo tratamento de 1.877.618,25 m³/dia de esgoto, atendendo a 12.777.974 pessoas, e produzindo teoricamente 151.724,50 toneladas/ano de lodo seco. As informações referentes à produção real e à constituição dos bio sólidos são bastante escassas, pois, a maioria das operadoras de tratamento de esgoto não produzem as informações referentes ao lodo de forma sistemática, dando enfoque somente ao esgoto tratado, o que revela a necessidade urgente de investimentos nesse setor.

Palavras Chave: bio sólidos, lodo de esgoto, produção de lodo, tratamento de esgoto.

Abstract

The wastewater treatment process generate several subproducts, one of them is the sewage sludge, which has a higher operational cost of treatment, transportation and final disposal. Biosolids is a new word assigned to the stabilized sludge generated in the wastewater treatment plants, in order to be recycled, having a more useful final disposal, such as applying to agricultural land. Visualizing these new potential uses of sewage sludge, this study presents a diagnostic of the Brazilian situation of biosolids, approaching its real and theoretical production, final disposal and constituents, as well as information related to wastewater treatment in Brazil. The methodology used in this research consisted on the elaboration of a questionnaire sent to the companies suppliers of sanitation services which are responsible for wastewater treatment plants, with questions related to sludge and sewage treatment. There was collected data answered by 275 wastewater treatment plants, which are responsible for the treatment of 1,877,618,25 m³/day of wastewater, providing this service to 12,777,974 inhabitants and producing theoretically 151,724.50 tons/year of dried sludge. The information regarding the real production and constitution of the biosolids are very scant, because most of the wastewater treatment companies do not report enough information regarding the sludge in a systematic manner, reporting only data about the treated sludge, disclosing a urgent need of investments in this sector.

Keywords: biosolids, sewage sludge, biosolids production, wastewater treatment.

1 Introdução

Subprodutos sólidos, semi-sólidos ou líquidos são gerados nas diversas unidades de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). De maneira geral, os subprodutos do tratamento de efluentes são os seguintes: sólidos grosseiros, areia, espuma e lodo. Destes subprodutos, o de maior importância e de maior volume é o lodo, devendo receber especial atenção em relação ao seu tratamento e a sua disposição final.

Os processos de tratamento de esgoto em suas diversas fases geram lodos com características e quantidades variáveis, sendo que, geralmente, ocorre que o volume de lodo gerado aumenta, conforme o nível de tratamento do esgoto seja mais avançado.

O lodo contém todos os poluentes provenientes da comunidade, sendo assim, podem estar presentes, além da matéria orgânica, microrganismos patogênicos, metais pesados e substâncias tóxicas. Deste modo, o tratamento adequado e as possibilidades de disposição do lodo estão relacionadas com a sua composição e as suas características.

O tratamento e a disposição final adequados para este resíduo representam etapas problemáticas no processo operacional de uma Estação de Tratamento de Esgoto, ETE. Com a ampliação das redes de coleta de esgoto são construídas novas estações de tratamento, conseqüentemente a produção de lodo aumenta. Outro fator importante no aumento da produção do lodo é a melhoria da eficiência dos tratamentos das águas residuárias, pois geralmente, quanto mais sofisticado o sistema de tratamento de esgoto, maior será a geração de lodo. A correta gestão desse resíduo é um problema sanitário e ambiental, agravado por representar até 60 % do custo operacional de uma ETE, segundo alguns autores.

Por um outro lado, o lodo de esgoto apresenta, geralmente, grande quantidade de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes, o que viabiliza o seu uso na agricultura como condicionante do solo, desde que este apresente qualidade satisfatória para tal fim. A gestão do lodo tratado pode significar um mercado com boas perspectivas nas áreas de projeto, planejamento e gestão, de serviços, equipamentos e insumos; pois, o lodo pode também ser empregado em áreas de reflorestamento, em restauração de terras, na produção de agregado leve, etc . Desta forma, o lodo de esgoto vem cada vez mais adquirindo um novo conceito, sendo visto como um recurso a ser utilizado e não mais como um resíduo final a ser descartado.

Devido a esta nova conotação , a WEF, Water Environment Federation, recomenda a utilização de um novo termo, "biossólidos", que designa o lodo tratado ou beneficiado das estações de tratamento de esgotos municipais, que posteriormente possa ser reciclado, podendo receber um destino final mais nobre, como por exemplo a sua aplicação no solo para fins agrícolas. Desta forma, o termo "lodo" deve ser reservado para o lodo bruto, primário ou secundário, que ainda não fora submetido a nenhum processo de estabilização biológica.

Atualmente, a produção de biossólidos no Brasil pode ser considerada pequena, se comparada aos países da Europa e aos Estados Unidos, o que deve mudar no futuro; agravando-se assim os problemas relativos à disposição final deste material. Os grandes centros que possuem tratamento de seu esgoto já enfrentam sérias dificuldades na disposição final do lodo gerado, o qual, geralmente, é encaminhado para aterros sanitários. O grande desafio é conseguir dar ao lodo um destino final adequado de maneira econômica , minimizando a poluição ambiental causada. Isso representa um problema complexo, devido às grandes quantidades geradas, à dificuldade de se determinar áreas adequadas e seguras para o destino do lodo seco, ao transporte desse material, aos custos envolvidos no processo e aos impactos ambientais. Todos estes fatores, vêm confirmar a necessidade do conhecimento do problema e da definição de opções de gestão ambiental e economicamente adequadas, pois a ausência destas ações questiona a eficiência dos atuais sistemas de tratamento de esgoto.

Devido ao completo desconhecimento, principalmente, no que se refere aos valores totais de produção e disposição dos biossólidos no Brasil, decidiu-se realizar uma pesquisa que

abordasse este tema e abrangesse todo o território nacional. Para isso, foram solicitadas às operadoras dos sistemas de esgotos sanitários de diversos estados e municípios informações referentes ao tratamento de esgoto e de lodo. Os dados recebidos foram agrupados e tratados, objetivando a apresentação dos valores nacionais referentes à produção, tratamento, disposição final e composição média dos bio sólidos.

Neste sentido, este levantamento apresenta um panorama geral da situação dos bio sólidos no Brasil. Apresenta de forma sistematizada os dados e informações sobre o setor de tratamento de esgoto, mais especificamente sobre os bio sólidos, com o intuito de atingir um público interessado em obter uma visão geral do que vem sendo realizado no Brasil nesta área.

Espera-se que os resultados deste trabalho possam servir como instrumento de apoio para ajudar a delinear as prioridades de pesquisa, visando determinar a necessidade e grau de tratamento do lodo de acordo com o seu potencial de aplicação, tendo em vista que o lodo de esgoto é um recurso reciclável.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar um diagnóstico da situação brasileira do lodo de esgoto, biossólidos, através de um levantamento referente à sua produção, tratamento, disposição final e composição física, química e biológica.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste levantamento são:

- apresentar um referencial teórico sobre a produção, tratamento, caracterização e disposição final do lodo de esgoto, além de apresentar tópicos das legislações norte-americana e européia que regem a gestão dos biossólidos no mundo;
- fazer um levantamento e cadastramento das estações de tratamento de esgoto existentes no Brasil;
- solicitar às operadoras das estações de tratamento de esgoto informações referentes ao tratamento de esgoto e ao lodo produzido;
- agrupar as informações recebidas em forma de tabelas e gráficos que permitam a apreciação e comparação dos dados;

- fazer um levantamento dos processos utilizados no tratamento de esgoto no Brasil;
- quantificar o volume de esgoto tratado no Brasil;
- quantificar a população atendida pelo tratamento de esgoto no Brasil;
- fazer um levantamento dos processos utilizados no tratamento do lodo no Brasil;
- quantificar a produção de biossólidos no Brasil;
- caracterizar a disposição final dos biossólidos no Brasil; e,
- apresentar a composição típica dos biossólidos gerados no país em relação a parâmetros físicos, químicos e biológicos.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Tipos de Lodo de Esgoto

O tratamento de esgoto em suas diversas fases produz subprodutos nas formas sólida, semi-sólida ou líquida, como material grosseiro, areia, espuma e lodo. Destes subprodutos, o de maior importância e volume é o lodo, e o seu destino final representa um grande desafio para os profissionais da área de saneamento. Mas, por um outro aspecto, o lodo vem adquirindo uma nova conotação, deixando de ser considerado um rejeito para ser conhecido como um recurso reciclável com diversas potencialidades.

Conforme WEF (1997), a palavra "biossólidos" foi criada pelo Dr. Bruce Logan da Universidade do Arizona, nos Estados Unidos, e reconhecida formalmente em 1991, pelo comitê executivo da WEF/U.S., Water Environment Federation dos Estados Unidos e, logo, adotada pela U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency. Hoje, este termo é usado em todo o mundo para designar o lodo estabilizado gerado nas estações de tratamento de esgoto, que possa ser reciclado, recebendo assim, um destino final mais útil, como por exemplo a aplicação no solo para fins agrícolas. Desta forma, o termo biossólido deve ser reservado para um produto estabilizado, caso contrário, são empregados os termos torta, lodo ou sólidos.

Todos os tipos de tratamento de esgoto geram subprodutos. As características destes subprodutos, juntamente com a quantidade gerada e o regulamento vigente, afetam diretamente na escolha mais adequada para o destino final dos mesmos. Os lodos gerados no processo de

tratamento de esgoto variam de acordo com a natureza do esgoto, com o tipo de tratamento empregado na estação, com as diversas unidades da estação, e com os processos de tratamento a que o lodo é submetido. Conforme MALINA (1993), "as características do lodo podem variar anualmente, sazonalmente, ou até mesmo diariamente por causa das variações do esgoto recebido e das variações de performance dos processos de tratamento". Essas variações são mais acentuadas em sistemas que recebem uma grande quantidade de descarga industrial.

O lodo contém todos os poluentes provenientes da comunidade, sendo assim, podem estar presentes além da matéria orgânica, microrganismos patogênicos, metais pesados e substâncias tóxicas. Deste modo, o tratamento adequado e as possibilidades de disposição do lodo estão relacionadas com a sua composição e suas características.

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), as características do lodo afetam diretamente os processos de tratamento e disposição final, sendo assim, é necessário se fazer um prévio levantamento dos dados característicos de qualidade e quantidade do lodo a tratar. Na Tabela 1 são apresentados os produtos gerados no tratamento, conforme JORDÃO & PESSÔA (1995).

TABELA 1 - Produtos gerados no tratamento de esgoto e de lodo.

Tratamento	Processo	Produtos Gerados
Preliminar	Gradeamento	Material gradeado (madeira, trapos, folhas, etc.)
	Remoção de areia	Areia, silte, etc.
	Separação do óleo	Óleo, espuma oleosa
Primário	Sedimentação	Sólidos orgânicos, espuma
	Flotação por ar dissolvido	Matéria graxa, espuma
	Coagulação e sedimentação	Sólidos orgânicos, precipitados químicos espuma
Secundário	Lodos ativados, Filtros biológicos, c/ sedimentação final	Sólidos gerados no processo biológico

(continua)

TABELA 1 - Produtos gerados no tratamento de esgoto e lodo.

(conclusão)

Tratamento	Processo	Produtos Gerados
Terciário	Coagulação química e sedimentação	Sólidos da precipitação química, hidróxidos
	Filtração em areia	Sólidos na água de lavagem
	Adsorção em carvão ativado	Carvão ativado para ser regenerado
Lagoas de estabilização	Lagoas fotossintéticas	Sólidos acumulados no fundo; algas no efluente
	Lagoas aeradas	Sólidos em suspensão no efluente
	Lagoas de decantação	Sólidos gerado na lagoa aerada
Aplicação no terreno	Pré-tratamento, primário ou secundário	Sólidos em suspensão no efluente do pré-tratamento
Adensamento do lodo	Adensamento por gravidade, por flotação, Filtros de esteira, Centrífugas	Lodo concentrado
Tratamento do lodo	Digestão anaeróbia, aeróbia, Compostagem	Sólidos orgânicos parcialmente estabilizados, gás
Remoção da umidade do lodo	Leitos de secagem e desidratação mecanizada	Torta de lodo seco
Disposição final do lodo	Aterros	Sólidos secos espalhados e compactados
	Incineração	Cinzas
	Pirólise	Vários produtos

Fonte: JORDÃO & PESSÔA (1995)

METCALF & EDDY (1991) , classificam os lodos gerados na estação de tratamento de esgoto em alguns tipos básicos, que apresentam características físicas distintas entre eles, como é demonstrado na Tabela 2.

TABELA 2 - Características físicas dos lodos gerados em uma ETE.

Tipos de Lodos	Descrição
Lodo Primário	- Geralmente é cinza e viscoso, tem um odor extremamente desagradável. - Pode ser estabilizado rapidamente, desde que haja condições apropriadas de operação.
Lodo de Precipitação Química	- O lodo originado da precipitação química com sais de metais são geralmente de coloração escura, embora a sua superfície possa apresentar coloração vermelha se nele estiver contido muito ferro. - O lodo que sofreu calagem (adição de cal) é marrom-acinzentado. - O odor do lodo químico é desagradável, mas não tanto como o do lodo primário. - Enquanto o lodo químico é pouco viscoso, o hidrato de ferro ou de alumínio faz com que o lodo fique com uma consistência gelatinosa. - Quando confinado num tanque, o lodo sofrerá uma decomposição similar ao lodo primário, mas numa taxa mais lenta. - Quantidade substancial de gás é despreendida e a densidade do lodo aumenta ao longo do período de confinamento.
Lodo Ativado	- Geralmente, é amarronzado de aparência floculenta. - Se a coloração for escura, o lodo pode estar próximo das condições sépticas. - Se a coloração for mais clara que a usual, isto deve-se à baixa aeração, tendendo para uma sedimentação lenta dos sólidos. - O lodo em boas condições tem um cheiro semelhante ao de terra. - O lodo tende a se tornar séptico rapidamente e então, apresenta um odor desagradável de putrefação. - O lodo ativado poderá ser digerido rapidamente sozinho ou quando misturado com o lodo primário.

(continua)

TABELA 2 - Características físicas dos lodos gerados em uma ETE.

(conclusão)

Tipos de Lodos	Descrição
Lodo Digerido (Aeróbio)	- É marrom-escuro e tem uma aparência floculenta. - O odor não é desagradável. - Os lodos bem digeridos aerobiamente secam facilmente em leitos de secagem.
Lodo Digerido (Anaeróbio)	- É marrom-escuro a preto. - Contém uma quantidade muito grande de gases. - Quando totalmente digerido, não possui cheiro desagradável.
Lodo Compostado	- É , geralmente, marrom-escuro a negro, mas pode variar de acordo com o material adicionado no processo de compostagem , como por exemplo lascas de madeira. - O odor do lodo bem compostado não é desagradável.
Lodo de Tanques Sépticos	- O lodo de tanques sépticos são negros

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (1991)

Mas para U.S EPA (1995 b), são considerados três tipos básicos de lodo:

- lodo primário**, é gerado no tratamento primário de esgoto, sendo separado do esgoto líquido através do processo da sedimentação. Geralmente, contém de 2 a 8 % de sólidos, podendo aumentar esta porcentagem através do processo de adensamento ou desidratação;
- lodo secundário**, também chamado de lodo biológico, é gerado no tratamento secundário (biológico) de esgoto. Suas características e a quantidade produzida variam de acordo com o metabolismo e com a taxa de crescimento dos vários microrganismos presentes no lodo. Apresenta de 0,5 a 2 % de sólidos presentes em

sua composição, o que resulta num adensamento e desidratação mais difíceis, se comparado com os lodos primários e terciários (químicos); e,

- c) **lodo terciário**, também chamado de lodo químico, é gerado durante os processos avançados de tratamento de esgoto, como por exemplo a precipitação química e a filtração. Estes processos adicionam sais de alumínio ou de ferro, cal, e/ou polímeros orgânicos, no intuito de remover o material coloidal, os sólidos suspensos e o fósforo contidos no esgoto. A adição destes produtos químicos gera um aumento de massa no esgoto. Geralmente, a adição de polímeros, ou cal, melhora o adensamento e a desidratação do lodo, enquanto sais de ferro e de alumínio reduzem a capacidade de adensamento e desidratação do lodo, resultando um lodo praticamente líquido.

Conforme PROSAB (1999 b), o esgoto industrial é completamente diferente do esgoto doméstico, pois ele adquire características próprias em função das características da indústria, do sistema de tratamento utilizado pela empresa, do processo industrial empregado, etc. Desta forma, cada indústria deverá ser considerada separadamente, pois, os efluentes diferem até mesmo em processos industriais similares.

No Brasil, desde que os despejos industriais atendam as normas de lançamento da ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, dos órgãos estaduais de meio ambiente e a Resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86, eles podem ser lançados na rede pública de esgoto, e conseqüentemente na estação de tratamento de esgoto. Mas os lançamentos clandestinos de despejos industriais na rede pública de esgoto podem acarretar alterações na qualidade final do lodo gerado, principalmente no que diz respeito aos teores de metais pesados; podendo assim inviabilizar o uso do lodo de esgoto para fins agrícolas.

3.2 Lodos Gerados nos Processos de Tratamento de Esgoto

O lançamento de esgoto bruto nos rios provoca degradação ambiental, devido ao comprometimento da qualidade da água e disseminação de doenças. Dessa forma, é necessário que o esgoto sanitário seja tratado antes de ser lançado no corpo receptor. A remoção de poluentes deve adequar a qualidade do efluente aos requisitos da legislação específica, que prevê padrões de qualidade para o efluente e para o corpo receptor.

O tratamento de esgoto se realiza através de fenômenos físicos, químicos e biológicos, que não atuam isoladamente, ou seja, as mudanças provocadas por um processo de tratamento influirão nos processos subsequentes.

Segundo VON SPERLING (1995), o tratamento de esgoto é usualmente classificado através dos seguintes níveis:

- **preliminar:** objetiva a remoção dos sólidos grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia) por grades e caixas de areia, desta forma o líquido passa a conter somente sólidos finos suspensos ou dissolvidos;
- **primário:** visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, em algumas estações o esgoto passa então por um decantador primário onde parte da matéria fina decanta naturalmente;
- **secundário:** predominam mecanismos biológicos, ou seja, processos naturais de biodegradação, no qual o objetivo principal é a remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, através de microrganismos. A biodegradação se dá por via aeróbia ou via anaeróbia:
 - **biodegradação aeróbia:** é realizada na presença de oxigênio pelos microrganismos aeróbios ou facultativos, desde que haja oxigênio no meio líquido. É a via mais rápida de biodegradação; e,
 - **biodegradação anaeróbia:** é realizada na ausência de oxigênio pelos microrganismos anaeróbios ou facultativos. Esta fase se inicia quando o oxigênio dissolvido no esgoto já foi consumido pelos microrganismos

aeróbios. Na digestão anaeróbia há produção de gás metano (CH_4) e de gás sulfídrico (H_2S); e,

- **terciário:** objetiva a remoção de poluentes específicos (compostos tóxicos ou não biodegradáveis) ou ainda a remoção de poluentes não removidos suficientemente no tratamento secundário.

Segundo a U.S.EPA (1995 b), a composição e a quantidade do lodo de esgoto produzido dependem principalmente de três fatores-chave: das características do esgoto juntamente com o tipo de tratamento empregado e finalmente com os procedimentos utilizados durante o tratamento. Geralmente, quanto mais industrializada a comunidade, maior será a possibilidade de que os teores de metais pesados representem um problema para a aplicação do bioossólido no solo.

Para o estudo relativo ao destino do lodo gerado em ETEs, é necessário conhecer as quantidades e características do lodo produzido em função do sistema de tratamento de esgoto empregado (ALÉM SOBRINHO, 2000). A quantidade e a qualidade do lodo final gerado afeta diretamente na viabilidade técnica e econômica das diversas opções de destino final, desta forma, o volume do lodo úmido deve ser considerado. Segundo MALINA (1993), o lodo resultante das operações e processos de tratamento se apresenta, na maioria das vezes, na forma líquida ou semi-sólida, contendo de 0,25 a 12% de sólido, dependendo da operação e do processo utilizado.

Segundo TSUTIYA (2000), os lodos produzidos, ainda de forma líquida, representam cerca de 1 a 2% do volume de esgoto tratado, entretanto, o custo para o seu tratamento e disposição final é da ordem de 20 a 40% do custo operacional de uma estação de tratamento de esgoto.

O sistema empregado no tratamento de esgoto irá influir diretamente não só na qualidade do lodo gerado, mas também na quantidade de lodo produzido, como é mostrado na Tabela 3.

TABELA 3 - Relação do sistema de tratamento de esgoto com a quantidade de lodo produzido.

Sistemas de Tratamento	Quantidade de lodo produzido (m ³ /hab.ano)
Tratamento primário	0,6 – 13
Lagoa facultativa primária	0,037
Lagoa facultativa	0,03 - 0,08
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	0,01 - 0,04
Lagoa aerada facultativa	0,03 - 0,08
Lodos ativados (convencional)	1,1 – 1,5
Lodos ativados (aeração prolongada)	0,7 – 1,2
Lodos ativados (fluxo intermitente)	0,7 – 1,5
Filtro biológico (baixa carga)	0,4 – 0,6
Filtro biológico (alta carga)	1,1 – 1,5
Biodiscos	0,7, - 1,0
Reator anaeróbio de manta de lodo	0,07 – 0,1
Fossa séptica – Filtro anaeróbio	0,07 – 0,1

FONTE : Adaptado de VON SPERLING (1995) e PROSAB (1999 b).

Através da Tabela 3, pode-se verificar que, geralmente, quanto mais elevado o grau de tratamento, maior será a quantidade de lodo gerado. Verifica-se também que os processos anaeróbios, em geral, produzem quantidades menores de lodo se comparadas com os processos aeróbios.

Devido aos elevados custos relacionados com o gerenciamento do lodo em ETES convencionais, estudos recentes buscam novos processos de tratamento de esgoto que minimizem a produção de lodo. Para GONÇALVES & LUDUVICE (2000), a principal opção tecnológica

para o tratamento de esgoto no Brasil é a combinação dos processos anaeróbios e aeróbios. Várias ETEs que utilizam este sistema encontram-se em operação no país, com tamanhos variando de menos de 1.000 habitantes até superiores a 100.000 habitantes. As configurações que merecem citação são: a combinação de UASBs (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo) e Lodos Ativados; e a combinação de UASBs e biofiltros aerados submersos. Ainda segundo os mesmos autores, a baixa produção de lodo e uma grande economia de energia são vantagens da associação UASB (Reator Anaeróbios de Fluxo Ascendente de Manta de Lodo) + BF (Filtro Biológico) com relação à configuração original. A taxas de produção “per capita” de lodo seco (SST, sólidos suspensos totais) de algumas destas novas tecnologias de tratamento de esgoto são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 – Quantidade de lodo gerado em alguns novos sistemas de tratamento de esgoto.

Sistema tratamento	Produção de lodo seco (g SST/hab.dia)	Qualidade do lodo gerado
Reator UASB, sem tratamento complementar	15 - 20	Lodo estabilizado
Lodos ativados convencionais (com decantador primário, tanque de aeração e decantador secundário, adensador de lodo e digestor anaeróbio)	35 – 40	Lodo estabilizado
Filtro biológico de alta taxa (com decantador primário, filtro biológico e decantador secundário, adensador de lodo e digestor anaeróbio)	35 - 40	Lodo digerido
Lodos ativados por aeração prologada ($\theta_c=18$ a 30 dias, sem decantador primário, sendo que θ_c é o tempo de retenção celular ou idade do lodo)	40 - 45	Lodo estabilizado aerobiamente, mais fácil de desidratar

(continua)

TABELA 4 – Quantidade de lodo gerado em alguns novos sistemas de tratamento de esgoto.
(conclusão)

Sistema tratamento	Produção de lodo seco (g SST/hab.dia)	Qualidade do lodo gerado
Lodos ativados de alta taxa ($\theta_c=1,0$ a 2,0 dias, sem decantador primário e sem digestor de lodo; tanque de aeração com oxigênio puro ou através de poço profundo tipo “deep shaft”)	65 - 70 lodo não digerido; 90 - 95 para estabilização com calor do lodo desidratado ($pH>11$)	Se houver percolação de água pelo lodo, o mesmo volta a ficar não estabilizado
Reator UASB seguido de lodos ativados com alta taxa ($\theta_c < 3$ dias, sem nitrificação)	< 25 a 30	Lodo digerido
Reator UASB seguido de lodos ativados com alta convencional ($\theta_c= 4$ a 7 dias, com nitrificação)	22 - 27	Lodo digerido
Reator UASB seguido de filtro biológico de alta taxa	25 - 30	Lodo digerido
Reator UASB e filtro biológico aerado submerso (sem nitrificação)	25 - 30	Lodo digerido
Lagoas aeradas aeróbias seguidas de lagoas de decantação	15 – 25, com remoção de lodo a cada 4 a 5 anos	Lodo digerido

FONTE: ALÉM SOBRINHO (2000).

Além da redução da produção de lodo nos sistemas de tratamento de esgoto, os novos projetos de ETEs devem prever sistemas adequados para o tratamento, desidratação e desinfecção do lodo; além da área e estrutura necessária ao seu armazenamento e posterior transporte para o local de disposição final selecionado. Na Tabela 5, são apresentadas as etapas no tratamento do lodo frequentemente requeridas por cada um dos sistemas de tratamento de esgoto mais utilizados no Brasil.

TABELA 5 - Processamento do lodo nos principais sistemas de tratamento de esgoto utilizados no Brasil

SISTEMAS DE TRATAMENTO (TECNOLOGIAS TRADICIONAIS)	Lodo Primário					Lodo Biológico				
	Frequência remoção	Adens.	Digest.	Desidrat	Disp. Final	Frequência remoção	Adens.	Digest.	Desidrat	Disp. final
Tratamento primário (convencional)	~ contínua						X	X	X	X
Tratamento primário(tanque séptico)	< 1 ano								X	X
Lagoa facultativa						> 20 anos				
Lagoa anaeróbia / lagoa facultativa						< 20 anos				
Lagoa aerada facultativa						< 10 anos				X
L. aer. mistura completa/ l. decantação						< 5 anos	X ^(a)		X ^(a)	X
Lodos ativados (convencional)	< 4 anos		X	X	X	~ contínua	X	X	X	X
Lodos ativados(aeração prolongada)						~ contínua	X		X	X
Filtro biológico (baixa carga)	< 4 h		X	X	X	~ contínua	X		X	X
Filtro biológico (alta carga)	< 4 h		X	X	X	~ contínua	X	X	X	X
Tanque séptico / filtro anaeróbio	< 1 ano			X	X	< 1 ano			X	X
Tanq.séptico/infiltração subsuperficial	< 1 ano			X	X					

(continua)

TABELA 5 - Processamento do lodo nos principais sistemas de tratamento de esgoto utilizados no Brasil

(conclusão)

SISTEMAS DE TRATAMENTO (TECNOLOGIAS RECENTES)	Lodo Primário					Lodo Biológico				
	Frequência remoção	Adens.	Digest.	Desidrat	Disp. Final	Frequência remoção	Adens.	Digest.	Desidrat	Disp. final
UASB						< 3 meses			X	X
UASB - lagoa facultativa						< 3 meses			X ^(b)	X ^(b)
UASB - lagoa de maturação						< 3 meses			X	X
UASB - escoamento superficial						< 3 meses			X	X
UASB - lodos ativados						< 1 mês			X ^(c)	X ^(b)
UASB - filtros aerados submersos						< 1 mês			X	X
Infiltração lenta						(d)				
Infiltração rápida						(d)				
Escoamento superficial						(d)				

FONTE : VON SPERLING (1998)

LEGENDA: (a) Opcional

(b) Em reatores UASB incorporados e submersos nas lagoas facultativas, o lodo anaeróbio acumula-se na lagoa facultativa, não necessitando de remoção periódica.

(c) Pressupõe o retorno do lodo excedente aeróbio para o UASB, onde sofre adensamento e digestão.

(d) Em sistemas de aplicação controlada no solo, há necessidade de remoção periódica da biomassa vegetal formada em decorrência da irrigação.

No cabeçalho : Aden.= Adensamento / Digest.= Digestão / Desidrat. = Desidratação / Disp. Final = Disposição Final

3.3 Constituição do Lodo de Esgoto

O esgoto doméstico bruto é composto de 99,9% de água e 0,1 % de sólidos totais, sendo que dos sólidos totais 50% são sólidos suspensos e 50% sólidos dissolvidos (Figura 1). Segundo LESTER (1990), citado por SPELLMAN (1997 a), os principais componentes orgânicos da porção sólida são proteínas e uréia-compostos de nitrogênio; amidos, açúcares e celulose-carboidratos; sabões, óleo de cozinha e graxa-gorduras. Nos componentes inorgânicos incluem-se os sais metálicos e cloretos. Deve-se lembrar que a composição do esgoto irá influenciar na qualidade final do lodo.

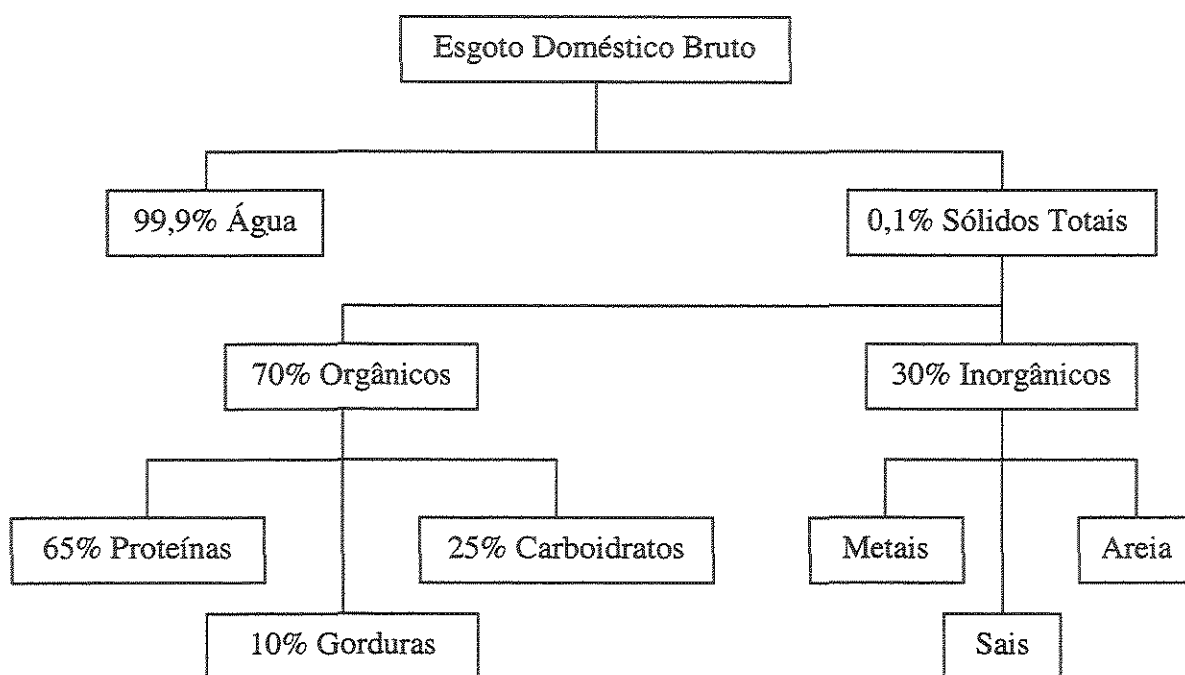


FIGURA 1 - Composição típica do esgoto bruto.

FONTE: LESTER (1992) citado por SPELLMAN (1997 b)

Segundo MELCALF & EDDY (1991), a composição química do lodo é muito importante, à medida que o destino final escolhido para o lodo depende diretamente da sua constituição. Além disto, parâmetros como o pH, a alcalinidade e os ácidos orgânicos são importantes no controle da digestão anaeróbia. Os teores de metais pesados, pesticidas, e hidrocarbonetos são determinados quando os métodos de incineração e aplicação no solo forem considerados. A energia (termal) do lodo é importante quando processos de redução termal como a incineração forem considerados.

U.S.EPA (1995 b) cita os seguintes tópicos como as principais propriedades do lodo que devem ser estudadas:

- a) **quantidade produzida:** varia com o tipo de esgoto, com o tipo de tratamento de esgoto e com o tipo de tratamento do lodo. Lembrando que quanto mais sofisticado o nível de tratamento de esgoto, maior será a produção de lodo. A quantidade produzida pode ser medida de duas formas, pelo volume do lodo úmido, ou pela massa de sólidos secos;
- b) **sólidos totais:** neles estão incluídos os sólidos suspensos e os dissolvidos. A porcentagem de sólidos totais irá influir diretamente em vários aspectos, como o seu volume, armazenamento, transporte e disposição final. Geralmente, o transporte de lodo seco é mais barato que um lodo fluido, líquido. Tipicamente, o lodo líquido contém de 2 a 12 % de sólidos, enquanto o lodo desidratado contém de 12 a 40% de sólidos, e o lodo seco possui mais de 50% de sólidos;
- c) **sólidos voláteis:** são os componentes orgânicos do lodo que são volatilizados a 550°C . A matéria orgânica contida no lodo é estimada através dos sólidos voláteis presentes. Eles determinam o potencial de problemas gerados com maus odores e a sua diminuição é uma opção para a redução de atração de vetores. Diversos processos do tratamento do lodo são responsáveis pela redução dos sólidos voláteis, como a digestão anaeróbia, digestão aeróbia, estabilização alcalina, e compostagem;
- d) **pH:** o pH (potencial hidrogeniônico) do lodo, quando este é aplicado na agricultura ou disposto no solo, poderá afetar o pH do solo. O lodo de pH baixo (menor que 6,5) promove a lixiviação de vários metais pesados, enquanto um pH alto (maior

que 11) destrói muitas bactérias e, em contato com solo de pH neutro ou alto, poderá ocorrer a inibição da movimentação dos metais pesados através do solo. Os níveis de microrganismos patogênicos e o controle de vetores são outras razões importantes para o controle do pH do lodo. A atividade biológica também é reduzida em pH elevado, resultando na redução da decomposição do material orgânico;

- e) **matéria orgânica:** uma quantidade relativamente elevada de matéria orgânica no lodo permite que o lodo seja utilizado como um condicionante do solo, melhorando propriedades físicas deste solo;
- f) **microrganismos patogênicos:** incluem bactérias, vírus, protozoários, e ovos de helmintos. Este parâmetro deve ser elevado em conta, principalmente, quando é cogitada a aplicação do lodo no solo;
- g) **nutrientes:** os presentes no lodo como o nitrogênio, fósforo e potássio, e outros, são essenciais para o crescimento dos vegetais. Os níveis de nutrientes presentes são a chave para a determinação das taxas de aplicação no solo. Em níveis muito elevados, aliados à uma alta taxa de aplicação no solo, poderão acarretar numa contaminação das águas superficiais e subterrâneas;
- h) **metais:** o lodo contém em sua composição vários metais. Em baixas concentrações no solo alguns destes metais atuarão como nutrientes necessários para o crescimento dos vegetais. Mas em concentrações elevadas alguns metais poderão ser tóxicos aos humanos, animais e vegetais; e,
- i) **compostos orgânicos tóxicos:** o lodo também poderá contê-los em sua constituição, oriundos de efluentes industriais, produtos domésticos e pesticidas. A maioria dos lodos de esgoto contém baixas concentrações destes elementos e não representam riscos à saúde humana.

METCALF & EDDY (1991) apresentam os teores dos constituintes orgânicos (medidos pelos Sólidos Voláteis), nutrientes, microrganismos patogênicos, metais, e material orgânico tóxico, que afetam diretamente na possibilidade ou não da aplicação do lodo no solo. Na Tabela 6 é apresentada a composição típica do lodo de esgoto em relação aos sólidos totais, ST.

TABELA 6 – Composição química típica e propriedades dos lodos bruto e digerido

Item	Lodo Bruto		Lodo Digerido	
	Variação	Valor típico	Variação	Valor típico
Sólidos secos totais (ST), %	2,0 – 8,0	5,0	6,0 – 12,0	10,0
Sólidos Voláteis (% de ST)	60 – 80	65	30 – 60	40
Graxas e Gorduras solúveis (% de ST)	6 – 30	-	5 – 20	18
Proteínas (% de ST)	20 – 30	25	15 – 20	18
Nitrogênio (N, % de ST)	1,5 – 4,0	2,5	1,6 – 6,0	3,0
Fósforo (P ₂ O ₅ , % de ST)	0,8 – 2,8	1,6	1,5 – 4,0	2,5
Potássio (K ₂ O, % de ST)	0 – 1	0,4	0,0 – 3,0	1,0
Celulose (% de ST)	8,0 – 15,0	10,0	8,0 – 15,0	10,0
Ferro (% de ST)	2,0 – 4,0	2,5	3,0 – 8,0	4,0
Sílica (SiO ₂ , % de ST)	15,0 – 20,0	-	10,0 – 20,0	-
pH	5,0 – 8,0	6,0	6,5 – 7,5	7,0
Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	500 – 1.500	600	2.500 – 3.500	3.000
Ácidos Orgânicos (mg/l HAc)	200 – 2.000	500	100 - 600	200
Energia contida (Btu/lb)	10.000-12.500	11.000	4.000 - 6.000	5.000

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (1991)

Cada vez mais vem crescendo a utilização do lodo na agricultura. Para METCALF & EDDY (1991), o valor do biossólido como fertilizante pode ser avaliado principalmente pelo teor de três nutrientes básicos para a agricultura: o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Geralmente, os teores de fósforo e potássio presentes nos biossólidos são insuficientes para satisfazerem as exigências necessárias para o crescimento dos vegetais, como demonstrado na Tabela 7.

TABELA 7 – Níveis de nutrientes nos biossólidos e nos fertilizantes comerciais.

	Nitrogênio %	Fósforo %	Potássio %
Fertilizantes comerciais	5	10	10
Valores típicos dos biossólidos	3,3	2,3	0,3

FONTE: METCALF & EDDY (1991)

Os lodos podem conter quantidades variáveis de metais pesados e íons inorgânicos como o boro, cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel, mercúrio, prata e zinco. Em baixas concentrações, esses elementos são micronutrientes essenciais para as plantas e animais, mas em concentrações elevadas eles podem ser tóxicos, MALINA (1993). As faixas e as medianas para os metais no lodo são listados na Tabela 8.

TABELA 8 - Metais presentes no lodo.

Metal	Quantidade no lodo (mg/kg)	
	Faixa	Mediana
Zinco	101 - 49.000	1.700
Chumbo	13 - 26.000	500
Cobre	84 - 17.000	800
Níquel	2 - 5.300	80
Cádmio	1 - 3.410	10
Mercúrio	0,6 - 56	6
Arsênio	1,1 - 230	10
Cobalto	13.3 - 2.490	30
Cromo	10 - 99.000	500
Ferro	1.000 - 154.000	17.000
Manganês	32 - 9.870	260
Molibdênio	0,1 - 214	4
Estanho	2,6 - 329	14
Selênio	1,7 - 17,2	5

FONTE: U.S.EPA citado por MALINA (1993)

Os lodos provenientes das estações de tratamento de esgoto que recebem somente efluentes de origem doméstica contêm uma parcela muito pequena de metais pesados, que são provenientes muitas vezes dos resíduos das canalizações ou de despejos industriais. Na Tabela 9, são apresentados os principais metais pesados encontrados nos lodos provenientes de atividades industriais, que são considerados fitotóxicos acima de certos limites. Mas alguns destes metais são considerados micronutrientes necessários aos vegetais, como apresentado na Tabela 9.

TABELA 9 - Principais metais pesados encontrados nos lodos provenientes de atividades industriais.

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

FONTE: Adaptado de ANDRED (1998), citado por PROSAB (1999 a).

U.S. EPA (1995 a) expõe que o lodo de esgoto possui vários metais na sua constituição, em baixas concentrações alguns destes metais são favoráveis à agricultura, e freqüentemente o lodo é misturado com fertilizantes comerciais inorgânicos. Por outro lado, altos índices de metais poderão ser tóxicos para os humanos, animais e vegetais.

Segundo U.S.EPA (1993), nos Estados Unidos são dez os metais que têm a concentração limitada para aplicação de lodo no solo, respeitando-se o Código de Regulamentos Federais nº 40 (40 CFR), Seção 503 (Part 503) , que disciplina fundamentalmente, a disposição superficial, o uso agrícola e a incineração dos lodos de ETEs. Na Tabela 10, são apresentados os valores limites (em MS, matéria seca) para uso agrícola estipulados pela norma “40 CFR Part 503” comparados às concentrações médias do biosólido norte-americano.

TABELA 10 – Concentrações médias de metais presentes no lodo e os limite permitidos pelo regulamento “40 CFR Part 503” da U.S.EPA para uso agrícola.

Metal	Concentração média (mg/kg MS)	Concentração limite 40 CFR Part 503 (mg/kg MS)
Arsênio	9,9	75
Cádmio	6,94	85
Cromo	119	3.000
Cobre	741	4.300
Chumbo	134,4	840
Mercúrio	5.2	57
Molibdênio	9.2	75
Níquel	42.7	420
Selênio	5.2	100
Zinco	1.202	7.500

FONTE: Adaptado do U.S. EPA (1990) e citado por U.S. EPA (1995 a).

Os microrganismos patogênicos, que incluem as bactérias, vírus, protozoários, e ovos de helmintos, também estão presentes no esgoto municipal e por consequência no lodo gerado. Embora a grande maioria destes organismos seja inofensiva, alguns grupos de patógenos são considerados perigosos pelo risco que apresentam para a saúde humana e animal. U.S. EPA (1995a) considera que este parâmetro deve ser levado em conta, principalmente quando é

cogitada a aplicação do lodo no solo, pois, mesmo quando estabilizado o lodo ainda possui microrganismos patogênicos, e para a sua aplicação no solo existem limites que devem ser respeitados. Na Tabela 11, são apresentados os níveis de microrganismos patogênicos no lodo cru e no lodo digerido anaerobiamente .

TABELA 11 - Valores típicos de microrganismos patogênicos no lodo bruto e no lodo digerido anaerobiamente.

Microrganismo patogênico	Concentração típica no lodo bruto (n° / 100 ml)	Concentração típica do lodo digerido anaerobiamente (n°/100 ml)
Vírus	2.500 – 70.000	100 – 1.000
Coliformes Fecais	1.000.000.000	30.000 – 6.000.000
Salmonella	8.000	3 – 62
Ascaris lumbricoides	200 – 1.000	0 – 1.000

FONTE: U.S EPA (1979) citado por U.S.EPA (1995 a).

Para SOCCOL & PAULINO (2000), a presença de agentes patogênicos reflete as características sanitárias da população (humana e animal) da região, a presença de animais (roedores) ou de dejetos animais (abatedouros, leiterias ou indústrias agro-alimentares) jogados na rede de esgoto. A quantidade destes microrganismos patogênicos no lodo também depende de tais fatores:

- fases de separação água/matéria sólida;
- capacidade destes organismos de se agregarem em partículas ou da capacidade de sedimentação dos mesmos; e,
- processos de tratamento a que o esgoto foi submetido.

Ainda segundo os mesmos autores, a eficiência de cada tipo de tratamento na redução de patógenos é variável. Nos processos de digestão aeróbia, anaeróbia e efeitos mecânicos, como a prensagem, apresentam eficácia baixa na redução de ovos de helmintos. Tratamentos químicos, como a calagem, podem dar excelentes resultados. O melhor método de redução de patógenos presentes no lodo é sem dúvida a compostagem, desde que bem conduzida.

Segundo U.S.EPA (1995 a), quando o lodo é aplicado no solo, geralmente, 99% das bactérias patogênicas morrem num período de 12 dias (*Salmonella* sp.) a 18 dias (Coliformes fecais) numa temperatura de 15°C (U.S. EPA, 1992b, citado por U.S.EPA 1995a). Os vírus sobrevivem no máximo por 19 dias a 15°C se o lodo for disposto no solo (U.S. EPA, 1992b, citado por U.S.EPA 1995 a). Já os protozoários sobrevivem somente por alguns dias (KOWAL, 1983, citado por U.S.EPA, 1995 a).

Na TABELA 12, são correlacionados os principais agentes patogênicos no lodo com as doenças e sintomas causados.

TABELA 12- Relação dos agentes patogênicos no lodo e doenças e sintomas causados.

Organismo	Doenças / Sintomas
Bactéria	
<i>Salmonella</i> sp.	Salmonelose. Febre tifóide
<i>Shigella</i> sp	Desintéria bacilar
<i>Yersinia</i> sp.	Gastroenterite aguda, diarreias e dores abdominais
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastroenterite
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite
Vírus Entéricos	
<i>Vírus da hepatite A</i>	Hepatite infecciosa
<i>Vírus e semelhantes</i>	Gastroenterite epidêmica e diarreia grave
<i>Rota vírus</i>	Gastroenterite aguda e diarreia grave
Enterovírus	
<i>Poliovírus</i>	Poliomielite
<i>Coxsackievírus</i>	Meningite, pneumonia, hepatite, febre, sintomas de gripe
<i>Ecovírus</i>	Meningite, paralisia, encefalite, febre, sintomas de gripe, diarreia
<i>Reovírus</i>	Infecções respiratórias, gastroenterite
<i>Astrovírus</i>	Gastroenterite epidêmica
<i>Calicivírus</i>	Gastroenterite epidêmica

(continua)

TABELA 12 - Relação dos agentes patogênicos no lodo e doenças e sintomas causados.

(conclusão)

Organismo	Doenças / Sintomas
Protozoários	
<i>Cryptosporidium sp.</i>	Gastroenterite
<i>Entamoeba histolitica</i>	Enterite aguda
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase, diarreia ,câimbas abdominais e perda de peso
<i>Balantidium coli</i>	Diarréia e desinteria
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose
Helmintos	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Distúrbios digestivos e nutricionais, dores abdominais, vômitos, cansaço
<i>Ascaris suum</i>	Dor no peito, tosse e febre
<i>Trichuris trichiura</i>	Dores abdominais, diarreia e anemia, perda de peso
<i>Toxocara carris</i>	Febre, desconforto abdominal, dores musculares, sintomas neurológicos
<i>Taenia saginata</i>	Nervosismo, insônia, anorexia, dores abdominais, distúrbios digestivos
<i>Taenia solium</i>	Nervosismo, insônia, anorexia, dores abdominais, distúrbios digestivos
<i>Necator americanus</i>	Doença de Hookworm, anemia e emagrecimento
<i>Hymenolepis nana</i>	Teníase

FONTE: PROSAB (1999 a)

Conforme SOCCOL (1998), dentre os parasitas patogênicos que podem ser encontrados no lodo, o que merece maior destaque é *Taenia solium*, uma vez que durante seu ciclo evolutivo pode afetar o homem (hospedeiro definitivo) e os suínos (hospedeiros intermediários), sendo responsável por uma zoonose de alta incidência em toda a América Latina. A via de contaminação com os ovos de helmintos e cistos de protozoários é a oral, podendo ocorrer de forma direta: ao manusear o solo ou vegetais cultivados em solo adubado com lodo

contendo ovos viáveis; ou por via indireta como a ingestão de água contaminada ou consumo de vegetais crus plantados em solo adubado com lodo contaminado. Para a utilização do biossólido no solo sem risco para a saúde humana e animal, é aconselhável a utilização de tratamentos de higienização para reduzir os patógenos nele presentes.

Segundo PROSAB (1999 a), o lodo de esgoto pode conter compostos orgânicos e substâncias químicas como um resultado da disposição de águas residuárias industriais, comerciais e esgoto doméstico. Desta forma, os pesticidas podem ser encontrados em resíduos alimentares e de jardinagem. Os ftalatos em plásticos, tintas orgânicas e outros compostos. O papel pode conter compostos orgânicos oriundos da tinta de impressão. As dioxinas podem estar presentes nas cinzas de incineradores. Na Tabela 13, são apresentados os efeitos sobre a saúde dos principais compostos orgânicos que podem estar presentes no lodo de esgoto.

TABELA 13- Principais compostos orgânicos presentes no lodo e seus efeitos na saúde.

Compostos orgânicos tóxicos	Efeitos sobre a saúde humana
Aldrin e dieldrin	Afetam o sistema nervoso central. Pode ser fatal em altas doses.
Benzeno	A exposição aguda ocasiona a depressão no sistema nervoso central.
Clordano	Provoca vômitos e convulsões. Pode causar mutações.
Lindano	Causa irritação do sistema nervoso central, náusea, vômitos, dores musculares e respiração debilitada.
Clorofórmio	Severamente tóxico em altas concentrações; danos ao fígado e ao coração; cancerígeno a roedores.
PCB	Provavelmente cancerígeno; exposição ao mesmo resulta em dores de cabeça e distúrbios visuais.
DDT	Causa problemas ao sistema nervoso central, causa decréscimo das células brancas do sangue e acumula-se nos tecidos gordurosos.

FONTE: BARROS et al. (1995) citado por PROSAB (1999 a).

Segundo CUNHA & AQUINO NETO (2000), com a finalidade de estabelecer valores-limite para a concentração de poluentes nos bioossólidos, a U.S EPA coordenou uma pesquisa, na qual 50 substâncias deveriam ser submetidas a estudos relacionados à:

- probabilidade de que o poluente pudesse se tóxico quando exposto pela aplicação do bioossólido;
- probabilidade de ocorrer a exposição do homem ou do meio ambiente aos poluentes pela aplicação dos bioossólidos; e
- disponibilidade de dados de toxicidade e de exposição para os poluentes considerados.

Com relação aos compostos orgânicos, foi observado que os níveis de substâncias orgânicas tóxicas detectados nos bioossólidos dos Estados Unidos foram extremamente baixos, tanto que essas substâncias foram excluídas da Norma 40 CFR 503, responsável pela regulamentação dos bioossólidos naquele país. Foram eliminados quatorze poluentes da redação final da legislação norte-americana de 19/02/93, eles são: Aldrin / Dieldrin, Benzo (A) Pireno, Clordano, DDT / DDD / DDE, Dimetiltrosamina, Heptacloro, Hexacloro benzeno, Hexacloro butadieno, Lindano, PCB's, Toxafeno e Tricloroetileno, SANTOS (1996).

Segundo CUNHA & AQUINO NETO (2000), estes compostos orgânicos tóxicos não foram considerados no regulamento americano devido aos seguintes critérios:

- o poluente foi banido, teve o seu uso restrito ou não é mais fabricado nos Estados Unidos;
- o poluente não foi detectado a uma frequência significativa (5%) nos bioossólidos; e,
- não é esperado que o limite de concentração do poluente, definido pela avaliação de risco, seja excedido nos bioossólidos.

3.4 Processos de Tratamento de Lodo

Conforme U.S. EPA (1995b), são diversos os processos no tratamento do lodo de esgoto, e cada um deles é responsável por mudanças físicas, químicas e biológicas nos lodos, que também irão interferir na sua disposição final. Na Tabela 14, são apresentadas resumidamente as diversas unidades de tratamento de esgoto, juntamente com os efeitos causados nas características gerais do lodo.

TABELA 14 - Efeitos dos processos de tratamento de lodo de esgoto

Unidade de tratamento	Efeitos no lodo
Adensamento – Separação dos sólidos e líquido por gravidade, flotação ou centrifugação	Aumento da concentração de sólidos pela remoção de água, e a conseqüente diminuição do volume do lodo.
Digestão (Aeróbia e Anaeróbia) – Estabilização biológica do lodo através da conversão de parte do material orgânico em dióxido de carbono, metano e água.	Redução do material volátil e biodegradável contido no lodo, que é convertido em material solúvel ou gás. Poderá reduzir o volume devido à concentração de sólidos. Reduz os índices de microrganismos patogênicos e controla a putrefação e odor.
Estabilização Alcalina – Estabilização do lodo através da adição de elemento alcalino.	Eleva o pH do lodo. Reduz temporariamente a atividade biológica. Reduz o nível de microrganismos patogênicos e controla a putrefação. Aumenta a massa de sólidos secos.

(continua)

TABELA 14 - Efeitos dos processos de tratamento de lodo de esgoto

(conclusão)

Unidade de tratamento	Efeitos no lodo
Condicionamento – A alteração das propriedades do lodo facilita sua separação da água. O condicionamento pode ser realizado de diversas maneiras, como por exemplo, adicionando elementos químicos inorgânicos como a cal, e o cloreto férrico; adicionando elementos químicos orgânicos como polímeros; misturando o lodo digerido com água e re-sedimentando; ou elevando a temperatura brevemente e pressurizando. Também causa a desinfecção.	Melhora o lodo para a desidratação. Pode aumentar a massa de sólidos secos sem o aumento do material orgânico. Pode também melhorar a compactabilidade e estabilização do lodo. Geralmente, quando tratado com polímeros, o lodo tende a ficar viscoso e escorregadio. Alguns lodos condicionados são corrosivos.
Desidratação – Separação do líquido do sólido. Os métodos de desidratação incluem os filtros vácuos, centrífugas, filtros-prensas, lagoas, esteira-prensa e leitos secantes.	Aumenta a concentração de sólidos do lodo de 15% para 40% para os lodos orgânicos e 45% ou mais para os lodos inorgânicos, diminuindo o seu volume. Uma parte do nitrogênio e outro material solúvel é removido com a água. Reduz a quantidade de combustível necessária na secagem térmica.
Compostagem – Processo aeróbio envolvendo a estabilização biológica do lodo em uma leira.	Diminui a atividade biológica. Pode destruir a maioria dos microrganismos patogênicos. Degrada o lodo, resultando num material semelhante ao húmus.
Secagem Térmica – A aplicação de calor mata os microrganismos e elimina grande parte a água contida no lodo.	Ação desinfetante. Destruição da maioria dos microrganismos patogênicos. Diminui os problemas de odor e atividade biológica.

FONTE: Adaptado de U. S. EPA (1995 a).

3.4.1 Adensamento do Lodo

O adensamento do lodo proveniente das unidades de tratamento de esgoto consiste no aumento da concentração de sólidos nele contido, através da remoção parcial da quantidade de água que caracteriza o seu grau de umidade (JORDÃO & PESSOA, 1995). Ou seja, a finalidade do adensamento do lodo é a redução do volume do lodo através da remoção de umidade nele presente. É interessante que o lodo antes de ser desidratado passe pelo sistema de adensamento.

Segundo PROSAB (1999 b) uma pequena variação do teor de sólidos implica numa acentuada diminuição do volume total, isto explica o interesse de se construir adensadores, que são capazes de elevar o teor de sólidos de um lodo de 1% para 2,0% a 2,5%. Esta pequena elevação no teor de sólidos implica na redução de aproximadamente 50% a 60% do volume de lodo a ser disposto.

Segundo METCALF & EDDY (1991), a redução do volume do lodo irá beneficiar os processos de digestão, desidratação, secagem e combustão do mesmo, em tais aspectos:

- capacidade dos tanques e equipamentos requeridos;
- quantidade de produtos químicos necessários para o condicionamento do lodo; e,
- quantidade de energia (calor) requerida pelos digestores e a quantidade de óleo combustível gasto na secagem térmica ou incineração.

O adensamento se dá por gravidade, por flotação ou com o auxílio direto de equipamentos mecânicos como centrífugas e prensas:

- **adensamento por gravidade:** são eficientes, principalmente com o lodo primário chegando a elevadas concentrações, 8%; sendo que este desempenho não ocorre com o lodo secundário dos processos biológicos, e com o lodo misto (primário + secundário ou excedente) (JORDÃO & PESSOA, 1995). O adensamento por gravidade de um lodo ativado irá aumentar a concentração de sólidos de 1 a 2 % para 2 a 3 % MALINA (1993). Os adensadores são tanques com estrutura de concreto

armado ou metálica, o lodo sedimentado e adensado pela gravidade é retirado por raspadores apropriados e o líquido sobrenadante retorna ao tratamento primário. A estrutura e os equipamentos de remoção do lodo são semelhantes aos decantadores primários. Na Figura 2 é apresentado um desenho esquemático de uma unidade de adensamento por gravidade;

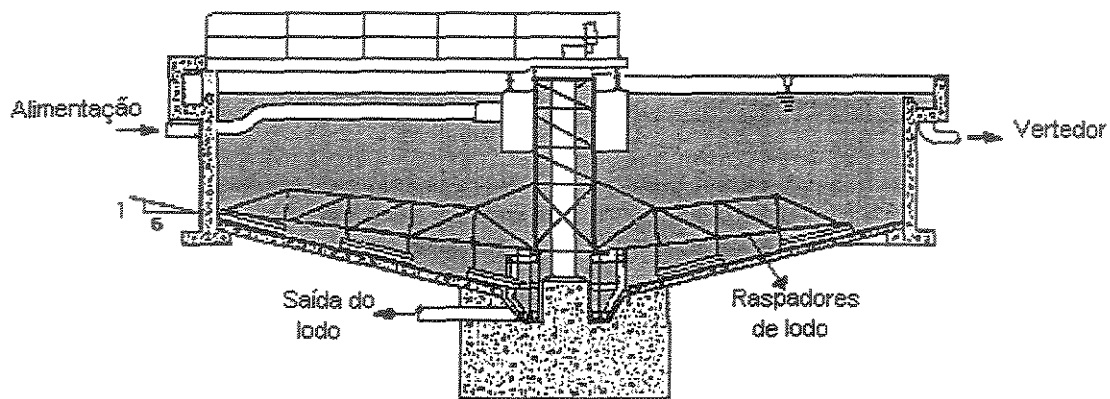


FIGURA 2 –Adensador de lodo por gravidade (desenho esquemático)

FONTE: Adaptado de JORDÃO & PESSÔA (1995).

- **adensamento por flotação:** esses adensadores também são chamados de flotadores. Apresentam melhor eficiência que os adensadores por gravidade. O fenômeno da flotação acontece pela adição de produtos químicos, ar comprimido, ou oxigênio puro. Segundo METCALF & EDDY (1991), são basicamente três as variações na operação do adensamento por flotação: flotação por ar dissolvido, flotação a vácuo e flotação por dispersão de ar. O processo de separação sólido-líquido através de ar difuso se dá pela injeção de bolhas de ar na massa líquida, as bolhas de gás se aderem às partículas sólidas diminuindo a densidade e promovendo o arraste ou flutuação até a superfície, (JORDÃO & PESSOA, 1995);

- **adensamento por centrífugas:** centrífugas são utilizadas tanto para adensar quanto para desidratar o lodo, mas a sua aplicação no adensamento é limitada, sendo indicada somente para o lodo ativado . Obtém ótimos resultados de 4 a 10 % de sólidos concentrados (METCALF & EDDY, 1991). Maiores informações sobre centrífugas são apresentadas no item 3.4.5.5 Centrífugas desse capítulo; e,
- **adensamento por filtros de esteira:** são de alimentação contínua. O lodo deverá ter sido condicionado quimicamente por polímeros orgânicos antes de ser destinado à esteira (MALINA, 1993). Depois do pré-condicionamento, o lodo passa por uma seção inicial da esteira onde sofre o espessamento através da gravidade; num segundo estágio o lodo é submetido a baixa pressão ao ser comprimido por duas esteiras que se deslocam entre rolos; na terceira fase aplica-se uma pressão mais elevada à camada de lodo, após esta fase o lodo é raspado e recolhido (JORDÃO & PESSÔA, 1995). O lodo ativado condicionado pelo uso de polímeros e posteriormente adensado atinge uma concentração de 8% de sólidos (MALINA, 1993). Maiores informações sobre os filtros de esteira são apresentadas no item 3.4.5.4 – Filtros de Esteira / Prensas Desaguadoras desse capítulo.

Em determinados sistemas de tratamento de esgoto as unidades de adensamento são completamente dispensáveis, como é o caso dos reatores UASB (reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo), que realizam o adensamento do lodo até teores de sólidos totais superiores a 8% (GONÇALVES, 1998).

JORDÃO (1993) comenta que como regra geral o lodo primário de boa qualidade pode ter de 4 a 10 % de sólidos , sendo 5% um valor típico. Já o teor de sólidos no lodo secundário é função das características do processo, tendo estabelecidas as seguintes faixas típicas:

- lodo ativado em excesso de estações clássicas de lodos ativados: 0,50 a 1,50 %;
- lodo ativado em excesso de aeração prolongada: 0,80 a 2,50 %;
- lodo ativado em excesso de estações com oxigênio puro: 1,25 a 3,00 %;
- lodo ativado em excesso de aeração prolongada com oxigênio puro: 1,50 a 4,00 %; e,
- lodo de estações com filtração biológica de alta taxa: 1,00 a 3,00 %.

Ainda segundo o mesmo autor, a quantidade de lodo retida na operação de adensamento é representada pela capacidade de recuperação de sólidos, também denominada "captura dos sólidos", que nos adensadores por gravidade pode atingir de 85 a 90 % e nos flotadores por ar dissolvido até pouco mais de 95%.

Na Tabela 15, são indicadas as faixas usuais de teor de sólidos nos diversos tipos de lodo adensado.

TABELA 15 - Teor de sólidos presentes no lodo após o seu adensamento.

Operação	Faixa usual (%)	Valor típico(%)
Adensamento por gravidade		
Lodo primário bruto	4 - 10	6
Lodo misto: primário + ativado	2 - 6	4
Lodo misto: primário + filtro biológico	4 - 8	5
Adensamento por flotação		
Lodo ativado	3 - 6	4
Adensamento por centrifugação		
Lodo ativado	3 - 8	5
Adensamento em filtros de esteira		
Lodo ativado	4 - 8	5

FONTE: JORDÃO (1993).

3.4.2 Digestão do Lodo

Segundo PROSAB (1999 b), lodo digerido é aquele que sofreu processo de estabilização biológica obtida por biodigestores anaeróbios ou aeróbios, com redução dos sólidos voláteis superior a 40%.

De acordo com CAMPOS et al (1999), a estabilização do lodo é definida como a transformação parcial do lodo por agentes químicos, físicos e biológicos, de modo que a maior parte putrescível do lodo é destruída ou tornada inativa, o que torna o lodo um produto inócuo.

A estabilização, ou digestão, do lodo de esgoto se dá através de processos, físicos, químicos e biológicos. Segundo METCALF & EDDY (1991), esta estabilização tem como objetivo a atenuação ou eliminação de algumas características negativas do lodo, como:

- redução de patógenos;
- eliminação de odores desagradáveis; e,
- inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação.

De acordo com FERNANDES (1998), existem quatro mecanismos de transformações utilizados durante a estabilização:

- redução biológica do teor de sólidos voláteis;
- oxidação química da matéria orgânica;
- alteração química do lodo que o torna um meio inadequado à atividade biológica; e,
- desinfecção do lodo através da elevação da temperatura.

Ainda segundo do mesmo autor, na estabilização biológica a parte mais putrescível do lodo é biodegradada, e a parte orgânica restante é mais resistente às transformações, por isso, o produto é mais estável. A biodegradação pode ser realizada por microrganismos mesofílicos ou termofílicos, sendo que neste último caso, além do efeito da biodegradação há também o efeito físico da temperatura, que atua na eliminação dos patógenos.

Na estabilização química, a via alcalina é a mais utilizada. A adição de cal de modo que o lodo atinja pH superior a 12 bloqueia a atividade biológica, diminui o problema de odor, elimina os patógenos e atua também na mobilidade dos metais pesados. O uso de outros produtos químicos como cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e permanganato de potássio também são utilizados, mas em pequena escala.

A secagem térmica é classificada por alguns autores como processo de estabilização, neste caso, a temperatura elimina os microrganismos patogênicos e enquanto o lodo estiver seco o odor está controlado, mas quando o lodo se reidrata, a biodegradação recomeça e o problema de maus odores reaparece (FERNANDES, 1998).

O principal processo na estabilização é o biológico, esse é classificado de acordo com a presença ou não de oxigênio livre no processo, como:

- digestão anaeróbia; e,
- digestão aeróbica.

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), na digestão anaeróbia do lodo de esgoto diversos grupos de organismos anaeróbios e facultativos assimilam e destroem simultaneamente a matéria orgânica. Normalmente, os sólidos suspensos, fixos e voláteis são removidos da massa líquida aflrente à ETE e encaminhados para serem processados em digestores, reatores biológicos ou biodigestores, onde o lodo é decomposto anaerobiamente.

Conforme FERNANDES (2000), o processo de digestão anaeróbia consiste, basicamente, na solubilização e redução de substâncias orgânicas complexas pela ação de microrganismos na ausência de oxigênio, o que resulta na produção de metano, dióxido de carbono, alguns outros gases e lodo estabilizado.

O diagrama esquemático do processo de conversão dos sólidos voláteis em um produto estável e gases é apresentado na Figura 3 .

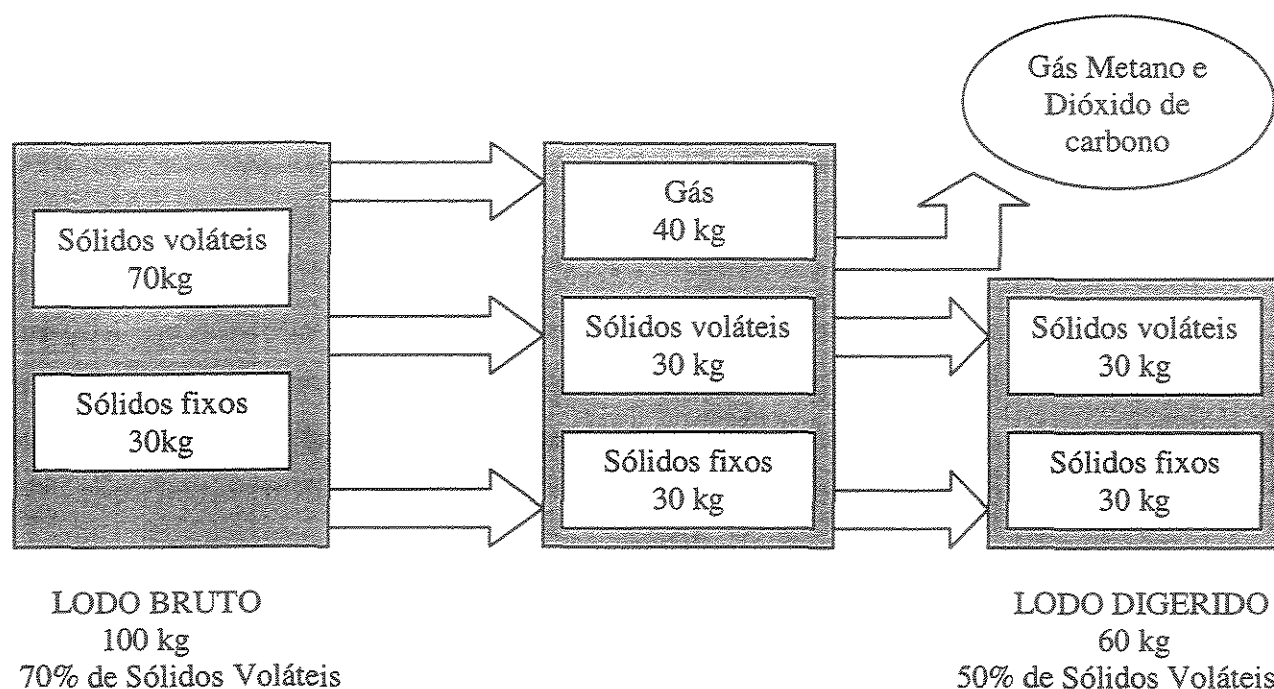


FIGURA 3 - Diagrama sistemático da conversão dos sólidos voláteis a gases (Base seca).

FONTE: MALINA (1993).

Segundo MALINA (1993), esta sistemática é baseada em 100 kg de sólidos totais no lodo bruto, sendo que 70% desse material é de sólidos voláteis. Pode ser notado que nem toda a massa de sólidos voláteis presentes no lodo são biodegradáveis biologicamente. Aproximadamente de 30 a 40% do peso inicial de sólidos voláteis adicionados no digestor ainda permaneciam presentes, mesmo depois da digestão anaeróbia. Na sistemática apresentada na Figura 3, assume-se que o lodo digerido contém 50% de voláteis; desta forma, a quantidade de sólidos voláteis no lodo digerido é a mesma que de sólidos fixos (sólidos não combustíveis). A água associada no lodo bruto e no lodo digerido não foram incluídas no balanço de massa desta ilustração. A composição do lodo introduzido nos digestores anaeróbios interfere substancialmente no produto final da digestão.

Para FERNANDES (2000), na biodegradação anaeróbia, a população microbiana responsável pelo processo pode ser dividida em três grupos: de solubilização, acidogênicas e

metanogênicas. As proteínas, lipídios, carboidratos e outras moléculas complexas são solubilizadas por hidrólise. Estes produtos são em seguida convertidos em ácidos orgânicos de cadeias curtas, como o ácido acético, propiônico e lático. Na última fase estes ácidos são transformados em metano, dióxido de carbono e outros gases pelas bactérias metanogênicas

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), a digestão anaeróbia é realizada com as seguintes finalidades:

- a) destruir ou reduzir a níveis previamente estabelecidos os microrganismos patogênicos;
- b) estabilizar total ou parcialmente as substâncias instáveis e matéria orgânica presentes no lodo fresco;
- c) reduzir o volume do lodo através dos fenômenos de liquefação, gaseificação e adensamento;
- d) dotar o lodo de características favoráveis à redução de umidade, através do processo de separação sólido-líquido; e,
- e) permitir a sua utilização, quando estabilizado convenientemente, como fonte de húmus ou condicionador de solo para fins agrícolas ou de recuperação de solos degradados.

Ainda segundo os mesmos autores, os digestores anaeróbios são, geralmente, constituídos de câmaras de concreto e podem ser classificados em função dos seguintes itens:

- **forma:** cilíndricos, prismáticos de seção retangular e ovais;
- **cobertura:** sem cobertura e com cobertura (tampa fixa ou móvel);
- **homogeneização do lodo:** com recirculação do lodo, com recirculação do gás e com agitadores;
- **temperatura de digestão:** com aquecimento e sem aquecimento;
- **estágios:**
 - simples estágio: na mesma unidade acontecem a digestão, o adensamento e a formação de sobrenadante; e,
 - múltiplos estágios: existem duas unidades, o digestor primário (homogeneizador e coletor de gases) e o digestor secundário (removedor de sobrenadante e de lodo digerido);

- **cargas do teor de sólidos voláteis:**

- baixa taxa (ou convencional): normalmente utilizada no caso de digestão de único estágio e de alta carga. Aplica-se uma taxa igual ou inferior a 1,2 kg SSV/m³.d (SSV, sólidos suspensos voláteis); e,
- alta taxa: a aplicação varia entre 1,2 a 6,0 kg de SSV/m³.d. O lodo deve ser misturado por um dos sistemas de homogeneização, e a digestão deverá ser em dois estágios.

Para MALINA (1993), as principais vantagens da digestão anaeróbia do lodo em comparação com os outros métodos de estabilização do lodo são:

- produção de gás metano, que é uma fonte de energia, podendo ser utilizada nos agitadores mecânicos e para manter a temperatura da digestão do lodo;
- redução da massa e do volume de lodo através da conversão da matéria orgânica em sólidos voláteis, metano, dióxido de carbono e água, o que resulta numa redução de custos com a disposição final do lodo;
- produção de resíduos sólidos que podem ser usados como condicionantes de solo; e,
- inativação de microrganismos patogênicos.

Mas o mesmo autor cita também algumas desvantagens da digestão anaeróbia do lodo:

- elevado custo de implantação;
- elevado tempo de detenção hidráulica. JORDÃO & PESSOA (1995) recomendam os seguintes tempos mínimos de digestão:
 - digestor não homogeneizado: 45 dias;
 - digestor convencional homogeneizado: 30 dias; e,
 - digestor de alta taxa: 15 dias; e,
- retorno do sobrenadante ao sistema, mesmo que seja relativamente pequeno, irá aumentar os teores de sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo, assim como a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) do esgoto.

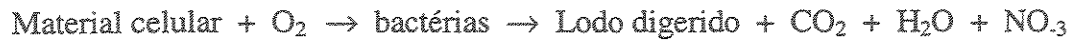
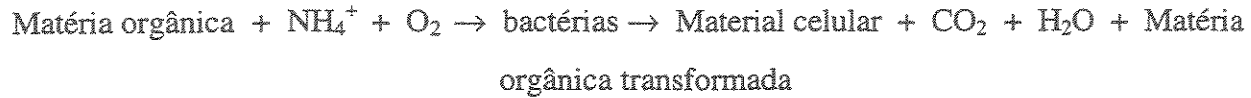
Conforme CAMPOS et al. (1999), nos projetos de estações de tratamento de esgoto, a questão da estabilização deve ser considerada. Certamente a digestão anaeróbia é a técnica mais usada para estabilizar o lodo produzido nas estações de lodos ativados. No caso dos reatores tipo UASB, a estabilização é obtida pela digestão anaeróbia do lodo, dentro do próprio reator, portanto, ao se fazer o descarte periódico do lodo, este já pode ser enviado para o processo de desidratação, estabilizado. Outras alternativas de estabilização são a digestão aeróbia, estabilização química pela adição de cal e compostagem.

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), a digestão aeróbia é um processo de oxidação dos sólidos biodegradáveis contidos no esgoto, com abundância de oxigênio dissolvido em toda a massa líquida, favorecendo, assim, a atividade de bactérias aeróbias na formação do lodo digerido (matéria orgânica estabilizada), do gás carbônico e água. Objetiva a redução de sólidos biodegradáveis e odores, além de deixar o lodo em condições favoráveis à desidratação.

Ainda conforme os mesmos autores, a digestão aeróbia é indicada no tratamento do excesso de lodo das estações de lodos ativados ou de aeração prolongada, ou ainda, no tratamento do lodo misto, combinação de lodo primário e biológico, não sendo recomendada para o tratamento do lodo primário apenas.

A digestão aeróbia é bastante semelhante ao processo de lodos ativados (METCALF & EDDY, 1991). Quando há uma grande quantidade de substrato, alimento, se dá a fase de crescimento logarítmico da população de microrganismos, e quando este material se escasseia, ocorre a fase de crescimento decrescente (JORDÃO & PESSÔA, 1995). Com a falta de alimento, os microrganismos começam a consumir o seu protoplasma para obter energia para a manutenção das reações celulares, esta fase é denominada fase endógena. O tecido celular é oxidado, gerando dióxido de carbono, água e amônia, mas somente de 75 a 80% do tecido celular é oxidado, sobrando de 20 a 25% de matéria inerte e componentes orgânicos que não são biodegradáveis (METCALF & EDDY, 1991). Ocorre, assim, uma diminuição na massa de lodo, que é representada pela formação de sólidos voláteis (CO_2HN_3) e por um decréscimo no teor de sólidos suspensos voláteis (SSV), JORDÃO & PESSÔA (1995). Portanto, o processo de digestão aeróbia passa pela oxidação direta da matéria orgânica biodegradável e conseqüente aumento da

biomassa bacteriana; e , posteriormente, pela oxidação do material microbiano celular pelos próprios microrganismos (FERNANDES, 2000):



Conforme FERNANDES (2000), processo de digestão aeróbia pode ser realizado de duas formas gerais:

- reatores com fluxo intermitente: em que o reator recebe o lodo diretamente do decantador secundário ou do adensador. Após o período de biodegradação, os aeradores são desligados, o lodo se sedimenta e o sobrenadante é retirado; e
- reatores com fluxo contínuo: o sistema opera sem interrupções. O recebimento de lodo, aeração e descarga dão processos contínuos.

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), a digestão aeróbia em relação à digestão anaeróbia apresenta as seguintes vantagens:

- operação relativamente simples;
- baixo custo de implantação;
- não produz odores e gases tóxicos ou explosivos;
- a redução de óleos e graxas é maior que na digestão anaeróbia;
- reduz a taxa de respiração do lodo;
- reduz a baixo nível a presença de microrganismos patogênicos; e,
- produz um sobrenadante, quando clarificado, com baixa concentração de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), sólidos, nitrogênio amoniacal e fósforo total.

De acordo com os mesmos autores, em contrapartida as principais desvantagens são:

- maior custo operacional, devido ao consumo de energia;

- não permite o aproveitamento do gás, o que pode ser econômico na digestão anaeróbia para grande produção de lodo; e,
- o lodo da digestão aeróbia apresenta maior dificuldade na secagem em leitos naturais do que os lodos da digestão anaeróbia, devido à sua pior filtrabilidade.

Conforme GONÇALVES & LUDUVICE (2000), várias ETEs de médio e grande porte encontram-se em operação no Brasil utilizando processos aeróbios em uma única etapa. Um consumo energético considerável e a produção significativa caracterizam esta tecnologia.

A comparação esquemática entre digestão aeróbia e anaeróbia é mostrado na Tabela 16.

TABELA 16 - Comparação entre digestão aeróbia e anaeróbia.

Parâmetro	Digestão aeróbia	Digestão anaeróbia
Tempo de detenção	12 - 15 dias	20 - 60 dias
Volume	V	2 a 4 V
Potência	agitação mecânica e transferência de oxigênio	só para aglutinação mecânica
Odor	praticamente sem odor	na fermentação ácida
Sobrenadante (DBO)	100 mg/l	500 - 1.000 mg/l
Custo de implantação	C	2C
Custo de operação	C	1/3 C
Produção de gás	não produz	20 -30 l/hab.
Remoção de SSV	40 %	50 %
Desidratação (leito de secagem)	100 m ² / 1.000 hab.	80 m ² / 1.000 hab.

FONTE: JORDÃO & PESSÔA (1995).

Segundo FERNANDES (1998), a estabilização se refere às características gerais do lodo e cita vários indicadores que podem ser utilizados para avaliar o grau de estabilização do lodo:

- odor;
- nível de redução de patógenos;
- nível de redução de sólidos voláteis;
- toxicidade;
- taxa de absorção de oxigênio;
- ATP (adenosina tri-fosfato);
- atividade enzimática;
- DBO (demanda bioquímica de oxigênio);
- DQO (demanda química de oxigênio);
- COT (carbono orgânico total);
- teor de nitrogênio (amoniaco e nítrico);
- teor de orto fosfato;
- teor de carboidratos, proteínas, lipídios;
- teor de cinzas;
- aptidão à desidratação;
- presença de protozoários e rotíferos;
- viscosidade;
- valor calorífico; e,
- combinação de vários parâmetros.

De acordo com o mesmo autor, a estabilização biológica pode resolver de maneira eficiente o problema de maus odores, porém o lodo ainda pode apresentar níveis elevados de patógenos. Neste caso, uma estabilização suplementar, com o objetivo principal de eliminar ou reduzir a concentração de patógenos a níveis pré-estabelecidos, é denominada higienização.

3.4.3 Estabilização Química Alcalina do Lodo

Conforme FERNANDES (2000), na estabilização química são adicionados produtos ao lodo que podem inibir a atividade biológica ou oxidar a matéria orgânica. O tratamento químico mais utilizado é a via alcalina, em que uma base, geralmente a cal, é misturada ao lodo, elevando-se o seu pH e destruindo a maior parte dos microrganismos patogênicos. O uso de outros produtos químicos como cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e permanganato de potássio também é possível, porém para pequena escala.

Segundo CAMPOS et al. (1999), a cal é um dos produtos alcalinos mais baratos e usados no saneamento, é utilizada para elevar o pH nos digestores, remover o fósforo nos tratamentos avançados de efluentes, condicionar o lodo para o desaguamento mecânico e estabilizar quimicamente o lodo.

O tratamento químico em que é adicionada cal ao lodo, é denominado calagem, e objetiva a elevação do pH do lodo a níveis ligeiramente superiores a 12, o que inativa ou destrói a maior parte dos patógenos presentes no lodo. Além disso, reduz muito o problema do odor. O tratamento com cal também atua no solo como um condicionador elevando o seu pH, o que é um ponto favorável, já que os solos brasileiros geralmente são ácidos (SANEPAR, 1997).

Neste processo pode-se utilizar cal virgem (CaO) ou cal hidratada [Ca(OH)₂], sendo que a cal virgem é mais indicada para uso de grandes quantidades, pois é vendida a granel; enquanto a cal hidratada é vendida em embalagens de 20 kg, ideal para o uso em pequenas quantidades. A proporção de 50% de cal em relação ao peso seco de lodo é uma relação sanitariamente segura para o tratamento (CAMPOS et al., 1999).

Ainda conforme os mesmos autores, além do pH do lodo ser superior a 12 após a adição da cal, o lodo deve ter um período de contato variável de 30 a 120 dias, para que a redução de patógenos chegue ao seu nível ótimo.

Segundo FERNANDES (2000), em pesquisas realizadas pela SANEPAR sobre a eficiência da calagem como método de desinfecção do lodo, foram testadas doses de 30, 40 e 50% de cal, em relação ao peso seco de lodo. Como demonstrado na Tabela 17, as *Salmonellas* e os cistos de protozoários são destruídas com qualquer dosagem. Os estreptococos são 100% eliminados com 50% de cal. O tempo de contato utilizado nas amostras citadas na tabela 17 foi de 20 dias, mas estudos posteriores mostraram que o tempo de 3 meses é o ideal para uma melhor eficiência do processo. Na Tabela 17 é apresentada uma comparação das médias aritméticas dos percentuais de remoção de microrganismos patogênicos entre os tratamentos de calagem a 30%, 40 % e 50 % em relação ao peso seco de lodo.

TABELA 17 – Percentuais de remoção de microrganismos patogênicos para tratamento de calagem a 30, 40 e 50 % em relação ao peso seco de lodo.

Cal %	Coliformes totais	Coliformes fecais	Salmonella	Estreptococos	Ovos de Helminotos	Lavras de Helminotos	Cistos de Protozoários
30	99,40	100	100	92,23	75,33	100	100
40	98,14	100	-	98,71	81,00	98,38	100
50	99,95	100	100	100	77,33	100	100

FONTE: FERNANDES et al. (1996) citado por FERNANDES (2000).

Recentemente, novas tecnologias de tratamento alcalino foram colocadas no mercado, tais como a estabilização alcalina avançada, conhecida comercialmente como processo “N-viro”. Este processo consiste em adicionar cal ao lodo até que este atinja pH 12, ou superior, cujos efeitos são a destruição de microrganismos patogênicos, diminuição do odor gerado pelo lodo e fixação de metais pesados (FERNANDES, 2000).

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), a estabilização química com cal atua nos seguintes aspectos:

- eleva do pH;
- reduz temporariamente a atividade biológica;

- reduz o número de organismos patogênicos;
- controla a putrescibilidade;
- eleva a massa de sólidos secos no lodo;
- o pH elevado no lodo estabilizado quimicamente mantém uma solidificação dos metais pesados enquanto este for mantido; e,
- pode ser realizada antes de lançamentos em aterros sanitários e aplicação no solo.

Mas a calagem apresenta também alguns aspectos negativos, GONÇALVES & LUDUVICE (2000):

- requer a adição de no mínimo 35% do peso seco do lodo em cal;
- manutenção do pH igual a 12 durante um tempo prolongado;
- necessita de uma mistura eficiente para assegurar um tratamento homogêneo do lodo, o que é difícil quando ele se encontra bastante desidratado, ST > 30%;
- perda de nitrogênio por volatilização de NH_3 ;
- desprendimento de odores; e,
- limitações do lodo como insumo agrícola no caso de solos com pH elevado.

Segundo FERNANDES (2000), novas tecnologias de estabilização do lodo estão sendo desenvolvidas em países desenvolvidos. Dentre estas novas técnicas podemos citar a Oxidação úmida, “APO-Air oxidation process”. Neste sistema, o lodo deve apresentar de 2 a 7% de sólidos, o qual passa por um moedor que deixa as partículas com um diâmetro inferior a 3 milímetros. A oxidação úmida ocorre em altas pressões, para isto, é necessário a injeção de oxigênio em colunas enterradas em poços de 1.200 a 1.500 metros de profundidade, onde ocorre a transformação da matéria orgânica que produz dióxido de carbono, água, ácidos orgânicos fracos e material mineral. Após a oxidação no reator, os gases são eliminados e não produzem odores. A fase líquida contém componentes orgânicos facilmente biodegradáveis, principalmente o ácido acético, e retorna ao sistema de tratamento. A fase sólida é um produto estéril, composta por minerais, com destruição de 95 a 97% do total de sólidos voláteis.

Outra nova tecnologia é a da pasteurização, neste sistema o lodo com 4 a 8 % de sólidos é colocado em reatores, onde é injetada amônia anidra até a elevação do pH a 11,5. Após uma hora,

há uma grande redução de microrganismos patogênicos, devido à presença de amônia livre. Numa próxima etapa é feita a adição de ácido fosfórico e a reação exotérmica provoca elevação da temperatura a 65-70°C. Em seguida, o lodo pode ser desidratado (FERNANDES, 2000). Segundo GONÇALVES & LUDUVICE (2000), a pasteurização não agrega massa ao lodo, melhora as suas características no que se refere à desidratação e não demanda produtos químicos.

3.4.4 Condicionamento

Para auxiliar no desaguamento/secagem do lodo é necessária a utilização de produtos químicos que funcionam como agentes coagulantes. O condicionamento químico provoca a alteração das propriedades do lodo, facilitando sua separação da água durante as operações de desidratação, principalmente mecânica.

Segundo U.S.EPA (1984) citado em U.S.EPA (1995 a), o condicionamento pode ser realizado de diversas maneiras, como por exemplo, adicionando elementos químicos inorgânicos como a cal, e o cloreto férrico; ou então adicionando elementos químicos orgânicos como polímeros.

Conforme GONÇALVES & LUDUVICE (2000), os principais coagulantes utilizados são os coagulantes metálicos e os polieletrólitos. Os coagulantes metálicos mais comuns são: sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso, e cal virgem/hidratada. Os polímeros são compostos orgânicos sintéticos de alto peso molecular que podem ser usados como coagulantes ou auxiliares de floculação; dependendo da carga superficial são classificados em catiônicos, aniônicos e não iônicos.

U.S.EPA (1995 a) cita algumas particularidades do condicionamento do lodo:

- melhora o lodo para a desidratação;

- aumenta a massa de sólidos secos (por exemplo, adição de cal e cloreto férrico), sem o aumento do material orgânico. Segundo METCALF & EDDY (1991), este aumento da massa de sólidos secos pode ser da ordem de 20 a 30 %;
- pode melhorar a compactabilidade do lodo;
- pode melhorar a estabilização do lodo;
- geralmente, quando tratado com polímeros, o lodo tende a ficar viscoso, escorregadio e menos prático que os outros lodos; e,
- alguns lodos condicionados são corrosivos.

JORDÃO & PESSÔA (1995) alertam que no caso de incineração, o condicionamento é responsável pela necessidade de uma maior quantidade de combustível auxiliar, devido aos sólidos inertes adicionados.

3.4.5 Desidratação / Secagem / Desaguamento

O processo responsável pela redução do volume do lodo, através da redução do seu teor de água, tem várias denominações como: desidratação, secagem ou desaguamento. Estes três termos são empregados na literatura.

O tratamento da fase líquida do esgoto e os processos de estabilização do lodo geram um material com alto teor de umidade, fazendo-se necessária a sua desidratação. O lodo digerido, geralmente, atinge teores de umidade em torno de 96 %, ou seja, 4% de teor de sólidos.

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), uma pequena remoção de umidade do lodo produz uma considerável redução do volume inicial do mesmo, como demonstrado de forma simplificada na Equação 1:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{100 - H_2}{100 - H_1} \quad (1)$$

onde, V_1 = volume do lodo com umidade H_1 (%) e,

V_2 = volume de lodo com umidade H_2 (%).

Estes valores são afetados pelo peso específico correspondente aos teores de umidade, os quais não foram considerados na fórmula apresentada, devido à sua insignificância nas variações normais de umidade nos processos convencionais de secagem.

Segundo METCALF & EDDY (1991), são várias as razões para desidratar o lodo:

- os custos de transporte do lodo para o seu destino final serão menores, se o volume do lodo for menor;
- o lodo desidratado é mais facilmente manuseado;
- o lodo desidratado (diminuição do teor de umidade) apresenta uma incineração mais eficiente;
- a desidratação antes da compostagem reduz a quantidade de agentes estruturantes;
- a remoção de parte da água contida do lodo é necessária para a produção de um produto sem odores desagradáveis e putrescível; e,
- a prévia desidratação do lodo é necessária para a sua disposição em aterros, pois diminui a produção de chorume.

Segundo U.S.EPA (1984) citado por SPELLMAN (1997 a), os sistemas de secagem podem ser classificados em processos naturais ou mecânicos. Os sistemas naturais são aqueles que a água é removida pela evaporação e gravidade. Conforme PROSAB (1999 b), os sistemas de secagem naturais são dependentes do clima, aspecto que favorece a sua implantação em regiões quentes como o Brasil. São classificados como sistemas naturais os leitos de secagem, as lagoas de lodo e a disposição do lodo sobre o solo. Outro fator importante nos sistemas naturais é que o lodo deve estar bem digerido para facilitar a drenagem e não provocar problemas de maus odores. De acordo com SPELLMAN (1997 a), são considerados sistemas mecânicos de secagem, os filtros a vácuo, filtros prensa, filtros de esteira e centrífugas.

Para GONÇALVES & LUDUVICE (2000), as ETEs de pequeno porte, localizadas em regiões onde não existem restrição quando a área, os processos naturais como leitos de secagem são considerados como a melhor opção, mas para as ETEs de médio e grande porte situadas em regiões metropolitanas o ideal é utilizar o desaguamento mecânico.

U.S.EPA (1982) citada por SPELLMAN (1997 a), lista as características dos bioossólidos que são mais significantes no processo de secagem:

- **pH:** determina o tipo de polímero usado no condicionamento;
- **sólidos fixos:** quanto maior for a sua porcentagem, mais fácil será a secagem;
- **septicidade:** quando os bioossólidos se tornam sépticos, a secagem ocorre com mais dificuldade e requer o uso de mais agentes químicos;
- **temperatura:** a temperatura dos bioossólidos está indiretamente relacionada com a viscosidade da água presente na massa do lodo. Assim, se a temperatura dos bioossólidos aumenta, a viscosidade da água presente diminui;
- **compressibilidade:** as partículas de bioossólidos são compressíveis. Esta característica tende a deformar e reduzir os espaços livres entre as partículas, inibindo a movimentação da água, dificultando assim a secagem do lodo;
- **tamanho das partículas:** é o fator mais influente na secagem dos bioossólidos.

Quanto menores as partículas dos bioossólidos, maiores serão as suas áreas superficiais, desta forma, os efeitos do aumento da área superficial serão:

- aumento da força de resistência ao movimento da água;
 - aumento da força de atração da água às partículas, devido à maior área disponível para a adsorção; e,
 - maior repulsão elétrica entre as partículas de bioossólidos, devido à maior área superficial carregada negativamente; e,
- **carga superficial da partícula e hidratação:** as partículas de bioossólidos têm a superfície carregada negativamente e repelem-se umas as outras quando aproximadas. Essa força de repulsão faz com que as moléculas de água sejam atraídas para a superfície das partículas de bioossólidos, tornando a desidratação mais difícil. Uma grande quantidade de energia térmica é necessária para a remoção dessa água.

3.4.5.1 Leitos de Secagem

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente, em forma de tanques retangulares nos quais ocorrem a redução de umidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem, JORDÃO & PESSÔA (1995).

Conforme GONÇALVES & LUDUVICE (2000), esta tecnologia é recomendada para comunidades de pequeno e médio portes, com ETEs que atendam a uma população de até 20.000 habitantes e localizadas em áreas afastadas da zona urbana.

Segundo PROSAB (1999 b), os leitos de secagem são constituídos de caixas com sistema de drenagem, sobre a qual são colocadas camadas de brita, seguidas de camadas de areia. Normalmente, sobre a areia são assentados tijolos perfurados capazes de manter a estabilidade mecânica do sistema e ao mesmo tempo permitir a passagem do excesso de água. Na Figura 4 são apresentados alguns detalhes construtivos do leito de secagem.

Ainda conforme PROSAB (1999 b), os leitos de secagem são operados em regime de batelada, sendo que a remoção do lodo seco é necessária antes da aplicação de cada nova batelada. O lodo ao ser removido apresenta teor de sólidos de 40 a 75% de acordo com o clima e o período de secagem. Os leitos de secagem geralmente ficam ao ar livre, mas podem ser cobertos o que impede a entrada da água da chuva, e tomando o cuidado de deixar aberturas laterais para facilitar a evaporação. Ainda segundo PROSAB (1999 b), vários estudos realizados no Estado do Paraná apontam para um ciclo de secagem com duração de 25 dias

De acordo com JORDÃO & PESSÔA (1995), o funcionamento dos leitos de secagem é baseado em um processo natural de perda de umidade, que se desenvolve devido aos seguintes fenômenos:

- liberação de gases dissolvidos ao serem transferidos do digestor (pressão elevada) e submetidos à pressão atmosférica nos leitos de secagem;

- liquefação, devido à diferença do peso específico aparente do lodo digerido e da água, estabelecendo a flotação do lodo e rápida drenagem da água;
- evaporação natural da água devido ao contato íntimo com a atmosfera; e,
- evaporação devido ao poder calorífico do lodo.

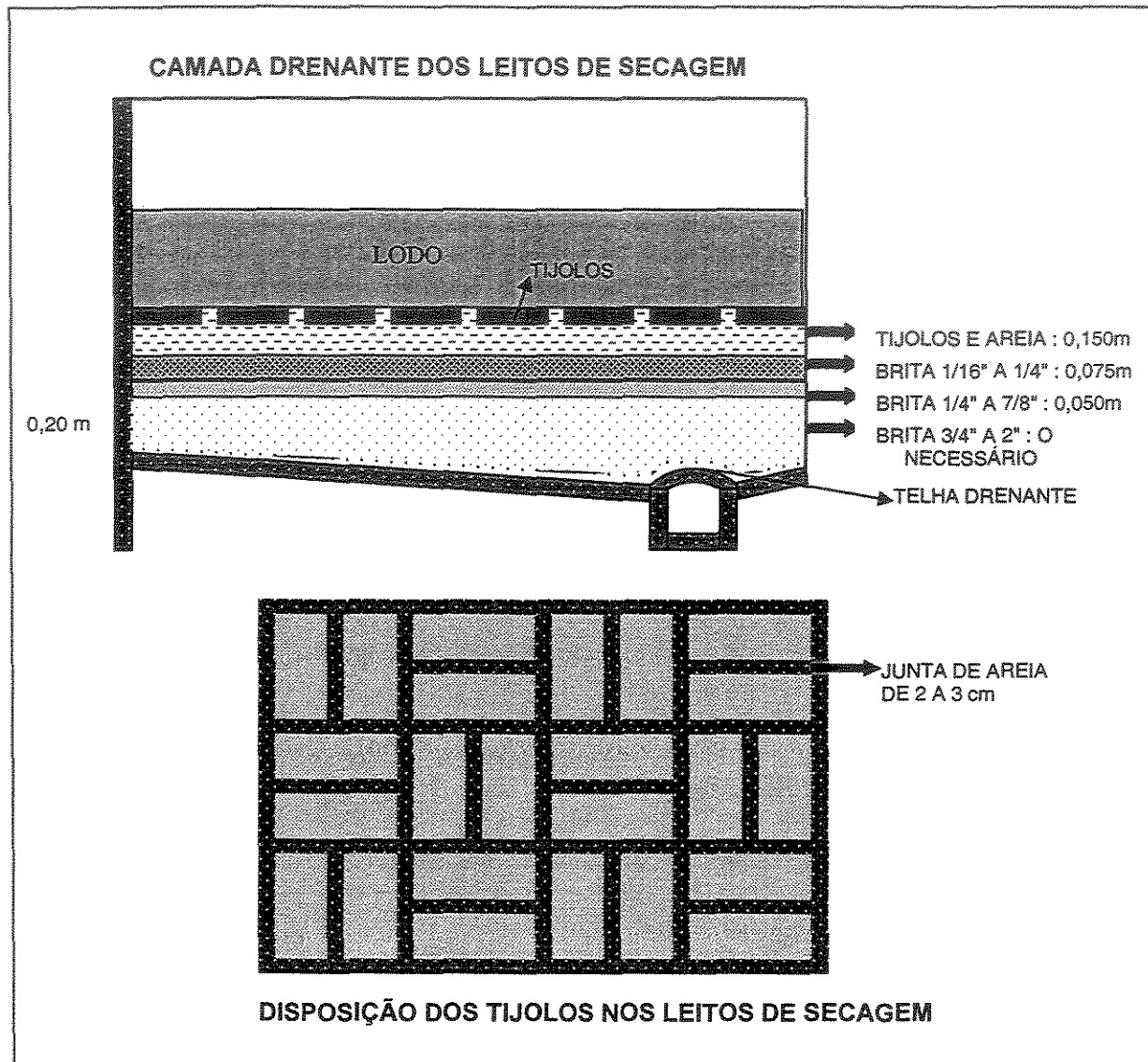


FIGURA 4 –Leito de secagem (desenho esquemático)

FONTE: JORDÃO & PESSÔA (1995).

Os autores GONÇALVES & LUDUVICE (2000) apresentam as principais vantagens do processo de leitos de secagem, são elas:

- baixo valor de investimento;
- necessidade de operador com baixo nível de qualificação devido à simplicidade operacional e ao baixo nível de atenção exigido;
- baixo consumo de energia elétrica;
- baixo consumo de produto químico;
- sistema com baixa sensibilidade às variações nas características do lodo; e,
- torta com alto teor de sólidos.

Os mesmos autores também apresentam os fatores negativos no sistema de leitos de secagem, dentre eles destacam-se:

- grande área requerida;
- exigência da estabilização prévia do lodo;
- influência significativa do clima no desempenho operacional do processo;
- a retirada da torta seca é um processo lento e requer muita mão de obra;
- risco de liberação de odores desagradáveis, causando também a proliferação de moscas; e,
- elevado risco de contaminação do lençol freático, caso os fundos dos leitos e o sistema de drenagem não sejam bem executados.

Para CAMPOS et al. (1999), vários fatores interferem na eficiência dos leitos de secagem:

- quanto melhor a estabilização do lodo, mais fácil será a percolação da água e mais curto o tempo total de um ciclo de secagem;
- a granulometria do leito de secagem pode interferir na velocidade do processo de percolação, e causar problemas de colmatção, reduzindo a permeabilidade do leito;
- as condições climáticas podem favorecer a evaporação: baixa umidade relativa do ar, vento, temperatura elevada e ausência de precipitação; e,
- a presença de cobertura do leito pode resultar em uma redução da taxa de evaporação, mas por outro lado serve como proteção contra chuva e geada.

3.4.5.2 Lagoas de Secagem

As lagoas de secagem apresentam a mesma finalidade dos leitos de secagem. Elas diferem dos leitos quanto ao funcionamento, por não prever percolação de água. Em vez disso, há a possibilidade de retirar a camada de água que se forma sobre a batelada de lodo, quando esta é colocada na lagoa. O restante tem de ser evaporado, de modo que, em geral, a secagem em lagoas demora bem mais que em leitos, mas em contrapartida a construção é muito mais simples, CAMPOS et al. (1999). O ciclo de secagem pode durar de 3 a 6 meses, PROSAB (1999 b).

O sistema estrutural das lagoas resume-se no emprego de reservatórios feitos de terra ou em simples depósitos de lodos em depressões de terreno cujas características evitem problemas ambientais, JORDÃO & PESSÔA (1995). Os sistemas típicos de lagoas não contam com sistemas de drenagem de fundo, mas em algumas situações apresentam um sistema de drenagem lateral. Quando houver acúmulo de água de chuva na superfície, esta deve ser removida por drenos intermediários e voltar ao sistema de tratamento, PROSAB (1999 b).

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), em função da sua forma e dos métodos construtivos, as lagoas de lodo são unidades semelhantes às lagoas de estabilização anaeróbia. Mas com relação ao seu funcionamento, o projeto deverá ser orientado para facilitar a evaporação, respiração e drenagem do líquido separado do sólido durante o período de armazenamento. Os autores citam ainda alguns fatores intervenientes relacionados às características construtivas e de funcionamento das lagoas:

- grandes profundidades;
- carregamento contínuo ou de pequenos períodos entre cada alimentação;
- lodo úmido lançado diretamente sobre o lodo em processo de secagem;
- estratificação indefinida das camadas líquidas e sólidas;
- chuva;
- operação lenta de remoção do lodo seco e de limpeza das unidades; e,
- possibilidade de influência no movimento do lençol freático.

3.4.5.3 Filtros Prensa

Os filtros prensa representam um equipamento de grande eficiência na desidratação mecânica. É comum obter-se uma torta com teor de sólidos na faixa de 25 a 50% e cerca de 90 a 98% dos sólidos presentes na torta, JORDÃO & PESSÔA (1995).

Os filtros prensa são constituídos por várias placas filtrantes, que uma vez preenchidas com lodo são comprimidas hidráulicamente, o que força a saída de água. Mas antes da compressão, há a necessidade de que o lodo seja condicionado quimicamente (PROSAB, 1999b). A adição desses condicionantes objetiva a floculação do material, sendo que os mais usados e adequados às condições do lodo digerido são: cloreto férrico e cal, sulfato ferroso e cal, sulfato férrico e cal e polieletrólitos.

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), as placas verticais do filtro prensa são revestidas por um tecido filtrante e são mais espessas nas bordas que na parte central, de modo a acumular o lodo neste espaço. Depois de preenchidas, as placas são submetidas a uma pressão crescente (de 5 a 15 bar), assim a parte líquida é forçada a atravessar o meio filtrante, sendo recolhida por orifícios de drenagem, e retorna ao início do tratamento.

O ciclo de operação do filtro prensa varia entre 3 e 5 horas, podendo ser dividido em três etapas básicas: enchimento, filtração sob pressão máxima e descarga da torta. A duração do tempo de batelada varia de acordo com a vazão da bomba de alimentação, tipo de lodo, teor de sólidos e filtrabilidade do lodo afluente e do tipo, estado e grau de limpeza da tela (GONÇALVES & LUDUVICE, 2000).

Um desenho esquemático do funcionamento do filtro prensa é apresentado na Figura 5.

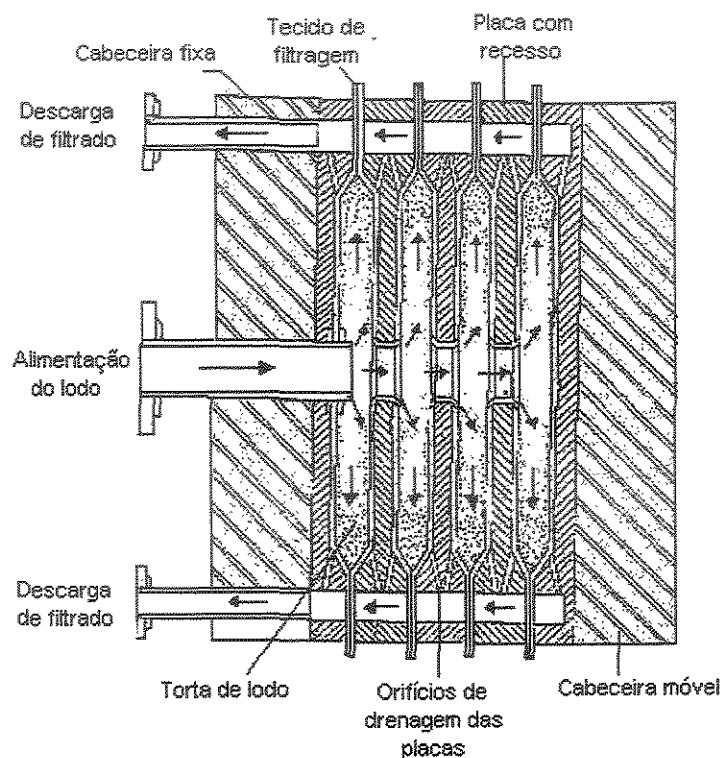


FIGURA 5 – Filtro Prensa (desenho esquemático)

FONTE : JORDÃO & PESSÔA (1995).

METCALF & EDDY (1991) citam algumas vantagens e desvantagens relacionadas ao uso do filtro prensa:

- vantagens:
 - alta concentração de sólidos presentes na torta de lodo;
 - efluente bem clarificado; e
 - elevada captura de sólidos;
- desvantagens:
 - complexidade mecânica;
 - grande mão-de-obra envolvida na retirada da torta;
 - elevados gastos com condicionantes químicos; e
 - limitação da vida útil do tecido filtrante.

Os autores, GONÇALVES & LUDUVICE (2000), também citam outros aspectos do sistema de filtros prensa: requerem um baixo consumo de produtos químicos para condicionamento do lodo e os mecanismos são automatizados, o que reduz a necessidade de mão de obra. Mas em contrapartida, o peso do equipamento, o seu custo de aquisição e a necessidade de substituição regular das telas de filtração fazem que o uso do filtro prensa seja limitado às ETEs de médio e grande porte. Alguns dados sobre o desempenho deste equipamento são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 – Desempenho típico do filtro prensa.

Tipo de Lodo	Teor de sólidos na torta (%)	Duração do ciclo (horas)
Primário	45	2,0
Primário + ativado	45	2,5
Lodo ativado	45	2,5
Primário anaeróbio	36	2,0
Anaeróbio + ativado	45	2,0

FONTE: GONÇALVES & LUDUVICE (2000).

3.4.5.4. Filtros de Esteira / Prensas Desaguadoras

Os filtros de esteira que também são denominados "prensas desaguadoras", operam com menor eficiência na remoção da umidade do lodo. Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), obtém-se uma torta seca com teores de sólidos na faixa de 15 a 25%, ou seja de 75 a 85% de umidade, e consegue-se uma captura de 85 a 98% de sólidos na torta. Com estes níveis de eficiência, o lodo resultante adquire uma consistência pastosa.

Conforme GONÇALVES & LUDUVICE (2000), o lodo depois de passar por um pré-condicionamento, geralmente feito com polieletrólitos, segue para a prensa desaguadora, que tem um processo de operação consistido em três etapas:

- a) **zona de separação por simples peneiramento:** o lodo é aplicado sobre uma tela superior e a água livre percola sob ação da gravidade através dos furos existentes na tela;
- b) **zona de baixa pressão:** local onde o restante da água livre é removido, e o lodo suavemente comprimido entre as telas superior e inferior; e,
- c) **zona de alta pressão:** formada por vários roletes de diferentes diâmetros em série, o lodo é comprimido progressivamente entre as duas telas com o objetivo de liberar a água intersticial. A seguir, o lodo desaguado é removido por meio de raspadores e telas lavadas com jatos de alta pressão.

Na Figura 6 é apresentado um desenho esquemático do funcionamento de um filtro de esteira.

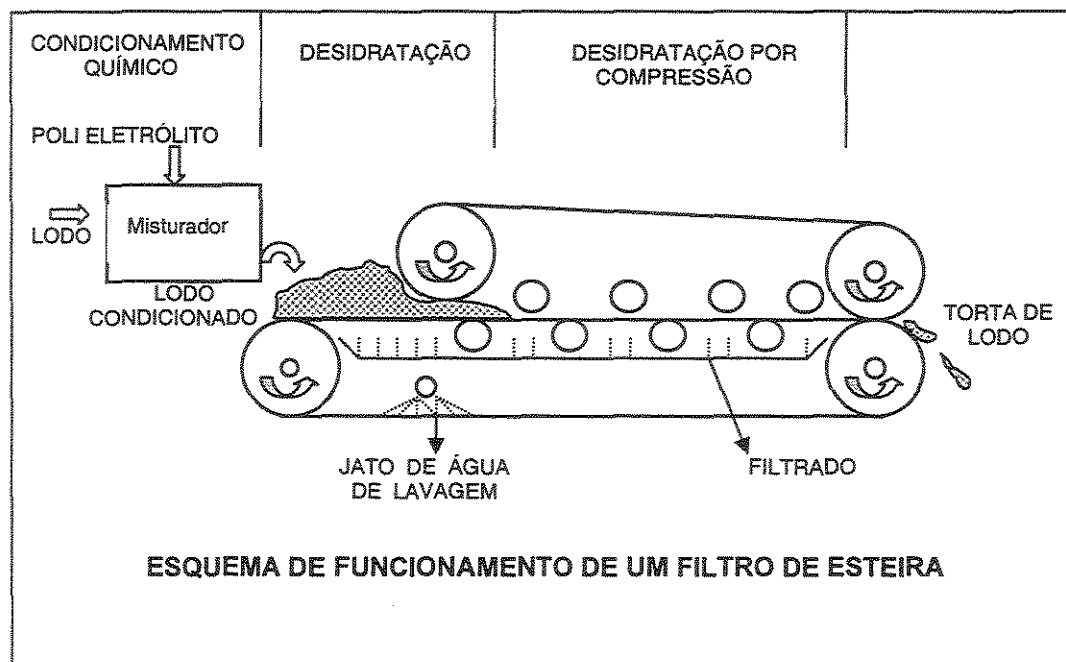


FIGURA 6 – Filtro de esteira (desenho esquemático)

FONTE: Adaptado de JORDÃO & PESSÔA (1995).

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), os resultados da operação do filtro esteira são influenciados pelas seguintes variáveis:

- tipo e dosagem do polieletrólito;
- mistura do polieletrólito;
- taxa de aplicação do lodo a esteira;
- velocidade da esteira; e,
- pressão sobre a esteira.

Além dos tópicos acima citados, PROSAB (1999 b) menciona outro fator influente nos resultados operacionais do filtro esteira: as características e a porosidade das cintas desaguadoras, que têm larguras que variam de 0,5 a 3,5 metros, normalmente.

GONÇALVES & LUDUVICE (2000) citam como fatores positivos no uso do filtro esteira: o baixo custo de aquisição e o reduzido consumo de energia. Citam ainda como desvantagens: a emissão de aerosol, o elevado nível de ruído produzido, a eventual emissão de odores desagradáveis, além do elevado número de rolamentos (40-50).

Na Tabela 19, é apresentado o desempenho da prensa desaguadora, ou filtro esteira, para diversos tipos de lodo.

TABELA 19 – Desempenho típico do filtro esteira / prensa desaguadora.

Tipo de Lodo	Teor de sólidos na torta (%)	Captura de sólidos (%)
Anaeróbico (50% primário + 50% ativado)	18 – 45	95
Aeróbico (ativado digerido aerobiamente)	14 – 18	92 – 95
Lodo ativado	14 – 18	90 – 05
Bruto Primário	23 – 25	95
Bruto misto	23 - 28	95

FONTE: Adaptado de GONÇALVES & LUDUVICE (2000).

3.4.5.5. Centrífugas

As centrífugas são equipamentos utilizados tanto para o adensamento como para o desaguamento do lodo; sendo comum a instalação de centrífugas em série, a primeira para o adensamento e a segunda para o desaguamento, GONÇALVES & LUDUVICE (2000).

As centrífugas têm sido uma das alternativas mais adequadas para a desidratação do lodo, devido à sua simplicidade de operação e à obtenção de uma torta seca que pode ser manipulada como um material sólido com cerca de 25 a 35 % de sólidos, ou seja de 65 a 75 % de umidade, e captura de sólidos superior a 98 e 99%. Apresentam ainda as vantagens de ter operação contínua, fazer uso de polieletrólitos e ocupar pequenas áreas, (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

Atualmente as centrífugas mais utilizadas são do tipo “decanter”, segundo MALINA (1993), este tipo de equipamento consiste em um tambor e uma rosca transportadora que giram na mesma direção, mas em velocidades diferentes. A velocidade de rotação do tambor é ligeiramente diferente à da rosca, de forma a produzir o efeito transportador, sendo que a rosca transportadora gira um pouco mais lentamente que o tambor.

Segundo SPELLMAN (1997 a), a força centrífuga no tambor é função do produto do diâmetro do tambor pelo quadrado da velocidade de rotação. Como o diâmetro do tambor é um valor fixo em um determinado equipamento, a variação da força centrífuga é feita através da variação da velocidade de rotação do tambor. Usualmente, os novos equipamentos que atingem elevadas velocidades de rotação, são capazes de aplicar uma força centrífuga de 2.500 a 4.000 vezes superior à força da gravidade, enquanto que as máquinas convencionais operam na faixa de 1.000 a 2.000 vezes superior à força gravitacional.

Existem dois tipos de centrífugas “decanter” utilizadas para a desidratação do lodo: as de fluxo em contracorrente e as em eqüicorrente. Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), nas centrífugas de fluxo contracorrente a fase sólida e a fase líquida escoam em sentidos contrários, e

pela ação da força centrífuga, os sólidos mais pesados são levados às paredes internas do tambor, enquanto a parte líquida escoar para a extremidade oposta, onde é retirada. Os sólidos separados são então arrastados pela ação de uma rosca transportadora para a extremidade cônica, de onde são igualmente retirados. A rosca gira numa rotação ligeiramente inferior à rotação do tambor. Segundo SPELLMAN (1997 a), a maioria das centrífugas utilizadas são do tipo contracorrente.

Nas máquinas tipo eqüicorrente, os fluxos de sólidos e líquidos escoam no mesmo sentido, de modo que os sólidos atravessam toda a extensão da centrífuga até serem retirados na parte cônica, e a parte líquida se locomove no mesmo sentido (JORDÃO & PESSÔA, 1995). Para SPELLMAN (1997 a), as centrífugas tipo eqüicorrente apresentam uma turbulência menor que as do tipo contracorrente (a torta de lodo e o líquido atravessam o tambor seguindo rotas paralelas), além de promover uma maior compactação e um produto final mais seco, pois os bio-sólidos são transportados através do comprimento total do tambor.

Conforme GONÇALVES & LUDUVICE (2000), as centrífugas do tipo “decanter” são constituídas das seguintes principais partes:

- base suporte: fabricada em aço ou ferro fundido, possui isoladores de vibração para reduzir a transmissão de vibração;
- tambor: decantador horizontal de formato cilíndrico-cônico, com características variáveis de acordo com o fabricante. A relação do seu comprimento com o seu diâmetro varia entre 2,5:1 e 4:1; com diâmetros variando entre 230 e 1.800 milímetros;
- parafuso transportador: esta rosca é localizada no interior do tambor mantendo uma abertura radial de 1 a 2 mm, suficiente apenas para a passagem do líquido centrifugado; e,
- conjunto redutor: possibilita o diferencial de velocidade entre o tambor e o parafuso transportador, que varia entre 1 a 30 rpm.

Nas FIGURAS 7 e 8 são apresentados os desenhos esquemáticos das centrífugas contracorrente e eqüicorrente.

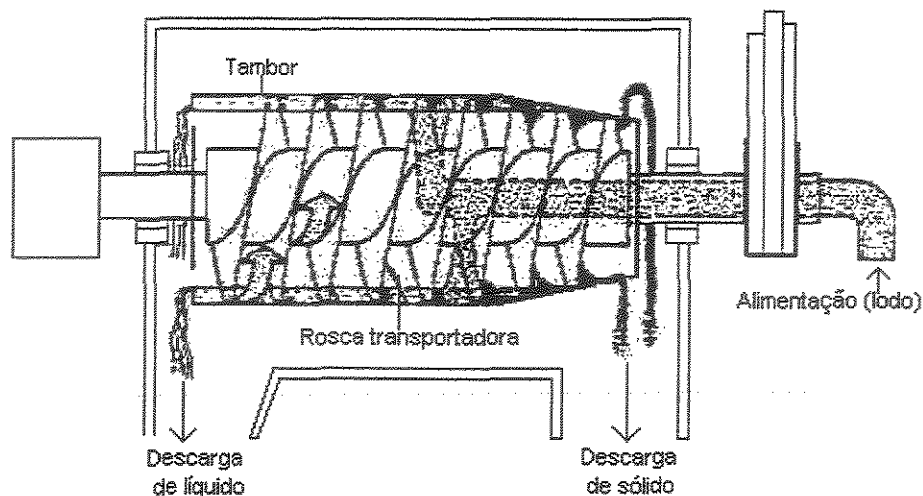


FIGURA 7 – Centrífuga Contracorrente (desenho esquemático)

FONTE: Adaptado de U.S.EPA, 1982, citado por SPELLMAN, 1997a.

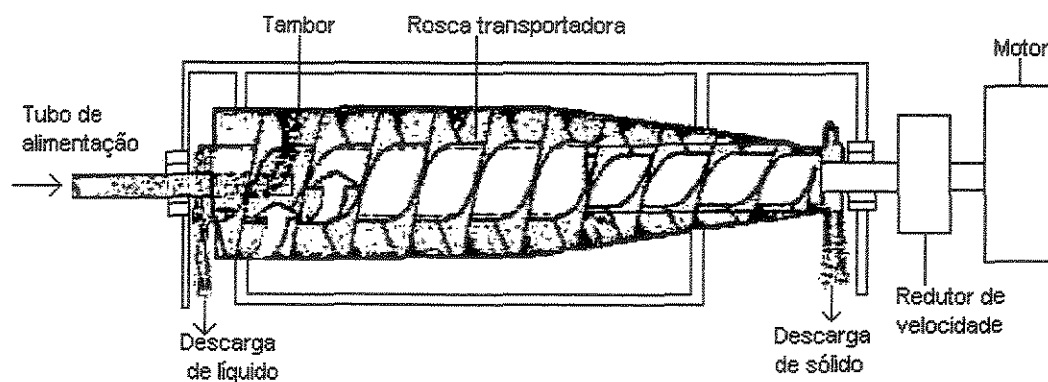


FIGURA 8 – Centrífuga Equicorrente (desenho esquemático)

FONTE: Adaptado de U.S.EPA, 1982, citado por SPELLMAN, 1997a.

Segundo SPELLMAN (1997 a), no processo de centrifugação há diversas variantes, dentre elas:

- características do lodo;
- vazão de alimentação;
- temperatura do lodo ;
- consistência dos bio sólidos, ou seja, concentração de sólidos; e,
- aditivos químicos empregados.

Ao mesmo tempo, as características do equipamento utilizado também afetam a centrifugação, dentre estas variáveis incluem-se (SPELLMAN, 1997 a) :

- velocidade de rotação do tambor;
- velocidade de rotação da rosca transportadora;
- volume do tanque de armazenamento; e ,
- formato do tambor.

Como nos demais sistemas de desidratação, as centrífugas necessitam do pré-condicionamento do lodo, geralmente, são usados os polieletrólitos catiônicos que promovem a floculação e melhoram a clarificação e as características do escoamento da fase líquida. Na Tabela 20 são apresentadas as quantidades de polieletrólito requeridas para diversos tipos de lodo, além do desempenho da centrífuga em relação à remoção da umidade e à captura de sólidos.

TABELA 20 – Desempenho típico de centrífugas no desaguamento de lodo.

Tipo de Lodo	Teor de sólidos na torta (%)	Captura de sólidos (%)	Dosagem de polieletrólito (g/kg)
Lodo bruto primário	28 – 34	95	2 – 3
Lodo anaeróbico	35 – 40	95	2 – 3
Lodo ativado	14 – 18	95	6 – 10
Lodo misto bruto (primário + ativado excedente)	28 – 32	95	6 – 10
Lodo misto anaeróbico	26 – 30	95	4 – 6
Lodo aeróbico(aeração prolongada ou lodo ativado excedente)	18 - 22	95	6 - 10

FONTE: GONÇALVES & LUDUVICE (2000).

3.4.5.6. Filtros a Vácuo

Segundo METCALF & EDDY (1991), os filtros a vácuo eram bastante difundidos até os anos 60, desde então o seu uso vem diminuindo consideravelmente, isto deve-se aos seguintes fatores: sistema complexo, necessidade de condicionantes químicos e elevados custos de manutenção e operação. Dessa forma, tal equipamento não é abordado neste trabalho.

3.4.5.7 Secagem Térmica

Na secagem térmica o lodo é aquecido para promover a evaporação da água sem ocasionar a destruição da matéria orgânica. Desta maneira, os sólidos totais presentes no lodo são mantidos e apenas a água é removida. Conseqüentemente, o gás exaurido pelo processo é basicamente vapor d'água. O processo também apresenta a capacidade de exterminar os organismos patogênicos, tornando-se um processo adequado em casos que o destino final dos biossólidos será a reciclagem agrícola (PROSAB, 1999 b). Neste aspecto, alguns autores também classificam o processo da secagem térmica como uma forma de estabilização do lodo.

Para GONÇALVES & LUDUVICE (2000), basicamente, o processo consiste no aquecimento do lodo em ambiente hermeticamente fechado com a conseqüente evaporação e coleta da umidade presente. O lodo sai do secador em forma de “pellets” com diâmetro médio entre 2 e 5 milímetros e teor de sólidos acima de 90% (quando destinado à agricultura) e o líquido evaporado é condensado e retornado à entrada da ETE para tratamento. O processo é compacto e completamente fechado, não permitindo a liberação de odores desagradáveis para a atmosfera. A secagem térmica é indicada para ETEs de médio e grande porte com limitada disponibilidade de área e localizadas próximas à áreas residenciais.

Ainda conforme os mesmos autores, a demanda total de energia requerida no processo dependerá da eficiência do equipamento escolhido e do tipo de lodo processado, parte desta

energia deverá vir de fontes externas como óleo combustível, gás natural, etc. No caso de lodo anaeróbio, pode-se utilizar o biogás gerado no digestor como fonte auxiliar de energia.

Segundo FIGUEIREDO (1997), a secagem térmica é importante do ponto de vista volumétrico e econômico, devido à sua elevada eficiência (geralmente, 10% de umidade, ou seja 90% de matéria seca) facilitando o seu uso posterior, e diminuindo os custos de transporte e de disposição. Como exemplo, pode-se ter a secagem térmica antes do uso agrícola, disposição em aterros ou incinerador.

Conforme GONÇALVES & LUDUVICE (2000), a secagem térmica pode ser utilizada em diferentes tipos de lodo, primário ou digerido, sendo recomendável um teor de sólidos na alimentação entre 15 e 30%, obtido por meio de desaguamento mecânico. O lodo destinado à incineração necessita de teor de sólido entre 30 e 35% para garantir a operação autotérmica do incinerador; para a disposição em aterros sanitários é aconselhável um teor de sólidos em torno de 65%, enquanto o produto destinado ao mercado agrícola necessita de teores de sólido acima de 90%, ou seja, 10% de umidade.

De acordo com COLLIVIGNARELLI & BERTAÇA (1992) citados por FIGUEIREDO (1997), os sistemas de secagem térmica podem ser incluídos em três categorias:

- **sistemas diretos:** os mais comuns; são formados por cilindros giratórios, cilindros com lâminas internas giratórias e cilindros concêntricos. Neles, o ar aquecido em contato direto com o lodo pode ser aplicado em contracorrente ou em eqüicorrente, com temperaturas de 150 a 600° C;
- **sistemas indiretos:** poder ser horizontais, os mais comuns, ou verticais com planos múltiplos, que é um sistema complexo e caro. Os horizontais podem ter tambor giratório ou tambor com compartimento interno giratório. Dentro do tambor o lodo entra em contato com a sua parede aquecida por um fluido termovetor, que pode ser um óleo diatérmico ou condensado; e,
- **sistemas mistos:** não são utilizados para secagem de lodo, segundo aqueles autores.

Segundo GONÇALVES & LUDUVICE (2000), os principais benefícios da secagem térmica do lodo são:

- redução significativa do volume de lodo;
- redução do custo de transporte e de estocagem;
- produto estabilizado facilmente estocado, manuseado e transportado;
- produto final praticamente livre de patógenos;
- preservação das propriedades agrícolas do lodo;
- não necessita de equipamento especial para ser utilizado na agricultura; e,
- pode ser incinerado ou disposto em aterro sanitário, e o produto pode ser ensacado e distribuído pelo comércio varejista.

Mas deve-se atentar ao fato de que nos processos térmicos há pouca alteração na matéria orgânica, e na secagem térmica, por exemplo, a evaporação da água bloqueia a atividade biológica no lodo, que pode ser retomada uma vez que o lodo se reidrata no solo, causando problemas de maus odores (FERNANDES, 2000).

3.4.6 Compostagem

A compostagem ainda é um processo pouco difundido de tratamento do lodo de esgoto. O composto pode ser obtido a partir somente dos biossólidos, ou misturado com outro material, como as sobras de vegetação da atividade agrícola, de jardinagem ou da indústria, ou mesmo com material tipo RSU, resíduos sólidos urbanos. O grande desafio é obter um composto de boa qualidade, que tenha boa aceitação no mercado consumidor.

De acordo com PROSAB (1999 a), do ponto de vista da engenharia sanitária ou da gestão do problema do lodo de esgoto, os objetivos da compostagem são:

- reduzir ou eliminar a níveis seguros os microrganismos patogênicos;
- dar continuidade ao processo de estabilização do lodo, decompondo as moléculas causadoras do mau odor;

- diminuir o teor de umidade inicial do lodo; e,
- produzir um composto maturado, com boas qualidades agronômicas, de fácil manipulação, e que atenda às exigências do mercado.

Ainda segundo PROSAB (1999 a), a compostagem pode ser definida como uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. Os componentes orgânicos biodegradáveis passam por etapas sucessivas de transformação sob a ação de diversos grupos de microrganismos, resultando num processo bioquímico altamente complexo.

Para KIEHL (1985), a compostagem não ocorre somente de forma aeróbia, mas também por processos anaeróbios. A decomposição se dá com a massa encharcada ou completamente imersa na água, nestas condições a temperatura pouco se eleva; mas se um aquecimento artificial é aplicado ao digestor, há aceleração do processo de decomposição. Os gases que se formam apresentam mau cheiro devido à presença do gás ácido sulfídrico, além dos ácidos orgânicos e mercaptanas. O processo anaeróbio é mais lento que o aeróbio, mas não exige o controle de temperatura, aeração e umidade.

Segundo LIMA (1991), a compostagem também pode ocorrer num processo misto, que é caracterizado pela combinação dos processos aeróbio e anaeróbio. Geralmente, ocorre primeiro o aeróbio e, em seguida, com a diminuição da quantidade de oxigênio ocorre o processo anaeróbio.

Segundo SPELLMAN (1997 c), no sistema aerado, à medida que o processo de compostagem se inicia, há proliferação de populações de diversos tipos de microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio. De acordo com as temperaturas ótimas, estes organismos são classificados como: psicrófilos (0 - 20 °C), mesófilos (15 - 43 °C) e termófilos (40 - 85 °C), veja Tabela 21. É importante ressaltar que essas faixas de temperaturas não apresentam valores rígidos, pois na literatura há grande divergência sobre os valores limites destas faixas.

TABELA 21 - Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias, em °C.

Bactérias	Temperatura Mínima	Temperatura ótima	Temperatura máxima
Mesófilas	15 a 25	25 a 40	43
Termófilas	25 a 45	50 a 55	85

FONTE: INST. FOR SOLIDS WASTES OF AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOCIATIONS (1970) citado por PROSAB (1999 a).

O estágio termófilo é preferido nos processos de compostagem, pois permite a destruição de sementes e ovos viáveis, além de reduzir as condições de sobrevivência de formas vegetais patogênicas, embora as temperaturas envolvidas ainda permitam a sobrevivência de alguns tipos de bactérias os quais podem gerar alguma contaminação, LIMA (1991).

Segundo PROSAB (1999 a), o processo de compostagem ocorre em duas fases distintas, na primeira há um grande crescimento de microrganismos mesófilos. Com a posterior elevação da temperatura, resultante do processo de biodegradação, a população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos proliferam com maior intensidade. A população termófila se caracteriza pela sua extrema atividade, provocando intensa e rápida degradação da matéria orgânica e maior elevação de temperatura, o que extermina os microrganismos patogênicos.

Quando o substrato orgânico for transformado em grande parte, a temperatura diminui, a população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente. Conforme BLEY (1998), nesta fase, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foram transformadas, o composto não apresenta odor desagradável, e já teve início o processo de humificação, típico da segunda etapa do processo, denominada maturação.

Segundo GALLI (1994) citado por FIGUEIREDO (1997), a relação C/N (carbono/nitrogênio) é muito importante para a compostagem dos biossólidos, porque geralmente, os lodos são pobres em carbono se comparado com o nitrogênio, necessitando portanto de uma fonte suplementar daquele elemento. Neste sentido, o autor sugere a mistura do lodo com outro material de forma a suprir o carbono e adequar a estrutura ao processo de compostagem.

Além da carência de carbono no lodo, outros fatores contribuem para a mistura do lodo com outros materiais. O lodo apresenta uma granulometria fina, e mesmo desidratado apresenta uma consistência pastosa, o que dificulta a movimentação do ar na massa. Desta forma, o lodo geralmente, é misturado com outro material de maior granulometria, que atua como agente estruturante, criando espaços vazios entre o composto.

PROSAB (1999 a) cita alguns parâmetros físico-químicos fundamentais no processo de compostagem:

- a) **aeração**: o oxigênio é vital aos microrganismos aeróbios para oxidar a matéria orgânica que lhes serve de alimento. A aeração também influi na velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da produção de odores. Na falta de aeração no sistema o processo pode tornar-se anaeróbio;
- b) **temperatura**: a compostagem ocorre tanto nas faixas de temperatura termófila como mesófila. Mas para valores superiores a 65°C o calor limita as populações ativas, havendo um decréscimo da atividade biológica;
- c) **umidade**: o teor ótimo de umidade situa-se entre 50 e 60%. O ajuste da umidade pode ser feito pela adição de outros materiais ou de água;
- d) **relação C/N**: os microrganismos necessitam de carbono como fonte de energia e de nitrogênio para a síntese de energia. Teoricamente, a relação de C/N inicial ótima do substrato deve ser aproximadamente 30. Se a relação for muito baixa, pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia e se a relação for muito elevada, os microrganismos não encontrarão nitrogênio suficiente para a síntese de proteínas e terão o seu desenvolvimento comprometido;
- e) **pH**: níveis de pH muito altos ou baixos reduzem ou até inibem a atividade microbiana. Se a relação C/N da mistura for adequada, o pH geralmente não é um fator limitante da compostagem; e,
- f) **estrutura**: alguns autores obtiveram condições ótimas de compostagem com substratos apresentando de 30 a 36% de porosidade. De modo geral, o tamanho das partículas deverá estar entre 25 e 75 mm, para ótimos resultados.

Segundo PROSAB (1999 a), resumidamente, os processos de compostagem podem ser divididos em três grandes grupos:

- **sistemas de leiras revolvidas (“windrow”)**: a mistura de resíduos é disposta em longas leiras, que são revolvidas periodicamente. Segundo TSUTIYA (2000), as leiras têm de 4,0 a 4,5 metros de base e de 1,5 a 1,8 metros de altura. Em uma área coberta as leiras são aeradas pela difusão e convecção do ar na massa do composto. Durante a compostagem, as leiras devem ser revolvidas no mínimo três vezes por semana. Conforme TSUTIYA (2000), se a mistura de lodo e resíduo está bem equilibrada, nos primeiros 2 a 4 dias de compostagem, a temperatura deve passar dos 55°C e estabiliza-se em torno de 60°C. Geralmente, um período de 1 a 2 meses é suficiente para que a fase termófila complete o seu ciclo. Na etapa final, a maturação que dura de 2 a 3 meses, o composto normalmente é transportado para um pátio, onde a necessidade de aeração é menor, podendo ser realizado a cada 20 a 25 dias.
- **sistemas de leiras estáticas aeradas (“static pile”)**: o lodo e o resíduo estruturante são colocados sobre uma tubulação perfurada, conectada a um soprador industrial dotado de um sistema de injeção de ar sob pressão ou sucção. Neste sistema, o composto permanece estático até o final da fase de bioestabilização. O período de aeração varia de 14 a 28 dias, sendo 21 dias a média. Após a fase termófila, o composto pode ser transportado para outro local, onde ocorrerá a maturação, que dura em torno de 60 dias. Nesta fase, as necessidades de oxigênio são baixas, assim as leiras poderão ser revolvidas a cada 20 a 25 dias. Segundo TSUTIYA (2000), este sistema requer investimentos iniciais maiores que o processo de leiras revolvidas, mas apresenta menor custo de operação, pois não há o revolvimento periódico de resíduos. A aeração também pode ser controlada de acordo com a demanda de oxigênio do processo.
- **sistemas fechados ou reatores biológicos (“in-vessel”)**: este sistema oferece a possibilidade de maior controle sobre todos os parâmetros importantes para o processo de compostagem. O ciclo da fase termófila é reduzido, conferindo a este sistema a denominação “compostagem acelerada”, pois o tempo de detenção varia de 7 a 20 dias. Após essa fase termófila, o composto deve passar por um tempo de maturação de aproximadamente 60 dias. Esse sistema é mais eficiente na redução de

patógenos, e requer menor espaço de implantação. De modo geral, os vários tipos de reatores se enquadram em três grandes categorias:

- reatores de fluxo vertical;
- reatores de fluxo horizontal; e
- reatores batelada.

Na Figura 9, são apresentados desenhos esquemáticos de compostagem por reatores biológicos “in-vessel de fluxo contínuo.

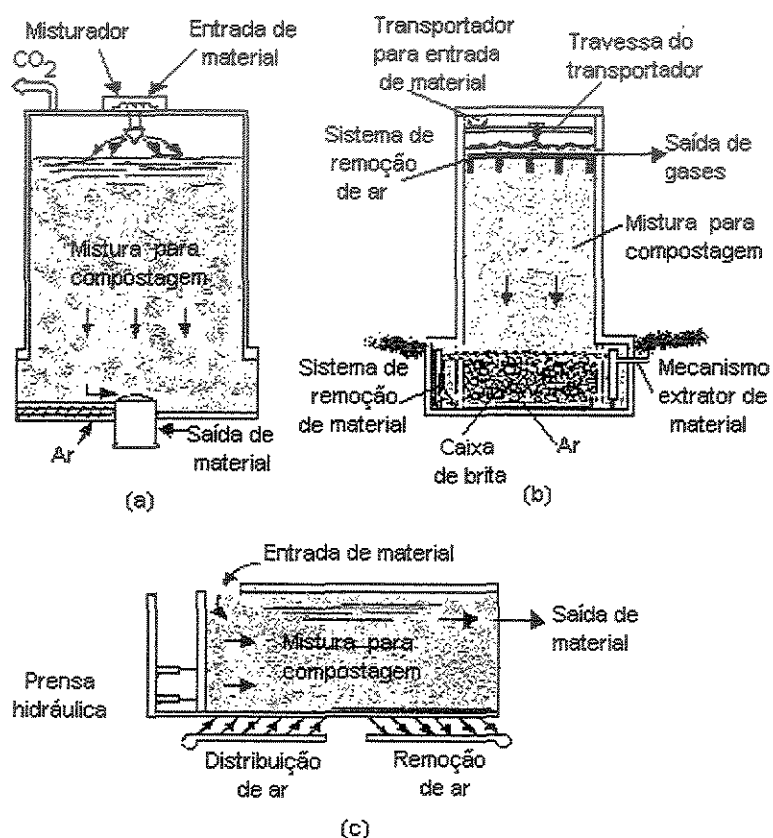


FIGURA 9 – Compostagem por reatores biológicos “in-vessel” de fluxo contínuo (desenho esquemático)

FONTE: TSUTIYA (2000) adaptado de METCALF & EDDY (1991).

Para uma melhor comparação entre os diferentes processos de compostagem, na Tabela 22 são apresentadas as principais vantagens e desvantagens de cada sistema.

TABELA 22 - Principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de compostagem.

Sistema de compostagem	Vantagens	Desvantagens
Leiras revolvidas (“windrow”)	•baixo investimento inicial; •flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos; •simplicidade de operação; •uso de equipamentos simples; •produção de composto homogêneo e de boa qualidade; e, •possibilidade de rápida diminuição do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento.	•maior necessidade de área, pois as leiras têm que ter pequenas dimensões e espaço livre entre elas; •odor mais difícil de ser controlado; •muito dependente do clima. Em períodos de chuva, o revolvimento pode não ser feito; e, •o monitoramento da aeração deve ser mais cuidadoso para garantir a elevação da temperatura.
Leiras estáticas aeradas (“static pile”)	•baixo investimento inicial; •melhor controle de odores; •fase de bioestabilização mais rápida que o sistema anterior; •controle da temperatura e aeração; e, •melhor uso da área disponível que no sistema anterior.	•necessidade de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aerados durante a compostagem; e, •operação também influenciada pelo clima.
Sistemas fechados ou reatores biológicos (“in-vessel”)	•menor demanda de área; •melhor controle do processo de compostagem; •independência de agentes climáticos; •facilidade para controlar odores; e, •potencial para recuperação de energia térmica (dependendo do tipo de sistema).	•maior investimento inicial; •dependência de sistemas mecânicos especializados, o que torna mais delicada e cara a manutenção; •menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos; •risco de erro de difícil reparação se o sistema for mal dimensionado ou a tecnologia proposta for inadequada.

FONTE: TSUTIYA (2000).

Das alternativas de tratamento do lodo de esgoto que objetivam a destruição de microrganismos patogênicos, a compostagem tem se mostrado uma das mais eficientes. Essa eficiência na inativação térmica dos patógenos depende da temperatura e o tempo de exposição em determinadas temperaturas, como é apresentado na Tabela 23. Se a operação de compostagem não for bem conduzida, parte dos organismos patogênicos sobreviverão ao processo, podendo inutilizar o lodo para o uso em atividades agrícolas.

TABELA 23- Tempos e temperaturas necessárias para a destruição de microrganismos patogênicos presentes no lodo de esgoto.

Organismos	Tempo de exposição para a destruição de patógenos nestas temperaturas (minutos)				
	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
<i>Entamoela histolitica</i>	5				
Ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	60	7			
<i>Brucella abortus</i>		60		3	
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>		45			4
<i>Salmonella typhi</i>			30		4
<i>Escherichia coli</i>			60		5
<i>Micrococcus pyogeneses var. aureus</i>					20
<i>Mycibacterium tuberculosis</i>					20
<i>Shigella sp.</i>	60				
<i>Mycobacterium diphtheria</i>	45				
<i>Necator americanus</i>	50				
<i>Taenia saginata</i>					5
Vírus					25

FONTE: STERN (1974) citado por PROSAB (1999 a)

Segundo PROSAB (1999 a), embora as perspectivas sobre a segurança biológica do uso dos bio sólidos no solo sejam positivas, a análise aprofundada dos níveis de contaminação do lodo, dos processos de desinfecção do mesmo e os componentes do solo, especialmente em relação aos ovos de helmintos, não pode ser negligenciada, pois são eles que apresentam maior tempo de sobrevivência no solo e são os mais resistentes aos processos de desinfecção.

3.4.7. Incineração

A incineração, considerada por alguns autores como sendo também uma forma de disposição final, é um método de tratamento de resíduos que se utiliza da decomposição térmica via oxidação, com o objetivo de torná-lo menos volumoso, menos tóxico ou atóxico, ou ainda eliminá-lo, convertendo-o em gases ou resíduos incombustíveis, BIDONE (1998).

A incineração pode vir como uma opção nos casos em que o lodo não seja de qualidade adequada para disposição no solo, ou quando a disposição em aterros seja difícil. A incineração pode ser realizada somente com o lodo de esgoto ou ser feita conjuntamente com outros materiais como os resíduos sólidos urbanos.

Dentre os tipos de resíduos que apresentam maior potencial, no que diz respeito ao processo de incineração, estão: os resíduos orgânicos constituídos basicamente de carbono, hidrogênio e/ou oxigênio; os resíduos que contém carbono, hidrogênio e cloro com teor inferior a 30% em peso e/ou oxigênio; e resíduos que apresentam alto poder calorífico. Por estas razões, os bio sólidos são considerados adequados ao processo.

Segundo TSUTIYA (2000), existem dois tipos de processos de incineração mais utilizados para a combustão de lodos:

- **incinerador de câmaras múltiplas:** consiste de um cilindro de aço recoberto de isolamento refratário, contendo plataformas ou bandejas horizontais. O incinerador tem três zonas: a parte superior do forno que inclui a zona de secagem, o meio do forno que compreende a zona da queima e a parte inferior que é a zona de resfriamento. A incineração ocorre a uma temperatura compreendida entre 769° a 816°C. Os gases quentes ascensionais secam o lodo que está entrando pelo topo, antes que atinja o forno onde ocorre a incineração.
- **incinerador e leito fluidizado:** consiste de câmara metálica com proteção refratária, provido com um leito de areia ou de cal. O lodo é introduzido de maneira contínua, sendo injetado ar para promover a suspensão da mistura do lodo com o material

suporte. O lodo é desidratado e incinerado na mesma câmara, havendo processos que combinam uma ou mais câmaras posteriores para a queima final de compostos voláteis. As cinzas são carregadas pela corrente gasosa, sendo segregadas posteriormente.

Na Figura 10 é apresentado um desenho esquemático de um incinerador de câmara múltipla.

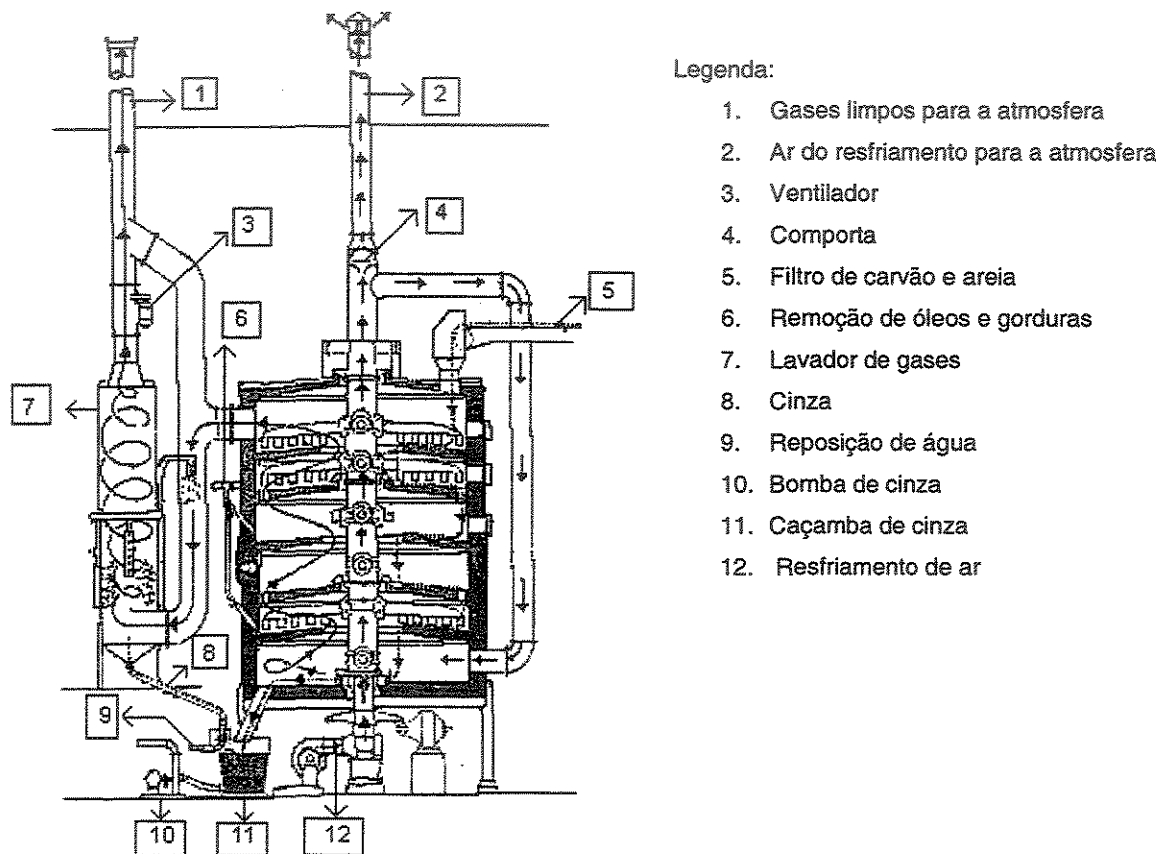


FIGURA 10 – Incinerador de câmara múltipla (desenho esquemático)

FONTE: TSUTIIYA (2000) adaptado de METCALF & EDDY (1991).

Na Figura 11, é apresentado um desenho esquemático do incinerador de leito fluidizado

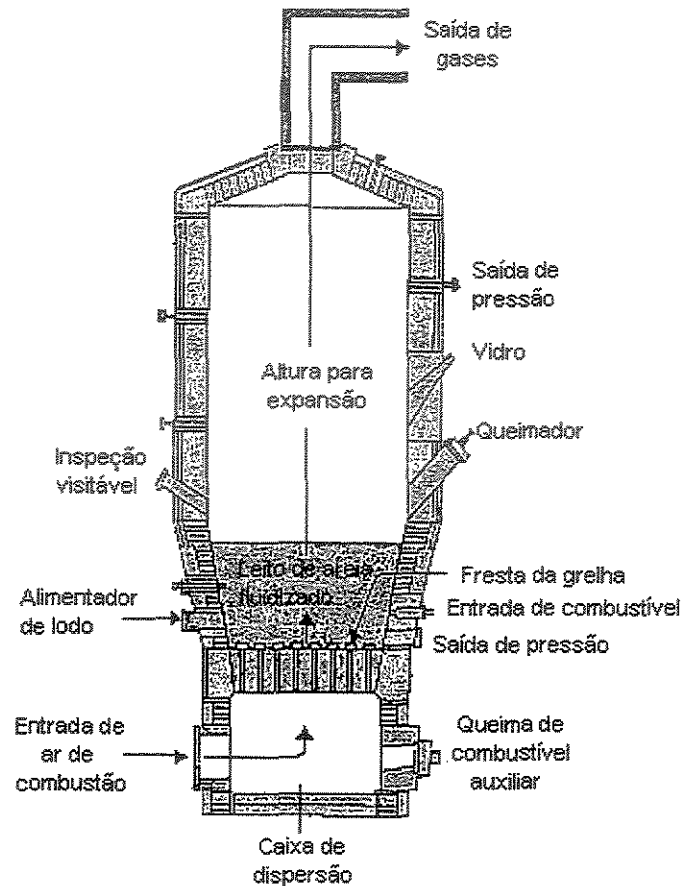


FIGURA 11 – Incinerador de leito fluidizado (desenho esquemático)

FONTE: TSUTIYA (2000) adaptado de METCALF & EDDY (1991).

BIDONE (1998) cita algumas vantagens que o processo de incineração apresenta:

- reduz o custo com transporte (15% em peso ou 5% em volume);
- segurança na destruição dos resíduos;
- operação independente das condições climáticas;
- área de instalação reduzida; e,
- pode gerar energia.

O mesmo autor cita como desvantagens do uso da incineração dos biossólidos os seguintes fatores:

- investimento inicial elevado;
- custo elevado de operação e manutenção; e,
- possível poluição atmosférica.

Segundo ROMANO (1994) citado por FIGUEIREDO (1997), a combustão de lodo sem mistura com outro material é responsável por uma grande diminuição no seu volume, pois é eliminada quase toda a água e cerca de 50% da matéria seca inicial. Porém, como resultado tem-se um resíduo pulverulento, extremamente fino, hidrófilo e volátil, que poderá trazer problemas na disposição final do material. Outro problema pode ser causado pela presença de metais pesados nas cinzas.

Ainda segundo o mesmo autor, a incineração do lodo conjuntamente com os RSU, resíduos sólidos urbanos, elimina muitos aspectos negativos relacionados à incineração do lodo somente. O excesso de água do lodo será evaporado pela energia produzida com a queima dos RSU. Para a incineração pode-se utilizar um lodo desidratado com cerca de 20% de matéria seca, mas a mistura de lodo com RSU não deverá conter mais que 50% de umidade.

Segundo CLAY& ALBON (1996) citado por ROCHA (1998), a incineração pode, por sua vez, ocasionar os seguintes impactos ambientais:

- impacto visual (decorrente da construção do incinerador e da fumaça produzida no processo);
- contaminação de rios e aquíferos (provocada pelo vazamento de efluentes);
- poluição sonora (decorrente do funcionamento do incinerador);
- poluição do ar (causado pelo lançamento de diversos poluentes, como: monóxido de carbono SO_2 , etc.); e,
- aumento do tráfego de caminhões (utilizados para transportar o lodo das estações de tratamento de esgotos até o incinerador).

3.5 Métodos e Sistemas de Disposição Final do Lodo de Esgoto

Como visto anteriormente, os sólidos gerados nas estações de tratamento de esgoto apresentam características bem distintas, dependendo principalmente das características do esgoto, da unidade da estação em que estes sólidos foram removidos, do tipo de tratamento de esgoto empregado, e do tipo de tratamento a que estes sólidos são submetidos.

A caracterização do lodo é o primeiro passo para se definir a melhor opção para a disposição final desse lodo, e algumas delas são apresentadas por SANTOS e TSUTIYA (1997), sendo que mais usuais são:

- disposição em aterros sanitários:
 - aterros exclusivos para o lodo;
 - co-disposição com o lixo urbano;
- uso agrícola:
 - aplicação direta no solo;
 - aplicação em áreas de reflorestamento;
 - produção de composto (compostagem) ou fertilizante organo-mineral;
- reuso industrial:
 - produção de agregado para construção civil;
 - fabricação de tijolos e cerâmicas;
- restauração de terras:
 - controle de voçorocas; e,
- conversão do lodo em óleo combustível.

As opções mais freqüentes para o destino final do lodo de esgoto tem sido, de forma geral, a sua disposição em aterros sanitários, o uso agrícola e a incineração. A definição correta para qual a melhor opção de destino depende de características intrínsecas aos biossólidos, tais como a sua concentração de matéria orgânica, teor de nutrientes, organismos patogênicos e características químicas como os metais pesados, BIDONE (1998).

Segundo JORDÃO & PESSOA (1995) , outros aspectos também deverão ser conhecidos antes de se optar pela forma e local do destino dos bio-sólidos:

- produção e caracterização do lodo gerado na estação;
- presença de efluentes industriais no sistema, capaz de atribuir características especiais ao lodo;
- quantidade de lodo gerado na estação de tratamento, estimada para um período de tempo correspondente à vida de projeto do sistema de destino final; esta estimativa deve ser conhecida para intervalos de tempo ao longo da vida de projeto, para as características do lodo digerido e seco, em volume, em peso seco, em peso úmido; e,
- características especiais que possam interferir no sistema de disposição final, de natureza física, química e biológica, bem como as características geomecânicas do comportamento do lodo com vistas para o seu possível lançamento em aterros sanitários.

Na realidade, o destino final envolve estudos e decisões relativas ao condicionamento e estabilização do lodo gerado, o grau de desidratação, formas de transporte, eventual reuso do lodo, eventuais impactos e riscos ambientais e a parte econômica da destinação.

BIDONE (1998) alerta que a escolha da área para a instalação do empreendimento relacionado ao destino final dos bio-sólidos, em alguns casos, obriga a elaboração de um Laudo Técnico Ambiental ou em outros casos a de um EIA / RIMA (Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto no Meio Ambiente). Esse estudo deve trazer os seguintes tópicos:

- informações gerais;
- caracterização em empreendimento;
- área de influência;
- diagnóstico ambiental da área de influência:
 - meio físico (caracterização geográfica, topográfica, hidrogeológica, climatológica;
 - meio biótico (faunístico e florístico); e,
 - meio sócio-econômico (diagrama populacional e usos e ocupação do solo);
- análise dos impactos ambientais;
- proposição de medidas mitigadoras; e,
- programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais.

3.5.1 Aterros Sanitários

O método mais usual para o destino final do lodo de esgoto tem sido, na grande maioria dos casos, a sua disposição em aterros, que se segmenta em duas vertentes:

- aterros exclusivos para lodos de esgoto; e,
- aterros para codisposição dos lodos de esgoto com os resíduos urbanos.

Para TSUTIYA (2000), o aterro é geralmente necessário para atender os seguintes objetivos:

- absorção de biossólidos com características inadequadas para os usos que estiverem sendo praticados;
- absorção de volumes de biossólidos excedentes a demanda;
- disposição de cinzas de incineração, caso esta venha ser a solução implementada; e,
- garantia de disposição final adequada, independente de quaisquer fatores.

Os lodos de esgoto só não serão aceitos nos aterros, aqueles que são enquadrados como resíduos perigosos (Classe I) pela NBR-10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação, de 1987, da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BIDONE (1998) lista algumas vantagens da utilização de aterros para a disposição final dos lodos de esgoto, são as seguintes:

- recuperação de áreas;
- solução para qualquer volume;
- simplicidade de execução;
- decomposição biológica
- controle de vetores;
- não exige equipamentos especiais; e,
- possibilidade de recuperar energia e matéria orgânica.

O mesmo autor lista também as desvantagens da utilização de aterros para lodo:

- possibilidade da necessidade de transporte e transbordo;
- produção de águas residuárias;
- falta de material de cobertura, que terá que ser importado;
- período longo de estabilização;
- poluição do ar e sonora na execução; e,
- falta de áreas próximas à cidade.

PROSAB (1999 b) ressalta também que os aterros produzem líquidos percolados, chorume, devido ao excesso de água presente no lodo e à infiltração da água de chuva; se este percolado atingir o lençol freático, ele pode carrear metais pesados e contaminantes orgânicos tóxicos. Se atingir as águas superficiais, poderá provocar a eutrofização das águas devido aos nutrientes presentes nos lodos. Outro fator é que a biodegradação produz gases, que devem ser drenados de dentro da célula do aterro e depois queimados ou liberados na atmosfera,

Conforme TSUTIYA (2000), para minimizar os possíveis problemas gerados pelo aterro, deve-se adotar as seguintes medidas: localização adequada, elaboração de projeto criterioso, implantação de infra-estrutura de apoio, elementos de proteção ambiental e gerenciamento e operação do aterro.

No aterro o lodo é confinado em células impermeabilizadas e posteriormente recoberto com terra, provocando a ausência de oxigênio, levando à biodegradação anaeróbia, o que implica numa menor velocidade de degradação da matéria orgânica presente e na produção de gás metano. É uma alternativa para a disposição final dos lodos de esgoto que requer estudos de implantação e dispositivos de controle ambiental avançados, PROSAB (1999 b).

A disposição dos lodos de esgoto em aterros exclusivos representa uma solução geralmente utilizada para a sua estocagem temporária, para posterior destinação final em aterros de resíduos urbanos, ROMANO (1994) citado por FIGUEIREDO (1997). Mas BIDONE (1998) justifica a disposição dos lodos de esgoto em aterros exclusivos devido à incerteza relativa à

qualidade dos biossólidos, principalmente no que diz respeito aos elevados teores de metais pesados e outros componentes potencialmente tóxicos.

Segundo TSUTIYA (2000), no aterro exclusivo, os lodos de esgoto podem ser dispostos nas formas de tortas desidratadas ou secos termicamente. As tortas de lodo, geralmente, não apresentam resistência suficiente para serem submetidas a um processo de compactação, e o aumento da resistência é função da redução de sua umidade, o que poderá ser obtido com a mistura com outros materiais. O autor ainda cita que ensaios geotécnicos mostram que misturas de tortas de lodo a 40% de sólidos com cal virgem ou 90% de sólidos são adequadas em aterros exclusivos.

O sistema combinado de disposição em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos juntamente com os lodos de esgoto apresenta alguns pontos positivos, dentre eles:

- melhor degradação dos resíduos, pois a degradação dos resíduos orgânicos de origem urbana em aterros é extremamente lenta; assim, os lodos de esgoto servem como excelente inóculo e de material de aceleração do processo, diminuindo o "tempo de partida" da célula de aterro, BIDONE (1998).
- melhor utilização do volume do aterro para os resíduos sólidos urbanos, devido ao maior rendimento volumétrico (30 a 50%) dos lodos em conjunto, e a penetração dos lodos nos interstícios dos resíduos sólidos urbanos durante a fase de compactação das camadas, ROMANO (1994) citado por FIGUEIREDO (1997).

A disposição dos lodos de esgoto em aterros requer uma série de dispositivos técnicos que garantam o controle do processo nas células, BIDONE (1998) cita:

- impermeabilização da base, evitando o contato de líquidos gerados na instância do aterro com lençóis subterrâneos;
- sistema de drenagem e queima de gases;
- sistema de drenagem de líquidos;
- sistema de tratamento de líquidos percolados;
- sistema de drenagem de águas pluviais, canalização de córregos e nascentes; e,
- cobertura superficial.

3.5.2 Uso Agrícola

A alternativa da reciclagem agrícola tem o grande benefício de transformar um resíduo em um importante insumo agrícola que fornece matéria orgânica e nutrientes ao solo, reduzindo os efeitos adversos à saúde causados pela incineração, diminuindo a dependência de fertilizantes químicos e melhorando as condições para o balanço do CO₂ devido ao incremento de matéria orgânica ao solo, OUTWATER (1994) citado por ANDREOLI & PEGORINI (1998).

Segundo SANEPAR (1997), a incorporação dos bio sólidos ao solo trará aspectos positivos nas características físicas, químicas e biológicas do solo:

- **ação nas propriedades físicas:**
 - a matéria orgânica favorece a formação de agregados, o que facilita a penetração das raízes e a vida microbiana;
 - a matéria orgânica estabiliza a estrutura do solo, melhorando sua resistência à erosão;
 - a matéria orgânica aumenta a capacidade de retenção de água do solo, tornando as culturas mais resistentes às secas;
- **ação nas propriedades físico-químicas:**
 - os colóides húmicos aumentam a capacidade do solo em reter nutrientes minerais, o que permite melhor uso dos adubos convencionais;
 - a matéria orgânica, no seu conjunto (fresca ou estabilizada) fornece nutrientes para a planta e para os organismos do solo, após a mineralização; e,
- **ação nas propriedades biológicas:**
 - a matéria orgânica é suporte e fonte de alimento para a flora e fauna do solo, cuja atividade influi diretamente na nutrição mineral das plantas.

Conforme FIGUEIREDO (1997), o uso agrícola dos bio sólidos parece ser a disposição mais lógica, pois representa o retorno da biomassa à terra, ou seja, é a parte do processo de reciclagem com o fechamento do ciclo. Mas para se utilizar este tipo de disposição, deve haver uma legislação apropriada que proteja o solo, as águas subterrâneas e superficiais, a vegetação e

os consumidores finais de efeitos nocivos que possam resultar da aplicação de um lodo de má qualidade no solo agrícola.

Para ROGALLA (1998), a aplicação dos bio sólidos no solo exige uma programa de controle rigoroso na fonte para monitorar os teores de metais do esgoto, pois para alguns metais utilizados em canalizações de água, como cobre e zinco, a redução destes valores necessita de um plano de anti-corrosão na rede de distribuição.

Segundo VAN RAIJ (1998), para fins agrícolas há a necessidade de análise química completa e do teor de água ou do material sólido contido nos bio sólidos, sendo que é mais prático apresentar o teor de matéria sólida total e os teores totais dos macronutrientes N e P e dos metais pesados mais relevantes. Em casos de aplicação de grandes quantidades, é necessário desdobrar o nitrogênio contido nas formas de N orgânico (N_o), N amoniacal (N_a) e N nítrico (N_n), para prevenir adições exageradas de N mineral, que pode ser perdido por lixiviação, com potencial de poluição da água com nitrato. Devem ser determinados os teores de metais pesados, incluindo o zinco, o cobre e o molibdênio, e os metais potencialmente tóxicos: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, níquel e selênio. As determinações de pH, densidade, condutividade elétrica e carbono, também são úteis, segundo o autor.

Conforme MALINA (1993), os solos capazes de assimilar os bio sólidos são determinados através de reações físicas, químicas e biológicas, seguindo os seguintes parâmetros:

- condições climáticas;
- topografia;
- geologia, condições das águas subterrâneas e localização das águas superficiais;
- e,
- propriedades do solo.

De acordo com FIGUEIREDO (1997), é de extrema importância um exame das possibilidades de interação entre os metais pesados e o tipo de terreno utilizado e cita as propriedades do solo que influenciam a mobilidade dos metais pesados:

- pH;
- capacidade de troca catiônica (CTC);
- matéria orgânica; e,
- regime hídrico e térmico do solo.

Segundo PETRUZZELLI (1993) citado por FIGUEIREDO (1997), os seguintes pontos relacionados com os metais pesados devem ser observados:

- a concentração dos metais no lodo;
- a sua contribuição relativa à dotação original do terreno;
- a concentração dos metais no terreno e sobretudo a sua biodisponibilidade;
- as características do terreno que influenciam a biodisponibilidade; e,
- as diferenças entre as várias espécies vegetais na absorção e acumulação dos metais pesados.

De acordo com ROCHA (1998), a capacidade de assimilação dos metais pesados pelo solo está relacionada com o comportamento químico deles após a aplicação dos biossólidos. A sua absorção, translocação e acumulação nas plantas e animais é uma variável na determinação dessa capacidade de assimilação. Espera-se que a capacidade do solo e das plantas de reterem metais pesados seja eficiente, dificultando o seu deslocamento para outros locais em forma de poluente.

As concentrações máximas de metais pesados admissíveis nos biossólidos para fins agrícolas em países da Comunidade Européia e nos Estados Unidos são apresentadas detalhadamente no item 3.6 - Legislação, deste capítulo.

A presença de patógenos é indesejado no biossólidos, devido aos riscos que eles representam à saúde das pessoas. A contaminação pode ocorrer através de sua manipulação direta do lodo ou com culturas que entrem em contato direto com o biossólido. Além disso, deve-se lembrar que há um tempo de sobrevivência dos microrganismos patogênicos no solo após a aplicação do lodo contaminado; como apresentado na Tabela 24.

TABELA 24 - Tempo de sobrevivência de alguns patógenos no solo e na superfície das plantas.

Patógeno	Solo		Planta	
	Máx. absoluto	Máx. comum	Máx. absoluto	Máx. comum
Bactéria	1 ano	2 meses	6 meses	1 mês
Vírus	1 ano	3 meses	2 meses	1 mês
Cistos de protozoários	10 dias	2 dias	5 dias	2 dias
Ovos de helmintos	7 anos	2 anos	5 meses	1 mês

FONTE: U.S.EPA (1992) citado por SANEPAR (1999) .

Desta forma, devem ser considerados os métodos de desinfecção do lodo, no intuito de reduzir a quantidade de agentes patogênicos, além de estipular restrições ao seu uso na agricultura segundo sua qualidade. As regulamentações dos diversos países estabelecem critérios muito diferentes, como são apresentadas neste capítulo, no item 3.6 Legislação.

Segundo SANEPAR (1997), mesmo com o tratamento de higienização do lodo e o monitoramento dos metais pesados é necessário um critério de seleção de áreas que tornem qualquer possibilidade de risco a menor possível e que ao mesmo tempo propicie a melhor resposta agrícola para otimizar o uso dos biossólidos. Desta forma, a área ideal é aquela onde lodo possa ser utilizado pelas plantas, sem resultar em movimento de qualquer componente dos biossólidos por lixiviação ou escoamento superficial (erosão). Assim, SANEPAR (1997) considera que na seleção das áreas aptas é necessário respeitar os seguintes pontos:

- **proximidade de residências:** o lodo pode apresentar cheiro, e com isto atrair insetos; deverá ser respeitada uma distância mínima de 200 metros de residências;
- **declividade:** a área ideal deve ser plana ou ter até 3% de declividade, acima de 15% a declividade se torna um fator limitante;
- **profundidade do solo:** deve haver uma distância mínima de 1,5 m entre a superfície do solo e a rocha intemperizada;

- **lençol freático:** deve estar a uma profundidade mínima de 1,5 m até o lençol freático;
- **textura do solo:** o ideal é que o solo tenha entre 35 a 60% de argila;
- **estrutura do solo:** diz respeito à organização dos agregados do solo. Estruturas muito massivas restringem o movimento da água e aeração do solo, facilitando o transporte do biossólido por erosão, enquanto que a falta de aeração diminui a velocidade da biodegradação do biossólido;
- **acidez do solo:** o pH do solo influi na atividade microbiana do solo, e portanto na biodegradação do biossólido, na absorção de nutrientes pela plantas e na mobilidade dos cátions metálicos. Se o pH do solo estiver entre 6,0 e 6,5, há uma redução efetiva na absorção dos metais pesados nas plantas. Portanto, se o solo for ácido, deve ser feita a calagem antes da incorporação do biossólido. Não será permitido o uso do biossólido para solos ácidos que não tenham sofrido a prévia correção de pH;
- **capacidade de troca catiônica (CTC):** solos com maior CTC têm mais capacidade de imobilizar metais pesados e portanto, suportam doses maiores de biossólidos com maior segurança;
- **proximidade de corpos de água:** deve haver uma distância mínima de 100 metros entre a área de aplicação do biossólido e de corpos d'água, sendo que essa distância deve ser aumentada para solos com maior declividade; e,
- **registros de utilização:** toda incorporação de biossólidos a solos agrícolas deve ser registrada, localizando-se claramente através de mapas as áreas que receberam biossólidos, as doses e os teores de metais pesados do lodo aplicado.

Além disto, a SANEPAR recomenda algumas culturas como de milho, trigo, aveia, cana-de-açúcar, sorgo, soja, feijão, além de outras gramíneas e leguminosas. Mas por precaução veta o uso do lodo, mesmo higienizado, para horticultura e demais produtos consumidos crus que tenham contato direto com os biossólidos. Além das culturas tradicionais, há outras formas de reciclagem agrícola do lodo como fruticultura, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas que também são alternativas interessantes.

Segundo ROCHA (1998), normalmente as taxas de aplicação dos biossólidos na agricultura variam de acordo com as exigências nutricionais das culturas, levando-se em consideração as características do solo, do clima e do próprio biossólido. Generalizando, a taxa e dosagem de aplicação devem ser calculadas respeitando os seguintes aspectos:

- a produção e a qualidade do produto não decresçam;
- os solos não acumulem concentrações excessivas de metais pesados e matéria orgânica;
- os nutrientes e sais presentes no lodo não lixiviem, contaminando as águas subterrâneas; e
- as culturas não fiquem contaminadas com patógenos que possam vir a constituir um risco para a saúde dos agricultores e consumidores.

Segundo TSUTIYA (2000), um outro produto originário do lodo de esgoto é o solo sintético para agricultura, denominado “N-Viro Soil”, este processo, também conhecido como estabilização alcalina avançada, utiliza biossólido desidratado mecanicamente, e o seu produto final pode ser considerado como similar ao biossólido seco termicamente, com a vantagem adicional de ser corretivo de acidez do solo pelo alto pH, pois utiliza produtos alcalinos originários das indústrias de cimento e cal.

Este processo produz um biossólido classificado como de classe A, segundo a legislação americana “40 CFR Part 503”, e apresenta o nome comercial “N-Viro”, sendo licenciado como corretivo agrícola e fertilizante de solo.

Basicamente, conforme TSUTIYA (2000), o processo consiste em misturar o biossólido desidratado mecanicamente com teores de sólidos variando de 12 a 40% com aditivos químicos alcalinos na proporção de 50 a 60% do peso da torta de biossólido seco. Após a mistura, o material é levado a um reator onde sofre um aquecimento a uma temperatura entre 52 a 62°C, mantida por 12 horas, e pH acima de 12. Posteriormente, a mistura é armazenada em pilhas com a manutenção do pH acima de 12, por no mínimo 60 horas. As pilhas são revolvidas periodicamente para acelerar a secagem, uniformizar a granulometria e evitar a compactação do material.

3.5.3 Landfarming

Landfarming é a denominação técnica de um método de tratamento e disposição para os resíduos, onde o substrato orgânico do resíduo é degradado biologicamente na camada superior do solo, e a parte inorgânica presente no resíduo ou liberada durante a degradação é transformada ou fixada nesta mesma camada de solo, BIDONE (1998).

Segundo PROSAB (1999 b), neste sistema, uma área recebe doses elevadas de lodo por vários anos, objetivando a utilização do solo como um sistema de tratamento. O solo passa ser o suporte da atividade biológica, retenção de metais, local de exposição ao sol e bioxidação, o que provocará a degradação da matéria orgânica. Nesta caso, não há interesse na utilização dos nutrientes do lodo.

Ainda conforme PROSAB (1999 b), as doses de aplicação variam de 60 a 70 t/ano/ha em base seca para as áreas que não têm impermeabilização da camada inferior, e 300 a 600 t/ano/ha para áreas com impermeabilização da camada de solo a 60 a 80 cm de profundidade. Assim que o lodo é espalhado sobre o solo, ele deverá ser incorporado superficialmente para facilitar os processos de biodegradação e minimizar o problema de odor e atração de moscas.

Pelo fato de se tratar de um processo aberto, um “landfarming” mal projetado e/ou gerenciado pode trazer problemas imediatos de contaminação de águas superficiais, subterrâneas, do ar e do solo, tornando este último impróprio para uso futuros, BIDONE (1998).

Segundo TSUTIYA (2000), para a utilização do “landfarming”, devem ser levadas em consideração as características do lodo/biossólido para definir a taxa de aplicação, implantação e manuseio da vegetação de cobertura, coadjuvante fundamental no processo e controle ambiental.

3.5.4 Reflorestamento

Segundo SANEPAR (1997), o reflorestamento apresenta-se como uma excelente opção para o uso do lodo de esgoto, permitindo a aplicação de doses maiores com alto grau de segurança, devido ao longo ciclo vegetativo das espécies e pelo fato de não se tratar de produção alimentar.

Ainda segundo SANEPAR (1997), na aplicação florestal, um especial cuidado deve ser dado às condições topográficas. Se a adubação foi feita na cova, existe segurança com relação ao transporte de microrganismos patogênicos. Se a adubação for superficial, e principalmente, se feita em árvores adultas, a limitação da possibilidade de mecanização, ou seja, a distribuição e a incorporação do lodo ao solo pode ser um fator limitante, principalmente sob o aspecto sanitário.

Para POGGIANI, GUEDES & BENEDETTI (2000), atualmente, o uso de resíduos urbanos e agroindustriais é uma das formas mundialmente utilizadas para suprir, de maneira sistemática, os nutrientes necessários para o desenvolvimento da biomassa arbórea e para melhorar as características do solo em certas culturas agrícolas e florestais.

Ainda segundo POGGIANI, GUEDES & BENEDETTI (2000), no Estado de São Paulo e no Brasil, de maneira geral, as plantações florestais localizam-se em solos de baixa fertilidade e necessitam de um aporte significativo de fertilizantes contendo macro e micronutrientes. Mas também alertam para o fundamental acompanhamento da movimentação e acúmulo destes nutrientes no solo e na vegetação arbórea, arbustiva e herbácea.

Segundo BETTIOL (2001), somente no Estado de São Paulo, existem cerca de 800 mil ha de reflorestamento, dos quais cerca de 25% têm condições adequadas de distância da fonte geradora, tipo de solo, topografia e distâncias dos mananciais hídricos, que permitem o uso seguro do lodo.

Para GONÇALVES et al. (2000), o potencial de aplicação de biossólidos em áreas florestais é muito grande em função das seguintes razões:

- as florestas ocupam extensas áreas, e eventuais diminuições no uso de fertilizantes minerais podem constituir substanciais reduções nos custos de produção florestal;
- amplas áreas florestais apresentam deficiências ou desbalanços nutricionais, especialmente de nitrogênio e fósforo, o que é um fator limitante na produtividade florestal;
- as áreas florestais, de um modo geral, são localizadas em sítios bem drenados e não sujeitas à enchentes periódicas;
- a maioria das florestas, sobretudo as plantadas, não estão associadas à produção de alimentos, o que permite a aplicação regular de biossólido com baixos riscos à saúde pública; e,
- os ecossistemas florestais têm algumas características desejáveis para disposição de biossólido, tais como:
 - há grande produção e distribuição de carbono orgânico em seus componentes, capazes de imobilizar grandes quantidades de nutrientes e metais pesados;
 - as taxas de infiltração no solo, geralmente, são altas, minimizando o potencial de arrastamento de constituintes indesejáveis do biossólido via enxurrada; e,
 - a grande quantidade de raízes perenes, explorando amplo volume do solo, permite a absorção de nutrientes e metais pesados durante todo ano em regiões tropicais, ou parte do ano em regiões temperadas.

Ainda segundo os mesmos autores, além dos efeitos benéficos do biossólido sobre a fertilidade e melhoria das condições físicas e biológicas do solo, é importante ressaltar outras vantagens:

- os nutrientes contidos nos biossólidos são lentamente liberados e absorvidos, assim, seu efeito é mais duradouro, o que é desejável para culturas perenes; e,

- a liberação de nitrogênio amoniacal não aumenta a acidez do solo devido ao seu teor de carbonato de cálcio.

Por outro lado, GONÇALVES et al. (2000) lembram que alguns inconvenientes relacionados à aplicação dos bio sólidos em áreas de reflorestamento devem ser apontados, tais como:

- em algumas regiões ou países, a floresta é usada como parque de visitação pública e recreação, ficando os visitantes sujeitos à contaminações, principalmente por patógenos: e,
- os metais pesados podem ser absorvidos por fungos (por exemplo, cogumelos) e vegetais do sub-bosque, constituindo-se em potenciais riscos de contaminação da fauna e usuários da floresta.

Além disso, segundo MATTIAZZO & ANDRADE (2000), a presença de metais pesados em bio sólidos particularmente naqueles resultantes do tratamento de despejos industriais juntamente com o esgoto doméstico, tem sido motivo de preocupação quando esse resíduo é utilizado em área agrícola e florestal. Entre os metais pesados, merecem destaque Cd, Hg, Pb, pela toxicidade intrínseca e também o Cu, Fe, Ni, e Zn por serem estes metais pesados nutrientes de plantas.

3.5.5 Recuperação de Áreas Degradadas

Segundo PROSAB (1999 b), uma área degradada se caracteriza por não fornecer condições ao desenvolvimento e fixação da vegetação em função da falta de matéria orgânica e de nutrientes do solo, das alterações das propriedades físico-químicas do solo e da atividade biológica. Desta forma, as áreas ficam sujeitas aos processos erosivos e de lixiviação.

Ainda segundo os mesmos autores, a adição do bio sólido possibilita o estabelecimento de uma estrutura de solo que promove uma melhor circulação do ar e da água e facilita a

proliferação da microflora do solo, liberando nutrientes essenciais à vegetação e aos microrganismos. A aplicação dos biossólidos nestas áreas tornam o solo mais apto à fixação de plantas, acelerando o processo de recuperação de áreas degradadas. Desta forma, o uso do biossólido na recuperação de áreas degradadas apresenta-se como mais uma opção adequada de uso do lodo de esgoto.

A DISEGNO (1996) citada por TSUTIYA (2000), propõe que voçorocas sejam preenchidas com biossólidos, mediante a realização de obras de controle geotécnico e hidráulico, tais como: captação e desvio de águas superficiais de origem pluvial da cabeceira da voçoroca, retaludamento e reaterro de áreas instáveis no interior da voçoroca, execução de um sistema de drenagem superficial, impermeabilização do fundo da cava formada e execução de uma barragem na porção jusante da voçoroca para contenção do biossólido. Deve-se prever também, a coleta e o tratamento do líquido percolado para que não haja contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais.

Mas a aplicação de biossólidos em áreas degradadas também implica na limitação do uso deste solo. ROCHA (1998) alerta para o caso de que esta área recuperada com biossólido possa no futuro vir a ser utilizada para a produção agropecuária. Neste caso, as altas taxas de aplicação do lodo devem ser reconsideradas, devido aos riscos de contaminação da produção.

3.5.6 Conversão do Lodo em Óleo Combustível

Segundo TSUTIYA (2000), a tecnologia de conversão do lodo em óleo combustível tem sido desenvolvida e demonstrada na Alemanha, Austrália e Canadá, nos últimos 15 anos. Em 1982, os pesquisadores alemães Bayer e Kuttubudin aqueceram o lodo a 300 a 350°C durante 30 minutos na ausência de oxigênio, demonstrando que as reações catalisadas na fase de vapor convertiam a matéria orgânica do lodo em cadeias alifáticas de hidrocarbonetos semelhantes àqueles presentes no óleo cru, contrariamente aos compostos cíclicos e aromáticos

produzidos por todos os outros processos de pirólise, independente do substrato (lodo, celulose ou lixo).

Ainda segundo o mesmo autor, uma nova tecnologia que vem sendo desenvolvida na Austrália é capaz de converter os componentes orgânicos presentes no lodo em óleo combustível médio semelhante ao diesel. O processo implica em aquecer o lodo a cerca de 450°C na ausência de oxigênio, os vapores entram em contato com o resíduo de carvão, catalisando reações na fase de vapor que convertem os compostos orgânicos em hidrocarbonetos saturados, constituintes principais de todos os combustíveis líquidos. O rendimento do processo varia conforme a origem do lodo, sendo tipicamente igual a 25% da massa de lodo processado (base seca). Está sendo construída na Austrália a primeira instalação em escala comercial da transformação do lodo em combustível, que terá capacidade inicial de 17 toneladas de lodo seco por dia, produzindo 5,5 toneladas por dia de óleo e 2,5 toneladas por dia de cinzas.

3.6 Legislação

Os Estados Unidos através da Agência de Controle Ambiental dos Estados Unidos, U.S.EPA – “United States Environmental Protection Agency”, regulamentaram o uso e disposição final dos biossólidos, através da norma 40 CFR Part 503, “Code of Federal Regulations nº 40, Part 503 - Standards for the Use and Disposal of Sewage Sludge”, que passou a vigorar em 22 de março de 1993. Tal norma foi desenvolvida tendo por base critérios de análise de risco segundo 14 vias de possível de contaminação do meio ambiente pelo biossólido aplicado no solo. Esta regulamentação foi desenvolvida durante um programa de durou 11 anos e teve um custo de 15 milhões de dólares.

Basicamente, a legislação americana cobre três categorias para a disposição final dos biossólidos:

- aplicação no solo: agricultura, jardinagem, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas;

- disposição no solo: sem a finalidade de fertilização ou correção das características físicas e químicas do solo; e,
- incineração.

Neste trabalho, é apresentado um breve resumo da regulamentação norte-americana com relação aos pré-requisitos de qualidade microbiológica, parasitológica, de redução à atração de vetores e de concentração de metais pesados, objetivando a qualidade adequada do lodo para a sua aplicação no solo. Segundo a 40 CFR Part 503, o lodo somente poderá ser aplicado no solo se atender tais requisitos, U.S.EPA (1995 a):

a) **redução de patógenos:** dividido em duas classes de qualidade, A e B:

- ❖ **classe A:** Pertencem a esta classe os lodos ensacados para venda ou distribuição gratuita, ou aplicados em gramados e jardins residenciais. Não existem restrições para acesso público nos solos que receberam este material. O lodo será qualificado como de Classe A, se preencher tais requisitos sanitários:
 - coliformes fecais < 1.000 NMP/g de lodo seco, ou
 - *Salmonella sp.* < 4NPM/ 4 g de lodo seco; e,
 - preencher uma das 6 opções de processo previstas na regulamentação, em resumo elas são relativas a: (1) tempo e temperatura, (2) uso de calor e elevação de pH, (3) e (4) demonstração da eliminação de ovos viáveis de helmintos (ovos viáveis de helmintos < 1 ovo/4g de lodo seco) e vírus entéricos (vírus entéricos < 1 PFU/4g de lodo seco), (5) e (6) tratamento que deve ser enquadrado no PFRP, “Process to Further Reduce Pathogens”;
- ❖ **classe B:** Os lodos pertencentes a esta classe, destinam-se a aplicação em granel; pode ser aplicado em grandes culturas, reflorestamento e em os locais que tenha o acesso público normatizado. É considerado lodo de Classe B, o que se enquadrar nas seguintes condições:
 - *Coliformes fecais* < 2.000.000 NMP/g de lodo seco,
 - usar um dos métodos de tratamento reconhecido como PSRP, “Processes to Significantly Reduce Pathogens”, e,

- se enquadrar nos limites restritivos de aplicação no solo para o lodo de Classe B;
- b) **redução de vetores:** São previstas 12 opções de processos na 40 CFR Part 503, objetivando a redução a atratividade dos vetores pelo lodo (§ 33 (1-12)); e,
- c) **limites para concentração de poluentes no biossólido e para a carga máxima aplicável:** os biossólidos que se destinam ao solos cultiváveis não podem possuir concentrações de metais pesados acima das concentrações limite pré-estabelecidas, apresentadas na Tabela 25.

TABELA 25 - Limites de concentração de metais pesados nos biossólidos para aplicação no solo (valores em peso seco).

Poluente	Concentração máxima (mg/kg)	Conc. limite lodo ótimo (mg/ kg)	Taxa máxima de aplicação anual (kg/ha.ano)	Taxa máxima de aplicação acumulada (kg/ha)
Arsênio	75	41	2,0	41
Cádmio	85	39	1,9	39
Cromo	3.000	1.200	150,0	3.000
Cobre	4.300	1.500	75,0	1.500
Chumbo	840	300	15,0	300
Mercúrio	57	17	0,85	17
Molibdênio	75	18	0,90	18
Níquel	420	420	21,0	420
Selênio	100	36	5,0	100
Zinco	7.500	2.800	140,0	2.800

FONTE: U.S.EPA (1993)

Segundo SANTOS (1996), se todas as concentrações forem menores que as concentrações alternativas para poluentes (APL - Alternative Pollutant Limits), é dispensado o monitoramento da carga cumulativa no local ($\text{kg}_{\text{metal}}/\text{ha}_{\text{terreno}}$) e da carga cumulativa anual ($\text{kg}_{\text{metal}}/\text{ha}_{\text{solo}}/\text{ano}$). As concentrações APL são as concentrações médias mensais encontradas no lodo para os dez metais de interesse.

Os lodos de Classe A devem ser submetidos a um dos processos PFRP, “Processes to Further Reduce Pathogens”, que são:

- **compostagem:** para processos aerados (reator biológico ou leiras estáticas aeradas), a temperatura deve ser superior ou igual a 55°C durante pelo menos três dias. Para a compostagem em leiras com revolvimento mecânico, a temperatura deve ser igual ou superior a 55°C durante 15 dias, sendo que neste período deve haver no mínimo 5 revolvimentos;
- **secagem térmica:** para processos de contato direto ou indireto com o ar, a umidade do lodo deve ser menor ou igual 10% ou menos. A temperatura das partículas de lodo deve ser superior a 80°C; ou a temperatura de bulbo úmido do gás em contato com o lodo, no momento da descarga do lodo do secador, supere 80°C;
- **tratamento térmico:** o lodo é aquecido a 108°C no mínimo, pelo menos durante 30 minutos;
- **digestão aeróbia termofílica:** a ar ou oxigênio. O lodo é misturado e aerado, são mantidas as condições aeróbias por pelo menos 10 dias à temperaturas de 55° a 60°C;
- **irradiação:** com raios beta emitidos por um acelerador capaz de fornecer dosagens mínimas de 1 megarad a 20°C; ou irradiação com raios gama à uma temperatura de 20°C, a partir de isótopos de cobalto 60 ou célio 137; e,
- **pasteurização:** a temperatura do lodo é mantida a 70°C no mínimo, durante pelo menos 30 minutos.

Os cinco processos PSRP, “Processes to Significantly Reduce Pathogens”, geram o biossólido de classe B, tais processos são:

- **digestão aeróbia:** a ar ou oxigênio. O lodo é misturado e aerado, mantendo-se as condições aeróbias por 40 dias a 20°C ou 60 dias a 15°C;
- **secagem:** ocorre em leitos de areia ou em bacias pavimentadas ou não durante 3 meses no mínimo, sendo que neste período deve haver dois meses com temperatura superior a 0°C;
- **digestão anaeróbia:** deve ocorrer por pelo menos 15 dias a uma temperatura de 35-55°C ou por 60 dias a 20°C;
- **compostagem:** por qualquer dos métodos citados anteriormente, sendo que a temperatura da biomassa seja superior a 40°C por pelo menos 5 dias, e desde que conservando ao longo de 4 horas sucessivas nestes 5 dias uma temperatura maior que 55°C; e,
- **estabilização com cal / calagem:** é adicionada cal ao lodo, o suficiente para elevar o seu pH a 12 depois de duas horas de contato.

A "Part 503" estipula que o lodo de Classe A que também satisfaça as concentrações para lodo de ótima qualidade (ver Tabela 25, 3ª coluna), pode ser aplicado no solo agrícola com fertilizante comercial ou como condicionador de solos, não estando sujeito a nenhum controle de aplicação.

A norma também determina que o lodo de Classe B que também seja considerado de ótima qualidade (Tabela 25, 3ª coluna), pode ser aplicado no solo agrícola, desde que sejam obedecidas as taxas agronômicas, isto é, as taxas que não excedam a quantidade de nutrientes requerida pela cultura.

É estabelecido também que o bio sólido que se situa entre as concentrações máximas e as concentrações limite para lodo ótimo (Tabela 25, 2ª e 3ª colunas) pode ser aplicado no solo agrícola, respeitando-se as taxas de aplicação máximas anual e acumulada (Tabela 25, 4ª e 5ª colunas) e exigências quanto ao solo receptor, frequência e amplitude do monitoramento.

A "Part 503" também estabelece critérios para a aplicação do bio sólido em terras não agriculturáveis, como sendo a não superação da taxa agronômica. Para áreas degradadas, a norma

controla a quantidade de nitrogênio visando à proteção do aquífero. Para a disposição superficial, a norma exige acompanhamento do aquífero freático, evitando a sua contaminação.

No caso da incineração, a legislação norte-americana determina que as concentrações atmosféricas máximas para os metais: arsênio, berilo, cádmio, cobre, chumbo, mercúrio e níquel, devem ser estabelecidas para cada local de unidade incineradora. Também são estabelecidos limites máximos de emissão de hidrocarbonetos totais e para o monóxido de carbono, além da temperatura máxima de combustão.

Na Europa, em 1986, foi estabelecida uma diretiva para a União Européia que definiu limites de alguns elementos potencialmente tóxicos presentes no lodo, visando a prevenção de problemas de fitotoxicidade ou redução da qualidade dos produtos gerados, bem como a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo. Diferentemente da legislação norte-americana, a diretiva européia regulamentou os limites dos elementos traço por diferentes faixas de pH do solo.

Segundo FIGUEIREDO (1997), a diretiva da União Européia de 1986 (CEE 86/278) tem como fundamento a observação dos valores de concentração admissíveis de metais pesados no solo que recebem os lodos; as concentrações de metais pesados nos lodos; e a quantidade máxima anual dos metais pesados permissível no solo. A utilização dos lodos deve estar relacionada com a necessidade de substâncias nutritivas pelas plantas, sem comprometer a qualidade do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Nos casos em que o pH do solo é menor que 6, deve-se estar atento ao aumento da mobilidade dos metais pesados e da sua maior absorção pela vegetação. Além dos metais pesados, os lodos devem ser submetidos também às seguintes análises: matéria orgânica, pH, nitrogênio e fósforo, além da análise de pH do solo.

Ainda segundo o mesmo autor, a diretiva CEE 91/271 estabelece a máxima reutilização dos biossólidos com o intuito de diminuir o impacto ambiental, com a proibição do lançamento de lodos no mar ou em águas superficiais desde 01 de janeiro de 1999. Sendo que nos Estados

Unidos a disposição oceânica dos lodos de esgoto passou a vigorar em dezembro em 1991 SANTOS & TSUTIYA (1997).

Segundo MCGRATH et al. (1994), a Diretiva Européia de 1986 apresenta três tipos de limites para as concentrações de metais pesados:

- concentração máxima se o lodo for utilizado na agricultura;
- concentração máxima permitida nos solos que tiveram biossólidos aplicados; e
- taxa máxima anual no solo que recebeu biossólidos durante 10 anos.

Cada país deve estabelecer as suas próprias normas a partir das diretivas européias que servem como guias. Muitos países estipulam normas mais severas que as diretrizes, outros encontram dificuldades no cumprimento as diretrizes.

É interessante observar nas Tabelas 26, 27 e 28, apresentadas nas páginas seguintes, as variações que existem nas legislações dos diversos países, em especial entre os Estados Unidos e os países europeus. MATTHEWS (1996) cita como causa dessas diferenças diversos fatores, entre os quais: variação da composição do lodo entre os países, diferenças climáticas, diferenças geográficas, diferentes tipos de solo, diferentes formas de agricultura, diferenças culturais, etc.

TABELA 26- Valores limites para metais pesados dos biossólidos para uso agrícola.

País	mg/kg MS									
	Pb	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	As	Mo	Se
Alemanha	900	5 - 10	900	800	8	200	2.500	-	-	-
Áustria	500	10	500	500	10	100	2.000	-	-	-
Bélgica	500 - 600	10 - 12	500	600 - 750	10	100	2000-2500	-	-	-
Dinamarca	120	0,8	100	1.000	0,8	30	4.000	25	-	-
Espanha	1200	40	1.500	1.750	25	400	4.000	-	-	-
Finlândia	100	1,5	300	600	1	100	1.500	-	-	-
França	800	20	1.000	1.000	10	200	3.000	-	-	100
Holanda	100	1,25	75	75	0,75	30	300	15	-	-
Irlanda	750	20	-	1.000	16	300	2.500	-	-	-
Itália	750	20	-	1.000	10	300	2.500	-	-	-
Luxemburgo	750	20	100	1.000	16	300	2.500	-	-	-
Noruega	100	4	125	1.000	5	80	1.500	-	-	-
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suécia	100	2	100	600	2,5	50	800	-	-	-
Suíça	500	5	500	600	5	80	2.000	-	20	-
União Européia	750 - 1.200	20 - 40	1000-1500	1000-1750	16 - 25	300 - 400	2500-4000	-	-	-
Estados Unidos	300	39	1.200	1.500	17	420	2.800	41	18	36

FONTE: ISWA (1995) citado por FIGUEIREDO (1997).

TABELA 27 - Admissão máxima anual de metais pesados no solo com biossólidos de qualidade comprovada.

País	kg _{metal} / ha.ano									
	Pb	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	As	Mo	Se
Alemanha	1,49	0,017	1,49	1,3	0,013	0,33	2,5	-	-	-
Dinamarca	1,2	0,008	1	10	0,008	0,3	40	0,25	-	-
Espanha	15	0,15	3	12	0,1	3	30	-	-	-
Finlândia	0,1	0,002	0,30	0,6	0,001	0,1	1,5	-	-	-
França	2,4	0,06	3	3	0,03	0,6	9	-	-	-
Holanda	0,2	0,003	0,15	0,2	0,002	0,06	0,6	-	-	-
Irlanda	1,5	0,04	-	2	0,032	0,6	5	-	-	-
Itália	3,75	0,1	-	5	0,05	1,5	12,5	-	-	-
Luxemburgo	15	0,5	45	12	0,1	3	30	-	-	-
Noruega	0,2	0,008	0,25	2,0	0,010	0,16	3,0	-	-	-
Reino Unido	15	0,15	15	7,5	0,1	3	15	0,7	0,2	0,15
Suécia	0,1	0,002	0,10	0,6	0,003	0,05	0,8	-	-	-
União Européia *	15	0,15	2	12	0,1	3	30	-	-	-
Estados Unidos	15	1,9	150	75	0,85	21	140	2	0,9	5

FONTE: ISWA (1995) citado por FIGUEIREDO (1997).

*União Européia: média de 10 anos

TABELA 28 - Valores limites de metais pesados no solo.

País	mg/kg MS									
	Pb	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	As	Mo	Se
Alemanha (pH>5 a 6)	100	1,5	100	60	1	50	200	-	-	-
Áustria	100	3	100	100	2	50	300	-	-	-
Bélgica	300	3	150	140	1,5	75	300	-	-	-
Dinamarca	40	0,5	30	40	0,5	15	100	-	-	-
Espanha (pH<7)	50	1	100	50	1	30	150	-	-	-
Finlândia (pH>5,5)	60	0,5	200	100	0,2	60	150	-	-	-
França	100	2	150	100	1	50	300	-	-	10
Holanda	85	0,8	100	36	0,3	35	140	29	-	-
Irlanda (pH 5 a 7)	50	1	-	50	1	30	150	-	-	-
Itália	100	1,5	-	100	1	75	300	-	-	-
Luxemburgo	50	1	100	50	1	30	150	-	-	-
Noruega	50	1	100	50	1	30	150	-	-	-
Reino Unido (pH 6 a 7)	300	3	400	135	1	75	300	50	4	4
Suécia	40	0,4	30	40	0,3	30	75	-	-	-
Suíça	50	0,8	75	50	0,8	50	200	-	-	-
União Européia (pH 6 a 7)	50 - 300	1 - 3	100 - 150	50 - 140	1 - 1,5	30 - 75	150 - 300	-	-	-
Estados Unidos	150	19,5	1.500	750	8,5	210	1400	20,5	9	100

FONTE: ISWA (1995) citado por FIGUEIREDO (1997).

No Brasil, ainda não há uma legislação específica sobre a disposição dos bio sólidos. No estado de São Paulo, através da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, foi desenvolvido um manual técnico em 1.999, relativo ao uso agrícola dos lodos de ETE, o “P-4.230 – Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas. Critérios para projeto e operação”. Outros estados também estão em fase elaboração de uma norma técnica a este respeito. Mas continuam prevalecendo vários outros documentos que vigoram sobre o setor de saneamento, alguns deles são:

- a Norma Brasileira Registrada, NBR 10.004 - Resíduos Sólidos Classificação, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), classifica os resíduos sólidos quanto aos seus potenciais riscos de contaminação ao meio ambiente e à saúde pública;
- Constituição da República Federativa do Brasil, de 05/10/88: Título VIII - Capítulo VI - Do Meio Ambiente;
- Lei Federal nº 5.197, de 26/09/67 - Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento;
- Lei Federal nº 6.938, de 31/08/81 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- Lei Federal nº 9.605 de 12/02/98 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;
- Portaria MINTER nº 053, de 01/03/79 - Estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, bem como a fiscalização de sua implantação, operação e manutenção;
- Resolução CONAMA 001, de 23/01/86 - Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental);
- Resolução CONAMA 005, de 15/06/88 - Dispõe sobre o licenciamento de obras de sistemas de abastecimento de água, de esgotos sanitários, drenagem e sistemas de limpeza urbana;
- Constituição do Estado de São Paulo - Capítulo IV - Seção I - Do Meio Ambiente;
- Lei Estadual nº997, de 31/05/76 - Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente;
- Lei Estadual nº7.750, de 31/03/92 - Dispõe sobre a política Estadual de Saneamento.

3.7 Situação dos Biossólidos no Mundo

Segundo WEF (1997), os Estados Unidos produzem aproximadamente 5,3 milhões toneladas (base seca) anualmente, e são gastos com o tratamento e gerenciamento dos biossólidos valores que giram em torno de 2 bilhões de dólares anuais. Gastos tão elevados, contribuem ainda mais para a popularidade da aplicação dos biossólidos no solo, que tem um apoio crescente das comunidades científicas e ambientais.

Segundo FIGUEIREDO (1997), dos quase 400 milhões de habitantes da Europa, são produzidos aproximadamente 6,5 a 7,5 milhões de toneladas (matéria seca – MS) de biossólidos anualmente. Cerca de 75 % dos biossólidos são estabilizados em digestores anaeróbios, destes 78% são desidratados, principalmente por processos mecânicos. O destino final dos biossólidos é em média de 44% para os aterros, 37% para a agricultura, 10% para incineração, 6% para o mar e 3% tem outros fins. Ainda segundo o autor, tem-se verificado que nos últimos anos o uso agrícola aumentou mais em relação à disposição em aterros, e a incineração foi o que mais aumentou em relação aos demais, em contrapartida, a disposição no mar será banida por lei.

Os dados quantitativos referentes à produção e à disposição final dos biossólidos em vários países são bastante conflitantes. Na literatura mundial consultada, foi bastante comum encontrar diferenças gritantes nestes dados a respeito de um mesmo país. Embora essa dificuldade de encontrar informações confiáveis, os valores aproximados para alguns países da Europa e dos Estados Unidos estão dispostos na Tabela 29.

TABELA 29 - Gerenciamento dos bio-sólidos na Europa e Estados Unidos.

País	Agricultura %	Aterro %	Incineração %	Outro %	Quantidade 1000 t MS/ano
Alemanha	25	65	10	-	2.750
Áustria *	13	56	31	-	320
Bélgica*	31	56	9	4	75
Dinamarca	43	29	28	-	150
Espanha	61	10	-	29	300
Estados Unidos*	36	38	16	10	5.357
França	27	53	20	-	900
Grécia	10	90	-	-	200
Holanda	53	29	10	8	280
Irlanda	23	34	-	43	23
Itália	34	55	11	-	800
Luxemburgo	80	20	-	-	15
Portugal	80	12	-	8	200
Reino Unido	51	16	5	28	1.500
Suíça*	30	20	0	-	50

FONTES : ISWA (1995) citado por FIGUEIREDO (1997)

*CHANG, PAGE e ASANO (1996) citado por WEF (1997).

3.8 A Situação do Saneamento Básico no Brasil

Os investimentos no setor de saneamento básico no Brasil, incluindo a execução de sistemas de esgotamento sanitário e estações de tratamento de esgoto, não são prioridades nas ações das autoridades brasileiras. Isso se reflete visivelmente nos baixos índices relacionados à coleta e tratamento de esgoto no Brasil.

Segundo CABES (1998), a população do Brasil foi estimada em 158,28 milhões de habitantes em 1996, sendo que 78,99 % habitavam em áreas urbanas e 21,01 % em áreas rurais. Na Região Sudeste, estão concentrados 47,70 % da população urbana do país, enquanto a população rural se concentra na Região Nordeste com 48,61 %.

Ainda segundo o CABES (1998), 30,88 % da população total, ou 39,09 % da população urbana dispõem de sistemas de coleta de esgotos sanitários. As empresas atendem a 68,04 % das economias, cobrindo 66,46 % da população beneficiada, enquanto os outros órgãos (Prefeituras Municipais e Entidades diversas) atendem a 31,96 % das economias e uma população de 33,54 % do total servido. Em âmbito regional, a Região Sudeste apresenta a maior cobertura com atendimento a 55,36 % da população total ou 62,08 % da população urbana, enquanto 74,42 % das sedes municipais dispõem de sistemas.

Na Tabela 30 são apresentados alguns dados gerais de 31/12/1996 sobre o saneamento básico no Brasil em função da região geográfica.

Os valores relacionados ao saneamento básico no Brasil são muito discrepantes, principalmente, no que diz respeito à coleta e ao tratamento de esgoto. Conforme dados apresentados por CABES (1998), o volume diário de esgoto coletado é de 7,03 milhões de metros cúbicos, que traduzem uma contribuição per-capita de 216 litros por dia. Mas segundo IBGE (1992) citado por ROCHA (1998), o Brasil apresentava em 1989 um volume de esgoto coletado na ordem de $10.667.823 \text{ m}^3$ por dia, sendo que deste total aproximadamente 19,9% recebia algum tipo de tratamento. Isso representa $2.124.925 \text{ m}^3$ de esgoto tratado por dia, mas é importante

salientar que este número não leva em consideração somente o esgoto tratado em ETE e lagoas de estabilização, mas considera também a contribuição proveniente de unidades de tratamento preliminar e unidades de tratamento primário. O que não é de interesse para esta pesquisa, pois nestas unidades de tratamento preliminar e primário não são gerados os biossólidos.

TABELA 30 - Dados gerais sobre os sistemas de esgotamento sanitário no Brasil em 1996.

Discriminação	Norte	Nordeste	C.Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Localidades com Sistemas	12	101	48	1.365	229	1.755
Sedes municipais com sistemas	12	97	47	1.219	225	1.600
Sedes municipais atendidas(%)	5,56	5,26	22,07	83,44	19,07	30,67
População atendida	269.122	4.134.307	3.216.016	37.023.786	4.235.266	48.878.497
População total atendida (%)	2,26	9,04	30,68	55,36	18,21	30,88
Pop. Urbana total atendida (%)	3,48	13,98	35,48	62,08	22,29	39,09

FONTE: Adaptado do CABES (1998).

4 Metodologia

4.1 Escolha do Local

Devido ao completo desconhecimento a respeito dos bio sólidos, o levantamento abrangeu todo o território nacional, embora, em alguns estados o tratamento de esgoto seja praticamente inexistente.

4.2 Coleta dos Dados

A partir do objetivo traçado para esta pesquisa, ou seja, apresentar um diagnóstico da situação brasileira dos bio sólidos, definiu-se então todos os cruzamentos de informações que se pretendiam fazer a partir das respostas, a fim de ajustar a forma das questões aos resultados pretendidos. Desta forma, foi elaborado um conjunto de perguntas que formaram um formulário padrão, que foi enviado para as operadoras responsáveis pelo serviço de tratamento de esgoto no país, e posteriormente, respondido pelas mesmas.

O formulário composto de três páginas foi desenvolvido num formato de questões de múltipla escolha e os itens que não permitiam o uso deste artifício, foram feitas lacunas para o preenchimento de valores com as unidades de medidas previamente indicadas, objetivando assim, uma maior praticidade e conforto a quem fosse respondê-lo, menor possibilidade de dúvidas e maior confiabilidade nas respostas. No formulário elaborado foram contemplados, basicamente, os aspectos relativos à estrutura do tratamento de esgoto e do lodo:

DADOS GERAIS SOBRE A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Denominação do Órgão:

Nome da Estação:

Município:

Estado:

População atendida pelo sistema de esgoto:

hab.

Volume diário de esgoto tratado:

m³

Capacidade de tratamento da Estação:

m³/dia

ASSINALE O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO UTILIZADO NA ESTAÇÃO:

SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Lagoa Facultativa

Lagoa Anaeróbia - Lagoa Facultativa

Lagoa Aerada Facultativa

Lagoa Aerada de Mistura Completa - Lagoa de Decantação

SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS

Lodos Ativados Convencional

Lodos Ativados (Aeração Prolongada)

Lodos Ativados (Fluxo Intermitente)

SISTEMAS AERÓBIOS COM BIOFILMES

Filtro Biológico (Baixa Carga)

Filtro Biológico (Alta Carga)

Biodiscos

SISTEMAS ANAERÓBIOS

Reator Anaeróbio de Manta de Lodo

Fossa Séptica - Filtro Anaeróbio

SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO

Infiltração Lenta

Infiltração Rápida

Escoamento Superficial

Infiltração Sub-superficial

OUTROS - FAVOR ESPECIFICAR

DADOS GERAIS SOBRE O LODO DE ESGOTO DA ESTAÇÃO

Produção diária de lodo na Estação: _____ kg

ASSINALE OS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE LODO UTILIZADOS NA ESTAÇÃO:

ADENSAMENTO	
	Gravidade
	Flotação
	Mecanizado / Centrífuga
	Mecanizado / Prensa
DIGESTÃO	
	Aeróbia
	Anaeróbia
DESIDRATAÇÃO / SECAGEM	
	Leito de Secagem
	Lagoa de Secagem de Lodo
	Mecanizada / Filtro a Vácuo
	Mecanizada / Filtro Prensa
	Mecanizada / Filtro de Esteira
	Mecanizada / Centrífuga
TRATAMENTO	
	Incineração
	Compostagem
	Secagem Térmica
	Estabilização Química
	Desinfecção
OUTROS – FAVOR ESPECIFICAR	

ASSINALE A(S) FORMA(S) EMPREGADA(S) PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO E INDIQUE SUA(S) RESPECTIVA(S) QUANTIDADE(S) DIÁRIA(S):

DESTINO FINAL	QUANTIDADE DIÁRIA (kg)
Aterro Sanitário	
Aplicação no solo com fins agrícolas	
Aplicação em áreas de Reflorestamento	
Prod. de Composto/Fertilizante organo-mineral	
Prod. de agregado leve para construção civil	
Fabricação de cimento e de produtos cerâmicos	
OUTROS – FAVOR ESPECIFICAR	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO:

Favor fornecer os valores das análises, se disponíveis.

PARÂMETROS	Data ____/____/____
pH	
Condutividade, dS/m	
Matéria Seca, %	
Matéria Orgânica, %	
Cinzas, %	
Nitrogênio amoniacal, %	
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	
Nitrogênio total, % N	
Carbono total, % C	
Relação C/N	
Enxofre total, % SO ₃	
Fósforo total, % P ₂ O ₅	
Potássio hidrossolúvel, % K ₂ O	
Cálcio total, % CaO	
Magnésio total, % MgO	
Arsênio, mg/kg M.S.	
Cádmio, mg/kg M.S.	
Chumbo, mg/kg M.S.	
Cobre, mg/kg M.S.	
Cromo, mg/kg M.S.	
Mercúrio, mg/kg M.S.	
Molibidênio, mg/kg M.S.	
Níquel, mg/kg M.S.	
Selênio, mg/kg M.S.	
Zinco, mg/kg M.S.	
Coliformes fecais, NMP	
Estreptococos fecais, NMP	
Salmonella sp, NMP	
Ovos de helmintos, NMP	

Observação: % em relação ao peso seco

A primeira página do formulário foi destinada às informações referentes aos dados gerais da ETE e ao tratamento de esgoto, e a segunda página contém os dados referentes à produção, tratamento e destino final do lodo. Tais informações objetivavam a quantificação do esgoto tratado, lodo gerado, e população atendida, além do levantamento dos tratamentos de esgoto e lodo e o destino final deste último.

A terceira página do formulário refere-se à composição dos biossólidos, levando-se em conta os aspectos agronômicos (pH, condutividade, matéria seca, matéria orgânica, cinzas, nitrogênio, carbono, relação C/N, enxofre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), os metais pesados (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco) e os microrganismos patogênicos (Coliformes fecais, *Streptococos* fecais, *Salmonella* sp e ovos de helmintos). Estes dados tiveram como objetivo traçar a composição média dos biossólidos gerados no Brasil e conseqüentemente na determinação das possibilidades de uso dos mesmos, pois, a qualidade do lodo é necessária para determinar, principalmente, a viabilidade do lodo para aplicação na agricultura, e para controlar a adição de nutrientes e metais pesados no solo.

A segunda etapa do trabalho consistiu em fazer um cadastro das operadoras do sistema de água e esgoto, com informações coletadas de diversas fontes, como o Catálogo da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (CABES, 1998), o cadastro dos afiliados da ASSEMAE – Associação dos Servidores Municipais de Água e Esgotos e informações fornecidas pelas Coordenadorias da FNS – Fundação Nacional de Saúde de alguns estados. Tentou-se cadastrar o maior número possível de operadoras, seja qual fosse a sua área de abrangência (regional, microregional ou local) ou a sua natureza administrativa (entidade de direito público administrada diretamente pela prefeitura ou autarquias – ou entidades de direito privado, empresas públicas, sociedades de economia mista, empresas privadas e organizações sociais). Desta forma, o universo de prestadoras de serviços de saneamento cadastradas nesta pesquisa foi amplo e diversificado, incluindo desde instituições de pequeno porte até grandes empresas com elevado grau de desenvolvimento tecnológico.

Foram cadastradas 984 operadoras do sistema de água e esgoto, mas este cadastro consistia somente de informações gerais como o nome da instituição, endereço e telefone; o que

não permitia saber de antemão se determinada operadora executava ou não o tratamento de seu esgoto. Neste sentido, através ligações telefônicas, foi feita a confirmação da existência ou não de ETEs em operação sob responsabilidade da maioria das instituições cadastradas. Devido à escassez de informações mais detalhadas, a maior dificuldade desta pesquisa foi localizar e contatar as operadoras que detinham alguma estação de tratamento de esgoto, principalmente as de âmbito local. Desta forma, não foi possível abordar todas as estações, ou seja, 100% das ETEs brasileiras, e conseqüentemente, algumas delas ficaram de fora deste levantamento.

Na etapa posterior, a de solicitação de dados, em alguns casos foram necessárias várias ligações telefônicas para que se conseguisse contato com o responsável pelo tratamento de esgoto. Neste primeiro contato, foi explanado o que consistia a pesquisa e solicitadas as informações de interesse referentes ao esgoto e lodo.

Após esta solicitação verbal foram enviadas às operadoras uma carta oficial da Universidade solicitando as informações de interesse juntamente com o formulário para posterior preenchimento com os dados da ETE. Este material foi remetido via correio, fax ou por e-mail para as operadoras, de acordo com a preferência do informante.

Paralelamente, houve um acompanhamento da aplicação do questionário, para esclarecimentos quanto ao preenchimento e para cobrança das respostas. Verificou-se nesta fase, a indisponibilidade de algumas operadoras em enviar as informações. Além disso, houve uma grande demora em algumas respostas, o que causou um certo atraso na compilação do resultado final deste trabalho. É importante ressaltar que isto representa uma parcela pequena do total de operadoras abordadas, pois a maioria participou voluntariamente deste levantamento, demonstrando interesse em conhecer o resultado final do trabalho, por compreender a importância que esta pesquisa representa na área de saneamento.

Desta forma, este levantamento incorpora, fielmente, os dados e comentários fornecidos pelas prestadoras de serviços de saneamento que atenderam à solicitação, enviando as respectivas informações espontaneamente. O índice de retorno dos questionários preenchidos foi bastante

expressivo, considerando-se que este foi um ato totalmente voluntário, além do fato de que o preenchimento do formulário dispensava um tempo considerável do informante

Após o recebimento via correio, fax ou e-mail dos formulários preenchidos deu-se início a fase de tratamento das informações, que consistiu em duas etapas, uma de organização e outra de análise. Na fase de organização, os dados foram transcritos para uma planilha modelo, a fim de organizar e padronizar as informações obtidas, principalmente no que se refere à diferença de unidades de medida utilizados pelas operadoras. Numa segunda etapa, foram analisadas as respostas dos questionários com o intuito de observar eventuais problemas no preenchimento, ausência de respostas nas lacunas e detectar possíveis inconsistências nos dados fornecidos.

No que se refere à qualidade das informações recebidas, verificou-se na apuração dos formulários uma grande margem de lacunas, ou itens, não respondidos. Houve um índice elevadíssimo de lacunas não respondidas referentes às informações do lodo gerado nas ETEs, principalmente nos itens de quantidade produzida, tipo de tratamento, destino final e das características físicas, químicas e biológicas. No entanto, as lacunas referentes ao esgoto, obtiveram uma grande margem de resposta. Esse reduzido índice de resposta nas lacunas referentes ao lodo é em função da indisponibilidade desses valores, pois a maioria das operadoras de tratamento de esgoto não produzem as informações referentes ao lodo de forma sistemática, dando enfoque somente ao esgoto tratado.

Toda a ausência de resposta nas lacunas do questionário foi considerada como “informação indisponível”, embora uma resposta em branco pudesse significar ausência de informação, dificuldade na sua obtenção, falta de compreensão da pergunta, esquecimento no preenchimento, ou mesmo uma quantidade igual a zero.

A ausência de resposta em questões de maior importância na pesquisa, questões com valores inconsistentes, e respostas que geraram dúvidas foram verificadas diretamente com o responsável pelo preenchimento do formulário através de ligações telefônicas. Após esclarecidas todas as dúvidas e corrigidas todas as eventuais falhas de informação, os dados contidos nos questionários foram agrupados conforme o Estado de origem, e posteriormente por Região

geográfica e por tipo de tratamento de esgoto empregado na ETE. Na maior parte dos casos, as correções foram feitas mas não na totalidade dos casos observados, o que em parte explica as imprecisões remanescentes geradas principalmente pela má qualidade de parte das informações recebidas.

As operadoras do sistema de tratamento de esgoto apresentam entre si grandes disparidades no que diz respeito ao porte e às características operacionais. Por esta razão, entre outras, não foi realizada nenhum tipo de comparação de desempenho entre as ETEs. Desta forma, todos os dados coletados foram agrupados, e após as suas informações checadas, foram liberadas para o cálculo das médias e estimativas e montagem das tabelas e gráficos.

4.3 Tratamento e Disposição dos Dados

A primeira etapa de tratamento e disposição dos dados consistiu em agrupar todas as informações obtidas em relação ao Estado da Federação que se localiza a ETE. Desta forma, cada Estado que possua no mínimo uma estação de tratamento de esgoto e que tenha respondido à solicitação de informações está representado nesta pesquisa.

Os dados completos e discriminados das ETEs, que são apresentados no Anexo, foram agrupados em tabelas que representam os Estados. Nesta tabela, onde cada ETE corresponde à uma coluna, foram transcritos os itens presentes no formulário juntamente com todas as informações e comentários fornecidos pelas operadoras. Neste caso, é possível que o leitor examine os detalhes de cada uma das estações de tratamento de esgoto cadastradas nesta pesquisa.

Para maior compreensão, todos os itens pertencentes às Tabelas apresentadas no Anexo são discriminados:

1 – Dados da Estação de Tratamento de Esgoto

- **Órgão** – nome da operadora do sistema de tratamento de esgoto;
- **Estação** – nome da ETE, Estação de Tratamento de Esgoto;

- **Município / UF** – município e Unidade Federativa onde se localiza a ETE;
- **População atendida (hab.)** – população atendida pela ETE;
- **Vazão tratada (m^3/dia)** - vazão de esgoto tratado pela ETE, em metros cúbicos por dia; e,
- **Vazão de projeto (m^3/dia)** – vazão de projeto de tratamento de esgoto da ETE, em metros cúbicos por dia;

2 – Tratamento de esgoto

- **Sist. Tratamento Esgoto** – sistema de tratamento de esgoto empregado na ETE; e,
- **Trat. Esgoto X Prod.Lodo** – relação entre a quantidade de lodo gerado por pessoa (em gSST/hab.dia - gramas de sólidos suspensos totais por dia) em função do tipo de tratamento de esgoto utilizado. Os valores deste item seguem os recomendados por ALÉM SOBRINHO (2000), que estão apresentados na Tabela 4 do capítulo 3.2 Processos de Tratamento de Esgoto X Lodo Gerado. Nos casos em que os sistemas de tratamento que não se enquadravam nos citados por ALÉM SOBRINHO (2000), a produção “per capita” de lodo foi estimada, adotando-se um valor que melhor se adequasse à teoria do balanço de massa do tratamento de esgoto. A unidade utilizada foi grama de sólidos suspensos totais por habitante por dia (g SST/hab.dia);

3 – Produção de lodo

- **Prod. Informada(t/ano)** – Produção de lodo informada pela operadora da ETE, em toneladas por ano; e
- **Prod. Estimada(t SST/ano)** – Produção de lodo estimada para a ETE, em toneladas de sólidos suspensos totais por ano. Trata-se de um valor teórico da quantidade de lodo seco gerado na ETE, calculado através da multiplicação do número de habitantes atendidos pela ETE pela produção “per capita” de lodo seco, valor este apresentado no campo “Trat. Esgoto X Prod. Lodo”, e posteriormente, convertendo-se a unidade de medida para toneladas por ano.

4 – Tratamento do lodo

- **Adensamento** – refere-se ao tipo de adensador utilizado de gravidade, flotação, centrífuga ou prensa;
- **Digestão** – refere-se ao tipo de digestão sofrida pelo lodo: anaeróbia e/ou aeróbia;

- **Desidratação / Secagem** - refere-se ao tipo de desidratação/secagem empregado no lodo: leitos de secagem, lagoas de secagem, filtros prensa, filtros de esteira, centrífugas, secagem térmica, etc; e
- **Tratamento**– tipo de tratamento empregado no lodo: compostagem, incineração, tratamento químico, etc

5 – Destino final do lodo

- **Aterro Sanitário (t/ano)** – quantidade de lodo destinada ao aterro sanitário, em toneladas por ano;
- **Agricultura (t/ano)** – quantidade de lodo que teve como destino final a aplicação no solo para fins agrícolas, em toneladas por ano; e
- **Outros (t/ano)** – refere-se a outros tipos de disposição final do lodo, como a aplicação no solo para fins de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, fabricação de agregados leves para a construção civil, etc;

6 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo - refere-se à composição dos biossólidos, levando-se em conta os aspectos agronômicos (pH, condutividade, matéria seca, matéria orgânica, cinzas, nitrogênio, carbono, relação C/N, enxofre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), os metais pesados (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco) e os microrganismos patogênicos (Coliformes fecais, *Streptococos* fecais, *Salmonella* sp e ovos de helmintos).

A totalização dos dados estaduais, é apresentada no Capítulo 5.1 – Resultados por Estados. Objetivando uma melhor visualização dos dados de cada Estado, as ETEs foram agrupadas de acordo com o tipo de tratamento de esgoto empregado. Basicamente, foi feito um somatório dos itens referentes a cada Estado, em função do tipo de tratamento de esgoto empregado, foram considerados nesta pesquisa 4 grandes grupos divididos da seguinte forma:

1. **sistemas de lagoas de estabilização** - nesta categoria incluem-se todos os tipos de lagoas: aeróbias, anaeróbias ou facultativas; individuais, associadas em série ou em paralelo;
2. **sistemas aeróbios** - incluem-se todos os sistemas que têm por base a digestão aeróbia do esgoto, tais como os sistemas de lodos ativados, filtros biológicos, aeração prolongada, etc;

3. **sistemas anaeróbios** – incluem-se nesta categoria todos os sistemas que utilizam a digestão anaeróbia do esgoto, tais como os reatores anaeróbios de manta de lodo, os tanques Imhoff, etc;
4. **sistemas mistos** – nesta pesquisa foram considerados como sistemas mistos todas as ETEs que combinam processos anaeróbios e aeróbios, como por exemplo a associação de um reator UASB seguido de lodos ativados.

Desta forma, para cada Estado são apresentadas três tabelas, a primeira tabela denominada “Nome do Estado – Tratamento de esgoto” possui os seguintes campos:

- **Nr. de ETEs** – número (quantidade) de estações de tratamento de esgoto;
- **% ETEs** – porcentagem com que cada tipo de tratamento contribui em relação ao número total de ETEs no Estado.
- **Vazão de esgoto tratado (m^3/dia)** – vazão de esgoto tratado nas estações, em metros cúbicos por dia;
- **% Vazão de esgoto tratado** - porcentagem com que cada tipo de tratamento contribui em relação à vazão total de esgoto total tratado no Estado;
- **Vazão de projeto (m^3/dia)** – vazão de projeto de tratamento de esgoto, em metros cúbicos por dia;
- **% Vazão de projeto** – porcentagem com que cada tipo de tratamento contribui em relação à vazão total de projeto de tratamento de esgoto no Estado;
- **População atendida** – população atendida pelo tratamento de esgoto;
- **% População atendida** - porcentagem com que cada tipo de tratamento contribui em relação à população total atendida no Estado;

Uma segunda tabela denominada “Nome do Estado - Produção de lodo” apresenta os seguintes itens:

- **Produção informada (toneladas/ano)** – produção de lodo informada pelas operadoras das ETEs, em toneladas por ano;
- **% Produção informada** – porcentagem com que cada tipo de tratamento de esgoto representa em relação ao valor total da produção estadual de lodo informada pelas operadoras;

- **Produção estimada (toneladas SST/ano)** – produção de lodo estimada, em toneladas por ano;
- **% Produção estimada** – percentagem com que cada um dos tipos de tratamento de esgoto representa em relação ao valor total da produção estimada de lodo para o Estado.

E finalmente, a terceira tabela denominada “Nome do Estado – Destino final do lodo” apresenta os seguintes itens:

- **valor informado** – nesta linha da tabela os cálculos foram realizados utilizando-se os números informados pelas operadoras das ETEs;
- **valor estimado** – nesta linha da tabela os cálculos foram realizados utilizando-se os valores estimados de produção de lodo (em SST-sólidos suspensos totais) ;
- **Aterro Sanitário (t/ano)** – quantidade de lodo destinado para aterros sanitários, em toneladas por ano;
- **% Aterro** – percentagem do lodo que é destinado ao aterro sanitário, em relação ao valor total da produção de lodo no Estado;
- **Agricultura (t/ano)** – quantidade de lodo utilizado no solo em áreas agrícolas, em toneladas por ano;
- **% Agric.** – percentagem do lodo que é utilizado no solo em áreas agrícolas em relação ao valor total da produção de lodo no Estado;
- **Outros (t/ano)** – refere-se às outras opções de disposição final para o lodo como a aplicação no solo para fins de reflorestamento e áreas degradadas, fabricação de agregados leves para a construção civil, etc;
- **% Outros** - percentagem do lodo que tem outros fins diferentes do aterro e agricultura em relação ao valor total da produção de lodo no Estado;
- **Indefinido (t/ano)** – refere-se ao lodo produzido nas ETEs e que não tiveram o destino final informado, em toneladas por ano;
- **% Indefinido** – percentagem do lodo que não teve a disposição final informada, em relação ao valor total do lodo produzido no Estado.

Além disso, para cada Estado são apresentados os seguintes valores médios:

- Média “per capita” da contribuição de esgoto: calculada através da divisão do valor de vazão total de esgoto tratado pelo número de habitantes atendidos pelo sistema, em l/hab.dia (litros por habitante por dia); e,
- Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: calculada através da divisão do valor da produção estimada de lodo pela população atendida pelo tratamento de esgoto, em gSST/hab.dia (gramas de sólidos suspensos totais por habitante por dia) e kgSST/hab.ano (quilogramas de sólidos suspensos totais por habitante por ano).

Posteriormente, os dados estaduais foram agrupados segundo a Região geográfica pertencente, Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul e apresentados no item 5.2 – Resultados por Regiões. No mesmo sentido, foram agrupados os dados totalizados em função do tipo de tratamento de esgoto empregado e apresentados no item 5.3 - Resultados por tipo de tratamento de esgoto utilizado”. E item 5.4 – Destino final do lodo apresenta dos valores referentes à disposição final empregada. As tabelas apresentadas nestes dois capítulos, nada mais são que o somatório e rearranjo dos dados estaduais, desta forma, não se faz necessária a descrição de cada campo destas tabelas.

As análises laboratoriais do lodo, foram agrupadas e apresentadas em forma de tabela no Anexo deste trabalho. Ao se transcrever os valores obtidos, houve o cuidado de se converter todos os dados para as unidades métricas requeridas, no intuito de padronizar as informações e de evitar erros nos cálculos de mediana, média aritmética e desvio-padrão. Estes valores médios que representam a composição do lodo gerado no Brasil são apresentados no item 5.4 – Resultados- Características físicas, químicas e biológicas dos biossólidos.

5 Resultados e Discussão

O resultado final deste trabalho pode ser considerado bastante satisfatório, pois ele conseguiu atingir os objetivos propostos. O maior responsável por este produto foi o retorno expressivo dos questionários preenchidos, foram recebidas as informações de 275 estações de tratamento de esgoto espalhadas por todo o Brasil. Ou seja, este trabalho só pôde ser realizado com a cooperação e solidariedade de pessoas que compreendem a importância desta pesquisa como fonte de informação sobre o setor de saneamento. Deve-se salientar que a participação das prestadoras de serviços de saneamento nesta pesquisa, realizada através do envio dos dados de suas ETEs, foi um ato totalmente voluntário.

Devido ao completo desconhecimento de informações referentes aos biossólidos, este estudo tentou abranger todo o território nacional, embora, em alguns estados o tratamento de esgoto seja praticamente inexistente. Devido à enorme abrangência territorial, a maior deficiência desta pesquisa foi localizar e contatar as operadoras de tratamento de esgoto, principalmente as de âmbito local. Desta forma, não foi possível localizar todas as estações, ou seja, 100% das ETEs brasileiras, e consequentemente, algumas delas ficaram de fora deste estudo.

Passada a fase de localização e contato, iniciou-se a fase de recebimento, armazenamento, agrupamento e tratamento dos dados recebidos. Embora tenham sido solicitadas por várias vezes, lamentavelmente, algumas prestadoras de serviços não responderam à coleta de informações, e outras enviaram dados deficientes ou bastante incompletos, que em alguns casos não tiveram consistência necessária para entrar nos cálculos finais.

Em alguns casos, já no momento do contato telefônico inicial para a solicitação de dados, algumas operadoras de estações manifestavam a inexistência de informações a respeito do lodo por nunca ter havido descarga no sistema de tratamento; outras alegaram que a produção de lodo era mínima. Mesmo este estudo tendo como tema os bio sólidos, foi explicado às pessoas responsáveis pelas ETEs, que os dados referentes ao esgoto também eram importantes para a pesquisa, pois serviriam para estimar da produção do lodo. Mas mesmo assim, algumas operadoras não responderam à solicitação de dados.

Por se tratar de uma pesquisa sobre os bio sólidos, as estações baseadas em unidades de tratamento preliminar e de tratamento primário não foram incluídas, pois nestes casos não há formação desse lodo.

Devido ao não envio de informações por parte de algumas operadoras de ETEs, aliado à deficiência desta pesquisa em não conseguir localizar e contatar 100% das ETEs do país, este estudo não pode ser considerado como um retrato fiel do tratamento de esgoto no Brasil, também porque este não era a pretensão deste estudo. Este trabalho deve ser encarado como um conjunto básico de informações, que se propõe a dar um panorama do setor, permitindo ao leitor ter uma idéia geral da situação atual dos bio sólidos no país.

À partir dos objetivos traçados para esta pesquisa, ou seja, apresentar um diagnóstico dos bio sólidos no Brasil do ponto de vista de produção, qualidade e destino final, definiram-se então todos os cruzamentos de informações que se pretendiam fazer a partir das respostas, a fim de ajustar a forma mais adequada para a apresentação dos resultados obtidos. Desta forma, foi elaborado um conjunto de tabelas e gráficos agrupados por estado, região e tipo de tratamento de esgoto utilizado, disposição final e caracterização do lodo pesquisado, que são apresentados neste capítulo.

Em relação à qualidade dos dados recebidos, houve um índice elevadíssimo de lacunas não respondidas referentes às informações do lodo gerado nas ETEs, principalmente nos itens de quantidade produzida, tipo de tratamento, destino final e das características físicas, químicas e biológicas. No entanto, as lacunas referentes ao esgoto, obtiveram uma grande margem de

resposta. O reduzido índice de resposta nas lacunas referentes ao lodo é em função da indisponibilidade desses valores, pois a maioria das operadoras de tratamento de esgoto não produzem as informações referentes ao lodo de forma sistemática, dando enfoque somente ao esgoto tratado.

É importante ressaltar que este estudo incorpora fielmente todos os dados e comentários fornecidos pelas prestadoras de serviços que atenderam à solicitação para participar deste trabalho, enviando suas informações espontaneamente.

Os dados completos e discriminados das ETEs foram agrupados por estados de origem, e são apresentados no Anexo. Neste caso, é possível que o leitor examine os detalhes de cada uma das 275 estações de tratamento de esgoto que foram cadastradas. Neste trabalho 17 estados brasileiros e o Distrito Federal estão representados.

Os dados coletados foram totalizados e agrupados através de tabelas e gráficos, basicamente das seguintes formas:

- por Estado: 17 estados brasileiros e o Distrito Federal ;
- por Região: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul ;
- por processos de tratamento de esgoto:
 - lagoas de estabilização,
 - sistemas aeróbios,
 - sistemas anaeróbios; e,
 - sistemas mistos ;
- por destino final:
 - aterro sanitário;
 - uso na agricultura;
 - outros; e,
 - indefinido; e,
- características físicas, químicas e biológicas do lodo.

5.1 Resultados por Estados

Os seguintes estados brasileiros representados nesta pesquisa têm seus dados totalizados de forma individualizada através das tabelas:

- A. Bahia (Tabelas 31,32 e 33);
- B. Ceará (Tabelas 34,35 e 36);
- C. Distrito Federal (Tabelas 37,38 e 39);
- D. Espírito Santo (Tabelas 40,41 e 42);
- E. Goiás (Tabelas 43,44 e 45);
- F. Mato Grosso (Tabelas 46,47 e 48);
- G. Mato Grosso do Sul (Tabelas 49,50 e 51);
- H. Minas Gerais (Tabelas 52,53 e 54);
- I. Paraíba (Tabelas 55,56 e 57);
- J. Paraná (Tabelas 58,59 e 60);
- K. Pernambuco (Tabelas 61,62 e 63);
- L. Rio de Janeiro (Tabelas 64,65 e 66);
- M. Rio Grande do Sul (Tabelas 67,68 e 69);
- N. Roraima (Tabelas 70,71 e 72);
- O. Santa Catarina (Tabelas 73,74 e 75);
- P. São Paulo (Tabelas 76,77 e 78);
- Q. Sergipe (Tabelas 79,80 e 81); e,
- R. Tocantins (Tabelas 82,83 e 84).

É importante salientar que nas tabelas de vários Estados, os valores dos campos “Vazão de Projeto (m^3/dia)” e “Produção informada de lodo (toneladas/ano)” de algumas estações não foram informados, desta forma, o valor total estadual (somatório) destes itens é de forma parcial, não correspondendo a todas as ETEs do Estado. Consequentemente, os valores totais para o Brasil (Tabela 85) destes mesmos campos também ficam comprometidos, sendo apresentados também, neste caso, os valores parciais.

BAHIA

OBS – Os dados enviados pela EMBASA foram insuficientes para o perfeito preenchimento das Tabelas 31,32 e 33.

TABELA 31- BAHIA - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	NI	-	NI	-	NI	-	NI	-
Sistemas Aeróbios	NI	-	NI	-	NI	-	NI	-
Sistemas Anaeróbios	NI	-	NI	-	NI	-	NI	-
Sistemas Mistos	NI	-	NI	-	NI	-	NI	-
Total	86	-	28.650,00	-	NI	-	191.000	-

TABELA 32 - BAHIA - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladas SST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	dados insuficientes	-	NI	-
Sistemas Aeróbios	idem	-	NI	-
Sistemas Anaeróbios	idem	-	NI	-
Sistemas Mistos	idem	-	NI	-
Total	idem	-	NI	-

TABELA 33 – BAHIA - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	-	-

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 150,00 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: Os dados fornecidos são insuficientes para a estimativa da produção de lodo.

NI – Não informado

CEARÁ

TABELA 34 - CEARÁ - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	27	47,4	106.854,74	82,2	Não informado	-	596.919	80,9
Sistemas Aeróbios	01	1,7	2.353,39	1,8	Não informado	-	17.740	2,4
Sistemas Anaeróbios	29	50,9	20.732,06	16,0	Não informado	-	122.947	16,7
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	57	-	129.940,19	-	Não informado	-	737.606	-

TABELA 35 - CEARÁ - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladas SST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	4.338,11	82,8	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	226,63	4,3	Não informado	-
Sistemas Anaeróbios	673,29	12,9	Não informado	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	5.238,03	-	Não informado	-

TABELA 36 – CEARÁ - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado (SST)	-	-	-	-	-	-	5.238,03	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 176,2 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 7,1 kg SST/habitante.ano ou 20 g SST/habitante.dia

DISTRITO FEDERAL

TABELA 37 - DISTRITO FEDERAL - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01	6,7	2.650,00	1,62	7.600,00	1,96	34.630	3,32
Sistemas Aeróbios	04	26,7	120.300,00	73,31	224.100,00	57,70	543.00	51,98
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	10	66,6	41.143,00	25,07	156.680,00	40,34	467.000	44,70
Total	15	-	164.093,00	-	388.380,00	-	1.044.630	-

TABELA 38 - DISTRITO FEDERAL - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	189,60	1,47	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	8.506,33	65,85	10.767,50	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	4.221,25	32,68	39,30 ⁽¹⁾	-
Total	12.917,18	-	10.806,80 ⁽²⁾	-

⁽¹⁾ – Somente valores das ETEs Torto, Paranoá e Alagado ⁽²⁾ Valor parcial

TABELA 39 – DISTRITO FEDERAL - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	9.840,50	91,5	-	-	966,30	8,9
valor estimado(SST)	-	-	8.578,33	66,4	-	-	4.338,85	33,6

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 157,08 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 12,37 kg SST/habitante.ano ou 34 g SST/habitante.dia

ESPÍRITO SANTO

TABELA 40 - ESPÍRITO SANTO - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	16	61,5	32.935,68	92,37	80.479,60	95,06	133.611	92,28
Sistemas Aeróbios	03	11,6	2.056,32	5,77	2.799,36	3,31	8.343	5,76
Sistemas Anaeróbios	07	26,9	664,00	1,86	1.380,00	1,63	5.830	1,96
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	26	-	35.656,00	-	84.658,69	-	144.784	-

TABELA 41 - ESPÍRITO SANTO - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	993,19	85,8	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	131,66	11,4	Não informado	-
Sistemas Anaeróbios	31,94	2,8	Não informado	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	1.156,79	-	Não informado	-

TABELA 42 – ESPÍRITO SANTO - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	31,94	2,8	-	-	-	-	1.124,85	97,2

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 246,27 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 7,99 kg SST/habitante.ano ou 22 g SST/habitante.dia

GOIÁS

TABELA 43 - GOIÁS - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	21	87,4	77.088,00	91,2	Não informado	-	561.120	91,2
Sistemas Aeróbios	01	4,2	3.107,00	3,7	Não informado	-	22.617	3,7
Sistemas Anaeróbios	01	4,2	154,00	0,2	Não informado	-	1.122	0,2
Sistemas Mistos	01	4,2	4.189,00	4,9	Não informado	-	30.489	4,9
Total	24	-	84.538,00	-	Não informado	-	615.388	-

TABELA 44 - GOIÁS - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	3.275,30	85,7	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	371,50	9,7	Não informado	-
Sistemas Anaeróbios	6,10	0,2	Não informado	-
Sistemas Mistos	166,90	4,4	Não informado	-
Total	3.819,80	-	Não informado	-

TABELA 45 – GOIÁS - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	3.819,80	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 137,39 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 6,21 kg SST/habitante.ano ou 17 g SST/habitante.dia

MATO GROSSO

TABELA 46 - MATO GROSSO - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	04	36,4	8.101,72	37,81	9.316,87	32,51	37.510	30,27
Sistemas Aeróbios	02	18,2	9.175,68	42,83	14.569,20	50,84	67.187	54,23
Sistemas Anaeróbios	05	45,4	4.148,72	19,36	4.770,97	16,65	19.205	15,50
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	11		21.426,12	-	28.657,04	-	123.902	-

TABELA 47 -MATO GROSSO - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	205,39	14,5	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	1.103,56	78,0	554,40 m³/ano ⁽¹⁾	-
Sistemas Anaeróbios	105,17	7,5	Não informado	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	1.414,12	-	Não informado	-

⁽¹⁾ – Dado referente à ETE Jardim Universitário; umidade do lodo não especificada.

TABELA 48 –MATO GROSSO - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	1.414,12	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 172,93 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 11,41 kg SST/habitante.ano ou 31 g SST/habitante.dia

MATO GROSSO DO SUL

TABELA 49 - MATO GROSSO DO SUL - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01	6,3	235,00	0,4	3.880,00	4,4	1.964	0,8
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	12	75,0	53.578,00	97,9	78.624,00	88,6	231.848	96,1
Sistemas Mistos	03	18,7	906,00	1,7	6.220,00	7,0	7.560	3,1
Total	16		54.719,00	-	88.724,00	-	241.372	-

TABELA 50 -MATO GROSSO DO SUL - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	10,76	0,8	Não informado	0
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	1.269,42	94,3	23,48 ⁽¹⁾	96,4
Sistemas Mistos	65,73	4,9	0,88 ⁽²⁾	3,6
Total	1.345,91	-	24,36⁽³⁾	-

⁽¹⁾ - Exceto produção da ETE Coxim-BNH. ⁽²⁾ - Exceto produção da ETE Bonito. ⁽³⁾ Valor Parcial

TABELA 51 – MATO GROSSO - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	7,84 ⁽⁴⁾	32,2	16,52	67,8	-	-	-	-
valor estimado(SST)	461,82	34,3	873,33	64,9	-	-	10,76	0,8

⁽⁴⁾ Exceto valores das ETEs Coxim-BNH e Bonito, pois não declararam o montante de lodo destinado ao aterro.

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 226,7 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 5,58 kg SST/habitante.ano ou 15 g SST/habitante.dia

MINAS GERAIS

TABELA 52 - MINAS GERAIS TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	03	42,9	6152,00	54,3	13.470,00	52,7	76.500	46,9
Sistemas Aeróbios	03	42,9	4.035,00	35,6	10.922,00	42,8	80.000	49,0
Sistemas Anaeróbios	01	14,2	1.140,00	10,1	1.158,00	4,5	6.600	4,1
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	07	-	11.327,00	-	25.550,00	-	163.100	-

TABELA 53 - MINAS GERAIS - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	698,06	34,1	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	1.314,00	64,1	1.307,07 ^(*)	100
Sistemas Anaeróbios	36,14	1,8	NI	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	2.048,20	-	1.307,07 ^(*)	-

TABELA 54 – MINAS GERAIS - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	1.307,07 ^(*)	100	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	1.314,00 ^(*)	64,1	-	-	-	-	734,20	35,9

^(*) Valores das ETEs Vespasiano, Morro Alto e Barreira do Triunfo.

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 69,45 l/habitante.dia.

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 12,56 kg SST/habitante.ano ou 35 g SST/habitante.dia.

PARAÍBA

TABELA 55 - PARAÍBA - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01	100	12.960,00	100	15.550,00	100	60.000	100
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	01	-	12.960,00	-	15.55,00	-	60.000	-

TABELA 56 - PARAÍBA - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	328,50	-	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	328,50	-	Não informado	-

TABELA 57 - PARAÍBA - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outos	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	328,50	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 216,00 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 5,48 kg SST/habitante.ano ou 15 g SST/habitante.dia

PARANÁ

TABELA 58 - PARANÁ - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	11	14,5	27.263,97	13,1	Não informado	-	213.086	17,3
Sistemas Aeróbios	03	3,9	74.688,00	35,8	Não informado	-	449.293	36,6
Sistemas Anaeróbios	38	50,0	77.001,63	36,9	Não informado	-	464.007	37,7
Sistemas Mistos	24	31,6	29.672,36	14,2	Não informado	-	103.358	8,4
Total	76	-	208.625,96	-	Não informado	-	1.229.744	-

TABELA 59 - PARANÁ - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	1.249,13	10,8	Não informado	0
Sistemas Aeróbios	6.834,72	59,1	6.300,00	33,2
Sistemas Anaeróbios	2.540,47	22,0	3.661,68 ⁽¹⁾	63,3
Sistemas Mistos	942,72	8,1	202,80 ⁽²⁾	3,5
Total	11.567,04	-	10.164,48	-

⁽¹⁾ Dados de 22 das 38 ETEs.

⁽²⁾ Dados de 6 das 24 ETEs. .

TABELA 60 - PARANÁ - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	10.164,48 ⁽³⁾	100
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	11.567,04	100

⁽³⁾ Dados de 62 das 76 ETEs.

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 159,86 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 7,14 kg SST/habitante.ano ou 19 g SST/habitante.dia

PERNAMBUCO

TABELA 61 - PERNAMBUCO – TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Aeróbios	02	100	55.920,38 ⁽¹⁾	100	87.840,00	100	560.100	100
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	02	-	55.920,38 ⁽¹⁾	-	87.840,00	-	560.100	-

⁽¹⁾Os valores da “Vazão tratada” foram estimados usando-se os valores de “População atendida” e a média per capita de consumo de água: 99,84 l/hab.dia (Fonte: SNIS, 1998). A média per capita de esgoto gerado foi considerada igual à média per capita do consumo de água.

TABELA 62 - PERNAMBUCO- PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	-	-	-	-
Sistemas Aeróbios	7.477,96	100	Não informado	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	7.477,96	-	Não informado	-

TABELA 63 - PERNAMBUCO - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	Não informado	100	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	7.477,96	100	-	-	-	-

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 99,84 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 13,35 kg SST/habitante.ano ou 37 g SST/habitante.dia

RIO DE JANEIRO

TABELA 64 - RIO DE JANEIRO - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Volume esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Aeróbios	07	100	160.295,60	100	202.028,00	100	1.626.210	100
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	07	-	160.295,60	-	202.028,00	-	1.626.210	-

TABELA 65 - RIO DE JANEIRO - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	-	-	-	-
Sistemas Aeróbios	23.762,79	100	169.153,78 ⁽¹⁾	100
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	23.762,79	-	169.153,78⁽¹⁾	-

⁽¹⁾ - Exceto valores das ETEs Vila Rica I e II, pois ainda não houve descarte de lodo.

TABELA 66 - RIO DE JANEIRO - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	32.058,32 ⁽²⁾	19,0	-	-	-	-	137.095,46 ⁽²⁾	81,0
valor estimado(SST)	4.347,82	19,0	-	-	-	-	19.414,97	81,0

⁽²⁾ - Exceto valores das ETEs Vila Rica I e II, pois ainda não houve descarte de lodo.

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 98,57 l/habitante.dia

Média “per capita” do lodo gerado (valor informado): 105,01 kg/habitante.ano ou 288 g/hab.dia (umidade do lodo não especificada).

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 14,62 kg SST/habitante.ano ou 40 g SST/habitante.dia

RIO GRANDE DO SUL

TABELA 67 - RIO GRANDE DO SUL - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	03	27,3	10.946,90	29,6	24.364,80	37,8	86.004	27,6
Sistemas Aeróbios	03	27,3	20.820,00	56,3	25.833,90	40,1	144.895	46,6
Sistemas Anaeróbios	03	27,3	3.799,70	10,3	10.821,10	16,8	73.037	23,5
Sistemas Mistos	02	18,1	1.425,60	3,8	3.438,40	5,3	7.069	2,3
Total	11	-	36.993,00	-	64.458,20	-	311.005	-

TABELA 68 - RIO GRANDE DO SUL - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (m³/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	470,89	14,0	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	2.379,91	71,0	7.200,00	93,4
Sistemas Anaeróbios	399,88	11,9	511,00	6,6
Sistemas Mistos	103,22	3,1	Não informado	-
Total	3.353,90	-	7.711,00 (*)	-

(*) Valor Parcial, pois os valores da produção de algumas ETEs não foram informados

TABELA 69 - RIO GRANDE DO SUL - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	%	Agricultura (t/ano)	%	Outros (t/ano)	%	Indefinido (t/ano)	%
valor informado	7.591 m³/ano	98,4	120 m³/ano	1,6	-	-	NI	0
valor estimado(SST)	517,81	15,4	2.365,20	70,5	-	-	470,89	14,1

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 119,15 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 10,78 kg SST/habitante.ano ou 30 g SST/habitante.dia.

RORAIMA

TABELA 70 - RORAIMA - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01	100	9.072,00	100	30.240,00	100	45.000	100
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	01	-	9.072,00	-	30.240,00	-	45.000	-

TABELA 71 - RORAIMA - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladas SST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	246,38	100	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	246,38	-	Não informado	-

TABELA 72 – RORAIMA- DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	246,38	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 201,60 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 5,48 kg SST/habitante.ano ou 15 g SST/habitante.dia

SANTA CATARINA

TABELA 73 - SANTA CATARINA - DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01	20,0	10.368,00	30,8	18.922,00	34,4	73.931	29,7
Sistemas Aeróbios	03	60,0	22.012,00	65,4	31.845,00	57,8	165.092	66,3
Sistemas Anaeróbios	01	20,0	1.296,00	3,8	4.320,00	7,8	10.000	4,0
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	05	-	33.676,00	-	55.087,00	-	249.023	-

TABELA 74 - SANTA CATARINA - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	404,77	12,76	Não informado	0
Sistemas Aeróbios	2.711,64	85,51	4.380,00	94,12
Sistemas Anaeróbios	54,75	1,73	273,75	5,88
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	3.171,16	-	4.653,75 ^(*)	-

^(*) Valor Parcial

TABELA 75 - SANTA CATARINA - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	4.380,00	94,1	-	-	-	-	273,75	5,9
valor estimado(SST)	2.661,03	83,9	-	-	-	-	510,13	16,1

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 135,23 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 12,73 kg SST/habitante.ano ou 35 g SST/habitante.dia

SÃO PAULO

TABELA 76 - SÃO PAULO - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Volume esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01 ⁽¹⁾	11,1	Não informado	0	NI	0,0	Não informado	0
Sistemas Aeróbios	07	77,8	813.069,00	98,4	1.098.310,00	96,9	5.248.950	98,1
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	01	11,1	12.960,00	1,6	34.560,00	0,31	100.000	1,9
Total	09	-	826.029,00	-	1.132.870,00	-	5.348.950⁽²⁾	-

⁽¹⁾ Como os dados apresentados desta ETE são insuficientes, os valores apresentados em todas as tabelas não levaram em conta esta ETE. Os valores apresentados são referentes às 8 ETEs restantes.

⁽²⁾ Valor estimado. Não foram informados os dados referentes à população atendida em 2 ETEs.

TABELA 77 - SÃO PAULO - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	NI	0	Não informado	0
Sistemas Aeróbios	70.258,48	98,7	104.257,61 ⁽³⁾	100
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	912,50	1,3	Não informado	-
Total	71.170,98	-	104.257,61⁽⁴⁾	-

⁽³⁾ Valor parcial, pois uma ETE não informou a sua produção de lodo, desta forma, este valor se refere ao total das 7 ETEs restantes. ⁽⁴⁾ Valor parcial

TABELA 78 – SÃO PAULO - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	93.074,12	89,3	7.355,48	7,0	-	-	3.828,01	3,7
valor estimado(SST)	66.509,83	93,4	3.678,43	5,2	-	-	982,72	1,4

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 154,43 l/habitante.dia

Média “per capita” do lodo gerado (valor informado): 16,47 kg SST/habitante.ano ou 45 g SST/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 13,31 kg SST/habitante.ano ou 36 g SST/habitante.dia

SERGIPE

TABELA 79 - SERGIPE - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão do esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	03	50,0	27.600,00	94,40	76.500,00	94,21	232.800	88,45
Sistemas Aeróbios	03	50,0	1.636,00	5,60	4.700,00	5,79	30.400	11,55
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	06	-	29.236,00	-	81.200,00	-	263.200	-

TABELA 80 -SERGIPE - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	2.124,30	80,97	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	499,33	19,03	Não informado	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	-	-	-	-
Total	2.623,63	-	Não informado	-

TABELA 81 – SERGIPE - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	2.623,63	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 111,08 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 9,97 kg SST/habitante.ano ou 27 g SST/habitante.dia

TOCANTINS

TABELA 82 - TOCANTINS - TRATAMENTO DE ESGOTO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Nr ETEs	% ETEs	Vazão de esgoto tratado (m³/dia)	% Vazão de esgoto tratado	Vazão de projeto (m³/dia)	% Vazão de projeto	População atendida (habitantes)	% População atendida
Lagoas de Estabilização	01	50,0	1.511,00	48,6	7.743,00	29,9	5.000	45,5
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistemas Mistos	01	50,0	1.600,00	51,4	18.144,00	70,1	6.000	54,5
Total	02	-	3.111,00	-	25.887,00	-	11.000	-

TABELA 83 - TOCANTINS - PRODUÇÃO DE LODO

Tipo de tratamento de esgoto utilizado	Produção estimada (toneladasSST/ano)	% Produção estimada	Produção informada (toneladas/ano)	% Produção informada
Lagoas de Estabilização	27,38	33,3	Não informado	-
Sistemas Aeróbios	-	-	-	-
Sistemas Anaeróbios	-	-	-	-
Sistemas Mistos	54,75	66,7	-	-
Total	82,13	-	Não informado	-

TABELA 84 - TOCANTINS - DESTINO FINAL DO LODO

	Aterro (t/ano)	% Aterro	Agricultura (t/ano)	% Agric.	Outros (t/ano)	% Outros	Indefinido (t/ano)	% Indef.
valor informado	-	-	-	-	-	-	-	-
valor estimado(SST)	-	-	-	-	-	-	82,13	100

Média “per capita” da contribuição de esgoto: 282,82 l/habitante.dia

Estimativa da média “per capita” de lodo gerado: 7,47 kg SST/habitante.ano ou 20 g SST/habitante.dia

TABELA 85 - Dados totais por Estado.

Estados	n° de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³ / dia)	Vazão de projeto (m³ / dia)	População atendida (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
CE	57	129.940,19	-	737.606	-	5.238,03
DF	15	164.093,00	388.380,00	1.044.630	10.806,80	12.917,18
ES	26	35.656,00	84.658,96	147.784	-	1.156,79
GO	24	84.538,00	-	615.348	-	3.819,80
MG	07	11.327,00	25.550,00	163.100	1.307,07	2.048,20
MS	16	54.719,00	88.724,00	241.372	24,36	1.345,91
MT	11	21.426,12	28.657,04	123.902	554,40	1.414,12
PB	01	12.960,00	15.550,00	60.000	-	328,50
PE	02	55.920,38	87.840,00	560.100	-	7.477,96
PR	76	208.625,96	-	1.229.744	10.164,48	11.567,04
RJ	07	160.295,60	202.028,00	1.626.210	169.153,78	23.762,79
RR	01	9.072,00	30.240,00	45.000	-	246,38
RS	11	36.993,00	64.458,20	311.005	7.711,00	3.353,90
SC	05	33.676,00	55.582,00	249.023	4.653,75	3.171,16
SE	06	29.236,00	81.200,00	263.200	-	2.623,63
SP	08	826.029,00	1.132.870,00	5.348.950	104.257,61	71.170,98
TO	02	3.111,00	25.887,00	11.000	-	82,13
BRASIL	275	1.877.618,25	2.311.625,20^(*)	12.777.974	308.633,25^(*)	151.724,50

NOTAS – Os valores da sexta coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido.

^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados.

Como pode ser constatado nas Tabelas 31 a 84, a grande maioria das operadoras não faz nenhum tipo de medição do volume ou massa do lodo produzido durante o tratamento de esgoto, o que impossibilita apontar um valor confiável para o total de lodo gerado no Brasil (Tabela 85).

Com a impossibilidade de se avaliar a verdadeira produção de lodo no Brasil, foram estimadas as quantidades de lodo seco produzido em todas as 275 ETEs. Neste sentido, foi feita uma estimativa teórica da produção de lodo baseada no balanço de massa do tratamento de esgoto. Esta estimativa teórica é apresentada em forma de contribuição “per capita” e os seus valores variam em função do tipo de tratamento utilizado (vide Tabela 4 do capítulo 3.2- Processos de Tratamento de Esgoto X Lodo Gerado) e da população atendida pela ETE. Os valores da contribuição “per capita” de lodo adotados em cada uma das ETEs são apresentados no campo denominado “Trat. Esgoto X Prod. Lodo” dos Anexos A a R desta pesquisa.

Através das tabelas apresentadas, pode ser observado que há uma grande disparidade entre os valores de produção “informada” e “estimada” de lodo, isto deve-se, principalmente, ao fato de que as quantidades indicadas pelas operadoras das estações diz respeito ao lodo úmido, e conforme o teor de umidade do lodo, o seu peso e volume podem variar bastante. Seria interessante comparar os valores “informados” e “estimados” da produção de lodo considerando-se a matéria seca, ou seja, o lodo sem umidade. Mas para que este cálculo fosse feito, os percentuais de umidade do lodo deveriam ser conhecidos, o que na grande maioria dos casos não aconteceu, inviabilizando este comparativo.

A falta de planejamento e investimentos no setor de saneamento são refletidos em números através da Tabela 85. Os valores totais para o tratamento de esgoto no Brasil são muito modestos, o que denuncia o descaso das autoridades com o saneamento básico no país, refletindo diretamente sobre o meio ambiente e a saúde pública.

Em relação aos valores totais brasileiros verificados nesta pesquisa (Tabela 85), cada estado contribui com as seguintes porcentagens para vazão do esgoto tratado, população atendida pelo tratamento de esgoto e quantidade estimada de lodo gerado, como apresentado na Tabela 86.

TABELA 86 – Porcentagens por estado em relação aos valores totais do Brasil.

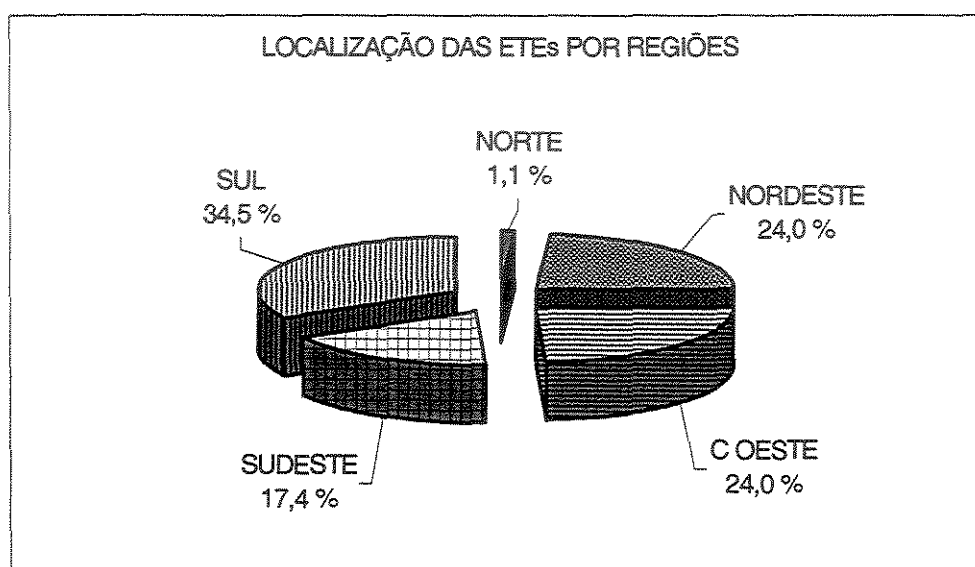
Estado	% Vazão de esgoto tratado	% População atendida pelas ETEs	% Produção estimada de lodo gerado
CE	6,9	5,8	3,5
DF	8,7	8,2	8,5
ES	1,9	1,2	0,8
GO	4,5	4,8	2,5
MG	0,6	1,3	1,3
MS	2,9	1,9	0,9
MT	1,1	1,0	0,9
PB	0,7	0,5	0,2
PE	3,0	4,4	4,9
PR	11,1	9,6	7,6
RJ	8,5	12,7	15,7
RR	0,5	0,4	0,2
RS	2,0	2,4	0,2
SC	1,8	1,9	2,1
SE	1,6	2,1	1,7
SP	44,0	41,9	46,9
TO	0,2	0,1	0,1
TOTAL	100	100	100

É importante salientar que os valores apontados no campo “% População atendida pelas ETEs” da Tabela 86, não foram calculados em relação ao total da população do Estado ou ao total da população brasileira. Estes percentuais dizem respeito à contribuição de cada estado em relação ao valor total da população atendida pelas 275 estações que corresponde a 12.777.974 habitantes.

5.2 Resultados por Regiões

Os resultados obtidos também foram agrupados em função da região geográfica, desta forma, as figuras e tabelas apresentadas neste item são referentes as cinco regiões do Brasil. É importante salientar que todas as porcentagens referentes à cada região foram calculadas em relação aos valores totais das 275 ETEs cadastradas nesta pesquisa (valores totais do Brasil).

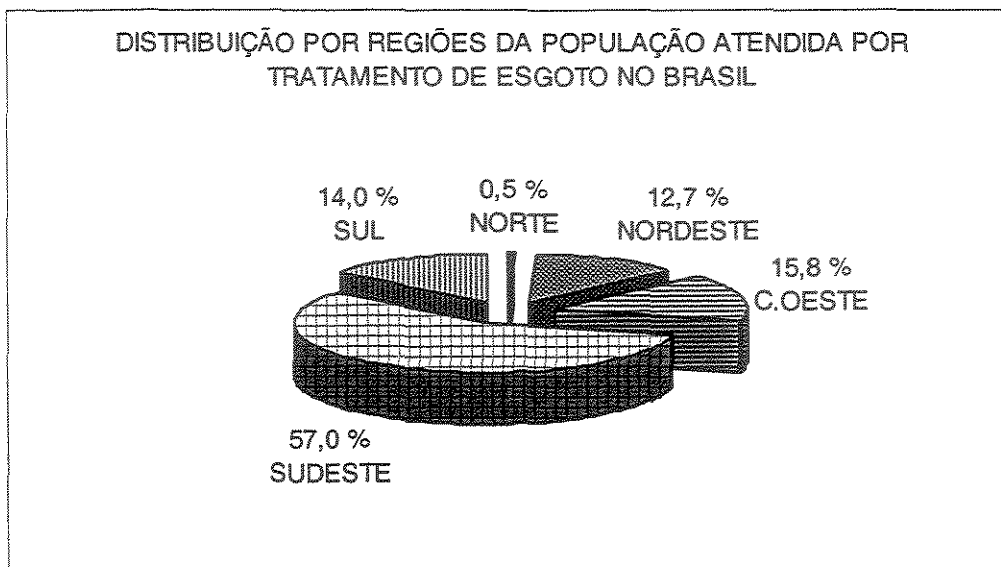
FIGURA 12 – Localização das ETEs no Brasil



Na Figura 12, é apresentada a porcentagem com que cada uma das regiões geográficas contribui em função do número total de ETEs no Brasil cadastradas nesta pesquisa.

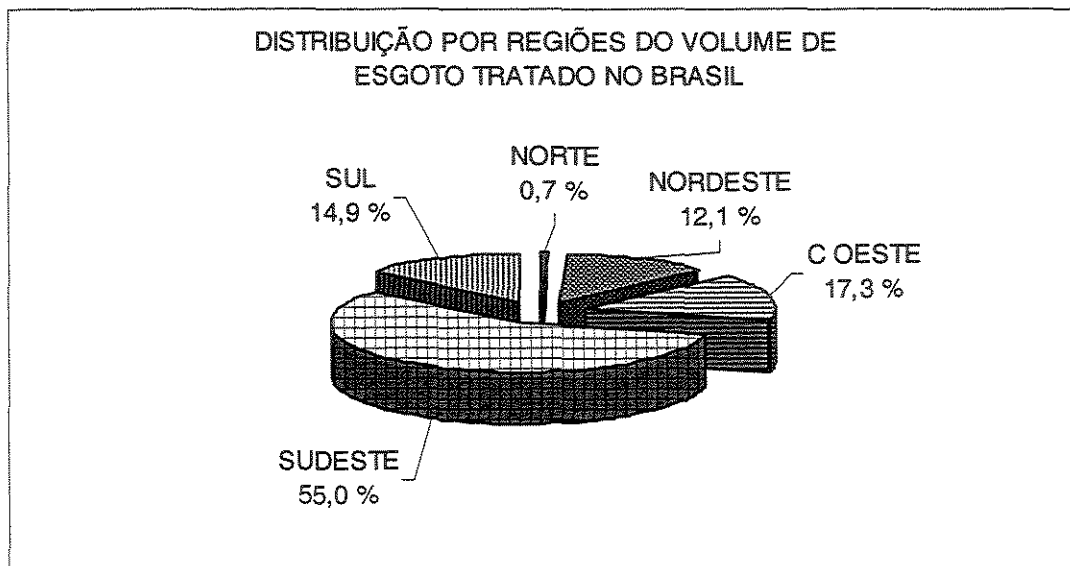
Na Figura 13, são apresentadas as porcentagens da população atendida pelo tratamento de esgoto para cada região geográfica, em função da população total atendida pelo tratamento de esgoto no país (12.777.974 pessoas que são atendidas pelas 275 ETEs cadastradas) e não em função da população total do Brasil.

FIGURA 13 – Distribuição por regiões da população atendida por tratamento de esgoto no Brasil



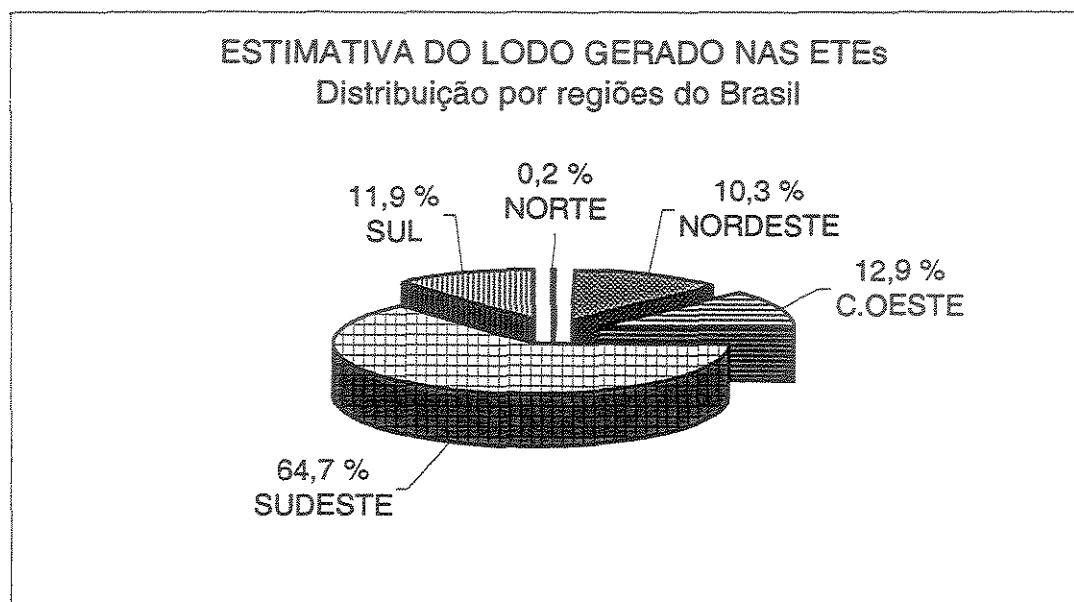
Na Figura 14, é apresentada a contribuição em porcentagem de cada região em relação ao volume total de esgoto tratado nas 275 ETEs, que é de 1.877.618,25 m³/dia, ou 685.330.661,25 m³/ano.

FIGURA 14 – Distribuição por regiões do volume de esgoto tratado no Brasil.



Na Figura 15 é apresentada a contribuição de cada região em relação à quantidade estimada de lodo gerado nas 275 ETEs, que é de 151.724,50 toneladas/ano em base seca, que corresponde a aproximadamente 415,69 toneladas/dia.

FIGURA 15 – Estimativa da produção de lodo por região.



A grande produção de lodo na região Sudeste é devido à presença de grandes estações de tratamento de esgoto, principalmente no Estado de São Paulo, mais especificamente a ETE de Barueri, localizada na Grande São Paulo, que atende a quase 5 milhões de pessoas (vide detalhes no Anexo P).

Na Tabela 87, são apresentados os valores totais por região. A partir destes valores foi calculada a contribuição média “per capita” de esgoto por região geográfica, como apresentado na Tabela 88.

TABELA 87 – Dados totais por Regiões

Regiões	Nº de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³ / dia)	Vazão de projeto (m³ / dia)	População atendida pelas ETEs (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
Norte	03	12.183,00	56.127,00	56.000	-	328,51
Nordeste	66	228.056,57	184.590,00	1.620.906	-	15.668,12
Centro-Oeste	66	324.776,12	505.761,04	2.025.252	11.385,56	19.497,01
Sudeste	48	1.033.307,60	1.445.106,96	7.286.044	274.718,46	98.138,76
Sul	92	279.294,96	120.040,20	1.789.772	22.529,23	18.092,10
BRASIL	275	1.877.618,25	2.311.625,20 ^(*)	12.777.974	308.633,25^(*)	151.724,50

NOTAS – Os valores da coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido.

^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados.

TABELA 88 – Estimativa da contribuição média “per capita” de esgoto.

Região	Estimativa da contribuição média “per capita” de esgoto (l/hab.dia)
Norte	217,6
Nordeste	140,7
Centro-Oeste	160,4
Sudeste	141,8
Sul	156,1
BRASIL	146,9

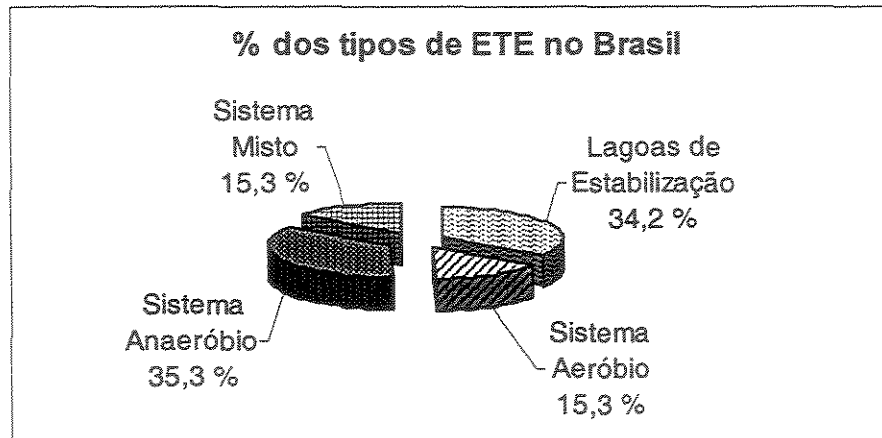
5.3 Resultados por Tipo de Tratamento de Esgoto Utilizado

Os resultados obtidos nesta pesquisa também foram dispostos em função do tipo de tratamento de esgoto utilizado. Para isso, os processos de tratamento foram divididos em 4 grupos:

1. **lagoas de estabilização** - nesta categoria incluem-se todos os tipos de lagoas, seja aeróbias, anaeróbias ou facultativas; individuais, associadas em série ou em paralelo;
2. **sistemas aeróbios** - incluem-se todos os sistemas que têm por base a digestão aeróbia do esgoto, tais como os sistemas de lodos ativados, filtros biológicos, e aeração prolongada, etc;
3. **sistemas anaeróbios** – incluem-se nesta categoria todos os sistemas que utilizam a digestão anaeróbia do esgoto, tais como os reatores anaeróbios de manta de lodo, os tanques Imhoff, etc;
4. **sistemas mistos** – nesta pesquisa foram considerados como sistemas mistos todas as ETEs que combinam os processos anaeróbios e aeróbios, como por exemplo a associação de um reator UASB seguido de lodos ativados.

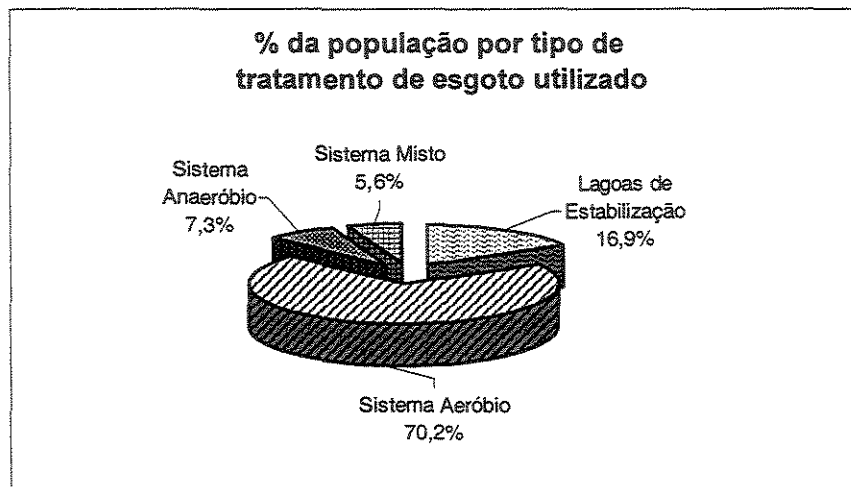
Na Figura 16, é apresentada a porcentagem de cada um dos tipos de tratamento de esgoto em relação ao total de 275 ETEs brasileiras cadastradas nesta pesquisa.

FIGURA 16 – Porcentagens dos tipos de ETEs no Brasil



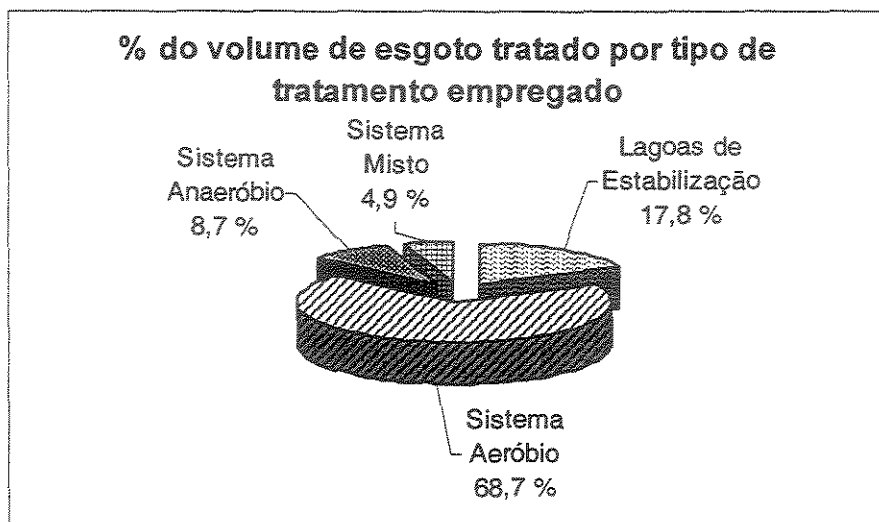
Na Figura 17, é apresentada a porcentagem da população atendida pelo tratamento de esgoto, em relação ao tipo de tratamento empregado.

FIGURA 18 – População X Tipo de tratamento de esgoto



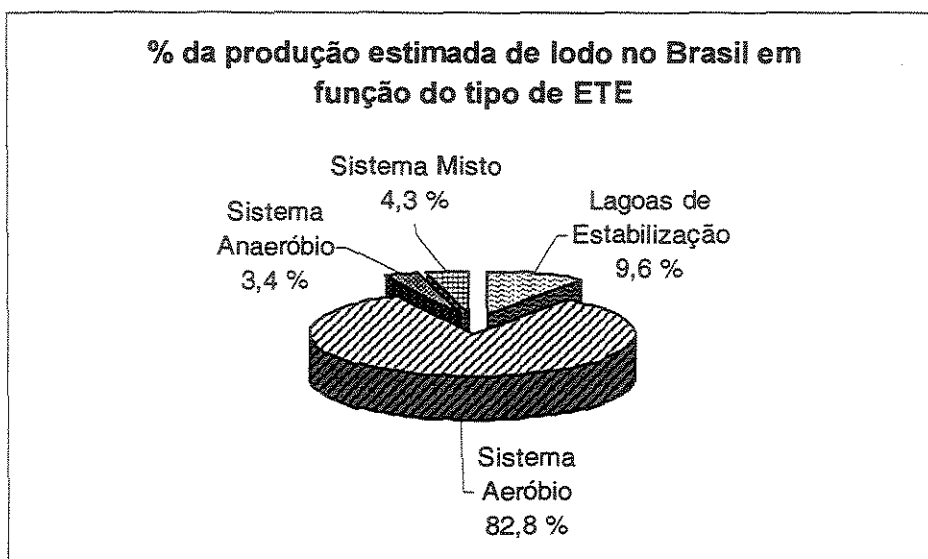
Na Figura 18, é apresentada a contribuição de cada tipo de tratamento em relação ao volume total de esgoto tratado no Brasil, conforme os valores apurados nesta pesquisa

FIGURA 18 – Volume de esgoto tratado X Tipo de tratamento de esgoto.



Na Figura 19, é apresentada a contribuição de cada tipo de tratamento de esgoto em relação à quantidade estimada de lodo gerado no Brasil.

FIGURA 19 - Produção estimada de lodo X Tipo de tratamento de esgoto



Nas Tabelas 89, 90, 91 e 92 são apresentados os dados das ETEs em função do tipo de tratamento empregado e distribuídos em relação ao estado e região de origem. Enquanto na Tabela 93, os dados são agrupados de forma totalizadora em relação à região.

TABELA 89 – Dados de Lagoas de Estabilização por Estados e Regiões.

Estados / Regiões	nº de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³ / dia)	Vazão de projeto (m³ / dia)	População atendida pelas ETEs (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
NORTE	02	10.583,00	37.983,00	50.000	0	273,76
RR	01	9.072,00	30.240,00	45.000	-	246,38
TO	01	1.511,00	7.743,00	5.000	-	27,38
NORDESTE	31	147.414,74	92.050,00	889.719	0	6.790,91
CE	27	106.854,74	-	596.919	-	4.338,11
PB	01	12.960,00	15.550,00	60.000	-	328,50
SE	03	27.600,00	76.500,00	232.800	-	2.124,30
C. OESTE	27	88.074,72	20.796,87	635.224	0	3.681,05
MT	04	8.101,72	9.316,87	37.510	-	205,39
MS	01	235,00	3.880,00	1.964	-	10,76
GO	21	77.088,00	-	561.120	-	3.275,30
DF	01	2.650,00	7.600,00	34.630	-	189,60
SUDESTE	19	39.087,68	93.949,60	210.111	0	1.691,25
ES	16	32.935,68	80.479,60	133.611	-	993,19
MG	03	6.152,00	13.470,00	76.500	-	698,06
SUL	15	48.578,87	43.286,80	373.021	0	2.124,79
PR	11	27.263,97	-	213.086	-	1.249,13
SC	01	10.368,00	18.922,00	73.931	-	404,77
RS	03	10.946,90	24.364,80	86.004	-	470,89
BRASIL	94	333.739,01	288.066,27^(*)	2.158.075	0	14.561,76

NOTAS – Os valores da coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido.

^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados

TABELA 90 –Dados dos Sistemas Aeróbios por Estados e Regiões.

Estados/ Regiões	nº de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³/dia)	Vazão de projeto (m³/dia)	População atendida pelas ETEs (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
Nordeste	06	59.909,77	92.540,00	608.240	0	8.203,92
CE	01	2.353,39	-	17.740	-	226,63
PE	02	55.920,38	87.840,00	560.100	-	7.477,96
SE	03	1.636,00	4.700,00	30.400	-	499,33
C.Oeste	07	132.582,68	238.669,20	632.804	11.321,90	9.981,39
MT	02	9.175,68	14.569,20	67.187	554,40	1.103,56
GO	01	3.107,00	-	22.617	-	371,50
DF	04	120.300,00	224.100,00	543.000	10.767,50	8.506,33
Sudeste	20	979.455,92	1.314.059,36	6.963.503	274.718,46	95.466,93
RJ	07	160.295,60	202.028,00	1.626.210	169.153,78 ^(*)	23.762,79
ES	03	2.056,32	2.799,36	8.343	-	131,66
MG	03	4.035,00	10.922,00	80.000	1.307,07	1.314,00
SP	07	813.069,00	1.098.310,00	5.248.950	104.257,61	70.258,48
Sul	09	117.520,80	58.173,90	759.280	17.880,00	11.926,27
PR	03	74.688,00	-	449.293	6.300,00	6.834,72
SC	03	22.012,00	32.340,00	165.092	4.380,00 ^(*)	2.711,64
RS	03	20.820,80	25.833,90	144.895	7.200,00 ^(*)	2.379,91
BRASIL	42	1.289.469,17	1.703.442,46^(*)	8.963.827	303.920,36^(*)	125.578,51

NOTAS – Os valores da coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido.

^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados.

TABELA 91 – Dados dos Sistemas Anaeróbios por Estados e Regiões

Estados / Regiões	nº de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³/dia)	Vazão de projeto (m³/dia)	População atendida pelas ETEs (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
NORDESTE	29	20.732,06	0,0	122.947	0,00	673,29
CE	29	20.732,06	-	122.947	-	673,29
C.OESTE	18	57.880,72	83.394,97	252.175	23,48	1.380,69
MT	05	4.148,72	4.770,97	19.205	-	105,17
MS	12	53.578,00	78.624,00	231.848	23,48	1.269,42
GO	01	154,00	-	1.122	-	6,10
SUDESTE	08	1.804,00	2.538,00	12.430	0,00	68,08
ES	07	664,00	1.380,00	5.830	-	31,94
MG	01	1.140,00	1.158,00	6.600	-	36,14
SUL	42	82.097,33	15.141,10	547.044	4.446,43	2.995,10
PR	38	77.001,63	-	464.007	3.661,68 ^(*)	2.540,47
SC	01	1.296,00	4.320,00	10.000	273,75	54,75
RS	03	3.799,70	10.821,10	73.037	511,00	399,88
BRASIL	97	162.514,11^(*)	101.074,07	934.596	4.469,91 ^(*)	5.117,16

NOTAS – Os valores da coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido.

^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados.

TABELA 92 – Dados dos Sistemas Mistos por Estados e Regiões.

Estados	nº de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³ / dia)	Vazão de projeto (m³ / dia)	População atendida pelas ETEs (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
NORTE	01	1.600,00	18.144,00	6.000	0,00	54,75
TO	01	1.600,00	18.144,00	6.000	-	54,75
C.OESTE	14	46.238,00	162.900,00	505.049	40,18	4.453,88
MS	03	906,00	6.220,00	7.560	0,88 ^(*)	65,73
GO	01	4.189,00	-	30.489	-	166,90
DF	10	41.143,00	156.680,00	467.000	39,30 ^(*)	4.221,25
SUDESTE	01	12.960,00	34.560,00	100.000	0,00	912,50
SP	01	12.960,00	34.560,00	100.000	-	912,50
SUL	26	31.097,96	3438,40	110.427	202,80	1.045,94
PR	24	29.672,36	-	103.358	202,80 ^(*)	942,72
RS	02	1.425,60	3.438,40	7.069	0	103,22
BRASIL	42	91.895,96	219.042,40^(*)	721.476	242,98^(*)	6.467,07

NOTAS – Os valores da coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido.

^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados.

TABELA 93 – Tipos de tratamento de esgoto por Regiões.

Estados/ Regiões	nº de ETEs	Vazão atual de esgoto tratado (m³ / dia)	Vazão de projeto (m³ / dia)	População atendida pelas ETEs (habitantes)	Produção informada de lodo (toneladas/ano)	Produção estimada de lodo (toneladasSST/ano)
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO						
Norte	02	10.583,00	37.983,00	50.000	-	273,76
Nordeste	31	147.414,74	92.050,00	889.719	-	6.790,91
Centro-Oeste	27	88.074,72	20.796,87	635.224	-	3.681,05
Sudeste	19	39.087,68	93.949,60	210.111	-	1.691,25
Sul	15	48.578,87	43.286,80	373.021	-	2.124,79
TOTAL	94	333.739,01	288.066,27	2.158.075	-	14.561,76
SISTEMAS AERÓBIOS						
Nordeste	06	59.909,77	92.540,00	608.240	-	8.203,92
Centro-Oeste	07	132.582,68	238.669,20	632.804	11.321,90	9.981,39
Sudeste	20	979.455,92	1.314.059,36	6.963.503	274.718,46	95.466,93
Sul	09	117.520,80	58.173,90	759.280	17.880,00	11.926,27
TOTAL	42	1.289.469,17	1.703.442,46	8.963.827	303.920,36	125.578,51
SISTEMAS ANAERÓBIOS						
Nordeste	29	20.732,06		122.947	-	673,29
Centro-Oeste	18	57.880,72	83.394,97	252.175	23,48	1.380,69
Sudeste	08	1.804,00	2.538,00	12.430	-	68,08
Sul	42	82.097,33	15.141,10	547.044	4.446,43	2.995,10
TOTAL	97	162.514,11	101.074,07	934.596	4.469,91	5.117,16
SISTEMAS MISTOS						
Norte	01	1.600,00	18.144,00	6.000	-	54,75
Centro-Oeste	14	46.238,00	162.900,00	505.049	40,18	4.453,88
Sudeste	01	12.960,00	34.560,00	100.000	-	912,50
Sul	26	31.097,96	3.438,40	110.427	202,80	1.045,94
TOTAL	42	91.895,96	219.042,40	721.476	242,98	6.467,07
BRASIL	275	1.877.618,25	2.311.625,20^(*)	12.777.974	308.633,25^(*)	151.724,50

NOTAS – Os valores da coluna “Produção informada de lodo” referem-se ao lodo úmido. ^(*) Valor Parcial - Os valores de algumas ETEs não foram informados.

Um fato que chama atenção nas tabelas apresentadas é o valor da produção de lodo dos sistemas de lagoas de estabilização ser igual a zero para todo o Brasil. Isto se deve ao longo período de intervalo entre as descargas, e na maioria dos casos, quando esta remoção de lodo é feita, não há medição do volume ou análise do lodo descartado. Devido à esta ausência de produção constante de lodo, muitas operadoras de lagoas deixaram de responder à solicitação de dados deste levantamento.

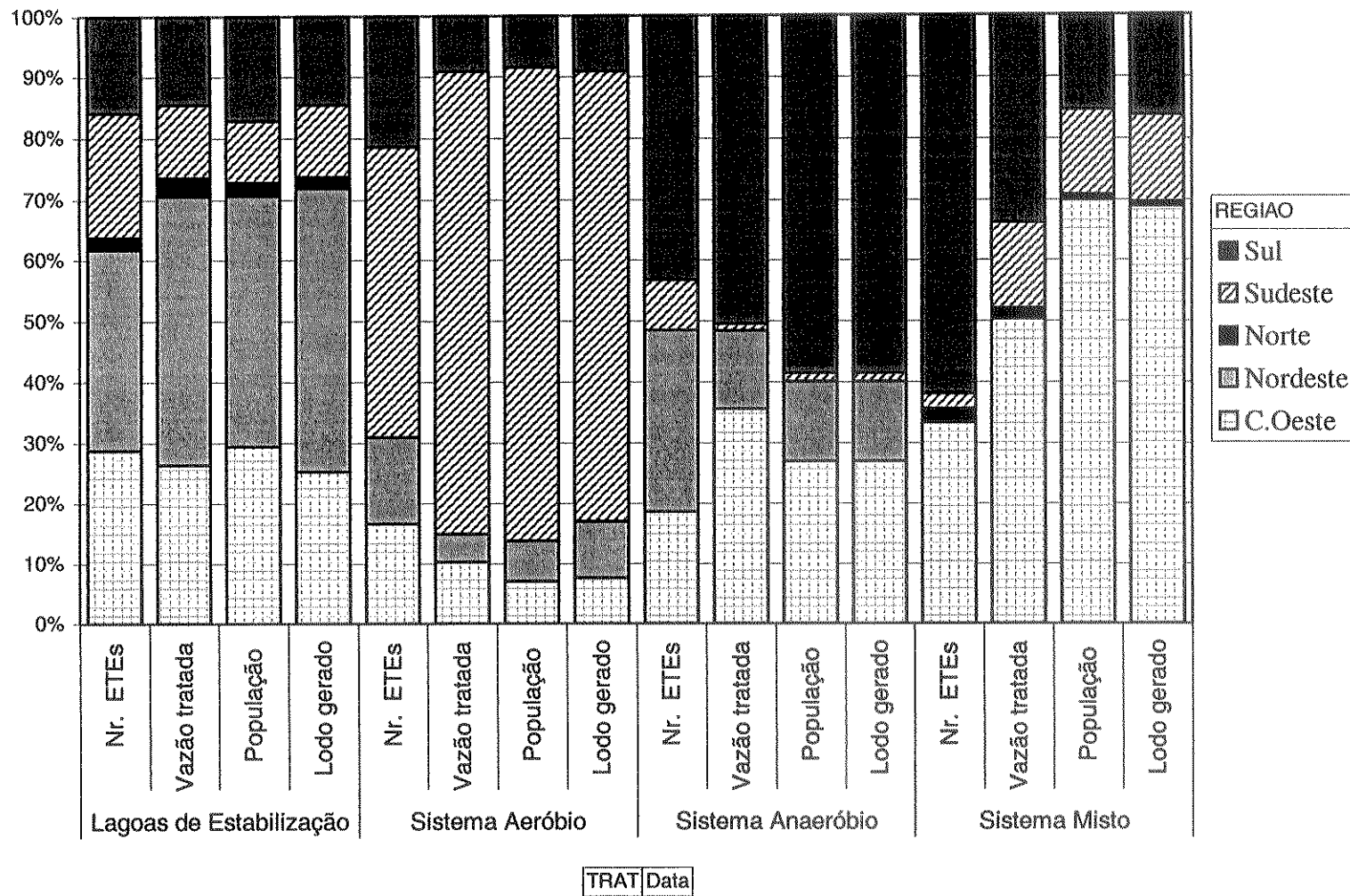
De acordo com os valores das estimativas de produção de lodo, foram calculadas as contribuições médias “per capita” para os 4 sistemas de tratamento de esgoto estabelecidos nesta pesquisa. Embora seja ampla a faixa de valores de produção de lodo para os diversos tipos de tratamento que se enquadram em cada um destes 4 grandes grupos, na Tabela 94 são apresentadas as médias dos valores estimados para este trabalho.

TABELA 94 – Média da estimativa da produção “per capita” de lodo no Brasil em função do tipo de tratamento de esgoto empregado.

Tipo de tratamento de esgoto	Media da estimativa de produção “per capita” de lodo (kgSST/habitante.ano)	Media da estimativa de produção “per capita” de lodo (gSST/habitante.dia)
Lagoas de Estabilização	6,75	18
Sistemas Aeróbios	14,01	38
Sistemas Anaeróbios	5,48	15
Sistemas Mistos	8,96	25
Média Brasil	11,87	33

Na Figura 20, é apresentado um comparativo em relação aos tipos de tratamento de esgoto e às Regiões geográficas.

FIGURA 20 - ETEs no Brasil - Comparativo



Na Figura 20, são apresentados através de barras os percentuais de “número de ETEs”, “vazão de esgoto tratado”, “população atendida” e “produção estimada de lodo” das 5 Regiões geográficas, que estão dispostas em cada um dos 4 grupos de tratamento de esgoto. Estes percentuais regionais foram calculados em função dos valores totais do Brasil. Através deste cruzamento de valores, é possível visualizar melhor a distribuição regional dos tipos de tratamento de esgoto utilizados. Desta forma, pode-se perceber claramente que:

- os sistemas aeróbios são mais difundidos na região Sudeste;
- os sistemas anaeróbios são mais representativos na região Sul;
- os sistemas mistos são mais empregados na região Centro-Oeste; e,
- as lagoas de estabilização são muito utilizadas na região Nordeste.

5.4 Resultados – Destino Final do Lodo

Os dados referentes à produção de lodo, infelizmente, são muito incompletos. A grande maioria das ETEs não informou a quantidade de lodo produzida durante o tratamento de esgoto, o que refletiu também nos campos relacionados ao destino final do lodo.

Em alguns casos as operadoras especificaram a porcentagem ou a quantidade de lodo produzido que teria uma determinada disposição final, neste caso, foi possível calcular a quantidade estimada de lodo para este determinado de destino.

Devido a ausência de dados, grande parte do lodo totalizado nesta pesquisa, teve o destino final enquadrado na categoria " indefinido". Nestes casos, em que a estação que não teve o destino final do lodo indicado, as produções informada e estimada de lodo foram contabilizadas no campo de destino indefinido.

Na tabela 95, os valores do destino final do lodo para esta pesquisa são apresentados.

TABELA 95 – Destino final do lodo.

Destino final	Quantidade informada (t/ano)	% Quantidade informada	Quantidade estimada (t SST/ano)	% Quantidade estimada
Aterro sanitário	138.418,35	44,9%	75.844,25	50,0%
Agricultura	17.332,50	5,6%	22.973,25	15,1%
Indefinido	152.882,40	49,5%	52.907,00	34,9%
Total Brasil	308.633,25	-	151.724,50	-

A diferença das porcentagens da quantidade informada e estimada, está no fato de que em alguns casos a operadora indicou somente o tipo de destino final empregado, e não especificou a quantidade de lodo produzida na estação. Neste caso, computou-se somente os valores da produção estimada de lodo para o destino indicado pela operadora no formulário.

As porcentagens apresentadas na Tabela 95 foram calculadas à partir dos valores totais da produção de lodo, tanto em relação aos valores informados pelas operadoras das ETEs, quanto aos valores de produção estimada de lodo seco nesta pesquisa.

A grande maioria das prestadoras de serviços em saneamento que operam as estações de tratamento de esgoto no país destina o lodo produzido para aterros sanitários, onde são acomodados juntamente com os resíduos sólidos urbanos. Estima-se que os valores referentes ao lodo descartado em aterros, na realidade, sejam bem superiores aos valores apresentados na Tabela 95, pois presume-se que grande parte do lodo que teve seu destino final classificado como indefinido nesta tabela, seja encaminhado para aterros municipais. O lançamento em aterros sanitários vem se tornando cada vez menos interessante do ponto de vista ambiental e econômico. Os custos com transporte e aterramento são elevados, mas enquanto não se implementar uma política nacional séria de gestão dos bio sólidos no Brasil, o aterro continuará a ser a disposição mais comum no país.

Mas a expectativa do setor de saneamento é que a aplicação dos bioossólidos em áreas agrícolas como condicionante de solo cresça bastante nos próximos anos. Como discutido anteriormente, no capítulo 3, a tendência é que o bioossólido deixe de ser encarado como um resíduo a ser descartado e passe a ser reconhecido como um recurso que possa ser reciclado, recebendo um destino final mais nobre, como por exemplo a sua aplicação no solo para fins agrícolas, reflorestamento ou na recuperação de áreas degradadas.

5.5 Resultados -Características Físicas, Químicas e Biológicas dos Bioossólidos

Quase a totalidade das ETEs não realiza análises laboratoriais do lodo produzido, algumas exceções acontecem em grandes estações ou então quando alguma entidade de pesquisa se interessa em estudar as viabilidades de reciclagem do lodo, principalmente o seu uso em áreas agrícolas como condicionante do solo.

Como a amostragem conseguida nesta pesquisa foi pequena, um estudo mais profundo das concentrações dos constituintes dos bioossólidos seria de pouca confiabilidade. Neste caso, foi montada uma tabela com os valores da mediana, média aritmética e desvio-padrão para os parâmetros enfocados no estudo (Tabela 96).

O maior interesse na composição dos bioossólidos, está na possibilidade do seu uso como condicionante de solo em áreas agrícolas, e neste sentido, várias pesquisas estão sendo realizadas no Brasil. O maior fator limitante do uso do bioossólido para fins agrícolas é a concentração de metais pesados presentes na sua composição, como discutido no capítulo 3.

TABELA 96 - Composição média dos biossólidos no Brasil.

PARÂMETROS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MEDIANA
pH	7,33	2,02	6,60
Condutividade, dS/m	338,03	534,93	55,40
Matéria Seca, %	32,12	37,78	13,00
Matéria Orgânica, %	56,19	7,96	57,40
Cinzas, %	38,98	9,50	40,10
Nitrogênio amoniacal, %	2,02	2,39	1,51
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	1,46	1,87	0,96
Nitrogênio total, % N	5,75	8,88	3,01
Carbono total, % C	28,16	6,00	25,74
Relação C/N	8,50	3,54	8,50
Enxofre total, % SO ₃	0,30	0,25	0,24
Fósforo total, % P ₂ O ₅	1,82	1,58	1,48
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	0,36	0,53	0,14
Cálcio total, % CaO	4,27	6,55	1,35
Magnésio total, % MgO	0,22	0,20	0,11
Arsênio, mg/kg M.S.	14,69	31,14	2,70
Cádmio, mg/kg M.S.	10,75	17,69	0,74
Chumbo, mg/kg M.S.	80,37	95,42	38,80
Cobre, mg/kg M.S.	255,39	256,93	199,50
Cromo, mg/kg M.S.	143,72	212,84	62,80
Mercúrio, mg/kg M.S.	2,35	4,11	0,85
Molibdênio, mg/kg M.S.	112,88	188,08	8,62
Níquel, mg/kg M.S.	41,99	73,85	11,60
Selênio, mg/kg M.S.	27,24	47,17	0,01
Zinco, mg/kg M.S.	688,83	814,80	207,00
Coliformes fecais, NMP	20.312,67	394.315,24	37.838,00
Estreptococos fecais, NMP	100,00	141,42	100,00
Salmonella sp, NMP	1,00	1,73	0,00
Ovos de helmintos, NMP	13,47	18,66	6,94

Comparando-se os valores de média e mediana para os teores de metais pesados presentes na composição dos bioossólidos registrados neste levantamento, com os valores limites para uso agrícola vigentes na legislação norte-americana e na diretiva européia (Tabela 26), conclui-se que o bioossólido típico brasileiro para esta pesquisa (Tabela 96) seria aprovado para o uso agrícola segundo estas normas, no que diz respeito às concentrações de metais pesados.

Isto prova mais uma vez, que a disposição dos bioossólidos no solo é uma opção viável do ponto de vista ambiental. Neste sentido é importante que o Ministério da Agricultura e do Abastecimento elabore uma norma nacional para o uso do bioossólido como fertilizante natural, baseada nos dados brasileiros, pois os fatores como clima e tipo de solo influenciam no comportamento do lodo no solo. Assim, as normas estaduais que são baseadas em normas internacionais podem comprometer o uso adequado dos bioossólidos no solo brasileiro.

6 Conclusões

Este trabalho foi de difícil execução, principalmente no que se refere à coleta de dados das companhias prestadoras de serviços de saneamento pois a maioria das mesmas não produz informações de forma sistemática referentes ao lodo de esgoto, dando ênfase somente ao tratamento de esgoto.

Esta pesquisa não reproduz as informações de todas as estações de tratamento de esgoto existentes no Brasil, devido à impossibilidade de localizar e contatar algumas prestadoras de âmbito local, aliado ao não envio das informações solicitadas por parte de algumas operadoras de estações de tratamento de esgoto.

Através dos resultados obtidos neste estudo da situação brasileira dos biossólidos, conclui-se que:

- grande parcela da população não dispõe de serviços de coleta e tratamento de esgoto, sendo que em alguns Estados, o tratamento de esgoto é praticamente inexistente;
- ausência de dados sistemáticos relacionados à produção e constituição do lodo na maioria das 275 estações de tratamento de esgoto que foram analisadas nesta pesquisa,
- a vazão de tratamento de esgoto nas 275 ETEs é de 1.877.618,25 m³/dia;
- a população atendida por essas estações é de 12.777.974 habitantes;
- a produção parcial de lodo úmido nas estações é de 308.633,25 toneladas/ano;
- a estimativa da produção total de lodo seco é de 151.724,50 toneladas/ano;
- a maioria do lodo produzido no país é disposto em aterros sanitários, embora a tendência mundial é que este material seja aplicado na agricultura, como condicionante de solo; e,

- embora tenham sido recebidas poucas análises da composição do lodo nesta pesquisa, de forma geral, o lodo produzido nas ETEs brasileiras é de boa qualidade, atendendo às especificações de valores de metais pesados segundo a legislação norte-americana e diretiva européia que regulamentam o uso do lodo de esgoto no solo para fins agrícolas.

Anexo A – Bahia

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado da Bahia, fornecidas pela EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A.

BAHIA

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	EMBASA	EMBASA
Estação	Estação de Condicionamento Prévio	A empresa opera 86 pequenas ETE's de conjuntos habitacionais e loteamentos.
Município / UF	Salvador – BA	Salvador, Lauro de Freitas, Itaparica e Simões Filho
População atendida (hab.)	900.000	191.000 Total das 86 ETE's
Vazão tratada (m³/dia)	355.000	28.650 total das 86 ETE's
Vazão de projeto (m³/dia)	475.000	-

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	A estação apenas faz um tratamento preliminar no esgoto antes do lançamento submarino, através de gradeamento médio, desarenação e peneiramento rotativo com malha de 2 mm.	São utilizados nas 86 ETE's os seguintes processos: Lagoa Facultativa; Lagoa Aerada Facultativa; Lagoa Aerada de Mistura completa e Lagoa de decantação; Lodos ativados convencional; Lodos ativados /Aeração prolongada; Lodos ativados/Fluxo intermitente; e, Reator anaeróbio de manta de lodo.
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	-	-

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	-	-

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-
Digestão	-	-
Desidratação/Secagem	-	-
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-
Outros (t/ano)	Emissário submarino	O lodo produzido é retidado por caminhões vácuo e misturado com o esgoto da Estação de Condicionamento Prévio e posteriormente conduzido ao emissário submarino.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------

Anexo B – Ceará

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Ceará, fornecidas pela CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	Est.de pré-condicionamento	ETE Lagamar	ETE Planalto Caucaia	ETE Nova Metrópole
Município / UF	Fortaleza - CE	Fortaleza – CE	Caucaia – CE	Caucaia – CE
População atendida (hab.)	504.000	11.526	7.584	34.700
Vazão tratada (m³/dia)	120.960,00	2.073,60	1.356,48	6.238,08
Vazão de projeto (m³/dia)	414.720,00	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Após o Tratamento preliminar, o esgoto é encaminhado para o Emissário submarino que lança os despejos no Oceano a uma distância de 3.330 m.	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	Não produz lodo.	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	Não há produção de lodo	105,18	69,21	316,64

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Jereissate III	ETE João Paulo II	ETE Esperança	ETE Ceará
Município / UF	Maracanaú – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE
População atendida (hab.)	6.670	5.470	14.495	51.635
Vazão tratada (m³/dia)	1.200,96	984,96	2.600,64	9.279,36
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa	3 Lagoas Facultativas Paralelas
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	60,87	49,91	132,27	471,17

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE São Francisco	ETE Araturi	ETE Tabapuá	ETE Parque Fluminense
Município / UF	Fortaleza – CE	Caucaia– CE	Caucaia – CE	Fortaleza - CE
População atendida (hab.)	5.922	24.270	3.000	4.700
Vazão tratada (m³/dia)	1.062,72	4.363,20	535,68	846,72
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 Lagoas Facultativas Paralelas	2 Lagoas Facultativas Paralelas	3 Lagoas em série: 1Lagoa Facultativa seguida de 2 Lagoas de Maturação	3 Lagoas em série: 1 Lagoa Anaeróbia seguida por 1 Lagoa Facultativa e 1 de Maturação
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	54,04	221,47	27,38	25,74

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE São Cristóvão	ETE Palmeiras II	ETE Tupãmirim	ETE Guadalajara
Município / UF	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Caucaia – CE
População atendida (hab.)	20.600	26.250	5.800	2.050
Vazão tratada (m³/dia)	3.697,92	4.717,44	1.045,44	371,52
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	4 Lagoas em série: 1 Lagoa Anaeróbia seguida por 1 Lagoa Facultativa e 2 Lagoas de Maturação	4 Lagoas em série: 1 Lagoa Anaeróbia seguida por 1 Lagoa Facultativa e 2 Lagoas de Maturação	4 Lagoas em série: 1 Lagoa Facultativa Aerada seguida de 1 Lagoa Facultativa e 2 Lagoas de Maturação	5 Lagoas em série: 1 Lagoa Anaeróbia seguida por 1 Lagoa Facultativa e por 3 Lagoas de Maturação
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	112,79	143,71	52,93	11,23

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Pequeno Mondubim	ETE Almirante Tamandaré	ETE UFC –Rodolfo Teófilo	ETE Língua de Cobra
Município / UF	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE
População atendida (hab.)	3.300	3.750	10.800	16.750
Vazão tratada (m ³ /dia)	475,20	535,68	1.546,56	2.401,92
Vazão de projeto (m ³ /dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	18,07	20,53	59,13	91,71

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Sítio São João	ETE Boa Vista	ETE Fernando de Noronha	ETE Bandeirante
Município / UF	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE
População atendida (hab.)	7.505	500	950	2.030
Vazão tratada (m³/dia)	1.071,36	69,12	138,24	293,76
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	41,09	2,77	5,20	11,12

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Bom Jardim	ETE Guajerú	ETE Passaré I	ETE Passaré II
Município / UF	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE
População atendida (hab.)	1.400	1.000	150	450
Vazão tratada (m³/dia)	198,72	146,88	25,92	60,48
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	7,67	5,48	0,83	2,47

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Santa Luzia do Cocó	ETE Campo dos Ingleses	ETE Sítio Córrego	ETE Jurupari
Município / UF	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Caucaia – CE
População atendida (hab.)	1.500	2.510	2.450	1.700
Vazão tratada (m³/dia)	216,00	362,88	354,24	241,92
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	8,22	13,75	13,42	9,31

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Novo São Miguel	ETE Marcos Freire	ETE Cajueiro das Velhas	ETE Barroso II
Município / UF	Caucaia – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE
População atendida (hab.)	1.700	7.020	1.740	3.350
Vazão tratada (m³/dia)	241,92	1.002,24	250,56	475,20
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	9,31	38,44	9,53	18,35

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Alto Alegre	ETE Soares Moreno	ETE São Bernardo	ETE Zeza Tijolo
Município / UF	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE	Fortaleza – CE
População atendida (hab.)	25.240	2.815	3.105	8.965
Vazão tratada (m³/dia)	3.786,00	406,08	440,64	1.278,72
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Decanto Digestor associado a Filtro Anaeróbio	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo - RALF
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	138,19	15,42	17,00	49,09

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Curió	ETE São Miguel	ETE UFC	ETE SIDI – Sist. Integrado do Distrito Industrial
Município / UF	Fortaleza – CE	Caucaia – CE	Fortaleza – CE	Maracanaú – CE
População atendida (hab.)	3.960	930	17.740	141.000
Vazão tratada (m³/dia)	570,24	129,60	2.353,39 (*)	25.056,00
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo - RALF	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo - RALF	Lodos Ativados	5 Lagoas de Estabilização: 1 L. Anaeróbia, 1 Lagoa Facultativa e 3 Lagoas de Maturação
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	35g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano
Observação				Trata conjuntamente os esgotos domésticos de 7 conjuntos habitacionais e despejos de 75 indústrias

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	21,69	5,10	226,63	771,98

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Juazeiro do Norte	ETE Crateús	ETE Quixadá	ETE Russas
Município / UF	Juazeiro do Norte – CE	Crateús – CE	Quixadá – CE	Russas – CE
População atendida (hab.)	104.340 (projeto)	59.564 (projeto)	4.866 (projeto)	9.130 (projeto)
Vazão tratada (m³/dia)	18.748,80	10.627,20	872,64	1.641,60
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	5 Lag. de Estabilização em série: 2 Anaeróbias, 2 Facultativas e 1 de Maturação	3 Lagoas de Estabilização em série: 1 Facultativa e 2 de Maturação	4 Lag. de Estabilização em série: 1 Anaeróbia, 1 Facultativa e 2 de Maturação	2 Lagoas Facultativas em Paralelo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	571,27	543,53	26,65	83,32

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Mauriti	ETE Guaramiranga	ETE Trairi	ETE Aracaú
Município / UF	Mauriti – CE	Guaramiranga – CE	Trairi – CE	Acaraú– CE
População atendida (hab.)	10.249	1.450 (projeto)	8.506 (projeto)	16.623
Vazão tratada (m³/dia)	1.840,32	259,20	1.529,28	2.989,44
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 Lagoas Facultativas em Paralelo	Decanto Digestor associado a um Filtro Anaeróbio	3 Lag. Estabiliz. em série: 1 Facultativa e 2 Maturação	2 Lagoa Facultativas em Paralelo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25g SST/hab.ano	15g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano	25g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	93,53	7,94	77,62	151,69

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Pacotí	ETE Tabuleiro do Norte	ETE Pecém	ETE Indústria Vicunha
Município / UF	Pacotí – CE	Tabuleiro do Norte – CE	Pecém – CE	Pacajús– CE
População atendida (hab.)	2.808 (projeto)	12.394 (projeto)	4.512	1.000
Vazão tratada (m³/dia)	501,12	2.230,92	803,52	-
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto digestor associado a filtro anaeróbio	Lagoa Facultativa	Lagoas de Estabilização em série: 2 Facultativas e 2 de Maturação	1 Lag. Aerada e tratamento físico-químico: 1 coagulador 1 floculador; 1 decanto e 3 leitos de secagem
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.dia	25g SST/hab.dia	25g SST/hab.dia	25g SST/hab.dia
Observação				Recebe as águas residuárias da Ind. Vicunha (Têxtil).

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	15,38	113,10	41,18	9,13

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

CEARÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGECE	CAGECE
Estação	ETE Ind. Calçados Dakota	ETE Paraipaba
Município / UF	Maranguape – CE	Paraipaba – CE
População atendida (hab.)	3.119 funcionários	9.193 (projeto)
Vazão tratada (m³/dia)	3.251,66 (*)	1.650,24 (19,1 l/s)
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator de Leito Fluidizado - RALF	3 Lag. de Estabilização em série: 1 Lagoa Facultativa e 2 Lagoas de Maturação
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15g SST/hab.dia	25g SST/hab.dia
Observação	A estação trata os efluentes da Ind. de Calçados Dakota.	-

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	17,08	83,89

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-
Digestão	-	-
Desidratação/Secagem	-	-
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-
Outros (t/ano)	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------

Anexo C – Distrito Federal

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Distrito Federal, fornecidas pela CAESB – Companhia de Água e Esgoto de Brasília.

DISTRITO FEDERAL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB
Estação	ETE Sul	ETE Norte	ETE Torto	ETE Brasilândia
Município / UF	Brasília - DF	Brasília - DF	DF	DF
População atendida (hab.)	300.000	130.000	2.500	34.630
Vazão tratada (m³/dia)	80.000	33.000	167	2.650
Vazão de projeto (m³/dia)	130.000	80.000	880	7.600

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	L.A.-Processo PHOREDOX	L.A.-Processo PHOREDOX	UASB compartimentado, seguido de infiltração lenta.	Lagoa anaeróbia, seguida de lagoa facultativa.
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia
Observação	L.A. c/ remoção ampliada de fósforo e nitrogênio - Inclui-se unidade de po-limento final, com trat. quí-mico com sulfato de alumí-nio e separação do lodo quí-mico por flotação por ar dissolvido sob pressão.	L.A. c/ remoção ampliada de fósforo e nitrogênio - Inclui-se unidade de po-limento final, com trat. quí-mico com sulfato de alumí-nio e separação do lodo químico por flotação por ar dissolvido sob pressão.		

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	7.300	2.920	10	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	7.062,75	2.135,25	13,69	189,60

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Por gravidade e flotação	Por gravidade e flotação	-	-
Digestão	Aeróbia e anaeróbia	Aeróbia e anaeróbia	-	-
Desidratação/Secagem	Leito secagem, lagoa seca-gem, Belt Press e centrífuga	Leito de secagem, lagoa de secagem, Belt Press	-	-
Tratamento	Desinfecção- aplicação de cal na torta	Não há.	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	6.570,00 em M.S.	2.701,00 em M.S.	-	-
Outros (t/ano)	Aplicação eventual em reflorestamento	Aplicação eventual em reflorestamento	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

DISTRITO FEDERAL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB
Estação	ETE Sobradinho	ETE Planaltina	ETE Buritis	ETE Vale do Amanhecer
Município / UF	DF	DF	DF	DF
População atendida (hab.)	90.000	49.000	8.500	12.000
Vazão tratada (m³/dia)	5.500	3.700	576	3.500
Vazão de projeto (m³/dia)	6.000	31.000	3.000	4.000

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodo ativado convencional associado a tratamento químico com sulfato de alumínio (adicionado no esgoto bruto)	Reator UASB associado a lagoa facultativa, seguida de lagoa de maturação.	Reator UASB seguido de infiltração lenta.	Reator UASB seguido de lagoa aerada de mistura completa e lagoa aerada facultativa.
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	35 g SST/hab.dia	25 g SST/ hab.dia	15 g SST/ hab.dia	25 g SST/hab. dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	365,00	Sem produção ainda	Sem produção ainda.	Sem produção ainda.
Prod. Estimada(t SST/ano)	1.149,75	447,13	46,54	109,50

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	anaeróbia	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leitos de secagem e lagoas de lodo	Leitos de secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	365,00	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

DISTRITO FEDERAL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	ETE Paranoá	ETE Samambaia	ETE Alagado	ETE Vila Aeronáutica
Estação	DF	DF	DF	DF
Município / UF	49.000	160.000	89.000	14.000
População atendida (hab.)	2.800	13.500	7.100	Pré-operação
Vazão tratada (m³/dia)	2.800	12.500	7.100	Pré-operação
Vazão de projeto (m³/dia)	9.700	44.300	13.300	3.000

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator UASB seguido de lagoa de alta taxa e escoamento superficial	Reator UASB associado a lagoa facultativa seguido de lagoa de alta taxa e lagoa de polimento.	Reator UASB seguido de lagoa de alta taxa	Reator UASB associado a lagoa facultativa, seguida de 3 lagoas de maturação.
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	22	Sem produção ainda	7,3	Sem produção ainda
Prod. Estimada(t SST/ano)	447,13	1.460,00	812,13	127,75

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leitos de secagem	Leito de secagem	Leito de secagem	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	22	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

DISTRITO FEDERAL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAESB	CAESB	CAESB
Estação	Recanto das Emas	Riacho Fundo	São Sebastião
Município / UF	DF	DF	DF
População atendida (hab.)	45.000	23.000	38.000
Vazão tratada (m³/dia)	6.000	1.800	1.800
Vazão de projeto (m³/dia)	28.000	8.100	19.500

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	UASB seguido de Lagoa Aerada de Mistura Completa e Lagoa Aerada Facultativa	Lodos Ativados sequencial em batelada	UASB seguido de Lagoa de Maturação e Escoamento superficial
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.dia	35 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Sem produção ainda	182,50	Sem produção ainda.
Prod. Estimada(t SST/ano)	410,63	293,83	346,75

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-
Digestão	-	Aeróbia	-
Desidratação/Secagem	Centrífuga	Centrífuga	Leitos de secagem
Tratamento	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------

Anexo D – Espírito Santo

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Espírito Santo, fornecidas pela CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento e pela SANEAR – Companhia Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento.

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN
Estação	Camburi	Valparaíso	André Carlone	Jacaraípe
Município / UF	Vitória	Serra	Serra	Serra
População atendida (hab.)	52.502	4.452	4.063	4.872
Vazão tratada (m³/dia)	40.780,80	1.097,28	1.002,24	1.200,96
Vazão de projeto (m³/dia)	12.942,72	1.641,60	1.313,28	8.294,40

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Aerada / Facultativa	Lagoa Aerada / Facultativa	Lagoa Aerada / Facultativa	Lag. Anaeróbia/ Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 gSST/hab.dia	25 gSST/hab.dia	25 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	479,08	40,63	37,08	26,68

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN
Estação	Porto Canoa	Nova Carapina	Maringá	Serra Dourada
Município / UF	Serra – ES	Serra - ES	Serra – ES	Serra - ES
População atendida (hab.)	1.543	4.452 *	772	5.433
Vazão tratada (m³/dia)	380,16	NI	190,08	1.339,20
Vazão de projeto (m³/dia)	432,00	1.097,28	432,00	2.332,80

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lagoa Anaeróbia / Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	8,45	24,38	4,23	29,75

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

* Para vazão de projeto.

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN
Estação	El Dourado	Feu Rosa	Laranjeiras	CIVIT I
Município / UF	Serra - ES	Serra - ES	Serra – ES	Serra – ES
População atendida (hab.)	1.473	10.655	8.587	15.283 *
Vazão tratada (m³/dia)	362,88	2.626,56	2.116,80	NI
Vazão de projeto (m³/dia)	1.209,60	2.764,80	1.382,40	3.767,04

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lag. Anaeróbia/ Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	8,07	58,34	47,02	83,68

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

* Para vazão de projeto.

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN
Estação	CIVIT II	Continetal	Mata Serra	Barcelona
Município / UF	Serra – ES	Serra – ES	Serra – ES	Serra – ES
População atendida (hab.)	1.893	6.975 *	1.718	8.938
Vazão tratada (m³/dia)	466,56	NI	423,36	2.203,20
Vazão de projeto (m³/dia)	10.272,96	1.719,36	518,40	2.522,88

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia/ Facultativa	Lagoa Anaeróbia / Facultativa	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	25 gSST/hab.dia	25 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	10,37	38,19	15,68	81,56

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

* Para vazão de projeto.

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CESAN	CESAN	CESAN	SANEAR
Estação	Santa Tereza	Castelândia	Nova Palestina	São João Grande
Município / UF	Vitória - ES	Serra – ES	Vitória – ES	Colatina – ES
População atendida (hab.)	2.103 *	3.295	2.945 *	140
Vazão tratada (m³/dia)	NI	812,16	NI	16,00
Vazão de projeto (m³/dia)	518,40	1.555,20	725,76	60,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Aeração Prolongada	Valo de Oxidação	Filtro Biológico	Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 gSST/hab.dia	45 gSST/hab.dia	40 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	34,54	54,12	43,00	0,77

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	100 %
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

* Para vazão de projeto.

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAR	SANEAR	SANEAR	SANEAR
Estação	ETE Itapina	ETE Boapaba	ETE São João Pequeno	ETE Reta Grande
Município / UF	Colatina - ES	Colatina - ES	Colatina - ES	Colatina - ES
População atendida (hab.)	1.110	280	230	270
Vazão tratada (m³/dia)	126,00	32,00	27,00	30,00
Vazão de projeto (m³/dia)	360,00	60,00	60,00	60,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Filtro Anaeróbio	Filtro Anaeróbio	Filtro Anaeróbio	Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	6,08	1,54	1,26	1,48

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	100%	100%	100%	100%
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

ESPÍRITO SANTO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAR	SANEAR
Estação	ETE Novo Brasil	ETE Columbia
Município / UF	Colatina - ES	Colatina - ES
População atendida (hab.)	1.000	2.800
Vazão tratada (m³/dia)	114,00	319,00
Vazão de projeto (m³/dia)	180,00	600,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Filtro Anaeróbio	Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 gSST/hab.dia	15 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	5,48	15,33

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-
Digestão	-	-
Desidratação/Secagem	-	-
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	100%	100%
Agricultura (t/ano)	-	-
Outros (t/ano)	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------

Observação - Os valores da população atendida pelas ETEs da CESAN não foram informados, desta forma, os valores apresentados foram estimados, através dos valores da vazões de tratamento de esgoto divididos pelo valor do consumo “per capita” médio de água da CESAN que é de 246,52 l/hab.dia (FONTE: SNIS, 1998). Neste caso, considerou-se que a contribuição de esgoto é igual ao consumo de água.

Anexo E – Goiás

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Goiás, fornecidas pela SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A.

GOIÁS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
Estação	-	-	-	-
Município / UF	Anápolis	Anicuns	Bela Vista	Caiapônia
População atendida (hab.)	147.703	3.019	3.763	3.316
Vazão tratada (m³/dia)	20.293	415	517	456
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 módulos (2 lag. anae-róbias + 1 lag. facultativa + 1 lag. decantação em série)	2 lagoas aeróbias em série	2 módulos (1 lagoa anae-róbia + 1 lag. facultativa + 1 lag. maturação em série)	3 módulos (1 lag. anaeróbia + 1 lag. facultativa + 1 lag. de maturação em série)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	808,70	27,50	20,60	18,20

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

GOIÁS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
Estação	-	-	-	-
Município / UF	Catalão	Cidade Jardins (Valparaíso)	Cidade Ocidental	Goianésia
População atendida (hab.)	29.254	486	22.617	17.976
Vazão tratada (m³/dia)	4.010	67	3.107	2.470
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 módulos (1 lagoa anaeróbia + 1 lagoa facultativa em série)	1 lagoa aerada	Lodos ativados com aeração prolongada	1 lagoa de estabilização
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	160,20	4,50	371,50	13,50

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

GOIÁS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
Estação	-	-	-	-
Município / UF	Inhumas	Itumbiara	Jataí	Mara Rosa
População atendida (hab.)	13.293	51.136	42.567	3.600
Vazão tratada (m ³ /dia)	1.826	7.026	5.848	495
Vazão de projeto (m ³ /dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 lagoas facultativas em série	3 lagoas anaeróbias– Em obras	2 lagoas anaeróbias em paralelo	3 módulos (1 lagoa anaeróbia + 2 lagoas facultativas + 1 lagoa de maturação em série)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	72,80	280,00	233,10	19,70

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

GOIÁS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
Estação	-	-	-	-
Município / UF	Morrinhos	Novo Gama	Pires do Rio	Quirinópolis
População atendida (hab.)	6.331	12.322	3.529	30.489
Vazão tratada (m³/dia)	870	1.693	485	4.189
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	3 módulos (1 lag. anaeróbia + 1 lagoa facultativa + 1 lag. de maturação em série)	1 lagoa anaeróbia + 2 lagoas facultativas em série	1 lagoa anaeróbia + 1 lagoa facultativa	1 reator anaeróbio + lagoa facultativa em série
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	34,70	67,50	19,30	166,90

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

GOIÁS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
Estação	-	-	-	-
Município / UF	Rio Verde	São Luís de Montes Belos	Trindade	Valparaíso
População atendida (hab.)	55.729	14.837	33.892	19.651
Vazão tratada (m³/dia)	7.657	2.039	4.657	2.700
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 módulos (1 lagoa anaeróbia + 1 lagoa facultativa + 2 lagoas de maturação)	3 módulos (1 lagoa anaeróbia + 1 lagoa facultativa + 1 lagoa de maturação em série)	3 módulos (1 lagoa anaeróbia + 1 lagoa facultativa + 1 lagoa de maturação em série)	Bioaerador de cascata + 3 lagoas com cascata em série
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	305,1	81,2	185,6	179,3

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

GOIÁS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
Estação	-	ETE – Aruanã	ETE Cruzeiro do Sul	ETE – Paque Atheneu
Município / UF	Vila Matutina (Pirenópolis)	Goiânia	Goiânia	Goiânia
População atendida (hab.)	1.122	14.830	40.892	42.994
Vazão tratada (m³/dia)	154	2.038	5.619	5.907
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 módulos (1 tanque séptico + filtro anaeróbio)	2 lagoas facultativas aeradas em série	2 lag. facultativas aeradas e 1 lag. sedimentação em série	1 lagoa anaeróbia e 2 lagoas facultativas em série
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	6,10	135,30	373,10	235,40

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

FONTE: As informações apresentadas neste anexo foram coletadas do Boletim de Informações SANEAGO Março/2000, disponível no site da empresa.

Observação: Os valores apresentados para a vazão tratada de esgoto foram estimados, utilizando-se os valores da população atendida (fornecidos no site) e da média de consumo de água da SANEAGO que é de 137,39 l/hab.dia (FONTE: SNIS, 1998). Desta forma, considerou-se que a contribuição “per capita” de esgoto é igual ao consumo de água.

Anexo F – Mato Grosso

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Mato Grosso, fornecidas pela AMSS/Cuiabá – Agência Municipal de Serviços de Saneamento de Cuiabá e SANEMAT – Companhia de Saneamento do Estado de Mato Grosso.

MATO GROSSO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá
Estação	ETE Jardim Universitário	ETE Jardim Imperial	ETE Recanto dos Pássaros	ETE Jardim Presidente II
Município / UF	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT
População atendida (hab.)	3.000	10.070	1.750	1.800
Vazão tratada (m³/dia)	648,00	2.175,12	378,00	388,80
Vazão de projeto (m³/dia)	745,20	2.501,38	434,70	447,12

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodo Ativado por aeração prolongada	Anaeróbio / Fossa Filtro	Anaeróbio / Fossa Filtro	Anaeróbio / Fossa Filtro
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	46,2 m3 por mês	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	49,28	55,14	9,59	9,86

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	Reposição em áreas degradadas	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados	Não há dados	Não há dados	Não há dados
--	--------------	--------------	--------------	--------------

MATO GROSSO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá
Estação	ETE Dom Aquino	ETE Vila Real	ETE Morada do Ouro	ETE Cohab Nova
Município / UF	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT
População atendida (hab.)	64.187	250	4.400	3.600
Vazão tratada (m³/dia)	8.527,68	54,00	950,40	778,00
Vazão de projeto (m³/dia)	13.824,00	62,10	1.093,00	894,65

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodo Ativado por aeração prolongada	Lagoas de Estabilização	Lagoas de Estabilização	Dec. Digestor / Tanque Inhoff
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	1.054,28	1,37	24,10	19,71

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados	Não há dados	Não há dados	Não há dados
--	--------------	--------------	--------------	--------------

MATO GROSSO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá	AMSS Cuiabá
Estação	ETE CoopHEMA	ETE São Carlos / Santa Inês	ETE Tijucal
Município / UF	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT	Cuiabá - MT
População atendida (hab.)	1.985	9.520	23.340
Vazão tratada (m³/dia)	428,80	2.056,32	5.041,00
Vazão de projeto (m³/dia)	493,12	2.364,77	5.797,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Decanto Digestor / Tanque Inhoff	Lagoas de Estabilização	Lagoas de Estabilização
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	10,87	52,13	127,79

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-
Digestão	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-
Tratamento	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados	Não há dados	Não há dados
--	--------------	--------------	--------------

Anexo G – Mato Grosso do Sul

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Mato Grosso do Sul, fornecidas pela SANESUL – Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul.

MATO GROSSO DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL
Estação	Salgado Filho	Cabreúva	Aero Rancho	Conjunto União
Município / UF	Campo Grande	Campo Grande	Campo Grande	Campo Grande
População atendida (hab.)	138.388	7.920	4.800	3.800
Vazão tratada (m³/dia)	34.560	2.160	1.040	456
Vazão de projeto (m³/dia)	34.560	8.640	3.456	864

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Tanque Imhoff – Filtro Anaeróbio
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	14,40 de lodo seco	0,80 de lodo seco	0,48 de lodo seco	0,38 de lodo seco
Prod. Estimada(t SST/ano)	757,68	43,37	26,28	20,81

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem (ETE Aero Rancho)
Tratamento				
Observação	-	-	-	O lodo retirado é destinado para a ETE Aero Rancho, onde é processado.

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	100%	100%	100%	100%
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

MATO GROSSO DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL
Estação	Cophatrabalho	Aquidauana	Miranda	Guachinin
Município / UF	Campo Grande - MS	Aquidauana - MS	Miranda - MS	Dourados -MS
População atendida (hab.)	4.600	4.556	3.564	32.000
Vazão tratada (m³/dia)	552	546	427	9.600
Vazão de projeto (m³/dia)	432	3.456	1.382	10.368

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Tanque Imhoff – Filtro Anaeróbio	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Sist. aeróbio com biofilmes - filtro biológico (alta carga) + Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	30 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	0,46 de lodo seco	0,46 lodo seco	0,70 de lodo seco	3,20 de lodo seco
Prod. Estimada(t SST/ano)	25,19	24,95	39,03	175,20

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia + Aeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem (ETE Aero Rancho)	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-
Observação	O lodo retirado é destinado para a ETE Aero Rancho, onde é processado.	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	100%	100%	100%
Agricultura (t/ano)	100%	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

MATO GROSSO DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL
Estação	Água Boa	Laranja Doce	Fátima do Sul	Três Lagoas
Município / UF	Dourados-MS	Dourados-MS	Fátima do Sul-MS	Três Lagoas-MS
População atendida (hab.)	7.940	12.000	880	14.240
Vazão tratada (m³/dia)	952	1.440	105	2.080
Vazão de projeto (m³/dia)	3.456	3.456	1.382	8.640

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Sist. aeróbio com biofilmes - filtro biológico (alta carga) + Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	30 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	0,80 de lodo seco	1,20 de lodo seco	0,177 de lodo seco	1,20 de lodo seco
Prod. Estimada(t SST/ano)	43,48	65,70	9,64	77,97

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia + Aeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	100%	100%	100%	100%
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

MATO GROSSO DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL
Estação	Coxim - BNH	Bonito	Navirai	Maracaju
Município / UF	Coxim - MS	Bonito - MS	Navirai - MS	Campo Grande-MS
População atendida (hab.)	584	3.116	1.964	1.020
Vazão tratada (m³/dia)	70	374	235	122
Vazão de projeto (m³/dia)	432	3.456	3.880	864

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Tanque Imhoff – Filtro Anaeróbio	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Infiltração subsuperficial (Gramíneas)	Lagoa Anaeróbia - Lagoa Facultativa.	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Ainda não houve remoção	Ainda não houve remoção	0,1 de lodo seco
Prod. Estimada(t SST/ano)	3,20	17,1		5,6

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Anaeróbia	Anaeróbia + Aeróbia	Anaeróbia + Aeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	-	-	-	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	100%	O lodo do reator será destinado ao aterro.	-	100%
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

Anexo H – Minas Gerais

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Minas Gerais, fornecidas pela COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais e CESAMA – Companhia de Saneamento e Pesquisa do Meio Ambiente de Juiz de Fora.

MINAS GERAIS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA
Estação	ETE Cristina	ETE Vespasiano	ETE Confin	ETE Morro Alto
Município / UF	Santa Luzia – MG	Vespasiano – MG	Lagoa Santa – MG	Vespasiano – MG
População atendida (hab.)	56.000	68.000	10.000	10.000
Vazão tratada (m³/dia)	4.320	2.281	337	1.434
Vazão de projeto (m³/dia)	10.368	8.208	726	1.814

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Aerada Facultativa	Lodos Ativados- Aeração Prolongada	Lagoa Facultativa	Lodos Ativados – Aeração Prolongada
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	511,00	1.116,90	91,25	164,25

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	Leito de secagem	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	185,42	-	1.120,55
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

MINAS GERAIS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	COPASA	COPASA	CESAMA Juiz de Fora
Estação	ETE Nova Pampulha	ETE Ribeirão das Neves	ETE Barreira do Triunfo
Município / UF	Ribeirão das Neves – MG	Ribeirão das Neves – MG	Juiz de Fora – MG
População atendida (hab.)	6.600	10.500	2.000
Vazão tratada (m³/dia)	1.140	1.495	320
Vazão de projeto (m³/dia)	1.158	2.376	900

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Lagoa Facultativa	Lodos Ativados- Aeração Prolongada
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/ hab.dia	25 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	36,14	95,81	32,85

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	Mecanizado / Prensa
Digestão	-	-	Aeróbia
Desidratação/Secagem	-	-	Filtro Prensa
Tratamento	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	100% da produção
Agricultura (t/ano)	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Vide Anexo
--	---------------	---------------	------------

Anexo I – Paraíba

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado da Paraíba, fornecidas pela CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba.

PARAÍBA

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAGEPA
Estação	ETE de Mangabeira
Município / UF	João Pessoa – PB
População atendida (hab.)	60.000
Vazão tratada (m³/dia)	12.960
Vazão de projeto (m³/dia)	15.550

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia/Lagoa Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	328,50

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-
Digestão	-
Desidratação/Secagem	-
Tratamento	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-
Agricultura (t/ano)	-
Outros (t/ano)	-

CARAC. FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados
--	--------------

Anexo J – Paraná

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Paraná, fornecidas pela SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná, SAAE/Sertanópolis - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sertanópolis, SAEE/Jataizinho - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jataizinho, SAEE/Ribeirão Claro - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Ribeirão Claro, SAMAE/Ibiporã - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Ibiporã e SAMAE/Jaguapitã - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Jaguapitã.

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	(1)Tangara, (2)Veado e (3)São Luiz	Boi Pintado	Fartura	Barreiro Antas
Município / UF	Cornélio Procópio - PR	Santo Ant. Platina - PR	Siqueira Campos - PR	Andirá - PR
População atendida (hab.)	31.358	19.078	5.213	7.708
Vazão tratada (m³/dia)	8.208,00	4.916,16	1.036,80	2.306,88
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	2 Reatores Anaeróbios (RALF)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	612,00	30,00	43,20	38,40
Prod. Estimada(t SST/ano)	171,69 kg (*)	104,45	28,54	42,20

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Alambari	Ipiranga	Xavantes	Ourinhos
Município / UF	Cambará - PR	Ribeirão do Pinhal - PR	Cartópolis - PR	Jacarezinho - PR
População atendida (hab.)	19.245	3.367	4.322	26.639
Vazão tratada (m³/dia)	5.330,88	760,32	414,72	6.877,44
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	3 Reatores Anaeróbios (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	2 Reatores Anaeróbios (RALF)	2 Reatores Anaeróbios (RALF)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	60,00	19,20	57,60	103,20
Prod. Estimada(t SST/ano)	105.37	30,72	23.66	145.85

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Anaeróbio	-	Anaeróbio	Anaeróbio
Desidratação/Secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem	Leitos de secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Bom Pastor	Água Limpa	(1)Matadouro e (2) Olhos D'Água	Congonhas
Município / UF	Ibaiti - PR	Joaquim Távora- PR	Wenceslau Braz - PR	Uraí - PR
População atendida (hab.)	608	891	2.045	6.407
Vazão tratada (m³/dia)	278,48	984,96	1.581,12	1.399,68
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informada	Não informada	Não informada	Não informada

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	2 Reatores Anaeróbios (RALF)	2 Reatores Anaeróbios (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	12,00	264,00	57,6	36,00
Prod. Estimada(t SST/ano)	3,33	4,88	11,20	35,08

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Araras	Peroba	Itararé	⁽¹⁾ Bom Retiro, ⁽²⁾ Sul, ⁽³⁾ Norte, ⁽⁴⁾ São Lourenço, ⁽⁵⁾ Saltinho e ⁽⁶⁾ 7 ETEs Ind.
Município / UF	Santa Mariana - PR	Assaí - PR	Salto do Itararé - PR	Londrina - PR
População atendida (hab.)	1.722	2.052	505	234.478 (total informado) ⁽¹⁾ 43.910 (*) ⁽²⁾ 105.383 (*) ⁽³⁾ 70.256 (*) ⁽⁴⁾ 4.391 (*) ⁽⁵⁾ 1.756 (*) ⁽⁶⁾ 8.782 (*)
Vazão tratada (m³/dia)	60,48	1.477,44	69,12	⁽¹⁾ 4.320,00 ⁽²⁾ 10.368,00 ⁽³⁾ 6.912,00 ⁽⁴⁾ 432,00 ⁽⁵⁾ 172,80 ⁽⁶⁾ 864,00 23.068,80 (total)
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informada	Não informada	Não informada	Não informada

(*) Número de habitantes estimado, segundo a vazão de cada ETE.

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	3 Reatores Anaeróbios(RALF) + 2 Lagoas	Reator Anaeróbio (RALF)	⁽¹⁾ e ⁽²⁾ Lodos Ativados, ⁽³⁾ Reat. Anaeróbio (RALF), ⁽⁴⁾ Reat. Anae. (RALF), ⁽⁵⁾ Reat. Anae.(RALF)+Lagoa, ⁽⁶⁾ RALF+ Tanque Imhoff
Trat. Esgoto X Prod.Lodo			15 g SST/hab.	⁽¹⁾ e ⁽²⁾ 35g SST/hab.dia ⁽³⁾ e ⁽⁴⁾ 15 g SST/hab.dia ⁽⁵⁾ e ⁽⁶⁾ 25 g SST/hab.dia

(Continua)

(Continuação)

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	14,40	14,40	18,00	⁽¹⁾ 720,00 ⁽²⁾ 1.200,00 ⁽³⁾ 360,00 ⁽⁴⁾ 60,00 ⁽⁵⁾ 24,00 ⁽⁶⁾ 60,00 Total=3.024,00
Prod. Estimada(t SST/ano)	15,71	18,73	2,77	⁽¹⁾ 560,95 ⁽²⁾ 1.346,25 ⁽³⁾ 384,65 ⁽⁴⁾ 24,06 ⁽⁵⁾ 16,03 ⁽⁶⁾ 48,08 Total=2.380,02

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leitos de Secagem (todos)
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Caçadores, São Domingos e Castelo Branco	⁽¹⁾ Villa City e ⁽²⁾ Vila Operária	Jaboti e Biguaçu	Guadiana
Município / UF	Cambé - PR	Paranavaí - PR	Apucarana - PR	Mandaguaçu - PR
População atendida (hab.)	28.764	37.674	13.612	1.115
Vazão tratada (m³/dia)	2.764,80	⁽¹⁾ 3.362,69 + ⁽²⁾ 5.048,35 = 8.411,04	6.307,20	171,94
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	⁽¹⁾ Lagoa Facultativa ⁽²⁾ 3 Reatores Anae.(RALF)+Lagoa	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	300,00	⁽¹⁾ NI ⁽²⁾ 60,00	108,00	NI
Prod. Estimada(t SST/ano)	157,48	⁽¹⁾ 137,44 ⁽²⁾ 206,33	74,53	10,18

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leitos de Secagem (todos)	⁽¹⁾ NI ⁽²⁾ Leitos de secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	ETE's 01, 02 e 03	ETE's 01 e 02	Jaboticabal ⁽¹⁾ e Taquari ⁽²⁾	São Tomé
Município / UF	Mandaguri - PR	Itambé - PR	Astorga - PR	Cianorte - PR
População atendida (hab.)	4.525	3.016	3.532	4.800
Vazão tratada (m ³ /dia)	714,53	2.884,90	540,86	979,78
Vazão de projeto (m ³ /dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	Lagoa de Estabilização
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m ³ MS/ano)	Não informado	⁽¹⁾ 48,00 ⁽²⁾ Não informado	⁽¹⁾ e ⁽²⁾ Não informados	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	24,77	⁽¹⁾ 70,80 ⁽²⁾ 27,52	32,23	43,80

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leitos de Secagem (todas)	Leito de secagem ⁽¹⁾	Leitos de Secagem ⁽¹⁾ e ⁽²⁾	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Mandacarú, Sul e Alvorada	Floraí	Santa Mônica, Manicônio Judiciário, Penitenciária Feminina, Piraquara, V.Macedo, São Roque I e II e Pent. Central	Costeira I e II, Nova Europa, Maranhão e Tayrá
Município / UF	Maringá - PR	Floraí - PR	Piraquara - PR	Araucária - PR
População atendida (hab.)	61.566	609	13.387	10.115
Vazão tratada (m³/dia)	12.528,00	120,96	9.072,00	812,16
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reatores Anaeróbios (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	Reatores Anaeróbio RALF (todos)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³ MS/ano)	318,00 (total)	Não informado	Não informado	20,16
Prod. Estimada(t SST/ano)	337,07	3.33	122,16	55,38

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leitos de Secagem (todos)	Leito de Secagem	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Gralha Azul, Afonso Pena e América	Loanda	Alto Paraná	Caxangá
Município / UF	São José dos Pinhais - PR	Loanda - PR	Alto Paraná - PR	Nova Esperança - PR
População atendida (hab.)	13.926	1.595	5.334	8.750
Vazão tratada (m³/dia)	342,00	864,00	1.146,53	2.570,40
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	Reator Anaeróbio(RALF) + Lagoa	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	4,32	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	76,25	14,56	48,67	79,85

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	São João Caiuá	Paranacity	Altonia	Cidade Gaúcha
Município / UF	São João Caiuá - PR	Paranacity - PR	Altonia - PR	Cidade Gaúcha - PR
População atendida (hab.)	1.079	2.767	2.666	3.378
Vazão tratada (m³/dia)	276,48	302,40	432,00	717,12
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	19,20	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	9,85	15,19	24,33	30,83

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Cruzeiro do Oeste	Iporã	COHAPAR II	Vila Nova
Município / UF	Cruzeiro do Oeste - PR	Iporã- PR	Umuarama - PR	Mengueirinha - PR
População atendida (hab.)	1.580	2.749	28.961	971
Vazão tratada (m³/dia)	599,62	518,40	5.854,46	120,96
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio(RALF) + Lagoa	Lagoas – Sistema Australiano	Lagoas – Sistema Australiano	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.ano	15 g SST/hab.ano	15 g SST/hab.ano	25 g SST/hab.ano

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	14,45	15,05	158,56	8,86

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	-	-	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Rio Gabiroba	Santa Fé	São Francisco	Sanga Lemk e Rio Ocorinho
Município / UF	São João - PR	Palotina- PR	Santa Helena - PR	Matelândia - PR
População atendida (hab.)	1.143	2.848	2.734	654
Vazão tratada (m³/dia)	138,24	345,60	328,32	77,76
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anae. (RALF) + Lagoa	Reator Anae. (RALF) + Lagoa	Lagoas de Estabilização	Reator Anaeróbio (RALF)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST /hab.dia	25 g SST /hab.dia	25 g SST /hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	10,43	25,99	24,95	3,58

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Aporã	Rio Alegria	Barro Preto	Rio Marrecas
Município / UF	Foz do Iguaçu - PR	Medianeira - PR	Cel. Vivida - PR	Francisco Beltrão - PR
População atendida (hab.)	1.142	758	3.095	8.030
Vazão tratada (m³/dia)	172,80	120,56	371,52	967,68
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	6,25	4,15	16,95	43,97

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Rio Marmeleiro	Corr. Lageado	Rio Ligeiro	11 Estações
Município / UF	Marmeleiro - PR	Palmas - PR	Pato Branco - PR	Toledo - PR
População atendida (hab.)	1.399	1.717	13.736	17.263
Vazão tratada (m³/dia)	172,80	207,36	1.728,00	2.154,25 (valor estimado)
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)	Reator Anaeróbio (RALF)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	7,66	9,40	75,21	94.52

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leitos de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Goio-Erê	⁽¹⁾ Km 119, ⁽²⁾ Santa Cruz e ⁽³⁾ (Araruna	Terra Boa	Capim
Município / UF	Goio-Erê - PR	Campo Mourão - PR	Terra Boa - PR	Porecatú- PR
População atendida (hab.)	1.600	10.600 (total) ⁽¹⁾ 5.971 ⁽²⁾ 3.123 ⁽³⁾ 1.506	240	14.790
Vazão tratada (m³/dia)	432,00	⁽¹⁾ 561,60, ⁽²⁾ 293,76, ⁽³⁾ 141,60 = 997,06 (total)	172,80	1.119,74
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (RALF) + Lagoa	⁽¹⁾ Reat. Anae. (RALF) + Lagoa; ⁽²⁾ e ⁽³⁾ RALF	Reator Anaeróbio (RALF)	3 Reatores Anaeróbios (RALF)
Trat. Esgoto X Prod. Lodo	25 g SST/hab.dia	⁽¹⁾ 25 g SST/hab.dia ⁽²⁾ e ⁽³⁾ 15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³ MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada (t SST/ano)	14,60	⁽¹⁾ 54,49 ⁽²⁾ 17,10 ⁽³⁾ 8,25	1,31	80,98

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leitos de Secagem (todos)	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Indiana	Campinho	Sul e Norte	5 ETE's
Município / UF	Bela Vista, Paraíso - PR	Arapongas - PR	Guarapuava - PR	Ponta Grossa - PR
População atendida (hab.)	4.099	7.027	24.184	91.438
Vazão tratada (m³/dia)	269,57	680,83	6.912,00	58.924,80
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	2 Reat. Anae(RALF) + Lagoa	3 Reat. Anae. (RALF) + 2 Lagoas	Reator Anaeróbio (RALF)	Não informado
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.ano	25 g SST/hab.ano	15 g SST/hab.dia	Dados insuficientes

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	Não informado	1.080	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	37,40	64,12	132,41	Dados insuficientes

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Não informado
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Estação	Sul e Norte	Rio Isolina	Campo Largo	Belém
Município / UF	Cascavel- PR	Guaraniaçu - PR	Campo Largo - PR	Curitiba-PR
População atendida (hab.)	81.854	2.708	29.040	300.000
Vazão tratada (m³/dia)	9.850	328,32	3.623,91 ^(*)	60.000
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

^(*) Como a SANEPAR não informou a vazão de esgoto tratado, o valor apresentado na tabela foi estimado em função da média per capita de consumo de água =124,79 l/hab.dia (FONTE: SNIS, 1998) e da população atendida. Considerou-se que a média per capita de contribuição de esgoto é igual a média per capita de consumo de água.

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoas Anaeróbia + Facultativa	Reator Anae. de Manta de Lodo (RALF) + Lagoa	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (RALF)	Aeração Prolongada
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod.Inform.(m³MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	4.380
Prod. Estimada(t SST/ano)	448,15	24,71	158,,99	4.927,50

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Vide Anexo S
--	---------------	---------------	---------------	--------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SAMAE - Ibiporã	SAMAE - Ibiporã	SAMAE - Ibiporã	SAMAE - Jaguapitã
Estação	Zona Norte	Zona Sul	Vila Kennedy	Jaguapitã
Município / UF	Ibiporã - PR	Ibiporã - PR	Ibiporã - PR	Jaguapitã - PR
População atendida (hab.)	30.000	21.100	1.000	5.942
Vazão tratada (m³/dia)	2.519,92	864,00	95,4	1.040,00
Vazão de projeto (m³/dia)	3.780,00	945,2	349,4	1.734

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Inform. (m³MS/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	164,25	115,52	5,48	32,53

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	-	-	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	100%	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

PARANÁ

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SAEE - Jataizinho	SAEE - Sertanópolis
Estação	Jataizinho	Sertanópolis
Município / UF	Jataizinho - PR	Sertanópolis - PR
População atendida (hab.)	12.000	6.884
Vazão tratada (m³/dia)	1.020,00	831,00
Vazão de projeto (m³/dia)	3.196,00	1.100,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	3 Lagoas Facultativas
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	65,70	37,70

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-
Digestão	Gravidade	-
Desidratação/Secagem	Anaeróbia	-
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-
Outros (t/ano)	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------

Anexo K – Pernambuco

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Pernambuco, fornecidas pela COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento.

PERNAMBUCO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	COMPESA	COMPESA
Estação	ETE J-01	ETE Peixinhos
Município / UF	Recife – PE	Recife – PE
População atendida (hab.)	245.600	314.500
Vazão tratada (m³/dia)	24.520,71 ⁽¹⁾	31.399,67 ⁽¹⁾
Vazão de projeto (m³/dia)	51.840	36.000

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados / Aeração Prolongada	Filtro biológico de Baixa Carga
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	35 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	4.033,98	3.443,78

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Gravidade	Gravidade
Digestão	-	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Lagoa de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-
Agricultura (t/ano)	Não informou os valores	Não informou valores
Outros (t/ano)	Aplicação em área de reflorestamento	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------

⁽¹⁾Como a COMPESA não informou a vazão de esgoto tratado das ETES, os valores apresentados nesta tabela foram estimados em função da População atendida e da média “per capita” de consumo de água: 99,84 l/hab.dia (Fonte: SNIS 1998). Considerou-se que a média per capita de esgoto gerado é igual à média “per capita” de consumo de água.

Anexo L – Rio de Janeiro

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Rio de Janeiro, fornecidas pela CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos e SAAE/Volta Redonda – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda.

RIO DE JANEIRO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE
Estação	Iha do Governador	Penha	Acari	Vila Kennedy
Município / UF	Rio de Janeiro - RJ	Rio de Janeiro - RJ	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro – RJ
População atendida (hab.)	400.000	1.000.000	200.000	10.000
Vazão tratada (m³/dia)	30.240,00	120.960,00	7.776,00	518,40
Vazão de projeto (m³/dia)	43.360,00	138.240,00	18.144,00	604,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados Convencional	Lodos Ativados Convencional + Filtro Biológico de Alta Carga	Lodos Ativados – Tipo Bio-Adsorção ou estabilização por contato	Lodos Ativados – Aeração Prolongada
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	40 g SST/hab.dia	40 g SST/hab.dia	40 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia
Observação	-	-	-	Valo de Oxidação – Não há decantador secundário

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	31.025	134.685	3.117,1	266,82
Prod. Estimada(t SST/ano)	5.840,00	14.600,00	2.920,00	164,25

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Mecanizada/Centrífuga	Gravidade	Gravidade	-
Digestão	Anaeróbia	Anaeróbia	Aeróbia	-
Desidratação/Secagem	Mecanizada/ Centrífuga	Mecanizada/Centrífuga	Leito de Secagem	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	6.205	25.550	18,25	6.205
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Vide Anexo S	Vide Anexo S	Vide Anexo S
--	---------------	--------------	--------------	--------------

RIO DE JANEIRO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CEDAE	SAAE - Volta Redonda	SAAE – Volta Redonda
Estação	Pavuna	Vila Rica I	Vila Rica II
Município / UF	Rio de Janeiro - RJ	Volta Redonda – RJ	Volta Redonda – RJ
População atendida (hab.)	860	3.430	11.920
Vazão tratada (m³/dia)	138,2	487,00	176,00
Vazão de projeto (m³/dia)	207	329,00	1.144,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados – Aeração Prolongada	Lodos Ativados Convencional (Fluxo Intermitente)	Lodos Ativados Convencional (Fluxo Intermitente)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	40 g SST/hab.dia	40 g SST/hab.dia
Observação	Valo de Oxidação – Não há decantador secundário	-	-

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	59,86	1,33 m³/dia (valor de projeto). Ainda não houve descarte de lodo	4,62 m³/dia (valor de projeto). Ainda não houve descarte de lodo
Prod. Estimada(t SST/ano)	14,13	50,37	174,04

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-
Digestão	-	Aeróbia	Aeróbia
Desidratação/Secagem	-	-	-
Tratamento	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	18,25	100% da produção	100% da produção
Agricultura (t/ano)	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Vide Anexo S	Não informado	Não informado
--	--------------	---------------	---------------

Anexo M – Rio Grande do Sul

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Rio Grande do Sul, fornecidas pela CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento, DMAE/Porto Alegre – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre, SAMAE/Caxias do Sul – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul e SEMAE/São Leopoldo - Serviço Municipal de Água e Esgoto de São Leopoldo.

RIO GRANDE DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CORSAN	DMAE – Porto Alegre	DMAE – Porto Alegre	DMAE – Porto Alegre
Estação	ETE SM	ETE IAPI	ETE IAPC	ETE ESMERALDA
Município / UF	Santa Maria - RS	Porto Alegre - RS	Porto Alegre - RS	Porto Alegre - RS
População atendida (hab.)	140.000	4.909	2.160	1.037
Vazão tratada (m³/dia)	20.000	1.080	345,6	103,7
Vazão de projeto (m³/dia)	23.000	2.056	1.382,4	501,1

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos ativados – aeração prolongada	Tanque Imhoff – Filtro Biológico	Tanque Imhoff – Filtro Biológico	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	40 g SST/hab.dia	40 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	26 m³/ano
Prod. Estimada(t SST/ano)	2.299,50	71,68	31,54	5,68

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Gravidade	Gravidade	Gravidade	-
Digestão	Aeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	Valor não informado	Valor não informado	Valor não informado
Agricultura (t/ano)	Valor não informado	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Vide Anexo S	Vide Anexo S	Vide Anexo S	Não há dados
--	--------------	--------------	--------------	--------------

RIO GRANDE DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	DMAE – Porto Alegre	DMAE – Porto Alegre	DMAE - Porto Alegre	DMAE – Porto Alegre
Estação	ETE ARVOREDO	ETE CAVALHADA	ETE RESTINGA	ETE LAMI
Município / UF	Porto Alegre – RS	Porto Alegre - RS	Porto Alegre - RS	Porto Alegre - RS
População atendida (hab.)	1.604	3.291	4.037	5.238
Vazão tratada (m³/dia)	207,4	613,4	432	838,1
Vazão de projeto (m³/dia)	1.408,3	1.425,6	518,4	2.592

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados – Aeração Prolongada	Lodos Ativados – Aeração Prolongada	10 Lagoas em série com Plantas Macrófitas	Dois módulos de lagoas compostos por: 1 Anaeróbia, 1 Facultativa e 3 de Maturação em Série – em cada módulo
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	3.600 m³/ano	3.600 m³/ano	Ainda não houve remoção de lodo	Ainda não houve remoção de lodo
Prod. Estimada(t SST/ano)	26,35	54,06	22,11	28,68

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	Aeróbia	Aeróbia	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	-	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	Valor não informado	Valor não informado	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados	Não há dados	Não há dados	Não há dados
--	--------------	--------------	--------------	--------------

RIO GRANDE DO SUL

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	DMAE – Porto Alegre	SEMAE – São Leopoldo	SAMAE – Caxias do Sul
Estação	ETE IPANEMA	ETE São Leopoldo	ETE Rivadávia A. Guimarães
Município / UF	Porto Alegre – RS	São Leopoldo - RS	Caxias do Sul - RS
População atendida (hab.)	76.729	60.000	12.000
Vazão tratada (m ³ /dia)	9.676,8	2.400	1.296
Vazão de projeto (m ³ /dia)	21.254,4	6.000	4.320

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Dois módulos de lagoas compostos por: 1 Anaeróbia, 2 Facultativas e 3 de Maturação em série – em cada módulo	Reator Anaeróbio de Manta de Lodo	Reator anaeróbio de manta de lodo UASB - RALF
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Ainda não houve remoção	365 m ³ /ano	120 m ³ /ano
Prod. Estimada(t SST/ano)	420,10	328,50	65,70

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	Gravidade
Digestão	-	Anaeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	-	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	365 m ³ /ano	-
Agricultura (t/ano)	-	-	Não informou o valor
Outros (t/ano)	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados	pH = 6,61	Não há dados
--	--------------	-----------	--------------

Anexo N – Roraima

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Roraima, fornecidas pela CAER – Companhia de Águas e Esgotos de Roraima.

RORAIMA

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CAER
Estação	ETE Boa Vista
Município / UF	Boa Vista-RR
População atendida (hab.)	45.000
Vazão tratada (m³/dia)	9.072
Vazão de projeto (m³/dia)	30.240

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	5 Lagoas de estabilização em série - uma anaeróbia, uma facultativa e 3 de maturação
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não houve retirada de lodo.
Prod. Estimada(t SST/ano)	246,38

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Gravidade
Digestão	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de secagem
Tratamento	Secagem térmica

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-
Agricultura (t/ano)	-
Outros (t/ano)	-

CARAC. FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Ainda não há dados
--	--------------------

Anexo O – Santa Catarina

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Santa Catarina, fornecidas pela CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento e SAMAE/Blumenau – Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de Blumenau.

SANTA CATARINA

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN
Estação	ETE Lagoa da Conceição	ETE Insular	ETE Canavieiras	ETE Potecas
Município / UF	Florianópolis - SC	Florianópolis - SC	Florianópolis - SC	São José - SC
População atendida (hab.)	Não informado	150.000	12.011	Não informado
Vazão tratada (m³/dia)	432,00	19.000,00	2.580,00	10.368,00
Vazão de projeto (m³/dia)	Não informado	24.019,00	7.826,00	18.922,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados – Aeração Prolongada/ Valo oxidação	Lodos Ativados – Aeração Prolongada	Lodos Ativados – Aeração Prolongada	Lagoa Anaeróbia – Lagoa Facultativa
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	4.380	Não informado	Ainda não houve remoção
Prod. Estimada(t SST/ano)	50,61	2.463,75	197,28	404,77

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	Mecanizada / Prensa	-	-
Digestão	-	-	-	-
Desidratação/Secagem	Leito de secagem	Mecanizada/ Filtro Prensa	Leito de Secagem	-
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	Não informou valores	100 % da produção	100 % da produção	-
Agricultura (t/ano)	Não informou valores	-	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------	---------------	---------------

SANTA CATARINA

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SAMAE - Blumenau
Estação	ETE Blumenau
Município / UF	Blumenau - SC
População atendida (hab.)	10.000
Vazão tratada (m³/dia)	1.296,00
Vazão de projeto (m³/dia)	4.320,00

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reator Anaeróbio (UASB)
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	273,75
Prod. Estimada(t SST/ano)	54,75

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-
Digestão	-
Desidratação/Secagem	-
Tratamento	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-
Agricultura (t/ano)	-
Outros (t/ano)	-

CARAC. FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Vide Anexo S
--	--------------

Anexo P – São Paulo

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de São Paulo, fornecidas pela SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo e SEMAE/Piracicaba – Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba.

SÃO PAULO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP
Estação	Franca	Jardim das Flores	Lavapés	Urbanova
Município / UF	Franca-SP	São José dos Campos - SP	São José dos Campos - SP	São José dos Campos - SP
População atendida (hab.)	285.000	2.300	250.000	Não Informado
Vazão tratada (m³/dia)	32.000	259	25.920	Não Informado
Vazão de projeto (m³/dia)	64.800	600	77.760	Não Informado

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados Convencional	Lodos Ativados (Aeração Prolongada)	Lodos ativad. de alta taxa c/ aplicação de oxigênio puro	Lag. Aerada de Mistura Completa - Lag. Decantação
Trat. Esgoto X Prod. Lodo	35 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia	70 g SST/ hab.dia	25 g SST/ hab. dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	1.460,00 de SST	32,85	2.190,00	-
Prod. Estimada(t SST/ano)	3.641,86	37,78	6.387,50	Não há parâmetros suficientes para a estimativa

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Gravidade	-	-	-
Digestão	Anaeróbia	Aeróbia	-	-
Desidratação/Secagem	Mecanizada - Filtro prensa de esteira com polieletrólito	Leito de Secagem	Mecanizada/Centrífuga	-
Tratamento	-	-	Estabilização Química	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	3.285,00	-
Agricultura (t/ano)	8.500 m³/ano - Biossólido registrado no Ministério da Agricultura como condicionador de solo, denominado SABESFÉRTIL	7,30	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Vide Anexo S	Vide Anexo S	Vide Anexo S	Não informado
--	--------------	--------------	--------------	---------------

SÃO PAULO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP
Estação	Vista Verde	São Francisco Xavier	Suzano	Barueri
Município / UF	São José dos Campos - SP	São José dos Campos – SP	Suzano - SP	Barueri - SP
População atendida (hab.)	13.500	1.200	376.950	4.320.000
Vazão tratada (m³/dia)	3.024	345	60.312	691.200
Vazão de projeto (m³/dia)	4.320	430	129.600	820.800

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados (Fluxo Intermitente)	Lodos Ativados Convencional	Lodos Ativados Convencional	Lodos Ativados Convencional
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	35 g SST/hab.dia	35 g SST/hab.dia	35 g SST/hab.dia	35 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	292,00	29,20	21.413,56	73.000
Prod. Estimada(t SST/ano)	172,47	15,33	4.815,54	55.188,00

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	Gravidade / Flotação
Digestão	-	Aeróbia	Anaeróbia	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem	Mecanizada / Filtro Prensa de Placas	Condicionamento químico com cal e cloreto férrico antes da etapa de secagem mecanizada por Filtro Prensa de Placas
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	17.884,12	73.000
Agricultura (t/ano)	43,80	4, 38	-	-
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Vide Anexo S	Não informado	Vide Anexo S	Vide Anexo S
--	--------------	---------------	--------------	--------------

SÃO PAULO

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SEMAE
Estação	ETE Piracicaba
Município / UF	Piracicaba - SP
População atendida (hab.)	100.000
Vazão tratada (m³/dia)	12.960
Vazão de projeto (m³/dia)	34.560

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Reat. Anaeróbios de Manta de Lodo + Lag. Aerada de Mistura Completa com recirculação de lodo e decantador secundário
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.dia
Observação	Sistema misto anaeróbio/aeróbio com recirculação do lodo excedente do aeróbio para o anaeróbio

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	912,50

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	Mecanizada/Centrífuga
Digestão	Anaeróbia
Desidratação/Secagem	Mecanizada/Centrífuga
Tratamento	Compostagem

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	Opção de projeto.
Agricultura (t/ano)	-
Outros (t/ano)	-

CARAC.FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Vide Anexo S
--	--------------

Anexo Q – Sergipe

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado de Sergipe, fornecidas pela DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe.

SERGIPE

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	DESO	DESO	DESO	DESO
Estação	ERQ	ETE Rosa Elze	ETE Jardim	ETE Orlando Dantas
Município / UF	Aracaju – SE	Aracaju – SE	Socorro - SE	Aracaju – SE
População atendida (hab.)	206.800	16.000	10.000	25.000
Vazão tratada (m³/dia)	25.000	1.600	1.000	910
Vazão de projeto (m³/dia)	50.000	25.000	1.500	3.500

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa	Lodos Ativados-Aeração Prolongada
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia	45 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	1.887,05	146,00	91,25	410,63

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-	-	-
Digestão	-	-	-	Aeróbia
Desidratação/Secagem	-	-	-	Leito de secagem
Tratamento	-	-	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-	-	Quantidade não informada
Outros (t/ano)	-	-	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados disponíveis	Não há dados disponíveis	Não há dados disponíveis	Não há dados disponíveis
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

SERGIPE

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	DESO	DESO
Estação	ETE Estrela do Mar	ETE Visconde de Maracajú
Município / UF	Aracajú - SE	Aracajú - SE
População atendida (hab.)	2.700	2.700
Vazão tratada (m³/dia)	350	376
Vazão de projeto (m³/dia)	600	600

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lodos Ativados por Aeração Prolongada	Lodos Ativados por Aeração Prolongada
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	45 g SST/hab.dia	45 gSST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Não informado	Não informado
Prod. Estimada(t SST/ano)	44,35	44,35

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-
Digestão	Aeróbia	Aeróbia
Desidratação/Secagem	Leito de Secagem	Leito de Secagem
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-
Agricultura (t/ano)	Quantidade não informada	Quantidade não informada
Outros (t/ano)	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não há dados disponíveis	Não há dados disponíveis
--	--------------------------	--------------------------

Anexo R – Tocantins

Apresenta as informações das estações de tratamento de esgoto do Estado do Tocantins, fornecidas pela SANEATINS – Companhia de Saneamento do Tocantins.

TOCANTINS

DADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Órgão	SANEATINS	SANEATINS
Estação	ETE do Aurenny	ETE Vila União
Município / UF	Palmas – TO	Palmas - TO
População atendida (hab.)	5.000	6.000
Vazão tratada (m³/dia)	1.511	1.600
Vazão de projeto (m³/dia)	7.743	18.144

TRATAMENTO DE ESGOTO

Sist. Tratamento Esgoto	Lagoa Anaeróbia / Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa / UASB
Trat. Esgoto X Prod.Lodo	15 g SST/hab.dia	25 g SST/hab.dia

PRODUÇÃO DE LODO

Prod. Informada(t/ano)	Ainda não foi retirado	Ainda não produz
Prod. Estimada(t SST/ano)	27,38	54,75

TRATAMENTO DO LODO

Adensamento	-	-
Digestão	-	-
Desidratação/Secagem	-	-
Tratamento	-	-

DESTINO FINAL DO LODO

Aterro Sanitário (t/ano)	-	-
Agricultura (t/ano)	-	-
Outros (t/ano)	-	-

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO LODO

	Não informado	Não informado
--	---------------	---------------

Anexo S – Análises Laboratoriais da Composição do Lodo de Esgoto

Apresentam as análises laboratoriais das características físicas, químicas e biológicas do lodo de esgoto, fornecidas pelas operadoras de estações de tratamento de esgoto que participaram desta pesquisa.

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

Entidade	SABESP	SABESP	SABESP
Nome da ETE	Franca	Jardim das Flores	Lavapés
Município / UF	Franca-SP	São José dos Campos - SP	São José dos Campos - SP
pH	6,3	8,4	12,8
Condutividade, dS/m	-	-	55,4
Matéria Seca, %	20	97,5	70
Matéria Orgânica, %	-	45,1	-
Cinzas, %	-	-	-
Nitrogênio amoniacal, %	1.590 mg/kg	-	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	0	-	-
Nitrogênio total, % N	4,57	3%	3,01
Carbono total, % C	28,75 de C orgânico	25,1	39,32
Relação C/N	-	8 / 1	11 / 1
Enxofre total, % SO ₃	-	770 ppm	0,24
Fósforo total, % P ₂ O ₅	0,83	2,4	1,04
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	0,04	0,1	-
Cálcio total, % CaO	1,35	1430 ppm	16,8
Magnésio total, % MgO	0,11	311ppm	0,32
Arsênio, mg/kg M.S.	0	4,62 ppm	0,01
Cádmio, mg/kg M.S.	0	44 ppm	0,002
Chumbo, mg/kg M.S.	0	38,8 ppm	0,102
Cobre, mg/kg M.S.	112,87	207 ppm	0,127
Cromo, mg/kg M.S.	480,26	20,9 ppm	0,103
Mercúrio, mg/kg M.S.	0,12	-	-
Molibidênio, mg/kg M.S.	8,62	-	-
Níquel, mg/kg M.S.	24,32	11,6 ppm	-
Selênio, mg/kg M.S.	0	-	0,01
Zinco, mg/kg M.S.	1403	66 ppm	0,319
Coliformes fecais, NMP	-	-	Ausente
Estreptococos fecais, NMP	-	-	Ausente
Salmonella sp, NMP	-	-	Ausente
Ovos de helmintos, NMP	-	-	Ausente

NOTA: % em relação ao peso seco

(continua)

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

(continuação)

Entidade	SABESP	SABESP	SEMAE
Nome da ETE	Vista Verde	Suzano	ETE Piracicaba
Município / UF	São José dos Campos - SP	Suzano - SP	Piracicaba - SP
pH	8,4	-	5,7
Condutividade, dS/m	-	-	-
Matéria Seca, %	97,5	40,2	-
Matéria Orgânica, %	45,1	-	-
Cinzas, %	-	-	-
Nitrogênio amoniacal, %	-	-	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	-	-	-
Nitrogênio total, % N	3	0,74	32,9
Carbono total, % C	25,1	-	-
Relação C/N	8 / 1	-	-
Enxofre total, % SO ₃	770 ppm	-	-
Fósforo total, % P ₂ O ₅	2,4	0,008	5,3
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	0,1	-	1,6
Cálcio total, % CaO	1.430 ppm	-	16,8
Magnésio total, % MgO	311 ppm	-	3.400
Arsênio, mg/kg M.S.	4,62	78,1	-
Cádmio, mg/kg M.S.	44	11,739	-
Chumbo, mg/kg M.S.	38,8	202,953	-
Cobre, mg/kg M.S.	207	559,621	192
Cromo, mg/kg M.S.	20,9	661,993	244
Mercúrio, mg/kg M.S.	-	10,7	-
Molibidênio, mg/kg M.S.	-	330,00	-
Níquel, mg/kg M.S.	11,6	274,709	34
Selênio, mg/kg M.S.	-	81,7	-
Zinco, mg/kg M.S.	66	2.941,7	1.003
Coliformes fecais, NMP	-	-	-
Estreptococos fecais, NMP	-	-	-
Salmonella sp, NMP	-	-	-
Ovos de helmintos, NMP	-	-	-

NOTA: % em relação ao peso seco

(continua)

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

(continuação)

Entidade	SABESP	CESAMA/J Fora	SAMAE/Blumenau
Nome da ETE	Barueri	Barreira do Triunfo	Blumenau
Município / UF	Barueri - SP	Juiz de Fora – MG	Blumenau - SC
pH	11	7,20	8,1
Condutividade, dS/m	-	955	-
Matéria Seca, %	-	-	20,2
Matéria Orgânica, %	-	-	-
Cinzas, %	-	-	-
Nitrogênio amoniacal, %	-	1,51	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	-	3,90	-
Nitrogênio total, % N	2,25	-	0,4
Carbono total, % C	21	-	-
Relação C/N	-	-	-
Enxofre total, % SO ₃	0,51	-	-
Fósforo total, % P ₂ O ₅	1,48	1,63	1,13
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	0,01	-	< 0,5
Cálcio total, % CaO	7,29	-	-
Magnésio total, % MgO	-	0,07	-
Arsênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Cádmio, mg/kg M.S.	40,2	0,010	< 0,005 mg/l
Chumbo, mg/kg M.S.	313,0	0,05	< 0,05 mg/l
Cobre, mg/kg M.S.	286	0,015	-
Cromo, mg/kg M.S.	542	< 0,1	< 0,05 mg/l
Mercúrio, mg/kg M.S.	-	-	-
Molibidênio, mg/kg M.S.	0,007	-	-
Níquel, mg/kg M.S.	-	0,295	-
Selênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Zinco, mg/kg M.S.	1140	0,24	0,14 mg/l
Coliformes fecais, NMP	-	-	-
Estreptococos fecais, NMP	-	-	-
Salmonella sp, NMP	-	-	-
Ovos de helmintos, NMP	-	-	-

NOTA: % em relação ao peso seco

(continua)

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

(continuação)

Entidade	CORSAN	DMAE / Porto Alegre	DMAE / Porto Alegre
ETE	ETE SM	ETE IAPI	ETE IAPC
Município / UF	Santa Maria - RS	Porto Alegre - RS	Porto Alegre - RS
pH	6,58	7,5	7,0
Condutividade, dS/m	3,7	-	-
Matéria Seca, %	-	10,11	7,5
Matéria Orgânica, %	-	-	-
Cinzas, %	-	-	-
Nitrogênio amoniacal, %	24,74 mg/g	562,68 mg/l	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	0,87 mg/kg	1.728,6(NO ₃) / 0,0896 (NO ₂) mg/l	-
Nitrogênio total, % N	86,83 mg/g	1.592,20 mg/l	-
Carbono total, % C	25,74	-	-
Relação C/N	-	-	-
Enxofre total, % SO ₃	-	-	-
Fósforo total, % P ₂ O ₅	321,19 mg/ kg	-	-
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	-	-	-
Cálcio total, % CaO	1.455,36 mg/kg	244,66 mg/l Ca	179,35 mg/l Ca
Magnésio total, % MgO	805,29 mg/kg	-	-
Arsênio, mg/kg M.S.	0,77	-	-
Cádmio, mg/kg M.S.	7,38	0,065 mg/l	ND
Chumbo, mg/kg M.S.	15,52	54,70 mg/l	8,35 mg/l
Cobre, mg/kg M.S.	30,74	30,06 mg/l	10,865 mg/l
Cromo, mg/kg M.S.	4,38	2,6 mg/l	< 0,03 mg/l
Mercurio, mg/kg M.S.	0,69	1,2688 mg/l	0,3447 mg/l
Molibidênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Níquel, mg/kg M.S.	11,53	3,2375 mg/l	0,06 mg/l
Selênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Zinco, mg/kg M.S.	152,99	97,2 mg/l	37,48 mg/l
Coliformes fecais, NMP	5,0 E+4	2.567.603 org/100 ml	13.200.000org/100ml
Estreptococos fecais, NMP	-	-	-
Salmonella sp, NMP	-	-	-
Ovos de helmintos, NMP	-	-	-
Sólidos totais 105° C	-	101.936,2 mg/l	54.903,0 mg/l
Sól. totais voláteis 550°C	-	50.547,1 mg/l	17.460,6 mg/l
Sól. totais fixos 550° C	-	52.546,0 mg/l	31.072,7 mg/l
Densidade	-	1,04 g/ml	1,00 g/ml
Umidade	-	89,89 %	92,5 %
Fosfato total	-	2.723,1 mg/l PO ₄ T	-
Potássio total	-	166,319 mg/l K	-

NOTA: % em relação ao peso seco

(continua)

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

(continuação)

Entidade	CEDAE	CEDAE	CEDAE
Nome da ETE	Penha	Acari	Iha do Governador
Município / UF	Rio de Janeiro- RJ	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro- RJ
pH	-	6,4	-
Condutividade, dS/m	-	-	-
Matéria Seca, %	5%	0,4%	4,3 %
Matéria Orgânica, %	51%	59,50 %	57%
Cinzas, %	49%	ND	43%
Nitrogênio amoniacal, %	-	-	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	-	-	-
Nitrogênio total, % N	-	-	-
Carbono total, % C	-	-	-
Relação C/N	-	-	-
Enxofre total, % SO ₃	-	-	-
Fósforo total. % P ₂ O ₅	-	-	-
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	-	-	-
Cálcio total, % CaO	-	-	-
Magnésio total, % MgO	-	-	-
Arsênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Cádmio, mg/kg M.S.	-	-	-
Chumbo, mg/kg M.S.	-	-	-
Cobre, mg/kg M.S.	-	-	-
Cromo, mg/kg M.S.	-	-	-
Mercúrio, mg/kg M.S.	-	-	-
Molibidênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Níquel, mg/kg M.S.	-	-	-
Selênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Zinco, mg/kg M.S.	-	-	-
Coliformes fecais, NMP	-	-	-
Estreptococos fecais, NMP	-	-	-
Salmonella sp, NMP	-	-	-
Ovos de helmintos, NMP	-	-	-

NOTA: % em relação ao peso seco

(continua)

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

(continuação)

Entidade	CEDAE	CEDAE	SANEPAR
Nome da ETE	Pavuna	Vila Kennedy	ETE 2 (*)
Município / UF	Rio de Janeiro- RJ	Rio de Janeiro- RJ	Maringá-PR
pH	6,6	6,4	4,48
Condutividade, dS/m	-	-	-
Matéria Seca, %	1,8 %	0,8%	-
Matéria Orgânica, %	57,4%	58,71%	-
Cinzas, %	-	ND	-
Nitrogênio amoniacal, %	-	-	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	-	-	-
Nitrogênio total, % N	-	-	-
Carbono total, % C	-	-	-
Relação C/N	-	-	-
Enxofre total, % SO ₃	-	-	-
Fósforo total, % P ₂ O ₅	-	-	-
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	-	-	-
Cálcio total, % CaO	-	-	-
Magnésio total, % MgO	-	-	-
Arsênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Cádmio, mg/kg M.S.	-	-	1,42
Chumbo, mg/kg M.S.	-	-	101
Cobre, mg/kg M.S.	-	-	818
Cromo, mg/kg M.S.	-	-	89,8
Mercúrio, mg/kg M.S.	-	-	-
Molibidênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Níquel, mg/kg M.S.	-	-	-
Selênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Zinco, mg/kg M.S.	-	-	1670
Coliformes fecais, NMP	-	-	-
Estreptococos fecais, NMP	-	-	-
Salmonella sp, NMP	-	-	-
Ovos de helmintos, NMP	-	-	-

NOTAS: % em relação ao peso seco

(continua)

(*) Valores médios. Fonte: ALMEIDA et al., 1998

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo.

(continuação)

Entidade	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
Nome da ETE	Belém (*)	Sul (*)	Norte (*)
Município / UF	Curitiba - PR	Londrina - PR	Londrina - PR
pH	5,9	-	-
Condutividade, dS/m	-	-	-
Matéria Seca, %	93,5	-	-
Matéria Orgânica, %	69,4	-	-
Cinzas, %	37,2	-	-
Nitrogênio amoniacal, %	5,9	-	-
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	-	-	-
Nitrogênio total, % N	4,91	-	-
Carbono total, % C	32,1	-	-
Relação C/N	6	-	-
Enxofre total, % SO ₃	-	-	-
Fósforo total. % P ₂ O ₅	3,7	-	-
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	0,36	-	-
Cálcio total, % CaO	159	-	-
Magnésio total, % MgO	0,6	-	-
Arsênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Cádmio, mg/kg M.S.	nd	1,6	0,01
Chumbo, mg/kg M.S.	123	208,2	101
Cobre, mg/kg M.S.	439	725	282
Cromo, mg/kg M.S.	178	62,8	70,4
Mercúrio, mg/kg M.S.	-	-	-
Molibidênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Níquel, mg/kg M.S.	73	67,3	29,2
Selênio, mg/kg M.S.	-	-	-
Zinco, mg/kg M.S.	824	207	1041
Coliformes fecais, NMP	200	-	-
Estreptococos fecais, NMP	200	-	-
Salmonella sp, NMP	nd	-	-
Ovos de helmintos, NMP	40	0,87	-

NOTAS: % em relação ao peso seco

(continua)

(*) Valores médios. Fonte: SANEPAR, 1997

TABELA 97 – Características físicas, químicas e biológicas do lodo. (conclusão)

Entidade	CAESB
Nome da ETE	(*)
Município / UF	Brasília - DF
pH	5,8
Condutividade, dS/m	
Matéria Seca, %	13
Matéria Orgânica, %	62,5
Cinzas, %	26,7
Nitrogênio amoniacal, %	
Nitrogênio nitrato/nitrito, %	
Nitrogênio total, % N	5,35
Carbono total, % C	
Relação C/N	
Enxofre total, % SO ₃	0,62
Fósforo total, % P ₂ O ₅	1,75
Potássio hidrossolúvel %K ₂ O	0,18
Cálcio total, % CaO	2,68
Magnésio total, % MgO	0,41
Arsênio, mg/kg M.S.	
Cádmio, mg/kg M.S.	ND
Chumbo, mg/kg M.S.	ND
Cobre, mg/kg M.S.	186
Cromo, mg/kg M.S.	65
Mercurio, mg/kg M.S.	ND
Molibidênio, mg/kg M.S.	
Níquel, mg/kg M.S.	5
Selênio, mg/kg M.S.	
Zinco, mg/kg M.S.	1060
Coliformes fecais, NMP	10 ⁶
Estreptococos fecais, NMP	
Salmonella sp, NMP	3
Ovos de helmintos, NMP	13

NOTAS: % em relação ao peso seco

(*) Caracterização do bio sólido produzido pela CAESB (Adaptado de SILVA et al., 1999, citado por LUDUVICE, 2000)

Referências Bibliográficas

- ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 11 - 24.
- ALMEIDA, V. C. A.; LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. Avaliação de Metais Pesados no Lodo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE-2) de Maringá, Paraná - Brasil. . In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. *Anais...* Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. 326 p. p.175 - 181.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Fórum Nacional de Normatização: NBR 10.004 Resíduos sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 1987. 63p.
- BETTIOL, W. **Lodo de esgoto se transforma em excelente adubo para a agricultura.**
URL : <http://www.cnpma.embrapa.br/lodo.html>
(Visitado em janeiro de 2001)
- BIDONE, F. R.. Alternativas de Disposição Final de Biossólidos: Aterros, Landfarming e Incineração. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. *Anais...* Curitiba: SANEPAR/ ABES, 1998. 326 p. p. 131 - 135.

BLEY, C. Estabilização e Higienização de Biossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. 326 p. p.51 -56.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 05/10/88: Título VIII - Capítulo VI - Do Meio Ambiente.

BRASIL. **Lei Federal nº 5.197**, de 26/09/67 - Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938**, de 31/08/81 - Institui a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.605**, de 12/02/98 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nr. 01/86**. Brasília: CONAMA, 1986.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nr. 20/86**. Brasília: CONAMA, 1986.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nr. 05/88**. Brasília: CONAMA, 1988.

BRASIL. **Portaria MINTER nº 053**, de 01/03/79 - Estabelece normas ao projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, bem como a fiscalização de sua implantação, operação e manutenção.

CABES, Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - CABES XVIII. **Guia do Saneamento Ambiental no Brasil 93/96**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: 1998. 440p.

CAMPOS, J. R. et al. **Tratamento de Esgotos por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p. Projeto PROSAB.

CETESB Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Norma P-4.230. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas. Critérios para projeto e operação.** Manual Técnico. SP: CETESB, 1999. 32p.

CUNHA, R.C. A.; AQUINO NETO, V. Fundamentos Teóricos do processo de avaliação de risco. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 227 – 243.

FERNANDES, F. Produção e Processamento de Biossólidos: Estabilização e Higienização. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. 326 p. p. 47 -50.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 45 - 67.

FIGUEIREDO, R. F. **Reuso e Destino dos Biossólidos**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, Dez. 1997. Relatório de visita ao Politecnico di Milano, não publicado.

GONÇALVES, R. F. Opções Tecnológicas para Minimização da Produtividade de Lodos de Esgotos no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. 326 p. p.41 -45.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M. Alternativas de minimização da produção e desaguamento de lodo de esgoto. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 25 - 43.

GONÇALVES, J. L. M.; VAZ, L. M. S.; AMARAL, T. M.; POGGIANI, F. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: efeito na fertilidade do solo, nutrição e crescimento das árvores. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 179 – 195.

JORDÃO, E. P. Tratamento e Destino Final do Lodo. In: SEMINÁRIO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLÓGICA, 2., 1993, Rio de Janeiro, RJ. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES - WEF, 1993. p. 152 - 167.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ed. Ceres, 1985. 492 p.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo**. São Paulo: Hemus, 1991. 240 p.

LUDUVICE, M. Experiência da Companhia de Saneamento do Distrito Federal na Reciclagem Agrícola de Biossólido. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 153 - 162.

MALINA Jr., J. Tratamento e Destino Final do Lodo. In: SEMINÁRIO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLÓGICA, 2., 1993, Rio de Janeiro, RJ. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES - WEF, 1993. p. 01- 151.

MATTIAZZO, M. E.; ANDRADE, C. A. Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: lixiviação de N inorgânico e toxicidade de metais pesados. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 203 - 208.

MATTHEWS, P. **A Global Atlas of Wastewater Sludge and Biosolids Use and Disposal**. Londres: International Association on Water Quality, 1996. 197 p.

MCGRATH, S. P.; CHANG, A. C.; PAGE, A. L.; WITTER, E. Land application of ssewage sludge: scientific perspectives of heavy metal loadind limits in Europe and the United States. **Environ. Rev.** v. 2. p. 108. 1994.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater Engineering – Treatment Disposal Reuse**. Third Edition. McGraw-Hill, Inc. 1991, 1334 p.

POGGIANI, F.; GUEDES, M. C.; BENEDETTI, V.. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: reflexo no ciclo dos nutrientes. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 163 - 178.

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999 a . 84 p.

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura** . Rio de Janeiro: ABES, 1999 b . 97 p.

ROCHA, M. T. **Utilização de Lodo de Esgoto na Agricultura - Um estudo de caso para as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Piracicaba: Dissertação (Mestrado), 1998. ESALQ .

ROGALLA, F. Produção Caracterização e Processamento de Biossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.35- 40.

SANEPAR , Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual Técnico para Utilização Agrícola do Lodo de Esgoto no Paraná**. Curitiba: Sanepar, 1997. 96 p.

SANEPAR , Companhia de Saneamento do Paraná. **Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto: Estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária..** Curitiba: Sanepar, 1999. 81 p.

SANTOS, H. F. **Uso Agrícola do Lodo das Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE's): Subsídios para Elaboração de Uma Norma Brasileira.** São Paulo: Universidade Mackenzie, 1996. 74p. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, H. F., TSUTIYA, M. T. Aproveitamento e Disposição Final do Lodo de Estações de Tratamento do Estado de São Paulo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 70 – 81, Abr/Jun 1997.

SANTOS, H. F. Normas e Critérios para o Uso Agrícola dos Biorssólidos de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE's). In: **SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIORSSÓLIDOS DO MERCOSUL**, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p. 123 - 129.

SÃO PAULO. Constituição do Estado de São Paulo - Capítulo IV- Seção I - Do Meio Ambiente.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 997, de 31/05/76. Dispõe sobre o controle da população do meio ambiente.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 7.750, de 31/03/92. Dispõe sobre a política Estadual de Saneamento.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República - SEDU/PR: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. 1998.

SOCCOL, V. T. Aspectos Sanitários do Lodo de Esgoto. In: **SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIORSSÓLIDOS DO MERCOSUL**, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.65 - 72.

SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C. Riscos de contaminação do agrossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 245 – 258.

SPELLMAN, F. R. **Dewatering Biosolids**. Lancaster, EUA:Technomic Publishing, 1997 a. 275 p.

SPELLMAN, F. R. **Incinerating Biosolids**. Lancaster, EUA:Technomic Publishing, 1997 b. 183 p.

SPELLMAN, F. R. **Wastewater Biosolids to Compost**. Lancaster, EUA:Technomic Publishing, 1997 c. 243 p.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p. p. 69 - 105.

U.S. Environmental Protection Agency. **Standards for a Use or Disposal of Sewage Sludge: 40 CFR Part 503**. Washington, 1993. 25p.

U.S. Environmental Protection Agency (Sep. 1995). **Land Application Biosolids - Process Design Manual**. Washington, 1995 a.. 290 p.

U.S. Environmental Protection Agency (Sep. 1995). **Surface Disposal of Sewage Sludge and Domestic Septage**. Washington, 1995 b. URL <http://www.epa.gov:80/owmitnet/pipes/sludmis/mstr-ch7.pdf> (Visitado em Outubro de 1998)

VAN RAIJ, B. Uso Agrícola de Biossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.147 - 151.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Belo Horizonte: UFMG , 1995, 240 p.

VON SPERLING, M. Produção e Processamento de Biossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR.. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.31- 33.

WEF/US EPA (1997) Biosolids Fact Sheet Project. **Biosolids: A Short Explanation and Discussion.**

URL <http://www.wef.org/docs/biofact/explanation.html>

(Visitado em 25 de Outubro, 1998)

WEF / RESIDUALS MANAGEMENT COMMITTEE. **Biosolids and the 503 Standars.** **Water Environment Technology.** EUA, 57 - 62, Maio 1993.