



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AMBIENTAL



AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS
RESÍDUOS DE TANQUES SÉPTICOS COLETADOS POR CAMINHÕES LIMPA-
FOSSAS NA CIDADE DE TUBARÃO-SC.

Florianópolis
2008

ANTÔNIO ROGÉRIO MACHADO JÚNIOR

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS
RESÍDUOS DE TANQUES SÉPTICOS COLETADOS POR CAMINHÕES LIMPA-
FOSSAS NA CIDADE DE TUBARÃO-SC.

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós Graduação em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal de
Santa Catarina, como requisito parcial
para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.

Florianópolis

2008

“ AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS
RESÍDUOS DE TANQUES SÉPTICOS COLETADOS POR CAMINHÕES LIMPA-
FOSSAS NA CIDADE DE TUBARÃO-SC.”

ANTÔNIO ROGÉRIO MACHADO JÚNIOR

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental.

Aprovado por:

Prof. Carlos José de Carvalho Pinto, Dr.

Prof. Maria Ángeles Lobo Recio, Dr^a

Prof. Rejane Helena Ribeiro da Costa, Dr^a

Prof. Sebastião Roberto Soares, Dr.
(Coordenador)

Orientador: Prof. Flávio Rubens Lapolli Dr.

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL

Agosto/2008

Dedico este trabalho a toda a minha família em gratidão pela paciência e apoio despendidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a meu pai (in memoriam), minha mãe, minhas irmãs, minha querida esposa Luciana pela paciência e dedicação, meu querido filhinho, ao meu sogro (in memoriam) e minha sogra e aos meus irmãos por lei e afeto (cunhados) e suas respectivas esposas.

Agradeço também aos professores, e ao meu orientador por ter aceitado o meu projeto de pesquisa, aos prezados colegas de turma, em especial, Lucila Adriani Coral, Fernanda Campello, Iracema Maia e Mariele Jungles.

À Arlete Medeiros e D.^a Eliane do Laboratório Integrado de Meio Ambiente – LIMA – pelo apoio, infra-estrutura e paciência.

Aos membros formadores da banca examinadora: Prof.^a Maria Ángeles Lobo Recio, Prof.^a Rejane Helena Ribeiro da Costa e em especial ao Prof. Carlos de Carvalho Pinto do Departamento de Microbiologia e Parasitologia da UFSC pelo apoio e consideração.

Ao pessoal da UNISUL, especialmente ao Prof. Dr. Amilton de Bem, à Márcia Michels, Volnei Stüpp, meu colega e amigo de infância Prof. Dr. Rodrigo Rebelo Peters e, por fim, às empresas participantes do trabalho.

RESUMO

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS RESÍDUOS DE TANQUES SÉPTICOS COLETADOS POR CAMINHÕES LIMPA-FOSSAS NA CIDADE DE TUBARÃO-SC.

A disposição inadequada dos resíduos provenientes de tanques sépticos no município de Tubarão, no estado de Santa Catarina, tem causado vários danos ambientais não só à comunidade local, como também aos municípios vizinhos. Por este motivo, foi desenvolvido um estudo no qual foram avaliadas as características físico-químicas e biológicas de tais resíduos, buscando desta maneira avaliar o potencial de poluição e proporcionar conhecimento de informações primárias para alternativas de tratamento. Para tal finalidade, foram analisadas vinte e uma amostras de tanques sépticos das cinco companhias que realizam a aspiração destes rejeitos originados tanto em residências como em empreendimentos comerciais e industriais. Os parâmetros analisados foram: pH, DBO, DQO, sólidos totais, teores de nitrogênio e fósforo, óleos e graxas, coliformes, helmintos e metais como o cromo, cobre, manganês e zinco. Os resultados das análises mostraram-se compatíveis com os dados da literatura consultada referentes aos lodos de tanques sépticos, comprovando as características poluidoras destes rejeitos. Foram encontrados, por exemplo, valores médios de DBO na faixa de 3.500 mg/L, enquanto que a DQO média atingiu 19.600 mg/L. Para o nitrogênio total e para o ortofosfato, as médias foram de 114,84 mg/L e 70,12 mg/L, respectivamente. No caso do teor de óleos e graxas, a média situou-se em 521 mg/L. Para os metais analisados foi obtido uma média de 3,56 mg/L para o cromo, 5,67 mg/L para o manganês, 3,82 mg/L para o cobre e 3,44 mg/L para o zinco. Todos os parâmetros analisados ultrapassaram os valores limites para lançamento de efluentes estabelecidos tanto pela legislação de Santa Catarina como pelas leis federais.

Palavras-chave: Características de resíduos sépticos. Tanques sépticos. Caminhões limpa-fossas.

ABSTRACT

EVALUATION OF PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS WASTE OF SEPTICS TANKS COLLECTED BY SEPTAGE HAULER TRUCKS IN THE CITY OF TUBARÃO-SC.

The improper disposal of waste from septic tanks in the municipality of Tubarão, in Santa Catarina state, has caused several environmental damages not only to the local community, but also to neighboring counties. For this reason, this study was conducted to assess the physical-chemical and biological characteristics of these wastes, attempting to evaluate pollution strength and provide primary data for alternatives for treatment. For this purpose, twenty-one septic tanks samples were analyzed from five companies that perform domestic septage aspiration. The parameters analyzed were: pH, BOD, COD, total solids, levels of nitrogen and phosphorus, oils and greases, coliform, helminths and metals such as chromium, copper, manganese and zinc. Test results have proved compatible with domestic septage consulted literature pointing out its pollution strength. In the parameters analysis were found, for example, average values of BOD in the range of 3.500 mg/L, while the average COD reached 19.600 mg/L. For the total nitrogen and the orthophosphate, the average was 114,84 mg/L and 70,12 mg/L respectively. In the case of the content of oils and greases, the average stood at 521 mg/L. For metals analyzed was obtained an average of 3,56 mg/L for chromium, 5,67 mg/L for manganese, 3,82 mg/L for copper and 3,44 mg/L for zinc. All parameters examined exceeded effluents releasing limits established by the legislation both of Santa Catarina state and by federal laws.

Keywords: Domestic septage characteristics. Septic tanks. Septage hauler trucks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de funcionamento de um tanque séptico (Fonte: ABNT, 1993). .	25
Figura 2 Aspiração de tanque séptico e coleta de material.....	51
Figura 3 Distribuição do pH nas amostras analisadas.	62
Figura 4 Distribuição da alcalinidade total nas amostras analisadas.	63
Figura 5 Distribuição da condutividade nas amostras analisadas.....	65
Figura 6 Distribuição da concentração de coliformes fecais nas amostras analisadas.	66
Figura 7 Distribuição da concentração de DBO nas amostras analisadas.....	67
Figura 8 Distribuição da concentração da DQO nas amostras analisadas.	68
Figura 9 Comparação de valores de DQO e DBO por amostras.	70
Figura 10 Concentração das diferentes formas de nitrogênio.....	71
Figura 11 Distribuição da concentração do nitrogênio amoniacal nas amostras analisadas.	72
Figura 12 Distribuição da concentração do nitrogênio na forma de nitrato nas amostras analisadas.	73
Figura 13 Distribuição da concentração do nitrogênio total nas amostras analisadas.	74
Figura 14 Distribuição da concentração do ortofosfato nas amostras analisadas.....	75
Figura 15 Distribuição da concentração do teor de óleos e graxas nas amostras analisadas.	76
Figura 16 distribuição da presença de helmintos nas amostras analisadas.	78
Figura 17 Ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i> e de <i>Trichuris trichiura</i> , respectivamente, encontrados nas amostras n.º 3 e 4.....	78
Figura 18 Distribuição dos sólidos sedimentáveis nas amostras analisadas.	80
Figura 19 Gráfico comparativo dos teores dos sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis nas amostras.....	80
Figura 20 Distribuição dos valores dos sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis nas amostras.....	81
Figura 21 Comparativo dos teores dos sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis nas amostras.	83

Figura 22 Distribuição dos valores dos sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis nas amostras.	84
Figura 23 Distribuição da concentração do cromo nas amostras analisadas.....	86
Figura 24 Distribuição da concentração do cobre nas amostras analisadas.....	87
Figura 25 Distribuição da concentração do manganês nas amostras analisadas.....	88
Figura 26 Distribuição da concentração do zinco nas amostras analisadas.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principal destino de fezes e urina por número de domicílios em 2006.....	23
Tabela 2	Características gerais dos lodos de tanques sépticos.....	27
Tabela 3	Composição média da urina e concentrações de seus componentes.....	29
Tabela 4	Concentrações de metais em mg/L encontrados em lodos sépticos segundo Leite et al. e USEPA.	31
Tabela 5	Presença de patógenos em lodos de idades diferentes.....	32
Tabela 6	Padrões de lançamento de efluentes segundo legislações Federal e Estadual (principais parâmetros).....	45
Tabela 7	Valores limites de concentração de poluentes em lodos para uso agrícola.....	48
Tabela 8	Valores limite para quantidades anuais de metais pesados aplicados nos solos baseando-se em uma média de dez anos.	49
Tabela 9	Número de amostras cedidas por empresa	50
Tabela 10	Valores dos parâmetros e suas principais características estatísticas.....	58
Tabela 11	Parâmetros analisados por amostras.....	59
Tabela 12	Análise de sólidos	60
Tabela 13	Análise de elementos-traço inorgânicos.....	61
Tabela 14	Valores limites de E. coli encontrados no presente estudo comparados a diferentes referências.	66
Tabela 15	Relação DQO/DBO	69
Tabela 16	Valores estatísticos dos Sólidos.....	81
Tabela 17	Comparação de valores das amostras e valores da	82
Tabela 18	Valores estatísticos dos Sólidos.....	83
Tabela 19	Comparação de valores das amostras e valores da USEPA	85
Tabela 20	Concentrações máximas de metais permitidas pelo CONAMA e pelo estado de Santa Catarina nas emissões de efluentes por número de amostras que excederam este limite.....	90
Tabela 21	Valores encontrados pela USEPA comparados aos valores da amostras analisadas.	91
Tabela 22	Teste Shapiro-Wilk de normalidade.	92

Tabela 23 Matriz de correlação entre os principais parâmetros através do coeficiente de Spearman “R”	93
Tabela 24 Interpretação dos valores de correlação “R”	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
AWWA	AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION
CEE	Comunidade Econômica Européia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CWRS	Centre for Water Resources Studies
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
LARA	Laboratório de Reuso de Águas
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PMT	Prefeitura Municipal de Tubarão
PNADE	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PET	Politereftalato de Etila
RNA	Ácido Ribonucleico
SIAB	Sistema de Informação da Atenção Básica
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WEF	World Economic Forum

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO	18
2.2	SANEAMENTO NO BRASIL	20
2.3	SANEAMENTO NO ESTADO DE SANTA CATARINA	21
2.4	SANEAMENTO NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO	22
2.5	TANQUES SÉPTICOS	24
2.6	CARACTERÍSTICAS DOS LODOS SÉPTICOS	26
2.6.1	Características gerais dos lodos originados em decanto-digestores	26
2.6.2	Composição química	28
2.6.2.1	Constituintes fecais	28
2.6.2.2	Elementos-traço metálicos	29
2.6.3	Características biológicas	31
2.6.3.1	Bactérias	32
2.6.3.2	Vírus	33
2.6.3.3	Protozoários	33
2.6.3.4	Helmintos	34
2.7	ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE LODOS DE TANQUES SÉPTICOS	34
2.7.1	Tratamento em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)	35
2.7.2	Uso agrícola em áreas de não contato público	37
2.7.3	Processamento em unidades independentes de tratamento de lodo	39
2.7.3.1	Incineração	41
2.8	NORMAS TÉCNICAS e LEGISLAÇÃO APLICÁVEIS AOS TANQUES SÉPTICOS	42
2.8.1	Normas da ABNT	43
2.8.2	Legislação Federal e Estadual	44
2.8.3	Legislação internacional	46
2.8.3.1	Legislação norte-americana	46

2.8.3.2 Legislação européia	48
3 MATERIAIS E MÉTODO	50
3.1 PROCEDIMENTOS DE COLETA	50
3.2 PARÂMETROS E EQUIPAMENTOS.....	51
3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE.....	52
3.3.1 Determinação do pH e da condutividade.....	52
3.3.2 Determinação da alcalinidade total	52
3.3.3 Determinação da Demanda Química de Oxigênio – DQO.....	53
3.3.4 Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ₅	53
3.3.5 Determinação de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e nitrogênio nitrato.....	53
3.3.6 Determinação de ortofosfato.....	54
3.3.7 Determinação dos sólidos.....	54
3.3.8 Determinação de óleos e graxas.....	54
3.3.9 Determinação de coliformes fecais e de <i>Escherichia coli</i>	55
3.3.10 Análise de helmintos	56
3.3.11 Análise de elementos-traço metálicos	56
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DAS AMOSTRAS.....	57
4 Resultados E Discussão	58
4.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS AMOSTRAS ANALISADAS.....	62
4.1.1 pH.....	62
4.1.2 Alcalinidade total.....	63
4.1.3 Condutividade	64
4.1.4 Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	65
4.1.5 Demanda bioquímica de oxigênio – DBO	67
4.1.6 Demanda química de oxigênio - DQO	68
4.1.7 Nitrogênio	70
4.1.7.1 Nitrogênio amoniacal.....	71
4.1.7.2 Nitrato	73
4.1.7.3 Nitrogênio total	74
4.1.8 Ortofosfato.....	75
4.1.9 Teor de óleos e graxas - TOG	76
4.1.10 Presença de helmintos	77

4.1.11	Sólidos	79
4.1.11.1	Sólidos sedimentáveis.....	79
4.1.11.2	Sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis	80
4.1.11.3	Sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis.....	82
4.1.12	Elementos-traço metálicos.....	85
4.1.12.1	Cromo.....	86
4.1.12.2	Cobre.....	87
4.1.12.3	Manganês	88
4.1.12.4	Zinco.....	89
4.1.12.5	Concentrações limites dos metais encontrados	90
4.2	PRINCIPAIS CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS	92
4.2.1	Avaliação dos parâmetros correlacionados	93
4.3	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DAS AMOSTRAS	95
4.4	TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DO LODO: SITUAÇÃO E SOLUÇÃO.....	95
5	CONCLUSÕES	98
6	RECOMENDAÇÕES.....	100
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
8	APÊNDICES.....	108
9	ANEXOS	109

1 INTRODUÇÃO

Os tanques sépticos ou decanto digestores têm a finalidade de proporcionar um tratamento primário aos efluentes domésticos através da decantação dos sólidos e da retenção de materiais graxos. Este processo promove uma estabilização dos componentes do resíduo, atenuando suas características nocivas no meio ambiente (JORDÃO; PESSOA, 1995). Porém, com o decorrer da utilização, os tanques sépticos passam a acumular materiais resultantes da degradação dos efluentes coletados até que sejam removidos em períodos de meses ou anos. Para efetuar este procedimento, utiliza-se o emprego de caminhões limpa-fossas que efetuam a sucção do material contido nos tanques.

Dados apresentados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNADE) realizada em 2006, demonstraram que 48,5% das residências brasileiras apresentavam rede coletora de esgoto. No caso de Santa Catarina, apenas 11,49 % dos domicílios particulares permanentes possuíam rede para coleta de esgotos (IBGE, 2006). No município de Tubarão, localizado no sul do Estado de Santa Catarina, não há redes de coleta ou unidades de tratamento de esgotos. Os sistemas de tratamento utilizados são individuais e 68,38% das famílias cadastradas no Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) possuem tanques sépticos (SIAB, 2006). Os rejeitos retirados destas unidades acabam dispostos em locais não apropriados para esta finalidade, sendo muitas vezes destinados em valas abertas, margens de rios, redes pluviais ou terrenos baldios. Verificou-se, de acordo com as informações das empresas coletoras, que aproximadamente 288 m³ de rejeitos sépticos são aspirados mensalmente provenientes de residências e dos mais diversos setores da economia local, tais como: fábricas, clínicas médicas, hospitais, postos de combustíveis e oficinas mecânicas.

O impacto poluidor causado pelo lançamento desses rejeitos no meio ambiente deve ser avaliado buscando-se melhor conhecer a problemática, bem como apontar soluções para amenizar a situação. Neste contexto, esta pesquisa foi realizada com o intuito de avaliar as características físico-químicas e biológicas dos lodos de tanques sépticos coletados no município de Tubarão, por caminhões limpa-fossas, abrangendo os aspectos qualitativos e quantitativos de seus poluentes. Para

tanto, foram analisados alguns parâmetros como: DBO, DQO, nitrogênio total, amoniacal e em forma de nitrato, porcentagem de sólidos e de ortofosfato, teor de óleos e graxas, alcalinidade total, pH, condutividade, além dos metais cromo, cobre, manganês, zinco e magnésio. Quanto aos parâmetros biológicos, foram levantados os números mais prováveis de coliformes totais e fecais e também foi avaliada a presença de helmintos encontrados nas amostras.

Foram analisadas vinte e uma amostras coletadas das cinco companhias atuantes no município. Estas empresas não realizam a segregação do material coletado e misturam, num mesmo caminhão-tanque, resíduos de origens diversificadas.

Os estudos bibliográficos permitiram avaliar e sugerir tecnologias de tratamento mais apropriadas para serem aplicadas ao cenário estudado.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo geral

- Avaliar as características físico-químicas e biológicas do lodo de tanques sépticos coletado por caminhões limpa-fossas, na cidade de Tubarão – SC.

Objetivos específicos

- Avaliar as características físico-químicas e biológicas de lodos de caminhões limpa-fossas;
- Estimar a quantidade de lodo de tanque séptico coletada por caminhões limpa-fossas na cidade de Tubarão – SC;
- Correlacionar parâmetros relativos ao interesse da Engenharia Sanitária e Ambiental
- Apresentar alternativas de tratamento e destinação para lodos de tanques-sépticos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Muitas doenças que afetam o corpo humano podem ser causadas por microorganismos presentes na água e no solo. A água, se bebida diretamente de um rio, lago ou outra fonte natural, poderá conter agentes patógenos responsáveis pela manifestação de diarreias, verminoses intestinais ou doenças mais graves como a hepatite e a cólera. Da mesma forma, o simples fato de se andar descalço pela terra em contato com microorganismos poderá levar à contaminação de germes capazes de penetrar no corpo humano através da pele (CAVINATTO, 2003).

O ser humano, por sua vez, não consegue viver longe da água que bebe e dos resíduos que produz. Apesar de haver uma constante evolução estabelecida na área do saneamento, essa é uma das preocupações que insiste em acompanhar as civilizações desde a era mais remota, tendo em vista o distanciamento do desenvolvimento urbano, diante das condições de infra-estrutura relacionadas ao saneamento básico encontradas no país.

A disposição inadequada dos rejeitos coletados em tanques sépticos na cidade de Tubarão – SC agrava ainda mais a situação do saneamento no município, pois, em 2006, apenas 20,62% das famílias possuíam esgotos canalizados, enquanto que 70,37% utilizavam fossa séptica como sistema de tratamento (SIAB, 2006).

Com relação à origem dos resíduos coletados nos tanques sépticos, os mesmos são formados pela contribuição dos esgotos provenientes de residências, indústrias, estabelecimentos comerciais e até hospitais. São constituídos de matéria orgânica em decomposição, apresentando ainda restos de comida, fezes, detergentes e uma variedade de agentes patogênicos. Ferreira et al. (1999) afirmam que também pode haver a ocorrência de metais pesados, óleos, graxas, defensivos agrícolas bem como traços de combustíveis e de medicamentos.

A falta de condições adequadas para o destino desse tipo de rejeito pode eventualmente expor a comunidade a uma série de doenças infecciosas e parasitárias, podendo levar o homem à inatividade ou reduzir sua potencialidade para o trabalho, transformando o indivíduo produtivo em uma responsabilidade para a sociedade.

Desta forma, uma abordagem que busque aprofundar o conhecimento dos rejeitos originados em tanques sépticos recolhidos por caminhões limpa-fossas, estudando alternativas para a sua gestão e tratamento, poderá, sobretudo, contribuir para a qualidade de vida dos habitantes e para a preservação do meio ambiente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO

A busca incessante pela obtenção de água potável que a humanidade tanto almeja é compatível com a necessidade de manter afastados os resíduos que ela mesma produz. Embora tenha-se desenvolvido métodos de coleta de água e disposição de resíduos durante a evolução da espécie humana, o assunto permanece em estudo até os dias de hoje.

O homem primitivo desenvolveu técnicas simples de coleta de água das chuvas, dos rios e dos lagos e, enquanto nômade, deixava restos de comidas e dejetos acumulados nas próprias habitações. Posteriormente, quando começou a se fixar em propriedades, houve a necessidade de se manter a moradia em níveis de higiene que tornassem possível sua habitação, eliminando para o exterior os resíduos resultantes de suas atividades que giravam em torno da caça e da pesca. No entanto, a quantidade de detritos produzidos ainda era insuficiente para causar algum dano ambiental devido ao fato dos hábitos da população na época, serem extremamente simples. O homem consumia somente o essencial a sua sobrevivência, além de haver um número muito reduzido de habitantes na época. A partir do momento que o ser humano desenvolveu a agricultura, passando então a praticar o desmatamento, houve o início da modificação dos recursos naturais como o solo e a água. Sendo assim, os locais propícios à lavoura e à criação de animais não eram mais abandonados, fixando definitivamente o homem a terra e atraindo cada vez mais indivíduos para um determinado local, criando assim as primeiras aldeias e comunidades. Conseqüentemente, o acúmulo de lixo, esgotos e outros detritos favoreceram a proliferação de animais como ratos e insetos, contribuindo para a poluição de rios e lagos (CAVINATO 2003).

Mesmo na antiguidade, algumas civilizações como a egípcia já manifestavam alguns princípios de saneamento, existindo cidades que possuíam canais para escoamento das águas servidas das habitações, encaminhando-as para os rios. Na Roma antiga, de acordo com Leme (1982), havia um sistema de

captação de água através de aquedutos que visava à ampliação do sistema de abastecimento público, uma vez que o Rio Tibre havia sido amplamente explorado, ao ponto de não ser mais possível captar sua água para consumo. Desta forma, o mencionado rio foi destinado como corpo receptor de toda a descarga de dejetos provenientes das galerias de esgoto da então denominada cloaca máxima, assim chamado o canal tronco da imensa rede coletora de águas pluviais e de esgotos que se encontra ativa até os dias de hoje.

Com uma crescente carga de dejetos sendo depositada em torno dos povoados, o aparecimento de certas doenças não tardou em surgir. Foi através do senso lógico que os povos das civilizações greco-latinas conseguiram estabelecer uma analogia entre o surgimento de algumas enfermidades e a falta de saneamento. Os gregos foram os primeiros a estabelecer uma ligação entre os pântanos e as doenças. Esta relação ficaria, séculos mais tarde, conhecida como a Teoria dos Miasmas, na qual se baseava que emanações maléficas provenientes do solo seriam as causas do surgimento de certas doenças. O termo malária, que significa literalmente “mal aire” procede deste conceito, ou seja, o agente etiológico ou causador da morbidade era proveniente dos miasmas. Esta teoria obteve aceitação geral como elemento causador das doenças, até ser substituída pela teoria dos germes no século XVII (HENRI; HEINKE, 1999).

Na Idade Média, a remoção dos dejetos humanos e a higiene de modo geral eram extremamente precárias. As noções de higiene dos camponeses e senhores feudais ainda eram semelhantes às de seus antepassados. Pessoas defecavam a céu aberto e entre as casas espalhando mau cheiro e favorecendo a transmissão de doenças. Com o início da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, a situação tornou-se ainda pior, pois as cidades necessitavam da mão-de-obra qualificada, concentrando a população nos centros urbanos. As moradias ficavam superlotadas e as condições sanitárias não acompanhavam o desenvolvimento das indústrias. Os detritos eram, então, acumulados durante o mês, sendo posteriormente depositados em reservatórios públicos.

Já na Idade Moderna, alguns países como a França e a Alemanha passaram a obrigar o uso de latrinas providas de fossa. Em Londres, no ano de 1830, os rejeitos domésticos eram despejados no Rio Tâmisa, através de tubulações instaladas pelas companhias de água. Entretanto, com o aumento da população e, apesar destes efluentes serem provenientes de fossas sépticas, o rio já não

apresentava níveis de autodepuração satisfatórios, levando à proibição dos lançamentos de esgotos sem tratamento prévio, no ano de 1876 (DACACH, 1982).

2.2 SANEAMENTO NO BRASIL

As primeiras ações tomadas com relação ao saneamento no país tiveram início no período colonial, com a criação de leis que determinavam medidas de higiene como a limpeza das ruas e dos quintais. Com a vinda da família real portuguesa, em 1808, os portos eram obrigados a fiscalizar a entrada de navios com pessoas doentes, aumentando ainda mais os cuidados com as questões de higiene. O país foi ainda uma das primeiras nações do mundo a instalar o sistema de coleta de água de chuva, limitando-se, entretanto, à zona aristocrática da cidade do Rio de Janeiro (CAVINATTO, 2003). Todavia, mesmo as casas mais sofisticadas seguiam os costumes dos europeus, não possuindo sanitários. Havia nas residências barris de madeira denominados “cubos”, que permaneciam nos fundos do terreno para armazenamento das excretas. Depois de cheios, estes recipientes eram conduzidos à noite para serem depositados em áreas próximas e lavados para novamente serem utilizados. Este trabalho era efetuado por escravos que recebiam a denominação de “tigres” e eram evitados a todo custo pelos habitantes que tinham receio de se contaminar (DACACH, 1982).

Com o crescente aumento da população em torno das cidades, a situação no país tenderia ainda a piorar. De acordo com Rezende e Heller (2002), a cidade do Rio de Janeiro tornara-se uma região tão insalubre que as elites mudavam-se para as regiões serranas, durante o verão, fugindo da febre amarela que assolava a capital do Império. No século XX, apesar do desenvolvimento ser evidente na nação, a situação sanitária continuava precária a ponto de ser equacionada por Hochman (1998 apud REZENDE; HELLER, 2002) da seguinte forma: Brasil = Sertões + Hospital. Os sertões que começavam nos arredores das cidades e se espalhavam pelo interior do país, eram o lugar de origem de uma população acometida por três endemias: ancilostomíase, malária e doença de Chagas. De outro lado, os hospitais eram representados pelas cidades insalubres e transmissoras de outro trinômio de epidemias: a febre amarela, a varíola e a peste bubônica.

Hoje, percebe-se que no país as questões relacionadas ao saneamento são privilégios de poucos. Muitas vezes as valas, córregos e fossas que transbordam, acabam por ser as únicas alternativas que restam aos habitantes. Na verdade, a infra-estrutura de saneamento básico necessária para servir à população com água potável, recolhimento de lixo e esgoto nunca acompanhou a taxa de crescimento das áreas urbanas (vide anexo A). De acordo com Lobo (2003), mais da metade das residências urbanas onde a renda familiar variava entre meio e um salário mínimo não possuíam nenhum tipo sequer de serviço de saneamento, no ano de 2003. Apenas 40% da população do país eram atendidas com a coleta de esgoto sanitário, sendo que menos de 20% do que era coletado era tratado. Em 2006, os dados apresentados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), demonstraram que 48,5% dos municípios brasileiros apresentavam rede coletora de esgoto (IBGE, 2006).

Na realidade, a precariedade das condições de saneamento de alguns subúrbios e muitos municípios é tão intensa, que as prioridades da população recém-chegada às áreas urbanas passam a ser a busca pelo fornecimento de água e energia elétrica, em detrimento da coleta e disposição dos esgotos.

2.3 SANEAMENTO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Santa Catarina está localizada no sul do Brasil, possuindo como capital a cidade de Florianópolis. Sua área territorial é de 95.346.181 Km² com uma população de 5.866.568 habitantes. O estado apresenta uma economia diversificada, tendo como destaque a agricultura, a indústria e o turismo, ocupando o sétimo lugar na participação do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, apresentando ainda um dos maiores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) do país (IBGE, 2005).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), o acesso ao esgotamento sanitário varia em função do IDH e do PIB per capita. À medida que o IDH decresce, também decresce a proporção da população com esgotamento sanitário (OPAS, 2005). No entanto, as questões relacionadas ao saneamento básico ainda apresentam um desafio ao estado de Santa Catarina. Conforme o

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2006 somente 11,49 % dos domicílios particulares permanentes possuíam rede para coleta de esgotos, enquanto 8,9% despejavam esgoto em céu aberto (IBGE, 2006).

O volume de esgotos sanitários lançado em corpos d'água ou no solo constitui uma carga expressiva de organismos patogênicos, excretados por indivíduos infectados no meio ambiente, transmitindo aos seres humanos grande quantidade de bactérias, vírus, protozoários e helmintos patogênicos (GONÇALVES et al., 2003). Segundo dados do Ministério da Saúde, em 2002 o número de internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado em Santa Catarina, era de 303 casos por 100.000 habitantes, ocupando o 17.º lugar na classificação dos estados que mais apresentavam este tipo de ocorrência. De acordo com Brasil (2002), o investimento em saneamento é a única forma de se reverter o quadro existente, pois, para cada R\$1,00 (um real) empregado no setor de saneamento, economiza-se R\$ 4,00 (quatro reais) na área de medicina curativa.

2.4 SANEAMENTO NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO

Tubarão encontra-se a 125 Km ao sul de Florianópolis, ocupando uma área de 300 Km² com uma população de 92.569 habitantes (IBGE, 2007). A principal atividade econômica está voltada para a prestação de serviços, seguida pelos setores comercial e industrial, sendo o segundo maior município do sul do estado (PMT, 2005). A bacia hidrográfica na qual a cidade está inserida é formada pelo Rio Tubarão e abrange um total de vinte municípios.

Um dos principais problemas de degradação dos recursos hídricos em Tubarão é proveniente do despejo do esgoto doméstico. O município possui, para fins de coleta de esgoto, uma rede unitária que recebe as águas pluviais juntamente com as águas servidas com o esgoto proveniente das residências. Conforme Rufino (2002), as redes pluviais contendo os efluentes domésticos acabam desaguando principalmente no Rio da Madre, que é um dos afluentes do Rio Tubarão. As atividades de extração e beneficiamento de carvão, suinocultura, plantio de arroz e indústrias cerâmicas nas cidades pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Tubarão

também têm contribuído para a degradação ambiental das águas (VIEIRA et al, 2002).

De acordo com o Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB), em 2006 a situação do saneamento em Tubarão se encontrava conforme a Tabela 1 demonstra.

Tabela 1 Principal destino de fezes e urina por número de domicílios em 2006.

Destino de fezes e urina	N.º de domicílios*	Porcentagem
Rede pluvial	10.087	36,11
Fossa	17.144	61,38
Céu aberto	701	2,5
Total	27.932	100

*Domicílios cadastrados pelo SIAB

Fonte: SIAB, 2006.

Os dados (Tabela 1) apontam que a forma predominante de tratamento de esgotos é do tipo individual, tendo a fossa séptica como principal alternativa. Assim, pelo município não possuir uma rede destinada à coleta de esgotos, a Prefeitura Municipal de Tubarão (PMT) lançou o edital de outorga de concessão para prestação do serviço público municipal de abastecimento de água e esgotamento sanitário, dando destaque para o primeiro parágrafo do preâmbulo:

O Município de Tubarão torna público que se acha aberta licitação, na modalidade de concorrência, cujo objeto é a outorga de concessão para prestação do serviço público municipal de abastecimento de água e esgotamento sanitário, compreendendo o planejamento, a construção, a operação e a manutenção das unidades integrantes dos sistemas físicos, operacionais e gerenciais de produção e distribuição de água potável, coleta, afastamento, tratamento e disposição de esgotos sanitários, incluindo a gestão dos sistemas organizacionais, a comercialização dos produtos e serviços envolvidos e o atendimento aos usuários (PMT, 2008).

A construção da rede coletora de esgoto, em conjunto com a sua unidade de tratamento, diminuirá a carga de poluentes despejada no Rio Tubarão. Esta medida

trará benefícios não somente à cidade de Tubarão, como também, às localizadas à jusante do rio como o município de Capivari de Baixo e, especialmente, à cidade litorânea de Laguna, na qual está localizada a foz do Rio Tubarão.

2.5 TANQUES SÉPTICOS

Em 1872, na França, Jean Louis Mouras projetou um tanque em alvenaria para armazenar os esgotos da cozinha de sua residência. Após 12 anos de utilização, Mouras percebeu que o volume de sólidos acumulado era muito menor do que o esperado. Em colaboração com o Abade Moigne, que era autoridade científica da época, Mouras registrou patente do modelo testado em 1881, após uma série de experiências. O protótipo consistia num tanque hermeticamente fechado onde o afluente era introduzido por uma tubulação submersa na parte líquida do material armazenado e o efluente descarregado por tubulação a jusante. Depois de amplamente utilizadas na Europa, as fossas sépticas serviram de modelos para novos tanques desenvolvidos nos Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha (ANDRADE NETO, 1997).

Por definição, Jordão e Pessoa (1995), relatam que as fossas ou tanques sépticos são câmaras construídas para a retenção, por tempo estabelecido, dos despejos domésticos e/ou industriais. Isto permite que ocorra a sedimentação dos sólidos e a retenção de material graxo contido nos esgotos, transformando-os em compostos mais simples e estáveis. Seu funcionamento está baseado nas seguintes fases do processo:

- a) Retenção do lodo: o esgoto é retido no tanque por um período de 12 a 24h dependendo da vazão dos afluentes;
- b) Decantação do lodo: simultaneamente à fase anterior, inicia-se a formação do lodo através da sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão. A parte não sedimentável dos sólidos, como os óleos, as graxas e outros materiais misturados com gases, emerge e é retida na superfície do líquido;

- c) Digestão anaeróbia do lodo: decomposição do lodo e da escuma por bactérias anaeróbias, provocando a destruição parcial ou total de material volátil;
- d) Redução do volume de lodo: conversão da matéria sólida em gases e líquidos, com a conseqüente diminuição do volume do lodo.

A Figura 1 apresenta as diferentes etapas do funcionamento do tanque séptico.

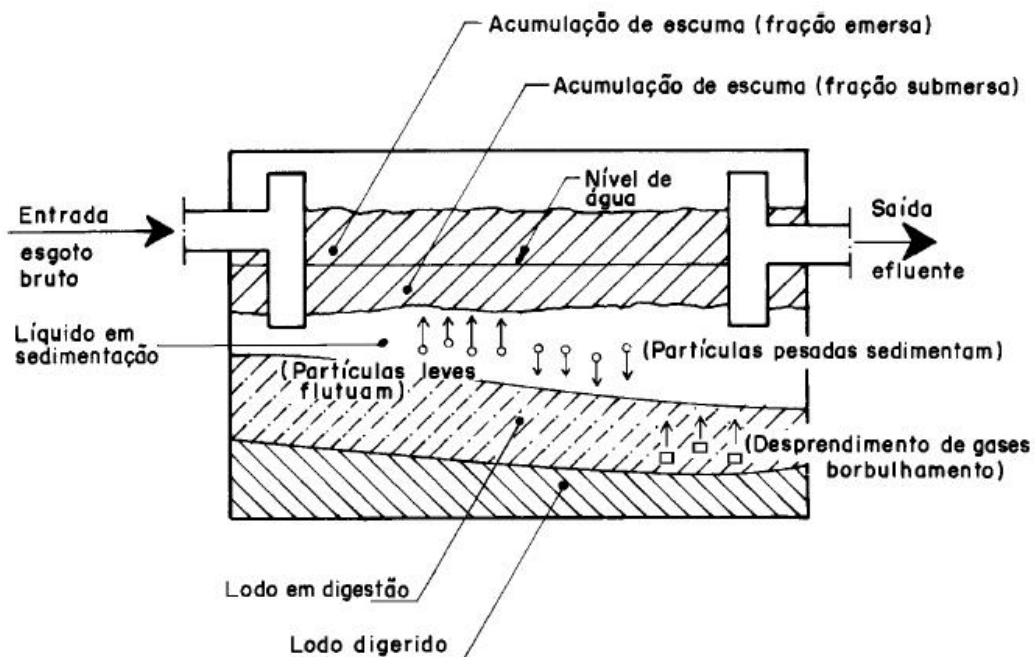


Figura 1 Esquema de funcionamento de um tanque séptico (Fonte: ABNT, 1993).

Com o uso contínuo do tanque séptico, ocorre um acúmulo de lodo em seu interior, isto reduz seu volume útil e o tempo de detenção hidráulica, prejudicando o desempenho. Desta forma, torna-se necessária a remoção do lodo depositado em períodos regulares. Nos estudos realizados por Philippi (1992), com 42 tanques sépticos, foi demonstrado que os valores da taxa de acumulação de lodo foram inferiores a 0,2 L/pessoa-dia. Este valor permite calcular um volume de tanque séptico para um intervalo de remoção do lodo, efetuado a cada cinco anos. Conforme as condições da pesquisa, este período entre as limpezas mostrou-se satisfatório. A ABNT (1993) recomenda que a limpeza dos tanques sépticos seja efetuada num período que pode variar de 1 a 5 anos, conforme os parâmetros do projeto e instrui para que, aproximadamente, 10% do volume do lodo seja deixado

no interior do tanque. Esta parte remanescente de lodo séptico dará início ao tratamento dos esgotos depositados, após a limpeza ter sido efetuada nos tanques sépticos.

É vedado o encaminhamento ao tanque séptico de águas pluviais e de despejos que prejudiquem o processo de tratamento, bem como a contribuição de vazões excessivas do esgoto afluyente, como os originados por piscinas e por lavagens de reservatórios de água (ABNT, 1993).

2.6 CARACTERÍSTICAS DOS LODOS SÉPTICOS

2.6.1 Características gerais dos lodos originados em decanto-digestores

O ponto de partida para o tratamento dos lodos sépticos se caracteriza por ser efetivamente o decanto-digestor ou também denominado tanque séptico. De acordo com Jordão e Pessoa (1995), estes sistemas foram projetados de modo a receber todos os despejos domésticos, incluindo os originados na cozinha, lavanderias domiciliares, lavatórios, vasos sanitários, bidês, banheiros, chuveiros, ralos de piso de compartimentos interiores ou qualquer outro efluente, cujas características se assemelham ao doméstico. Com o acúmulo de lodo em seu interior, há a necessidade de removê-lo periodicamente para o perfeito funcionamento da unidade, utilizando-se para este procedimento o emprego de caminhões limpa-fossas.

Os líquidos e sólidos quando então bombeados dos tanques sépticos têm odor e aspectos repugnantes, tendência em formar espumas, se submetidos à agitação e resistência a se sedimentar e a se desidratar. Sua composição inclui água na maior parte, areia e matéria orgânica fecal. Caracterizam-se ainda por serem pontos disseminadores de microorganismos como os vírus, bactérias e parasitas, resultando, portanto, em cuidados especiais no seu manuseio e tratamento.

Dentre os fatores que afetam as características do lodo, estão: o clima, hábitos dos usuários, tamanho e tipo de tanque séptico, frequência de limpeza,

características da água de abastecimento, disposição de restos de alimentos pelo ralo e agentes químicos utilizados na limpeza das residências (USEPA, 1999a). A Tabela 2 apresenta as características limites dos lodos sépticos encontrados nos Estados Unidos de acordo com a United States Environmental Protection Agency (USEPA) e as características dos lodos sépticos coletados por caminhões limpafossas, conforme os estudos realizados por Paula Júnior et al. (2003), no município de Florianópolis.

Tabela 2 Características gerais dos lodos de tanques sépticos.

PARÂMETROS	Concentração (mg/L)			
	USEPA		Paula Júnior et al.	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Sólidos totais	1.132	130.475	516	33.292
Sólidos voláteis	353	71.402	224	18.454
Sólidos suspensos	310	93.378	145	27.500
Sólido suspensos voláteis	95	51.500	79	18.000
DBO	440	78.600	300	7.400
DQO	1.500	703.000	528	29.704
NTK	66	1.060	–	–
Amônia	3	116	36	278
Fósforo total	20	760	7,20	215,90
Alcalinidade	522	4.190	228	3.854
Óleos e graxas	208	23.368	18	6.982
pH*	1,5	12,6	5,48	7,60
Detergentes	–	–	0,20	225
Coliformes totais**	10 ⁷	10 ⁹	–	–
Coliformes fecais**	10 ⁶	10 ⁸	–	–

Fontes: USEPA (1994a) e Paula Júnior et al. (2003)

*Sem unidade

**Valores de coliformes totais e fecais em NMP/100 mL

2.6.2 Composição química

A composição química dos lodos está relacionada à sua origem, caracterizando, desta maneira, a parte orgânica e inorgânica dos mesmos. De acordo com Montangero e Strauss (2002), cerca de 83% da matéria seca encontrada nos lodos de tanques sépticos é de origem orgânica, tendo ainda quantidades de fósforo, nitrogênio e potássio provenientes em sua maioria de excretas humanas. Quando há a contribuição de despejos industriais, pode haver a ocorrência dos componentes acima citados, numa concentração muito maior, bem como apresentar íons metálicos e moléculas orgânicas sintéticas como surfactantes, fenóis, tolueno, benzeno, xileno, etilbenzeno e defensivos agrícolas.

2.6.2.1 Constituintes fecais

O ser humano, de acordo com Seoanez Calvo (1977), produz por ano a quantia de 28 kg de matéria orgânica, a qual é composta por duas partes:

- a) Parte sólida: composta normalmente por água e material orgânico como celulose, lipídios, proteínas e fezes. Estas, quando lançadas no ambiente, sofrem um processo de putrefação que tem lugar sobre as proteínas originadas tanto pelos alimentos quanto às provenientes de secreções e restos da mucosa intestinal. Do mesmo modo, surgem as descarboxilações de aminoácidos como a lisina e tirosina originando as aminas, em conjunto com as desaminações e o desprendimento de NH_3 .

A produção de odores desagradáveis deve-se à formação de compostos fenólicos como o escatol e o paracresol, dentre outros, ocorrendo o mesmo processo com a decomposição das proteínas e com a subsequente formação de gás sulfídrico e de mercaptanas.

Além disso, a matéria fecal é responsável pela contribuição de 60 a 70% da carga total de cádmio, zinco, cobre e níquel nos esgotos domésticos, contendo, em média, por base seca: 250 mg/kg de zinco, 70 mg/kg de cobre, 5

mg/kg de níquel, 2 mg/kg de cádmio e 10mg/kg de chumbo (EUROPEAN UNION, 2001).

- b) Parte líquida: formada pela urina, que tem sua composição variável de acordo com a hora do dia, estado físico, dieta e saúde do indivíduo. No entanto os três maiores componentes da urina são: água, uréia e cloreto de sódio. Quase todas as substâncias presentes na urina estão presentes no sangue, porém em quantidades diferentes. Geralmente, a urina apresenta pH em torno de 6 e sua coloração é resultante da presença de pigmentos como o urocromo, urobilina e uroporfina. A Tabela 3 demonstra a composição média da urina.

Tabela 3 Composição média da urina e concentrações de seus componentes.

Cátions		Ânions		Compostos orgânicos	
Na ⁺	6 mg/L	Cl ⁻	8,6 mg/L	Uréia	30 mg/L
K ⁺	2,7 mg/L	SO ₄ ²⁻	2.2 mg/L	Ácido hipúrico	1,3 mg/L
NH ₄ ⁺	0,8 mg/L	PO ₄ ³⁻	3,8 mg/L	Creatinina	1,8 mg/L
Ca ²⁺	5,3 mg/L			Ácido úrico	0,7 mg/L
Mg ²⁺	0,15 mg/L			Bases púricas	0,3 mg/L
				Aminoácidos	0,5 mg/L
				Álcoois	0,5 mg/L

Fonte: Seanez Calvo, 1977.

2.6.2.2 Elementos-traço metálicos

Conforme Manahan (2001), os elementos-traço são compostos ou substâncias encontradas em concentrações extremamente baixas (partes por milhão) em um dado sistema. Dentre estes elementos, destacam-se os metais que são encontrados naturalmente em quantidades-traço nas águas e, conseqüentemente, nos lodos sépticos, sendo considerados como constituintes importantes na composição de aquíferos e tendo participação no desenvolvimento biológico de animais e de plantas. Entretanto, a presença destes metais em

quantidades excessivas eleva os níveis de toxidez do ambiente, ocasionando distúrbios biológicos ou mesmo tornando impossível a manifestação de vida.

A relação de metais e sua importância nos organismos, segundo Metcalf e Eddy (2003), é apresentada a seguir:

- a) Metais participantes no desenvolvimento biológico: cálcio, ferro, magnésio, potássio e sódio apresentados como macronutrientes. E os encontrados como elementos-traço: cromo, cobalto, cobre, manganês, molibdênio, níquel, selênio, tungstênio, vanádio, chumbo e zinco.
- b) Metais que não possuem participação no desenvolvimento biológico: arsênio, cádmio e mercúrio.

A principal fonte de elementos metálicos em esgotos provém de rejeitos industriais. Nos Estados Unidos, as companhias municipais de tratamento de esgotos que aceitam estes rejeitos são legalmente responsáveis pelo seu processamento e, geralmente, o tratamento realizado diretamente na fonte poluidora é o modo mais prático para se minimizar a emissão destes poluentes (SAWYER et al., 2000).

Com relação aos lodos de tanques sépticos, os mesmos apresentam baixos teores de metais, tendo, de acordo com a European Union (2001), suas origens ligadas às contribuições de produtos de limpeza, cosméticos, xampus, desinfetantes, combustíveis, medicamentos, amálgamas dentários, termômetros clínicos, produtos alimentícios, tintas, lubrificantes, agentes de polimento, pesticidas e produtos de jardinagem, preservadores de madeira, fezes, urina, tubulações metálicas e água de abastecimento.

Leite et al. (2006), quando analisaram os lodos de decanto-digestores da região de Curitiba, detectaram a presença de 33 elementos químicos, incluindo a presença de metais pesados como cádmio, chumbo, zinco, mercúrio, cromo, cobre e níquel. Estes lodos apresentaram suas concentrações individuais de metais superiores quando comparados aos lodos sépticos norte-americanos, embora seus valores médios permanecerem dentro das concentrações limites das legislações.

A Tabela 4 apresenta as concentrações de metais em mg/L encontradas em lodos de tanques sépticos segundo a USEPA (1994).

Tabela 4 Concentrações de metais em mg/L encontrados em lodos sépticos segundo Leite et al. e USEPA.

Metal	Concentração em mg/L					
	Leite et al.			USEPA		
	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima
Ferro	0,32	1,15	1,9	39,3	0,2	2.740
Zinco	148	291	514	9,97	<0,001	444
Manganês	-	-	-	6,09	0,55	17,1
Bário	0,029	0,093	0,163	5,76	0,002	202
Cobre	0,031	0,760	9,193	4,84	0,01	261
Chumbo	9	33	190	1,21	<0,0025	118
Níquel	3	11	19	0,526	0,01	37
Cromo (total)	5,6	30,6	70	0,48	0,01	1,53
Cobalto	9,7	9,7	9,7	0,406	<0,003	3,45
Arsênio	-	-	-	0,141	0	3,5
Prata	18	<3	18	0,099	<0,003	5
Cádmio	7,9	7,9	7,9	0,097	0,005	8,1
Estanho	<20	<20	<20	0,076	<0,015	1
Mercúrio	0,069	0,375	0,772	0,0026	0,0001	0,742

Fontes: USEPA (1994), Leite et al. (2006).

2.6.3 Características biológicas

De acordo com Leite et al. (2006), dentre os agentes patógenos encontrados nos esgotos destacam-se as bactérias, fungos, protozoários, vírus, algas e vermes. Estes microorganismos encontram-se aderidos na parte sólida do efluente e acabam por fazer parte da composição do lodo séptico.

A concentração dos patógenos no lodo está intimamente ligada às condições socioeconômicas, condições sanitárias e nível de infestação dos usuários destes sistemas de tratamento. Em geral, os lodos produzidos no país apresentam altos índices de contaminação, com patógenos que podem transmitir uma variedade de doenças, como a febre tifóide, cólera, diarreia, hepatite-A, meningite, gastroenterites e infestações por helmintos, tendo como principais vias de contaminação a nasal e a oral. Portanto, o manuseio ou utilização do lodo de esgoto,

sem o tratamento prévio para redução destes microorganismos, pode levar os seres humanos ou os animais a contraírem doenças.

Para se avaliar as características sanitárias dos lodos de tanques sépticos, é freqüentemente considerado o número de coliformes termotolerantes e o número de ovos viáveis de helmintos. A Tabela 5 relaciona estes microorganismos com suas respectivas quantidades presentes em lodos sépticos.

Tabela 5 Presença de patógenos em lodos de idades diferentes

Microorganismo	Lodo bruto	Lodo digerido
Coliformes totais (NMP/100mL)	$4,3 \times 10^9$ a $5,0 \times 10^9$	$3,0 \times 10^4$ a $7,0 \times 10^7$
Coliformes fecais (NMP/100mL)	$1,4 \times 10^8$ a 2×10^9	Não detectado a $7,8 \times 10^6$
Ovos de helmintos (ovos/100mL)	20 a 700	30 a 70

Fonte: Fernandes e Souza (2001 apud LEITE et al., 2006).

Em seguida, serão citadas as principais características dos agentes patogênicos e suas principais conseqüências aos seres humanos.

2.6.3.1 Bactérias

São os organismos que estão presentes em maior número nos rejeitos sépticos, sendo que a maioria faz parte da microbiota do trato intestinal dos seres humanos, como por exemplo, a *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp. e *Enterobacter* spp. Inclui-se, neste caso, o grupo das bactérias coliformes fecais, também chamado de coliformes termotolerantes, os quais, por suas características, são considerados indicadores de contaminação das águas e esgotos em geral.

Ressalta-se que, normalmente, tais organismos não são causadores de doenças. Entretanto, estão associados à possível existência de organismos patogênicos de origem fecal na água, como as bactérias que causam doenças gastrointestinais em humanos, como a febre tifóide, cólera, diarreia e disenteria (GONÇALVES et al., 2003).

2.6.3.2 Vírus

Os vírus são uma classe heterogênea de agentes infecciosos, podendo variar em tamanho, morfologia, complexidade, hospedeiro e na forma como afetam seus hospedeiros. Entretanto, as características de possuírem um genoma, que pode ser de DNA ou RNA, envolvido por uma camada protéica (capsídeo) e o fato de serem considerados parasitas intracelulares obrigatórios, são comuns a todos.

Em se tratando de rejeitos sépticos, os vírus de maior interesse são os entéricos, ou seja, aqueles que se multiplicam no trato gastrointestinal dos seres humanos, podendo ocasionar diversas doenças, como a hepatite A e E, gastroenterites e diarreias (GONÇALVES et al., 2003). São encontrados ainda os vírus de fácil contaminação, como o *poliovírus* (causador da poliomielite), o *echovírus* (causador de paralisias, meningites, miocardites) e os vírus da família *parvoviridae* (causadores de gastroenterite), salientando que estes agentes patogênicos são mais resistentes aos processos de tratamento sanitários.

2.6.3.3 Protozoários

Dentre os protozoários patógenos aos seres humanos encontram-se a *Entamoeba histolytica* (causadora da amebíase), a *Giardia lamblia* (causadora da giardíase), o *Balantidium coli* (causador da balantidiose, uma infecção do intestino grosso do homem) e o *Criptosporidium sp.* que também é um agente causador de infecções intestinais.

Nos esgotos, tais organismos têm um ciclo de vida dividido basicamente em duas etapas: uma fase onde se alimentam e se reproduzem no trato intestinal do hospedeiro e a outra onde se encistam, permitindo que os protozoários mantenham sua sobrevivência mesmo estando fora do organismo do seu hospedeiro. Desta forma, os cistos excretados tanto por animais, como por seres humanos, podem infectar imediatamente um novo hospedeiro, devendo-se ressaltar que um único cisto pode desencadear um processo infeccioso no ser humano. Esses organismos caracterizam-se por possuir uma resistência maior que as bactérias e os vírus, no

tocante à atuação dos desinfetantes utilizados no tratamento de águas e esgotos, em especial, o cloro. No entanto, como têm um tamanho que varia entre 4 e 60 milímetros, apresentam densidades que acabam por auxiliar na remoção dos mesmos, através da sedimentação e filtração (GONÇALVES et al., 2003).

2.6.3.4 Helmintos

São organismos que vivem como parasitas nos seres humanos, encontrados no ambiente sob a forma de ovos e larvas, facilitando assim a contaminação de hospedeiros, uma vez que tal incidência pode se dar através da ingestão dos ovos ou das larvas, como no caso do *Ascaris lumbricoides* (lombriga), *Taenia saginata* e *Taenia solium* (causadoras da teníase e da cisticercose) e até mesmo pela penetração das larvas na pele ou nas mucosas, como por exemplo, o *Ancylostoma duodenale* e *Schistosoma mansoni* (causadora da esquistossomose). Gonçalves (2003) acrescenta ainda que, normalmente, um ovo ou uma larva já é suficiente para desencadear um processo infeccioso.

Os principais meios de transmissão dos helmintos são o consumo de alimentos contaminados, o contato com o solo também contaminado e a transmissão entre pessoas (BASTOS et al., 2003).

2.7 ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE LODOS DE TANQUES SÉPTICOS

Os tanques sépticos, embora possuam muitas vantagens, não apresentam efluentes que atendam aos padrões de lançamento exigidos pelas legislações ambientais. Portanto, é necessário a realização de tratamentos, buscando-se melhores eficiências em termos de remoção de matéria orgânica e de constituintes pouco degradados no tratamento anaeróbio, como por exemplo, o fósforo e nitrogênio. De acordo com Chernicharo et. al (2001), estes constituintes, quando lançados, podem originar 111 kg de biomassa para cada quilograma de fósforo

despejado. Do mesmo modo, o despejo de 1 kg de nitrogênio pode originar 20 kg da DQO na forma de algas mortas. Em relação à amônia, são consumidos cerca de 4 kg de oxigênio dissolvido nas águas para cada quilograma despejado deste nutriente.

Ainda citando Chernicharo et. al (2001), com relação aos microorganismos patogênicos, que possuem uma baixa porcentagem de remoção pela utilização de decanto-digestores, torna-se muitas vezes necessária a desinfecção dos efluentes de acordo com a sua finalidade, a partir de uma avaliação criteriosa.

Como exemplo de possibilidades de tratamento e disposição dos lodos de tanques sépticos recomendadas por entidades internacionais, pode-se citar o co-tratamento em ETE, aplicação no solo e por fim, o processamento em unidades independentes de tratamento de lodo séptico, conforme instruções da Agência Norte-Americana de Proteção ao Meio Ambiente (USEPA, 1994).

Já o Centre for Water Resources Studies (CWRS), órgão responsável pelas pesquisas em águas da província de Nova Scotia no Canadá, indica as medidas de tratamento acima citadas e aborda, mesmo que superficialmente, a utilização dos processos de vermicompostagem e do Solar Aquatic System – SAS. Este último processo está baseado no emprego de algas, arbustos e organismos como caramujos e camarões de águas doces, como alternativa de tratamentos independentes de lodos sépticos (CWRS, 1999).

2.7.1 Tratamento em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)

De acordo com Leite et al. (2006), os resíduos de tanques sépticos, por apresentarem uma elevada concentração de poluentes em relação aos esgotos afluentes nas ETE, requerem certa dose de atenção. A prática de sua disposição nas unidades de tratamentos de esgotos pode ocasionar choques de carga, comprometendo as etapas do processo. No entanto, esta opção ainda mostra-se viável sob o ponto de vista econômico.

Para esta alternativa, Jordão e Pessoa (1995) estabelecem que devem ser atendidas as seguintes características com relação às instalações de tratamento:

- a) estar localizadas a distâncias que tornem economicamente viável o transporte do lodo;
- b) possuir capacidade disponível de recebimento da carga excedente;
- c) controlar eficientemente a quantidade e a qualidade do material removido das fossas sépticas.

Leite et al. (2006) ainda comentam que a opção de disposição destes efluentes em unidades de tratamento de esgotos, mostra-se adequada no caso de grandes centros urbanos. Estas áreas se caracterizam por apresentar estações de tratamento de maior porte que atendem quase a totalidade da população, tendo, portanto, uma maior facilidade em absorver o impacto pelo recebimento do lodo de tanques sépticos.

No entanto, os autores acima mencionados, orientam para esta opção, quando escolhida, que o resíduo séptico seja despejado diretamente na entrada da estação de tratamento, iniciando o processo juntamente com o esgoto recebido, não necessitando, desta maneira, da construção de novos reatores ou sistemas. Porém, este procedimento pode antecipar as etapas futuras de expansão da estação e contribuir para maior quantidade na produção de lodo no final do tratamento.

Uma outra opção sugerida é a de misturar os resíduos dos tanques sépticos com o lodo da estação no tanque de adensamento, não havendo, assim, a necessidade dos lodos sépticos passarem pelo processo de degradação biológica novamente, pelo fato de já se apresentarem digeridos. Esta etapa evitaria os impactos da carga orgânica afluyente à ETE e evitaria também o assoreamento dos reatores; em seguida, o lodo seria desaguado, higienizado e devidamente disposto.

Com relação aos custos de operação desta alternativa, Leite et al. (2006) realizaram um estudo comparativo entre os valores necessários para o tratamento de lodos de tanques sépticos em conjunto com os esgotos convencionais numa mesma unidade. Os autores tiveram como base a estação de tratamento de efluentes de Belém, localizada em Curitiba – PR, que funciona pelo sistema de lodos ativados, atendendo a uma população de 1.500.000 habitantes e possuindo um custo estimado de R\$ 0,30 para cada quilograma de DQO removido. A unidade de tratamento processa 2.592.000 m³ de esgotos por mês e a simulação foi realizada

com o intuito de se tratar mensalmente 3.301m³ de lodo séptico. A conclusão que se obteve foi que os custos de operação aumentaram cerca de 6,17%. Porém, para cada metro cúbico de esgoto a ser tratado, gastar-se-ia 36 vezes mais para se processar os lodos provenientes dos tanques sépticos, na mesma estação.

2.7.2 Uso agrícola em áreas de não contato público

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1994), a aplicação dos lodos sépticos no solo para uso agrícola é um meio econômico e ecologicamente correto, que vem sendo aplicado em comunidades rurais norte-americanas que não possuem contato público, como em campos de agricultura, áreas florestais e áreas de recuperação ambiental. Isto se deve, principalmente, ao fato dos resíduos sépticos possuírem nitrogênio e fósforo como principais nutrientes e também apresentarem traços de elementos fertilizantes, conjuntamente com matéria orgânica, que são fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais.

Para tal finalidade, a USEPA regulamentou a Lei Federal 40 CFR Part 503 para a utilização de lodo séptico em áreas de não contato público e estabeleceu que os resíduos aspirados por caminhões limpa-fossas sejam exclusivamente provenientes de tanques sépticos de origem sanitária. Desta forma, esta medida veda quaisquer rejeitos de origem industrial e acrescenta outras condições que regulamentam a aplicação no solo destes rejeitos, tais como:

- a) o material a ser aplicado no solo deve ser formado exclusivamente por rejeitos sépticos;
- b) a área a ser aplicada não deve possuir contato público freqüente (são recomendados os campos agrícolas, áreas florestais e de recuperação ambiental);
- c) medidas de redução de patógenos e de atração de vetores devem ser efetuadas e seus respectivos registros arquivados por cinco anos;

- d) o proprietário da área deve se comprometer às restrições impostas sobre colheita, pastagem de animais e acesso ao local;
- e) a quantidade de rejeitos sépticos aplicada por área não deve exceder às necessidades de nitrogênio de cada cultivo;
- f) o responsável pela aplicação do material ao solo deve seguir as condições vigentes de cada estado.

A USEPA estabelece, ainda, medidas de redução de contaminação de patógenos que devem ser tomadas. Entre elas, pode-se optar pela restrição de colheitas e acesso ao local, após o lodo ser aplicado (conforme anexo B), ou, por intermédio de calagem, elevar o pH do lodo para 12 ou acima, nos próprios caminhões-tanques por um período, de no mínimo, 30 minutos antes de ser aplicado ao solo, em uma proporção de 2,4 kg de cal para cada 1000L de lodo séptico.

Já para a redução de atração de vetores, como pulgas, mosquitos e roedores que possam vir a transmitir doenças, a USEPA estipula que para a aplicação de lodos sépticos em áreas não públicas, uma das seguintes opções deve ser acatada:

- a) injeção subsuperficial;
- b) incorporação (aplicação superficial seguido por lavragem do solo com absorção do material dentro de 6 horas);
- c) estabilização com álcali (calagem na mesma proporção anteriormente citada).

Um outro dado importante sobre a utilização de lodo séptico em solos é o volume máximo que pode ser aplicado anualmente, o qual está relacionado à quantidade de nitrogênio requerida pela espécie vegetal a ser cultivada.

Este volume máximo é calculado pela fórmula abaixo, onde a Taxa Anual de Aplicação (*TAA*) é representada por:

$$TAA(\text{galões/ acre/ ano}) = \frac{\text{quantidade (lb) de nitrogênio requerido pelo vegetal}}{0,0026}$$

A Taxa Anual de Aplicação (*TAA*) representa o volume (em galões) de lodo de tanque séptico a ser aplicado por acre durante o período de um ano, conforme quantidade (em libras) de nitrogênio exigida por vegetal, de acordo com o anexo C do presente trabalho. O valor “0,0026” do denominador é um coeficiente estimado que relaciona a quantidade de nitrogênio no solo tratado com lodo séptico a ser disponibilizada aos vegetais. Deve-se ressaltar que esta fórmula limita também os valores de aplicação de poluentes inorgânicos presentes no lodo (USEPA, 1993).

Todas as orientações acima citadas foram estipuladas pelo governo federal norte-americano e estabelecem as condições essenciais exigidas para aplicação de lodo séptico para fins agrícolas, em áreas de não contato público. Desta forma, cabe a cada estado regulamentar programas de monitoramento que incluam alguns parâmetros a serem controlados em relação aos lodos, solos, aquíferos e tecidos vegetais, bem como estabelecer os pontos e frequências das amostragens.

2.7.3 Processamento em unidades independentes de tratamento de lodo

De acordo com a USEPA (1994), em situações onde as unidades de tratamento de esgotos municipais estejam localizadas distantes ou que não sejam capazes de absorver uma carga orgânica adicional, a utilização de unidades independentes de tratamento de lodos sépticos torna-se justificável.

Apenas um pequeno número deste tipo de instalação existe nos Estados Unidos e tem como característica ser mecanicamente complexa e incorporar muitos processos unitários para lidar com as frações líquidas e sólidas do lodo.

No Canadá o uso de lagoas de estabilização é um fato comum, sendo estas unidades de tratamento extremamente variadas com relação ao projeto, operação e manutenção. Possuem a característica de funcionar como um digestor facultativo ou

anaeróbio, que retêm os sólidos sedimentáveis enquanto permitem que o sobrenadante seja removido para uma lagoa de polimento ou processado numa estação de tratamento de efluentes municipal. Isto caracteriza o processo como um sistema híbrido, uma vez que envolve, mediante autorização, a utilização de uma estação de tratamento de efluentes. Quanto aos sólidos retidos na lagoa, os mesmos são estabilizados em condições anaeróbias e devem ser removidos periodicamente.

Outra abordagem bem sucedida utilizada em uma instalação privada na Pensilvânia (EUA) é elevar o pH a 12 para alcançar a estabilização do lodo, permitindo que os sólidos se separem da fração líquida. Em seguida, o lodo é desaguado através de filtros-prensa até atingir 40 a 45% de sólidos e, a seguir, é empilhado e revolvido mecanicamente para, posteriormente, ser aplicado em áreas agrícolas, de acordo com as regulamentações locais. Com relação à parte líquida resultante do processo, a mesma é descartada no sistema coletor de esgoto municipal, caracterizando este tratamento, assim como o anteriormente citado em um processo híbrido.

A compostagem de lodos sépticos também é uma abordagem viável para unidades independentes de tratamento em áreas onde haja abundância de agentes aglomerantes, como por exemplo, serragem ou cavacos de madeira e exista uma demanda na procura de produtos compostados, utilizados como condicionadores de solos. Neste processo, o lodo é então homogeneizado com materiais aglomerantes e disposto em pilhas estáticas aeradas ou arranjado em leiras. No primeiro caso, o ar é forçado pela mistura lodo/agente aglomerante, usando um exaustor que, através de tubulações, distribui o ar nas pilhas de material. Isto mantém as condições aeróbias do sistema e auxilia no controle da temperatura e umidade. Já no processo de compostagem por leiras, estes parâmetros são controlados pelo revolvimento realizado por equipamentos especializados, onde a frequência desta tarefa varia em função das condições de oxigênio, de temperatura e umidade do material, sendo revolvido de acordo com o caso, a cada um ou dois dias (USEPA, 1994).

O emprego de reatores anaeróbios para a estabilização de lodos de tanques sépticos também tem se mostrado uma alternativa. Pinto (2006) realizou um trabalho de degradação biológica de amostras de lodos sépticos adicionadas a resíduos sólidos orgânicos da Central de Abastecimento de Florianópolis (SC), contendo

restos de vegetais e um outro estudo contendo somente amostras de lodos de tanques sépticos. Para o primeiro caso foi observada uma redução de DQO de até 69% e para os Sólidos Voláteis de até 88%. Enquanto que no estudo que envolvia apenas lodos de tanques sépticos obteve-se uma redução de 90% de DQO e de 82% para os Sólidos Voláteis. Mesmo assim, os efluentes líquidos gerados necessitam de pós-tratamento para atender às exigências legais.

2.7.3.1 Incineração

O processo de incineração envolve a queima de resíduos a altas temperaturas na presença de oxigênio, em que a fração orgânica volátil dos biossólidos é então reduzida, primariamente, a cinzas, representando aproximadamente 20% do volume original do lodo. Este procedimento destrói praticamente todos os sólidos voláteis e agentes patogênicos, degradando, assim, a maioria dos produtos tóxicos orgânicos, embora compostos como as dioxinas possam ser formados. Quanto aos metais, os mesmos não são degradados, e são concentrados nas cinzas e nas partículas em suspensão que estão contidas nos gases produzidos pelo processo.

Nos Estados Unidos é comum utilizar a incineração como método de assistência para o processamento de biossólidos quando as demais alternativas de gerenciamento não podem ser implementadas, sendo geralmente utilizados os incineradores de múltiplas fornalhas e o de leito fluidizado. Este último é conhecido por possuir algumas vantagens quanto às emissões gasosas quando comparado ao incinerador de múltiplas fornalhas. Isto se deve a sua tecnologia mais avançada que resulta em uma combustão mais uniforme do material a ser incinerado.

Antes de serem incinerados, os biossólidos devem, preferencialmente, ser desaguados, embora seja desnecessária a estabilização dos mesmos, pois, tanto os processos anaeróbios quanto os aeróbios utilizados nesta etapa diminuem a porção volátil do lodo, aumentando, conseqüentemente, o consumo de combustível auxiliar no processo (USEPA, 1999).

Um outro processo de combustão de biossólidos que merece destaque é a coincineração com resíduos sólidos municipais, que traz como maior vantagem a

redução de custos de operação. De acordo com Metcalf & Eddy (2005), este processo apresenta ainda o benefício de gerar energia térmica necessária para se evaporar a água do lodo, auxiliando, assim, a queima do material e fornecendo também um excesso de calor para a geração de vapor sem o uso de combustíveis fósseis. Para sistemas operando sem recuperação de calor, uma proporção de 1 kg de biossólidos desidratados para 4,6 kg de resíduos sólidos podem ser queimados em condições normais. Em casos onde é requerido a recuperação de energia térmica, a proporção é aproximadamente de 1 kg de biossólidos desidratados para 7 kg de resíduos sólidos urbanos.

No tocante ao impacto ambiental provocado pelos incineradores, este processo se caracteriza em apresentar um certo potencial poluidor com relação à poluição atmosférica, o qual pode ser dividido em emissão de odores e emissão de gases de combustão. Os primeiros são particularmente ofensivos aos sentidos humanos e uma atenção especial deve ser dirigida a fim de se minimizar seus incômodos. Já a emissão dos gases produzidos pela combustão pode variar em função do grau da tecnologia empregada e da natureza do lodo e do combustível auxiliar utilizado. As emissões de especial interesse são os particulados, os óxidos de nitrogênio, alguns gases ácidos e metais pesados.

Portanto, dispositivos de controle de poluição atmosférica, tais como depuradores de alta pressão (scrubbers) ou precipitadores eletrostáticos, são necessários para proteger a qualidade do ar. Com relação às cinzas dos biossólidos, as mesmas podem ser dispostas em aterros sanitários ou, de acordo com as disposições legais da região, fazer parte da composição de agregados de concreto ou utilizá-las como fundente em usinas de beneficiamento de minérios (USEPA, 1999).

2.8 NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÃO APLICÁVEIS AOS TANQUES SÉPTICOS

As instruções e preceitos legais aplicáveis aos resíduos originados em tanques sépticos no estado de Santa Catarina resumem-se em:

- a) normas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- b) orientações legais fornecidas pela Resolução Federal N.º 357 de 17 de março de 2005 e pelo Decreto Estadual N.º 14.250 de 5 de junho de 1981.

As normas da ABNT baseiam-se em projetos de sistemas sépticos com a devida disposição dos efluentes líquidos gerados. Já a Resolução Federal 357 de 17/03/05 foi estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), enquanto que o Decreto Estadual n.º 14.250 de 05/06/81 foi regulamentado pelo Governo do Estado de Santa Catarina. Estes dois últimos documentos, embora não tenham sido desenvolvidos exclusivamente para o tratamento e disposição de rejeitos de tanques sépticos, trazem a classificação e indicadores de manutenção dos corpos d'água em função de seus usos preponderantes e estabelecem limites para os parâmetros de lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora.

2.8.1 Normas da ABNT

Com relação às normas pertinentes aos tanques sépticos, coube à ABNT elaborar duas instruções: a NBR 7229/93 e a NBR 13969/97. Na primeira foram abordados essencialmente os temas relacionados aos parâmetros de projetos, construção e operação dos tanques sépticos com uma superficial abrangência sobre a disposição dos efluentes e lodos gerados, tendo como indicação o tratamento em ETE, utilização de leitos de secagem e disposição do lodo, quando seco, em aterros, usinas de compostagem e campos agrícolas. Já a NBR 13969/97 trata de alternativas de procedimentos técnicos de projetos, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final somente para efluentes líquidos de tanques sépticos, havendo, portanto, uma lacuna sobre a disposição e tratamento de lodos sépticos mais detalhada a ser preenchida pela própria ABNT. De acordo com a mesma, será elaborada uma terceira norma inicialmente nomeada com o seguinte título: Tratamento e disposição final de sólidos do sistema de tanque séptico, complementando o assunto e envolvendo, desta maneira, todos os procedimentos de tratamento do sistema de tanques sépticos (ABNT, 1997).

2.8.2 Legislação Federal e Estadual

Em 29 de outubro de 2006 foi estabelecida pelo CONAMA a Resolução N^o. 375, que define os critérios e procedimentos para utilização de lodos gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários para fins agrícolas, desde que se obedeça aos parâmetros estabelecidos com relação à: estabilização do material, indicadores de agentes patógenos, concentrações de substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas, e finalmente, o devido potencial agrônômico do lodo (BRASIL, 2006). Entretanto, ao contrário da legislação europeia e da americana, esta deliberação não contemplou, para tal finalidade, a utilização dos lodos provenientes de tanques sépticos, apesar de ser tão ou mais restritiva que as normas internacionais citadas. Resta assim, como instrumento para orientação, a Resolução N.º 357 de 17/03/2005 também estabelecida pelo CONAMA (BRASIL, 2005). Apesar de não possuir um caráter específico relacionado aos tanques sépticos, esta resolução traz consigo valores de emissão de efluentes observando-se a classificação do corpo d'água receptor, podendo, desta forma, nortear os lançamentos de resíduos provenientes de sistemas decanto-digestores.

Quanto à legislação vigente no Estado de Santa Catarina, em 1981, foi elaborado o Decreto n.º 14.250 regulamentando dispositivos referentes à Proteção e à Melhoria da Qualidade Ambiental instituindo, assim como a resolução federal acima citada, a classificação dos corpos d'água de acordo com sua utilização e fixando os limites máximos dos parâmetros de lançamento de efluentes. Este decreto, apesar de não determinar valores de lançamento para a amônia, apresenta a concentração limite de fósforo no caso de efluentes destinados a trechos de corpos d'água contribuintes de lagoas, lagunas e estuários. O Decreto acrescenta, ainda, o limite máximo de 60 mg/L para a DBO₅, que será eventualmente ultrapassado no caso de efluentes de sistemas de tratamento de águas residuárias que reduzam a carga poluidora do despejo em, no mínimo, 80% (SANTA CATARINA, 1981).

A Tabela 6 traz as concentrações dos parâmetros nos lançamentos de efluentes de acordo com as legislações Federal e Estadual.

Tabela 6 Padrões de lançamento de efluentes segundo legislações Federal e Estadual (principais parâmetros).

Parâmetros	Valores Limites	
	Resolução N.º 20 CONAMA	Decreto 14.250 de Santa Catarina
pH	5 a 9	6 a 9
Materiais sedimentáveis	1 ml/l	1 ml/L
Óleos minerais	20 mg/L	20,0 mg/L
Óleos vegetais e gorduras animais	50 mg/L	30,0 mg/L
Materiais flutuantes	Ausentes	Ausentes
Nitrogênio amoniacal total	20 mg/L	–
DBO ₅	–	60 mg/L
Fósforo total	–	1,0 mg/L*
Nitrogênio total	-	10,0 mg/L*
Ferro solúvel	15 mg/L	15,0 mg/L

Fontes: Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 e Decreto do Governo Estadual de Santa Catarina nº 14.250, de 5 de junho de 1981.

* Para efluentes que forem destinados a trechos de corpos d'água contribuintes de lagoas, lagunas e estuários.

Um exemplo que pode ser citado sobre o pós-tratamento de efluentes coletados de caminhões limpa-fossas é a Lei 4.867 de 27/08/1997 elaborada pela Prefeitura Municipal da cidade de Natal (RN). Através do seu interesse em minimizar os impactos ambientais decorrentes desta atividade, obriga as empresas coletoras de resíduos de tanques sépticos a manterem sistemas de lagoas de estabilização. No caso de impossibilidade de terem seu próprio sistema de tratamento, devem contratar empresas que prestem este determinado tipo de serviço, sendo estas de natureza pública ou privada. Somente assim, o lodo retirado das lagoas poderá receber uma disposição adequada (LEITE et al., 2006).

2.8.3 Legislação internacional

Como os tanques sépticos caracterizam-se por serem as primeiras unidades de tratamento de esgotos concebidas e, até hoje, as mais extensamente utilizadas em vários países, tanto em desenvolvimento como nos desenvolvidos, foram elaboradas na década de 1980 orientações que definem como proceder com relação à disposição e utilização dos lodos sépticos. Dentro deste conceito podem-se citar as orientações estabelecidas pela Agência Norte-Americana de Proteção ao Meio Ambiente (USEPA) e pelo Conselho Diretor da Comunidade Econômica Européia.

2.8.3.1 Legislação norte-americana

Nos Estados Unidos, a United States Environmental Protection Agency (USEPA), órgão responsável pela proteção do meio ambiente, elaborou um conjunto de procedimentos para o uso e disposição de lodos de tanques sépticos, intitulado *Guide to Septage Treatment and Disposal*, que traz como alternativas de tratamento e disposição os seguintes meios:

- a) aplicação no solo;
- b) processamento em unidades de tratamento de esgotos;
- c) processamento em unidades independentes de tratamento de lodos.

Estes procedimentos acima citados são derivados do regulamento federal denominado 40 CFR Part 503, *Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge*, que trata dos usos e disposições dos lodos provenientes de estações de tratamento de esgoto.

Por definição, a USEPA estabelece como *domestic septage* o material líquido ou sólido removido de tanques sépticos, toaletes portáteis, ou de sistema similar que receba apenas rejeitos domésticos, ou seja, águas provenientes de

banhos, vasos sanitários, lavagem de roupas e de pias de cozinhas. Não contempla os resíduos provenientes de origens comerciais ou industriais que contenham rejeitos de petróleo, nem os resíduos coletados de caixas de gorduras, as chamadas *grease traps*. Há o impedimento que as empresas coletoras de resíduos transportem nos mesmos caminhões coletores, os resíduos acima mencionados com os provenientes exclusivamente de tanques sépticos, sob pena de descaracterizar todo o conteúdo do caminhão com relação a sua utilização ou disposição indicadas. Portanto, os rejeitos sépticos provenientes de instalações comerciais ou industriais, apesar de muitas vezes apresentarem características de efluentes domésticos, necessitam ser analisados caso a caso (USEPA, 1993).

Ressalta-se que tanto a legislação federal como a estadual dos Estados Unidos regulamentam o uso e a disposição dos resíduos de tanques sépticos, cabendo à primeira, estabelecer os parâmetros gerais para a sua aplicação e delegar à esfera estadual o cumprimento de suas normas com um caráter mais restritivo. Às autoridades municipais resta a definição do método de uso ou disposição dos rejeitos sépticos.

Esta legislação veio em função da utilização em grande escala dos lodos de esgotos na agricultura nos Estados Unidos, regulamentando esta finalidade em concordância à preservação do meio ambiente. Sendo assim, a USEPA organizou um grupo de trabalho tendo como base o estudo em quarenta cidades, listando duzentos poluentes e selecionando cinquenta, dentre eles, para um estudo detalhado e identificação das vias de exposição. Como resultado, foi proposta uma seleção criteriosa dos poluentes e dos limites de sua utilização na agricultura, a qual foi fixada em função da via de risco mais crítica (CARVALHO e CARVALHO, 2002). Os valores característicos dos parâmetros dos lodos sépticos dos Estados Unidos foram anteriormente apresentados nas Tabelas 2 e 4 do presente trabalho.

Com relação à dose máxima permitida para a aplicação de lodo séptico na agricultura, a USEPA recomenda o correspondente às necessidades em nitrogênio de cada variedade cultivada (Anexo C) condições devem ser respeitadas a fim de se evitar deposições em excesso de poluentes no solo, tais como os metais pesados e compostos orgânicos tóxicos.

2.8.3.2 Legislação europeia

Com o intuito de se normatizar o uso de biossólidos na agricultura, preservando a saúde do homem e do meio ambiente e, levando-se em consideração a presença de patógenos e de metais pesados, a Comunidade Econômica Européia (CEE) elaborou a Diretiva 86/278/CEE de 12 de junho de 1986. Esta regulamentação aborda a disposição dos lodos de estações de tratamento de esgotos sanitários e de lodos de fossas sépticas na agricultura, limitando sua aplicação em áreas agrícolas em função da quantidade de metais pesados encontrados nos lodos e nos solos receptores. Esta instrução estabelece também que sejam respeitados os limites de teores de nitrogênio de 210 kg N/ha.ano para o primeiro quadriênio de sua aplicação, conforme regulamentado pela Diretiva 91/676/CEE (CEE, 1991). Os estados-membros possuem autonomia para atribuírem valores limites aos lodos conforme sua utilização, desde que não ultrapassem os estipulados pela diretiva (CARVALHO; CARVALHO, 2002). A tabela 7 apresenta as concentrações limites de poluentes propostas pela Diretiva 86/278 e por estados-membros da Comunidade Econômica Européia.

Tabela 7 Valores limites de concentração de poluentes em lodos para uso agrícola.

Parâmetros	Concentração de poluentes (mg/kg base seca)					
	Europa Diretiva86/ 278	Dinamarca	Alemanha	Suécia	Holanda	Noruega
As		25			0,15	
Cd	20-40	0,8	5-10	2	1,25	2,5
Cr		100	900	100	75	100
Cu	1.000-1.750	1.000	800	600	75	1.000
Hg	16-25	0,8	8	2,5	0,75	3
Ni	300-400	30	200	50	30	50
Pb	750-1.200	60-120	900	100	100	80
Zn	2.500-4.000	4.000	2.000-2.500	800	300	800
PCB			0,2	0,4		
NNP				50		

PCB: Bifenilpoliclorado

NNP: Nonilfenol

Fonte: Cornell Waste Management Institute, 1999

A legislação europeia orienta que para a utilização de lodos na agricultura, os mesmos devem ser previamente tratados por via biológica, química ou térmica de maneira que se reduzam significativamente seu poder de fermentação e os inconvenientes sanitários de sua utilização. No entanto, os estados-membros podem autorizar, conforme determinadas condições, a utilização dos lodos não tratados, sem riscos para os seres humanos ou animais, desde que sejam injetados no terreno ou cobertos com solo. A Diretiva 86/278 estabelece que devem ser analisados os seguintes parâmetros presentes nos lodos de esgotos: matéria seca, matéria orgânica, pH, nitrogênio e fósforo. Dentre os metais, as concentrações de cádmio, cobre, níquel, chumbo, zinco, mercúrio e cromo também devem ser analisadas. Em solos onde o pH for inferior a 6, a mobilidade dos metais no terreno e sua absorção pelas plantas serão potencializadas, conseqüentemente, os valores limites destes parâmetros devem ser ainda menores que os estabelecidos pela diretiva. A Comunidade Europeia orienta que a máxima aplicação anual de lodos de esgotos está relacionada com a presença de metais pesados, tendo como dose máxima de aplicação nos solos um período médio de dez anos. A tabela 8 demonstra os valores limite anuais de metais presentes nos lodos que podem ser aplicados no solo em uma média de dez anos em quilogramas/hectare/ano.

Tabela 8 Valores limite para quantidades anuais de metais pesados aplicados nos solos baseando-se em uma média de dez anos.

Parâmetros	Valores limite em kg/ha/ano
Cádmio	0,15
Cobre	12
Níquel	3
Chumbo	15
Zinco	30
Mercúrio	0,1

Fonte: Adaptado de CEE, 1986

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 PROCEDIMENTOS DE COLETA

Para a realização deste trabalho foram realizadas 4 coletas com uma freqüência de 25 dias, totalizando a quantia total de 21 amostras simples provenientes das 5 empresas coletoras de resíduos sépticos que atuam na cidade de Tubarão, no estado de Santa Catarina. O período das coletas transcorreu de junho a setembro de 2007 e todas as amostras foram provenientes de carregamentos distintos de resíduos sépticos. É importante ressaltar que cada empresa possui apenas um caminhão-tanque.

A empresa denominada como “E” cedeu duas amostras distintas na quarta coleta, este procedimento foi realizado com o intuito de se precaver quanto a uma eventualidade de perda de material a ser analisado.

A participação das amostras por empresa foi definida conforme a Tabela 7.

Tabela 9 Número de amostras cedidas por empresa

Empresas participantes	N.º amostras cedidas				Total de amostras coletadas
	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	4º Coleta	
A	1	1	1	1	
B	1	1	1	1	
C	1	1	1	1	
D	1	1	1	1	
E	1	1	1	2	
Total: 5	5	5	5	6	21

O material foi coletado pelos operadores das empresas participantes do trabalho através das aberturas dos registros dos caminhões-tanques, desprezando-se a fração inicial do lodo, que, dependendo do caso, impedia o fluxo do material. Foram coletadas frações de 2 litros em garrafas PET para as análises físico-químicas e frações de 200 mL em frasco plástico de polietileno autoclavado para análises de coliformes totais e de *Escherichia coli*.

A Figura 2 ilustra a aspiração realizada em um dos tanques sépticos e a forma como as amostras foram coletadas dos caminhões-tanques.



Figura 2 Aspiração de tanque séptico e coleta de material

Após o término da coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo a fim de manter os parâmetros íntegros para as análises, sendo realizada no momento da coleta a identificação numérica das amostras. Em seguida, os frascos foram encaminhados ao Laboratório de Reuso de Águas – LaRA – localizado na Universidade Federal de Santa Catarina para análises.

As questões relacionadas à segurança do trabalho no momento da coleta eram muitas vezes negligenciadas pelos operadores dos caminhões limpa-fossas, havendo exposição ou contato direto com o material coletado dos tanques sépticos. Como riscos ocupacionais encontrados na operação de aspiração dos tanques podem ser citados os agentes biológicos, os químicos, resultantes dos gases de decomposição de esgotos e o fato de muitas vezes os operadores adentrarem nos próprios tanques sépticos caracterizando a função como trabalho realizado em espaço confinado.

3.2 PARÂMETROS E EQUIPAMENTOS

De acordo com os trabalhos consultados como os desenvolvidos por Leite et al. (2006), Meneses (2001), Pinto (2006) e pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), foram selecionados vinte e um parâmetros, dentre eles: pH, condutividade, alcalinidade total, DBO, DQO, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos fixos, sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato,

ortofosfato, teor de óleos e graxas, coliformes totais, *Escherichia coli* e helmintos. Os metais como o cobre, cromo, manganês e zinco também foram analisados.

Os aspectos físico-químicos e biológicos foram avaliados visando não somente o estudo das características do lodo séptico, como também, vislumbrando possíveis processos de tratamento e disposição.

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

O procedimento metodológico das análises teve como base o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA/AWWA/WEF, 1998) para a maioria dos parâmetros, com exceção das análises de helmintos, elementos-traço (metais) e determinação de coliformes totais e de *E. coli*. Para os parâmetros como o ortofosfato, DQO, DBO e a série nitrogenada algumas amostras foram diluídas em virtude da elevada concentração dos lodos.

3.3.1 Determinação do pH e da condutividade

Estes parâmetros foram determinados por via eletrométrica através de instrumentos de bancada como o pH-metro, marca Orion, modelo 210^a e do condutímetro, marca Instrutherm, modelo CDR-870, respectivamente.

3.3.2 Determinação da alcalinidade total

Esta análise foi feita através de método titulométrico verificando-se o volume utilizado de H₂SO₄ a 0,02N para se atingir o pH no valor de 4,5, calculando-se a alcalinidade de acordo com a respectiva fórmula:

$$\text{Alcalinidade total (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{V(\text{mL})\text{H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalidade H}_2\text{SO}_4 \times 50.000}{V(\text{mL})\text{Amostra}}$$

3.3.3 Determinação da Demanda Química de Oxigênio – DQO

O método utilizado consistiu na oxidação orgânica das amostras em refluxo fechado com dicromato de potássio em meio fortemente ácido por 2 horas, a 150° C fazendo, posteriormente, a leitura em espectrofotômetro da marca HACH, modelo 2010, utilizando-se um comprimento de onda de 600 nm.

3.3.4 Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅

Foi utilizado o método Respirométrico com incubação de cinco dias (DBO₅), a 20°C, utilizando-se os sensores de leitura direta de DBO, da marca Velp Scientifica.

3.3.5 Determinação de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e nitrogênio nitrato

Para a análise do nitrogênio em suas diferentes formas, foi utilizado o espectrofotômetro, marca HACH, modelo 2010. O nitrogênio total foi determinado segundo o método de digestão com persulfato alcalino, através de KIT HACH utilizando-se amostras brutas. Para a determinação do nitrogênio na forma amoniacal e na forma de nitrato, as amostras foram filtradas a vácuo utilizando papel filtro Whatman, com diâmetro de poro de 45 µm. Na determinação do nitrogênio na forma amoniacal, utilizou-se o reagente de Nessler e, para a determinação de nitrato, utilizou-se brucina e sulfato de sódio em meio ácido como reagentes.

3.3.6 Determinação de ortofosfato

Este parâmetro também foi realizado com as amostras filtradas a vácuo, utilizando papel filtro Whatman com diâmetro de poro de 45 μm . Para o método de análise foi escolhida a adição de molibdato e metavanadato de amônio em meio ácido, sendo realizada posteriormente a leitura das amostras no espectrofotômetro, marca HACH, modelo 2010.

3.3.7 Determinação dos sólidos

Os sólidos totais, fixos, voláteis e suspensos foram analisados por método gravimétrico que consiste na evaporação da amostra a $100^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, seguida por calcinação a $550^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, tomando-se a diferença de pesos entre estas duas etapas. Utilizou-se, nesta fase, uma estufa marca De Leo, modelo DI 300 e mufla da marca Quimis 318D24.

Para a análise de sólidos sedimentáveis, utilizou-se cones Imhoff, de 1000 mL de capacidade, nos quais as amostras foram depositadas, sendo realizada a leitura após uma hora de permanência nos recipientes. Para se evitar que partículas de sólidos ficassem aderidas às paredes dos cones, a parte interna dos mesmos foi umidecida.

3.3.8 Determinação de óleos e graxas

Para este parâmetro foi utilizado o método de extração com n-hexano em circuito fechado de destilação. A amostra foi inicialmente filtrada a vácuo por meio do conjunto formado por funil de Büchner e frasco de Kitasato, permitindo que a parte oleosa da solução ficasse retida, sendo, posteriormente, depositada em cartuchos de extração. Estes foram inseridos em seguida nos aparelhos de Soxlet conectados a balões de ebulição, contendo n-hexano e permanecendo em refluxo

por aproximadamente 6 horas, sendo o teor de óleos e graxas expresso pela seguinte fórmula:

$$\text{TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS (mg/L)} = \frac{(PBR - PBA) - (PBB - PBR)}{VA}$$

Onde:

- $PBRA$ =peso do balão contendo o residual de óleos e graxas da amostra extraído pelo solvente (g);
- PBA =tara do balão que recolheu o solvente extrator (g);
- PBR =peso do balão contendo o residual acumulado pelo solvente da prova em branco (g);
- PBB =tara do balão que recolheu o solvente da prova em branco (g),
- VA =volume da amostra (L).

3.3.9 Determinação de coliformes fecais e de *Escherichia coli*

A determinação foi realizada através do método Colilert, aprovado pela USEPA (2005), que identifica simultaneamente a presença e quantidade dos coliformes totais e de *E. coli* através de indicação colorimétrica, produzida nas cartelas do kit, após a incubação por 24h.

No caso dos coliformes totais, é produzida uma coloração amarela observável sob luz ambiente. Já, quando ocorre a presença de *Escherichia coli*, há o desenvolvimento de uma fluorescência quando as cartelas são submetidas à exposição de luz ultravioleta.

3.3.10 Análise de helmintos

Foram utilizados os métodos de Bailenger modificado por Ayres & Mara, recomendados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1996) e o método de Faust, citado por Zerbini e Chernicharo (2001). A primeira técnica está baseada em sucessivas centrifugações da amostra em meio tamponado com solução aceto-acética e, posteriormente, centrifugação com éter. Em seguida, prossegue-se com a suspensão dos sedimentos através de solução concentrada de sulfato de zinco, sendo, finalmente, retirada uma alíquota para leitura em câmara de McMaster. Com relação ao método de Faust, o mesmo está fundamentado na suspensão dos sedimentos da amostra mediante o emprego de solução saturada de sulfato de zinco ou cloreto de sódio, conforme adaptação do método. Decorridos vinte minutos desta etapa, retira-se uma pequena alíquota que é depositada sobre uma lâmina de microscópio, corada com lugol e analisada com o emprego das objetivas de 10 e 40X, a fim de se detectar a presença de ovos ou larvas de helmintos.

3.3.11 Análise de elementos-traço metálicos

Para a determinação deste parâmetro, foram seguidos os métodos 3050-B (1996) – Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils e o 3010-A (1992) – Acid Digestion of Aqueous Samples and Extracts for Total Metals for Analysis by FLAA or ICP Spectroscopy, ambos recomendados pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) para análise de metais em espectrofotômetro de absorção atômica de chama. Para esta finalidade, as amostras foram processadas através de digestão ácida, utilizando, conforme o método, ácido clorídrico (p.a.), ácido nítrico (p.a.) e peróxido de hidrogênio (30% em volume), todos oriundos da empresa Merck. O equipamento utilizado para a análise foi o espectrofotômetro de absorção atômica de chama, da marca Varian, modelo Spectraaa-640Z.

As concentrações dos elementos-traço foram determinadas através da seguinte fórmula:

$$\text{CONCENTRAÇÃO (mg/L)} = \frac{A \times B}{C}$$

Onde:

A= leitura efetuado no espectrofotômetro (mg/L)

B= volume final da amostra digerida (mg/L)

C= volume da amostra (mg/L)

3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DAS AMOSTRAS

De posse dos resultados das análises, os mesmos foram submetidos, através do auxílio do programa Statistica 6.0, a tratamentos estatísticos descritivos como indicação dos valores máximos e mínimos, cálculo da média e do desvio padrão e elaboração de histogramas de freqüência. Também foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade das amostras e por fim, apresentado uma matriz de correlação entre variáveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 10 apresenta os resultados gerais obtidos dos parâmetros analisados em relação às amostras coletadas, enquanto que as Tabelas 11, 12 e 13 trazem os resultados individuais dos parâmetros.

Tabela 10 Valores dos parâmetros e suas principais características estatísticas

Parâmetro	Unidade/ atributo	N	n	Média	Mediana	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
pH	-	21	21	6,30	6,30	1,14	4,50	9,32
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	21	21	311,89	197,14	257,56	0,00	968,79
Condutividade	mS/cm	21	21	1,20	1,18	0,65	0,42	2,35
DQO	mg/L	21	21	19.603	2.865	21.078	312	54.325
DBO ₅	mg/L	21	21	3.500	1.725	4.441	129	16.990
N – amoniacal	mg/L	21	21	63,19	72,83	35,49	6,92	128,34
N – nitrato	mg/L	21	21	6,73	2,45	8,77	0,18	32,00
N – total	mg/L	21	21	114,84	122,10	61,98	14,39	251,12
Ortofosfato	mg/L	21	21	70,12	42,90	58,10	10,64	217,20
Teor de Óleos e Graxas	mg/L	21	21	5.208	241	8.847	1	30.983
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	21	21	228,39	82,50	293,58	28,00	975,00
Sólidos Totais	mg/L	21	21	24.902	8.016	34.985	377	126.995
Sólidos Fixos	mg/L	21	21	12.867	1.151	25.466	245	96.647
Sólidos Voláteis	mg/L	21	21	12.036	3.839	14.562	105	40.320
Sólidos Suspensos	mg/L	21	21	16.854	5.080	24.166	215	80.090
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	21	21	9.147	793	18.295	87	65.680
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	21	21	7.707	1.253	9.573	87	31.098
Cromo	mg/L	21	20	3,56	0,76	5,00	0,17	13,27
Manganês	mg/L	21	21	5,67	0,54	11,48	0,09	50,93
Cobre	mg/L	21	8	3,82	2,65	3,39	0,86	10,43
Zinco	mg/L	21	16	3,44	0,49	7,35	0,00	27,69
Coliformes Totais	NMP/100mL	21	12	4,56 x10 ⁷	1,86x10 ⁷	5,83x10 ⁷	7,4x10 ⁴	1,99x10 ⁸
<i>E. coli</i>	NMP/100mL	21	18	1,82x10 ⁷	4,31x10 ⁶	4,67x10 ⁷	1,35x10 ⁴	1,99x10 ⁸
Presença de helmintos	positivo/negativo	21	21	Positivo em 5 amostras				

OBS: “N”= número de amostras analisadas, “n” = número de amostras computadas estatisticamente.

por amostras

d. s)	Coli. Totais nmp	<i>E. Coli</i> nmp	DOO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N. am. (mg/L)	Nitrato (mg/L)	N.total (mg/L)	Ortof. (mg/L)	TOG (mg/l)	Presença de Helmintos
3	>2.419,20E+03	1,83E+05	2.153	1.725	26,88	1,40	56,02	31,72	138	negativo
9	>2.419,20E+03	5,79E+05	605	196	43,90	0,20	58,27	35,26	1	positivo
4	>2.419,20E+03	8,16E+05	2.865	1.359	7,38	0,18	14,39	12,62	9.933	positivo
5	6,83E+07	1,35E+04	36.536	4.578	66,66	4,97	122,10	42,8	135	positivo
5	7,40E+04	<1E+04	39.977	5.266	29,10	3,40	56,74	27,21	30.983	positivo
6	1,05E+07	3,83E+06	26.893	6.700	45,75	4,15	68,75	55,2	21.070	negativo
3	1,12E+08	1,19E+07	44.190	4.500	81,25	1,50	121,37	45,7	7.042	negativo
4	>2.418,2E4	1,73E+07	574	192	74,13	0,82	133,52	34,34	4	negativo
4	1,99E+08	5,20E+05	39.850	2.400	28,00	2,45	125,20	92,55	7.386	negativo
1	1,05E+07	7,70E+06	312	129	103,20	0,49	226,34	217,20	65	negativo
3	2,14E+07	5,20E+05	45.455	16.990	101,88	22,00	251,12	186,25	1.627	negativo
3	>2.418,2E4	1,99E+08	22.375	10.700	107,50	15,75	183,27	146,06	5.991	negativo
1	zero	zero	747	368	76,72	0,74	123,00	109,83	81	positivo
4	3,73E+06	1,95E+06	54.325	10.300	90,57	32,00	127,42	108,83	1.435	negativo
0	>2.418,2E4	>2.418,2E5	909	610	72,83	1,21	112,00	42,90	241	negativo
9	1,57E+07	4,79E+06	429	390	6,92	1,27	32,33	10,64	67	negativo
3	>2.419E5	5,17E+07	430	305	13,33	1,32	61,24	16,60	20	negativo
2	4,61E+07	1,52E+07	370	348	52,10	14,20	68,26	17,31	69	negativo
7	>2.419,2E5	4,10E+05	47.685	3.350	93,60	18,80	154,55	100,90	22.060	negativo
0	1,11E+07	5,04E+06	816	790	128,34	5,70	180,00	42,00	112	negativo
1	4,88E+07	7,03E+06	44.165	2.300	77,00	8,75	135,74	96,50	918	negativo

cal.: Alcalinidade Total; Cond.: Condutividade; Coli. Totais: Coliformes Totais; *E. Coli.*: *Escherichia Coli*; DQO: Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias; Nitrogênio am.: Nitrogênio Amoniacal. Ortof.: Ortofosfato; TOG: Teor de Óleos e Graxas.

S.T. (mg/L)	S.F. (mg/L)	S.V. (mg/L)	S.S. (mg/L)	S.S.F (mg/L)	S.S.V (mg/L)
1.089	264	825	653	87	566
757	422	335	353	109	244
15.555	1.151	14.404	10.524	793	9.731
126.995	96.647	30.348	72.222	56.731	15.491
42.985	6.253	36.732	32.682	1.584	31.098
92.570	72.455	20.115	80.090	65.680	14.410
46.222	24.173	22.049	38.080	17.140	20.940
555	263	292	215	106	109
12.923	2.870	10.053	7.753	2.009	5.744
1.128	857	271	532	347	185
8.016	4.177	3.839	5.080	3.827	1.253
61.039	24.538	36.501	41.036	18.127	22.909
947	371	576	404	144	260
51.096	22.701	28.395	31.600	14.400	17.200
1.666	482	1.184	1.022	170	852
684	424	260	456	282	174
458	353	105	289	202	87
377	245	132	298	196	102
42.276	1.956	40.320	24.012	7.986	16.026
908	506	402	433	322	111
14.703	9.092	5.611	6.200	1.850	4.350

S.T.: Sólidos Totais; S.F.: Sólidos Fixos; S.V.: Sólidos Voláteis; S.S. Sólidos Suspensos;
Sólidos Suspensos Voláteis.

ação Inorgânicos

	Cobre	Manganês	Zinco
	N.D	0,1860	0,2317
	N.D	0,3387	0,0710
	N.D	0,2882	0,3520
	N.D	3,0904	8,4648
	1,1005	2,8730	>41
	10,4290	50,9293	27,6881
	2,3518	7,9499	12,4074
	N.D	0,2459	0,2660
	1,0404	2,5448	>41
	N.D	0,0949	0,0024
	2,9509	9,1165	>41
	6,6829	16,8334	>41
	N.D	0,1978	0,5369
	5,1830	15,0668	>41
	N.D	0,1283	0,1652
	N.D	5,3415	0,5327
	N.D	0,3759	0,0849
	N.D	0,2234	0,4539
	N.D	0,5369	1,2767
	N.D	0,2539	0,5781
	0,8571	2,4386	1,8818

4.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS AMOSTRAS ANALISADAS

4.1.1 pH

A determinação da atividade dos íons hidrogênio nas amostras apresentou um dos menores desvios-padrão encontrados nas análises dos parâmetros, resultando no valor de 1,14 e apresentando média aritmética de 6,30.

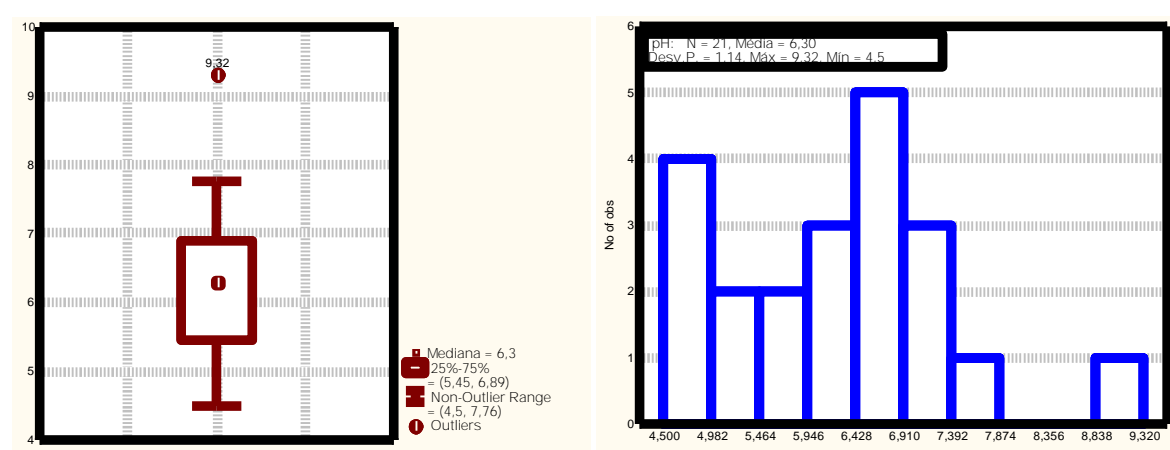


Figura 3 Distribuição do pH nas amostras analisadas.

Tendo em vista os gráficos apresentados na Figura 3, observa-se que 25% das amostras (1º quartil) obtiveram valores de pH de até 5,45, ao passo que 75% (3º quartil) atingiram valores de até 6,89.

O valor máximo de 9,32 do pH mostra um dado discrepante (outlier), que é um ponto demasiadamente afastado da concentração dos dados. Este fato enfatiza a característica heterogênea das amostras e é mais claramente observado pela demonstração do histograma apresentado na Figura 3.

De acordo com o Decreto 14.250/81 do Estado de Santa Catarina, a faixa de pH para lançamento de efluentes em corpos receptores está situada no intervalo entre 6 e 9. Desta forma, observa-se que este limite foi ultrapassado em uma frequência de 42,96% dos casos observados.

Outro fato a se considerar são as condições dos valores de pH relacionadas aos tratamentos biológicos. De acordo com Nunes (2004), nos sistemas aeróbios, a faixa ótima de pH para os microorganismos situa-se entre 6,5 e 8,5; enquanto que

nos sistemas anaeróbios, esta faixa está compreendida entre 6,8 e 7,2. Em relação aos despejos avaliados, 71,4% das amostras estavam fora da faixa ótima para desenvolvimento de microorganismos em condições anaeróbias. Possivelmente este fato esteja relacionado com a origem dos despejos formadores dos lodos sépticos analisados e com o grau de estabilização da matéria orgânica por vias anaeróbias.

Nunes (2004) comenta ainda que as condições do pH interferem diretamente na cinética das reações e na toxidez de certos compostos como a amônia, que é facilmente liberada quando o pH atinge valores maiores que 9,5, além de contribuírem para a formação de sulfetos e dissolução de metais quando o pH se apresenta ácido.

4.1.2 Alcalinidade total

A alcalinidade de águas residuárias e lodos é devida a presença de íons como hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos de elementos ou substâncias como cálcio, magnésio, sódio e amônia. De acordo com os valores encontrados, verifica-se uma ampla variação para este parâmetro caracterizada pelos valores extremos de 0,00 e 968,76 mg de CaCO_3/L .

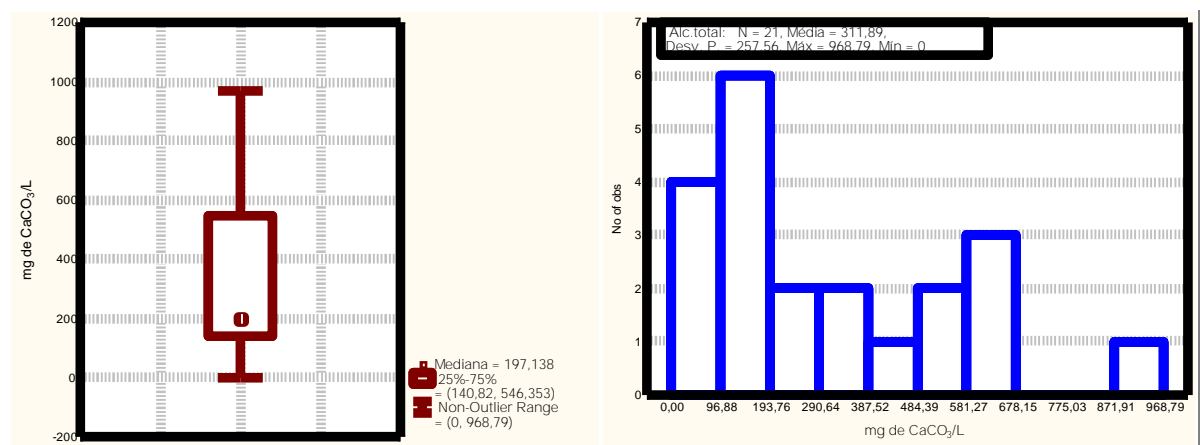


Figura 4 Distribuição da alcalinidade total nas amostras analisadas.

Na Figura 4, através do gráfico de Box e Whisker, observa-se um distanciamento das médias e da mediana, as quais apresentam os valores de 311,89 mg de CaCO_3/L e 197,14 mg de CaCO_3/L , respectivamente. O desvio-padrão

foi de 257,56 mg CaCO₃/L não chegando a apresentar, porém, nenhum valor que se distanciasse da concentração dos dados (discrepante).

Sawer et al. (2001), comparando a alcalinidade com valores de pH, comentam que amostras que contêm como forma predominante de alcalinidade o íon bicarbonato, apresentam pH menores ou iguais a 8,3. No presente trabalho, conforme o histograma da Figura 4, observa-se que 95% das amostras analisadas apresentaram pH inferior a este valor. Desta maneira, pode-se concluir que a forma predominante de alcalinidade das amostras foi devida à presença de íons bicarbonato.

Verificou-se que a amostra n.º19 apresentou alcalinidade de 0,0 mg CaCO₃/L, deduzindo-se que todas as formas de alcalinidade como hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos foram neutralizadas. Isto pode estar relacionado com a origem dos esgotos destinados ao tanque séptico, já que o material analisado apresentou um pH de 4,5. Este valor não se mostra compatível quando comparado aos valores de pH encontrados nos trabalhos de Paula Júnior et al. (2003) e Meneses (2001) referentes a lodos de tanques sépticos. Este fato sugere a possibilidade da contribuição de despejos industriais na formação dos lodos sépticos analisados no presente trabalho.

4.1.3 Condutividade

A condutividade é a medida da capacidade de uma solução de conduzir corrente elétrica e varia de acordo com o tipo e número de íons que esta contém. Segundo Metcalf e Eddy (2003), o valor da condutividade está relacionado com a quantidade de sais dissolvidos numa amostra.

De acordo com as observações, verifica-se que a média e a mediana não se distanciaram consideravelmente, apresentando os valores de 1,20 mS/cm e 1,18 mS/cm, respectivamente. Com relação à distribuição dos quartis, percebe-se que 25% das amostras (1º quartil) obtiveram valores de até 0,643 mS/cm, ao passo que 75% (3º quartil) atingiram valores de até 1,57 mS/cm, conforme apresentado na Figura 5.

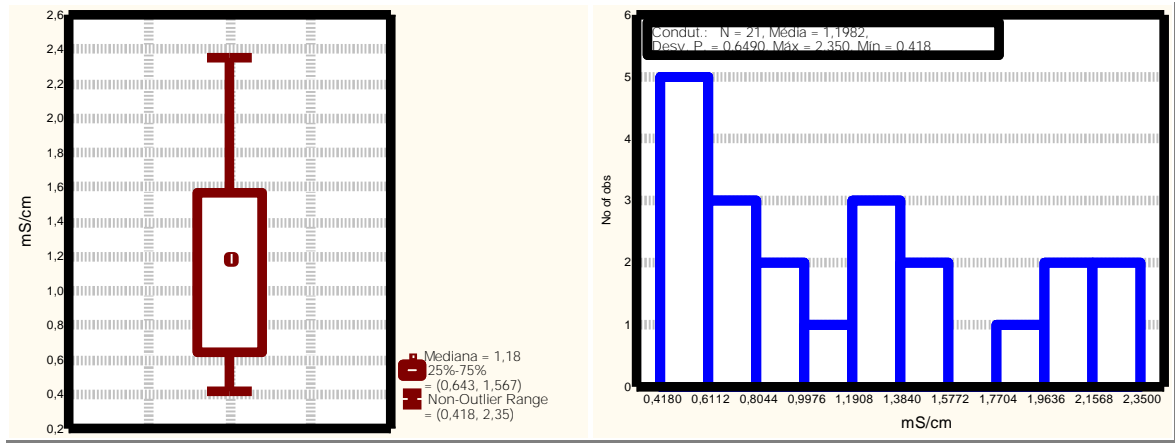


Figura 5 Distribuição da condutividade nas amostras analisadas.

O desvio-padrão da condutividade atingiu o valor de 0,65 mS/cm com uma amplitude amostral de 1,93 mS/cm, tendo como valores máximos 0,42 e 2,35 mS/cm. De acordo com Sawyer et al. (2000), a corrente elétrica somente é conduzida numa solução através de íons, desta forma, as espécies não ionizadas de ácidos ou bases fracas não conduzem corrente elétrica. A condutividade está relacionada à concentração de sólidos dissolvidos e com a quantidade de sais em solução de uma amostra.

4.1.4 Coliformes totais e *Escherichia coli*

Dentre os parâmetros biológicos foram analisadas as concentrações de coliformes totais e de *Escherichia coli*, atribuindo-se maior ênfase a este último microorganismo por ser o agente indicador mais utilizado na verificação de contaminação por fezes e estar restrito ao trato intestinal de animais de sangue quente.

Em relação à técnica de análise, foi utilizado o método cromogênico Colilert, que calcula o número mais provável de microorganismos mediante leituras comparativas realizadas em tabelas de dados. As amostras de número 5 e 15 mesmo diluídas extrapolaram esta faixa de leitura, ficando respectivamente, abaixo do valor mínimo de coliformes (1×10^4) e acima do valor máximo estipulado na tabela (2.418×10^5), não sendo computadas estatisticamente. Do mesmo modo procedeu a

amostra de número 13, a qual não foi possível de se realizar a leitura devido a erros operacionais (vide apêndice A).

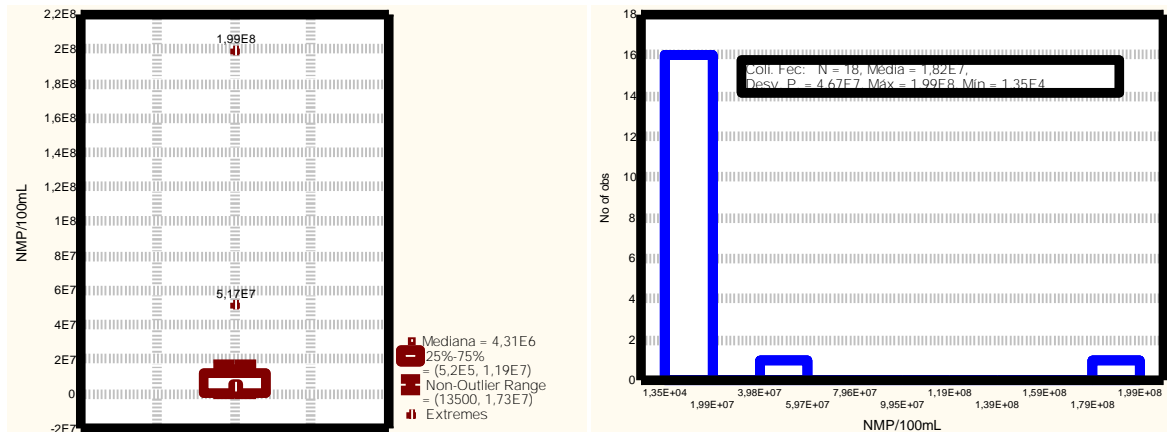


Figura 6 Distribuição da concentração de coliformes fecais nas amostras analisadas.

De acordo com a Figura 6, observa-se pelo gráfico Box-plot que a distribuição dos dados de coliformes fecais está situada em uma faixa localizada entre os valores $1,35 \times 10^4$ e $1,73 \times 10^7$ NMP/100mL, apresentando ainda dois pontos extremos, o $5,17 \times 10^7$ e o $1,99 \times 10^8$ NMP/100mL. Quanto à visualização do histograma, percebe-se que a região compreendida entre $1,35 \times 10^4$ e $1,99 \times 10^7$ NMP/100mL foi verificada em uma frequência de 16 observações.

Os valores mínimos encontrados para este parâmetro estão abaixo dos analisados por Fernandes e Souza (2001), quando analisaram lodos sépticos brutos da região de Curitiba, ocorrendo a mesma situação quando foram comparados com os valores orientativos estabelecidos pela USEPA (1994) de caracterização de lodo séptico, conforme ilustrado na Tabela 14.

Tabela 14 Valores limites de E. coli encontrados no presente estudo comparados a diferentes referências.

Número mais provável de E. Coli/100 mL			
	Valores encontrados no trabalho	Valores segundo Fernandes e Souza (2001)	Valores segundo a USEPA (1994)
Mínimo	$1,35 \times 10^4$	$1,4 \times 10^8$	10^6
Máximo	$1,99 \times 10^8$	10^9	10^8

4.1.5 Demanda bioquímica de oxigênio – DBO

A DBO pode ser definida como a medida da quantidade de oxigênio requerida por microorganismos aclimatados para degradar biologicamente a matéria orgânica em despejos líquidos (HENRY e HEINKE, 1999). Esta variável, quando avaliada nos lodos de tanques sépticos analisados, apresentou uma média de 3.499,81 mg/L, mediana de 1.725,48 mg/L e um desvio padrão de 4.441,51 mg/L. No gráfico Box-Plot (Figura 7), o valor discrepante (outlier) de 16.990 mg/L confirma a dispersão dos dados analisados em relação a este parâmetro.

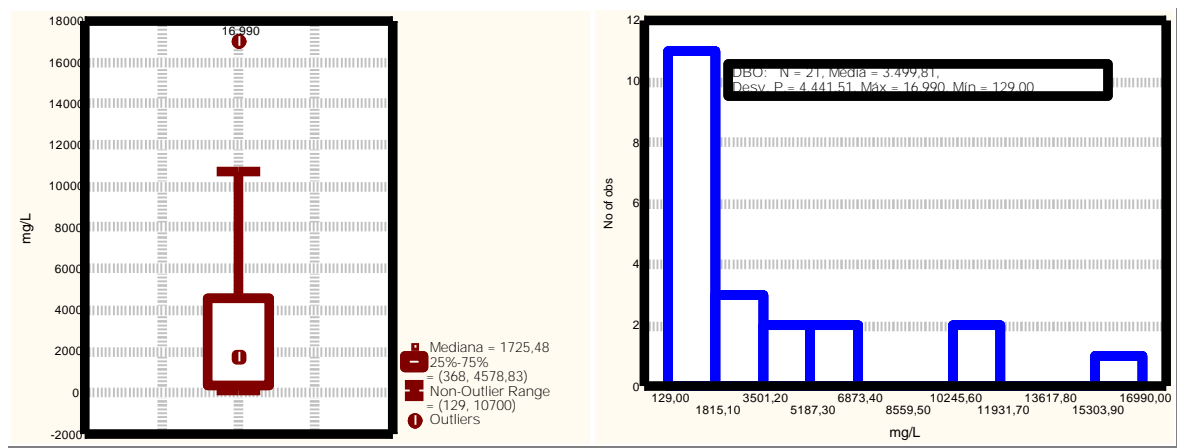


Figura 7 Distribuição da concentração de DBO nas amostras analisadas.

Esta variabilidade nos valores da DBO pode estar relacionada à frequência de limpeza dos tanques sépticos aspirados, tendo em vista os valores de contribuição diária de lodo fresco estabelecidos pela ABNT (1993), conforme o Anexo D. Desta forma, em tanques sépticos que apresentam um longo intervalo entre as limpezas, encontra-se um volume maior de material orgânico acumulado.

O valor superior de DBO para caracterização de lodos de tanques sépticos proposto pela USEPA (1994) é de 78.600 mg/L. Desta forma, as amostras analisadas estão de acordo com o valor de DBO característico dos lodos norte-americanos.

Já com relação aos limites de lançamento de efluentes, o Decreto 14.250/81 do Estado de Santa Catarina estipula um valor máximo de 60 mg/L ou a redução de 80% do valor inicial da DBO, contida no efluente. Sendo assim, todos os valores das 21 amostras estudadas superam este limite de emissão. A DBO média encontrada

supera aproximadamente 58 vezes o valor máximo de lançamento previsto, indicando que os lodos sépticos analisados não podem ser lançados no meio ambiente sem que sofram um tratamento prévio.

4.1.6 Demanda química de oxigênio - DQO

Por definição esta variável permite medir a quantidade de matéria orgânica oxidada a dióxido de carbono e à água através de meios químicos, possuindo, na maioria das vezes, valores mais elevados que a DBO (SAWYER et al., 2001).

Nas amostras analisadas, este parâmetro apresentou-se com uma variabilidade acentuada, tendo sido obtidos valores de média e mediana iguais a 19.602 mg/L e 2.865 mg/L, respectivamente, com um desvio padrão de 21.078 mg/L e valores extremos de 312,70 e 54.325 mg/L. Esta variabilidade pode estar relacionada às diferentes origens dos rejeitos coletados, bem como ao grau de estabilidade dos lodos armazenados nos tanques sépticos.

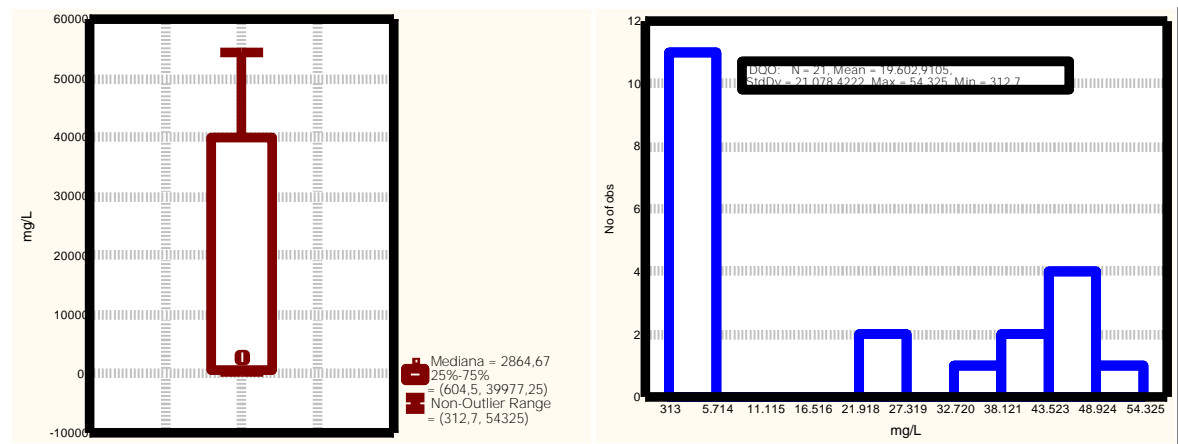


Figura 8 Distribuição da concentração da DQO nas amostras analisadas.

Conforme a Figura 8, pelo gráfico de Box e Whisker, percebe-se que 50% das amostras apresentaram valores da DQO entre 604,5 mg/L e 39.977,25 mg/L (2º e 3º quartil) e pelo histograma de freqüência, verifica-se que 11 das 21 amostras (52,35%) obtiveram valores de até 5.714 mg/L.

Comparando estes limites com os dados de caracterização de lodo séptico da USEPA (1994), observa-se que o valor mínimo de 312,70 mg/L encontrado nas

análises das amostras, fica abaixo do valor inferior de 1.500 mg/L estipulado por esta entidade. No entanto, o valor extremo de DQO de 54.325 mg/L encontrado no presente estudo, fica abaixo da concentração máxima de DQO estabelecida pela USEPA de 703.000 mg/L para a para caracterização de lodos de tanques sépticos.

Os níveis de DQO foram também submetidos à comparação com os valores da DBO com o intuito de avaliar a biodegradabilidade dos resíduos estudados. As relações DQO/DBO para as amostras avaliadas estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 15 Relação DQO/DBO

Amostras	Relação DQO/DBO
1	1,25
2	3,08
3	2,11
4	7,98
5	7,59
6	4,01
7	9,82
8	2,99
9	16,60
10	2,42
11	2,68
12	2,09
13	2,03
14	5,27
15	1,49
16	1,10
17	1,41
18	1,06
19	14,23
20	1,03
21	19,20
Média	5,21

De acordo com Braile e Cavalcanti (1979), quando a relação DQO/DBO mostra-se muito maior que 2, ocorre nos despejos a presença de matéria orgânica não biodegradável. Este fato ocorreu em 8 das 21 amostras analisadas. Outro fato a ser mencionado é que o valor da relação DQO/DBO também pode estar ligado à

idade do lodo e conseqüentemente ao seu grau de estabilização, quanto maior a idade, mais estabilizado se encontra um lodo e menor o valor desta relação.

A Figura 9 apresenta os resultados de DQO e DBO para as amostras analisadas, observando-se a relação entre os dois valores.

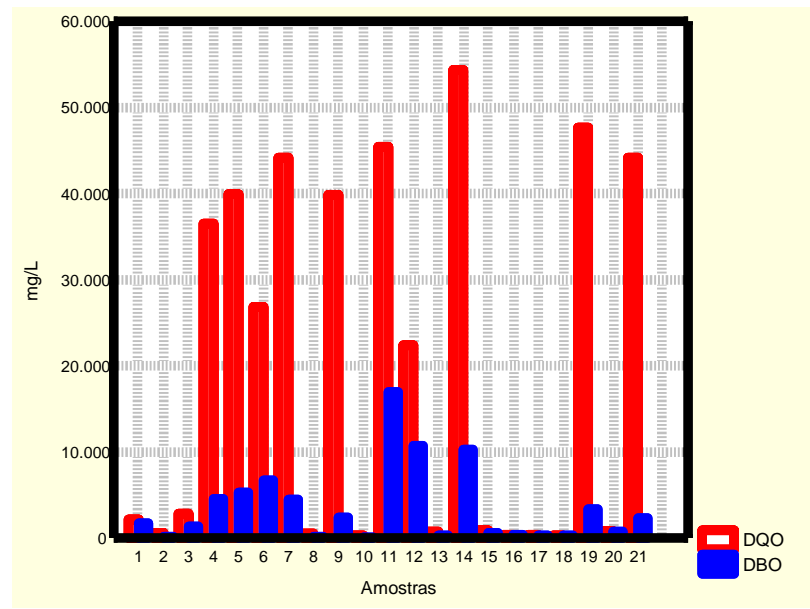


Figura 9 Comparação de valores de DQO e DBO por amostras.

4.1.7 Nitrogênio

Segundo Braile e Cavalcanti (1979), em despejos orgânicos o nitrogênio aparece combinado em quatro tipos de compostos: os amoniacais, os orgânicos, os sais nítricos e os nitrosos. Quanto à proporção destes constituintes, Sawyer et al. (2001) citam que em despejos recentes a maior parte de nitrogênio inicialmente está na forma de nitrogênio orgânico (proteínas) e amoniacal. À medida que o tempo passa, o nitrogênio orgânico se converte gradualmente em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, em condições aeróbias ocorre a oxidação da amônia em nitritos e nitratos. O nitrogênio na formas de nitrito e nitrato raramente são encontrados em concentrações maiores que 1 mg/L, incluindo em estações de tratamento de esgotos.

Na Figura 10 são apresentados os valores da concentração das três formas de nitrogênio analisadas - N-total, N-amoniacal e N-nitrato. Na seqüência, tem-se a avaliação individual das formas nitrogenadas.

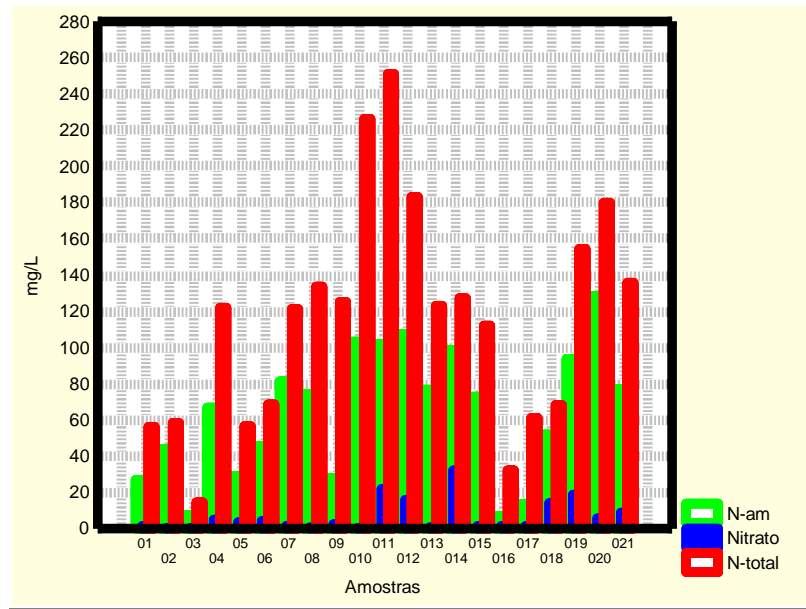


Figura 10 Concentração das diferentes formas de nitrogênio encontradas nas 21 amostras.

Conforme observado na Figura 10, percebe-se que há um predomínio dos valores das concentrações de nitrogênio amoniacal em relação aos valores encontrados de nitrato. Isto demonstra, de acordo com Sawyer et al. (2000), as condições anaeróbias geralmente encontradas nos tanques sépticos, onde a oxidação do nitrogênio na forma amoniacal para a forma de nitrato é reduzida. No entanto, as amostras analisadas apresentaram concentrações de até 32 mg/L de nitrato, isto pode estar relacionado à origem dos despejos ou mesmo à irregularidades no desempenho de alguns tanques sépticos.

4.1.7.1 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal ou amônia existe em soluções tanto na forma de íon (NH_4^+), como na forma livre não ionizada e tóxica (NH_3), de acordo com o pH do meio e conforme o seguinte equilíbrio:



Os gráficos apresentados na Figura 11 demonstram que as concentrações do nitrogênio amoniacal se encontram numa faixa distribuída entre os valores de 6,92 e 128,34 mg/L, sendo 25% dos dados encontrados até o limite de 26,10 mg/L (1º quartil) e 75% até 93,60 mg/L (3º quartil). Os valores da média e da mediana foram respectivamente 63,57 mg/L e 72,83 mg/L, enquanto que os valores médios encontrados por Paula Júnior et al. (2003) foram de 116 mg/L e de Rocha e Sant'anna (2005) de 768,46 mg/L. Isto sugere que os lodos sépticos analisados possuem um maior grau de estabilização, considerando-se que quanto maior o índice de amônia, menos estabilizado é um rejeito.

Nenhum valor se distanciou demasiadamente da área de concentração dos pontos (valores discrepantes), conforme se pode observar pelo gráfico de Box e Whisker (Figura 11).

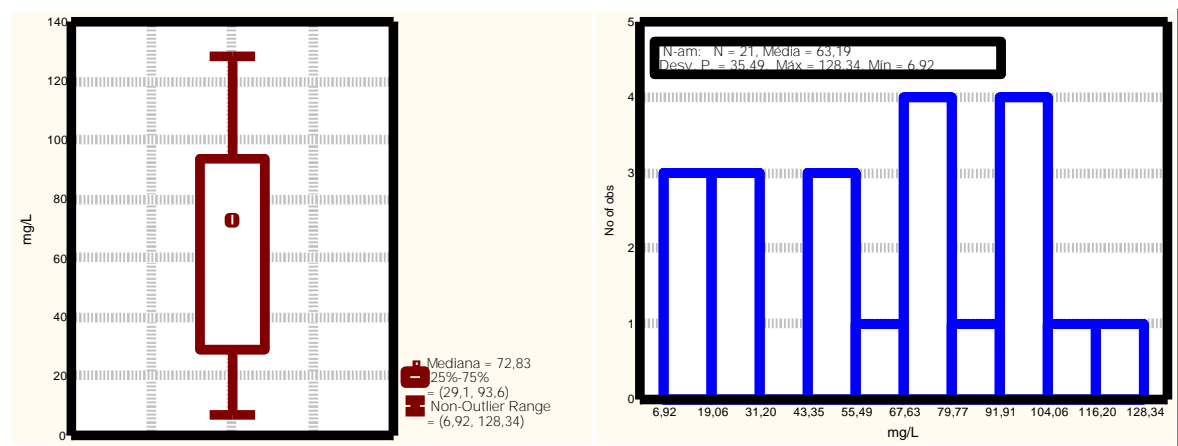


Figura 11 Distribuição da concentração do nitrogênio amoniacal nas amostras analisadas.

Dezoito das vinte e uma amostras analisadas ultrapassaram o limite de 20,0 mg/L estipulado pela Resolução N.º 357 de 17/03/2005 do CONAMA com relação ao nitrogênio amoniacal total. Se for considerada a média das concentrações de nitrogênio amoniacal encontrada, a mesma extrapola este limite em aproximadamente três vezes. A USEPA (1994) apresenta como valores de caracterização de lodo séptico a faixa de 3 a 116 mg/L. Desta forma, verificou-se que apenas uma das amostras analisadas de lodos de tanques sépticos ultrapassou estes valores, atingindo a concentração de 128,34 mg/L.

4.1.7.2 Nitrato

A concentração média de nitrogênio na forma de nitrato de 6,73 mg/L encontrada nos lodos de tanques sépticos analisados apresentou-se elevada se comparada aos valores médios encontrados em outras pesquisas. Meneses (2001), analisando 12 amostras de resíduos de tanques sépticos em Natal (RN), encontrou uma média de 1,87 mg/L, enquanto Rocha e Sant'anna (2005) encontraram uma média de 1,79 mg/L nos despejos aspirados por quatro empresas limpa-fossas no município de Joinville (SC).

A Figura 12 traz a distribuição do nitrogênio na forma de nitrato nas 21 amostras analisadas de lodos sépticos.

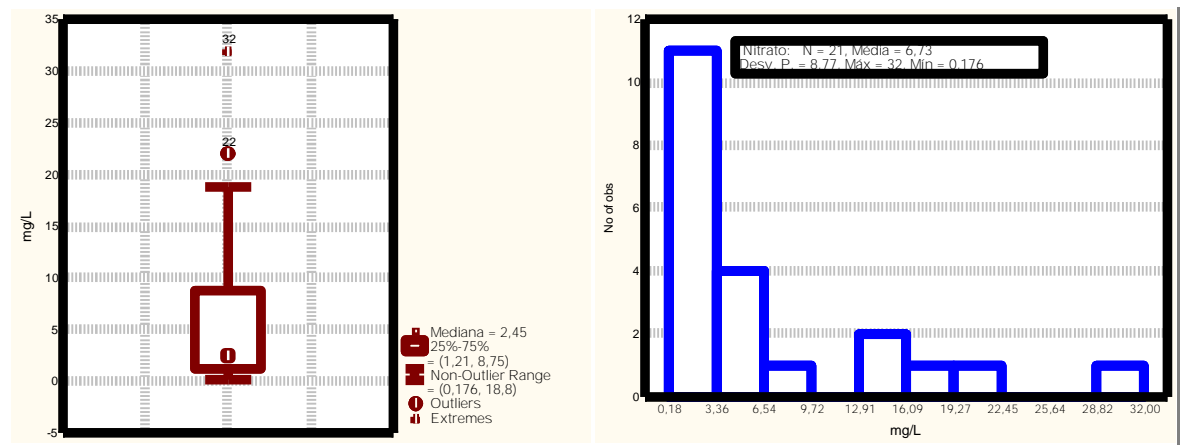


Figura 12 Distribuição da concentração do nitrogênio na forma de nitrato nas amostras analisadas.

Seguindo uma variabilidade característica das amostras, este parâmetro demonstrou uma amplitude de 31,82 mg/L conforme os limites encontrados de 0,18 e 32,00 mg/L, sendo este último considerado como um ponto demasiado distante da distribuição dos dados que é conhecido como dado discrepante (outlier).

As amostras apresentaram também um ponto extremo de 22 mg/L e um desvio-padrão de 8,77 mg/L.

4.1.7.3 Nitrogênio total

O parâmetro analisado como nitrogênio total reúne as somas do nitrogênio amoniacal, orgânico e na forma de nitrito e nitrato. Pela observação dos gráficos da Figura 13, percebe-se que a média e a mediana tiveram valores próximos, respectivamente, 114,84 mg/L e 122,10 mg/L. Meneses (2001) obteve o valor médio em suas pesquisas para este parâmetro de 117,26 mg/L enquanto que a média atingida de Leite et al. (2006) foi de 588 mg/L. Este fato ressalta a heterogeneidade das amostras em função da origem e da estabilização dos lodos de tanques sépticos analisados.

De acordo com os gráficos de Box e Whisker e do histograma de freqüência apresentados na Figura 13, para os parâmetros de nitrogênio total, observa-se a diversidade dos valores obtidos evidenciada pelo desvio padrão de 61,98 mg/L. O valor mínimo encontrado para o nitrogênio total foi de 14,39 mg/L, enquanto que o máximo foi de 251,12 mg/L. Verifica-se ainda que 50% dos dados amostrados estão compreendidos entre os valores de 61,24 e 135,74 mg/L.

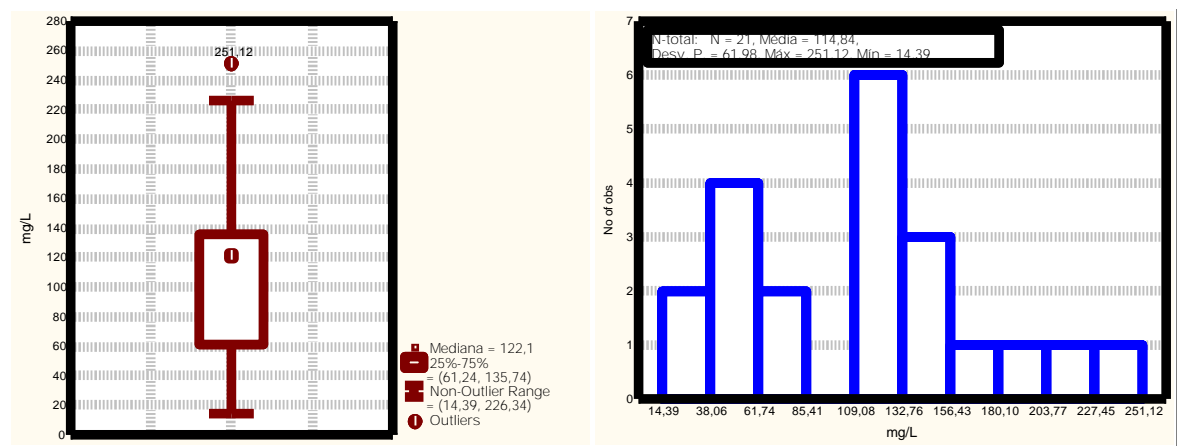


Figura 13 Distribuição da concentração do nitrogênio total nas amostras analisadas.

Os limites deste parâmetro no meio ambiente, tendo como base o Decreto 14.250/81 do Estado de Santa Catarina, ultrapassaram em média 12,2 vezes o valor máximo permitido, considerando-se um limite de 10,0 mg/L de nitrogênio total para os padrões de lançamento de despejos em trechos de corpos d'água contribuintes de lagoas, lagunas e estuários. Vale lembrar que o Decreto 14.250/81 de Santa

Catarina é mais restritivo que a Resolução 357 de 17/03/2005, quando se compara os valores limites de nitrogênio nos lançamentos de efluentes líquidos.

4.1.8 Ortofosfato

O fósforo encontrado em esgotos e lodos domésticos provém das excretas humanas e, principalmente, dos detergentes utilizados em substituição cada vez mais crescente aos sabões (SAWYER et al., 2001). Para o caso em estudo, o teor de fósforo foi determinado na forma de ortofosfato (H_3PO_4 , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-}). A distribuição dos dados ocorreu de maneira similar quanto à dispersão, se comparado com os outros parâmetros das amostras. A concentração média de ortofosfato encontrada foi de 70,12 mg/L, mostrando-se alta se comparada aos valores médios de fósforo total de 46,0 mg/L encontrado por Pinto (2006) em lodos de tanques sépticos de Florianópolis (SC).

A Figura 14 demonstra a distribuição dos dados por intermédio dos gráficos de Box e Whisker e pelo histograma de freqüência.

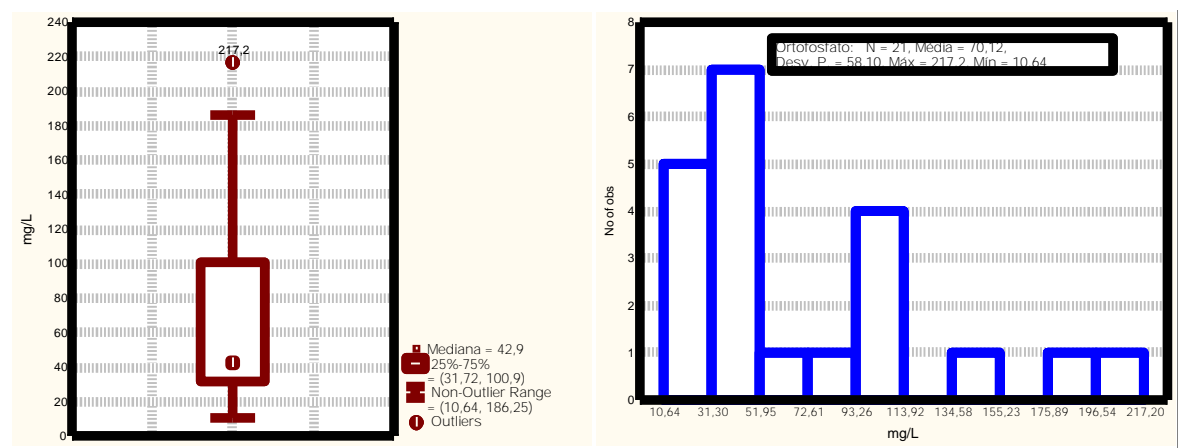


Figura 14 Distribuição da concentração do ortofosfato nas amostras analisadas.

As amostras apresentaram um desvio padrão de 58,10 mg/L e valores limites de 10,64 e 217,20 mg/L. Verificou-se ainda um valor discrepante (outlier) no ponto 217,2 mg/L pertencente à amostra n.º 10.

O Decreto 14.250/81 do Estado de Santa Catarina traz como limite de fósforo total para lançamentos em trechos de corpos de água contribuintes de

lagoas, lagunas e estuários o valor de 1 mg/L. Assim, todas as amostras analisadas ultrapassaram o teor de ortofosfato em, no mínimo, 10 vezes o valor máximo de lançamento.

4.1.9 Teor de óleos e graxas - TOG

O termo óleos e graxas é aplicado a uma grande variedade de substâncias orgânicas que se extraem das soluções aquosas ou das suspensões, mediante um solvente apropriado. Estas substâncias resumem-se em hidrocarbonetos, ésteres, óleos, graxas, ceras e ácidos graxos de alto peso molecular.

De acordo com a Figura 15, percebe-se uma tendência na distribuição dos dados entre os valores 1 e 9.933 mg/L que, no entanto, é modificada pelos extremos das amostras 6 e 19 com seus respectivos valores de 21.070 e 22.060 mg/L e pelo dado discrepante apontado pelo valor de 30.983 mg/L, resultante da amostra de número 5. É importante comentar que as amostras de número 5 e 19 lembravam odores característicos de caixas de gordura, ao passo que a amostra 6 exalava odor de óleo mineral. Foi possível verificar visualmente que, nestas amostras, havia duas fases distintas formadas por uma camada sobrenadante de óleo e outra camada mais densa que ocupava a parte inferior dos recipientes de análises.

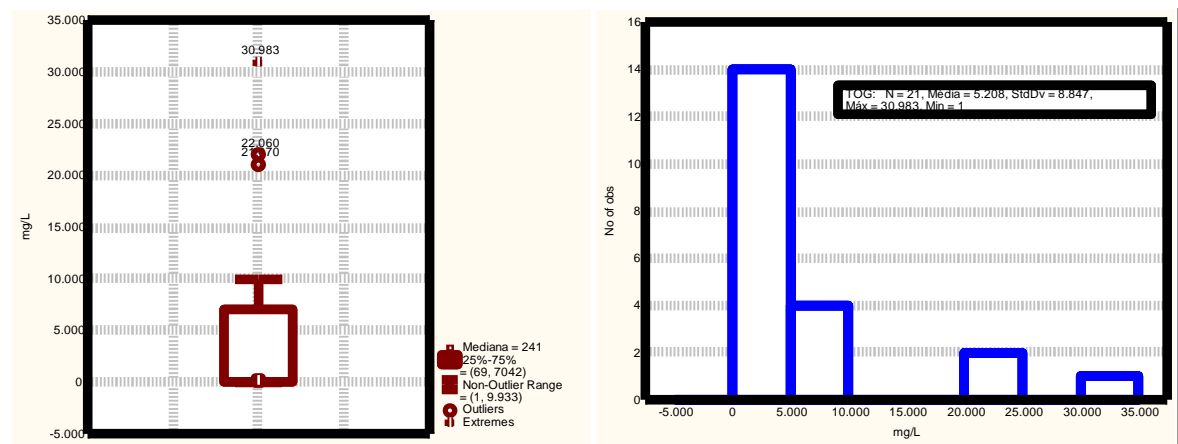


Figura 15 Distribuição da concentração do teor de óleos e graxas nas amostras analisadas.

A variabilidade na caracterização das amostras em relação à variável óleos e graxas se evidenciou ainda pelos valores da média e da mediana, que resultaram respectivamente em 5.208 e 241 mg/L, ao passo que o desvio padrão apresentou-se na faixa dos 8.847 mg/L. Belli Filho et al. (2002) encontraram em amostras de lodo sépticos um valor médio de 326,54 mg/L. A variação no teor de óleos e graxas está ligada à coleta de rejeitos provenientes de caixas de gorduras que também são aspiradas em conjunto com os tanques sépticos por caminhões limpa-fossas e pela contribuição de despejos provenientes de oficinas mecânicas e postos de combustíveis.

O Decreto 14.250/81 do Estado de Santa Catarina estabelece como limites de lançamentos de efluentes a concentração de 20,0 mg/L de óleos minerais e de 30,0 mg/L para óleos vegetais e animais. Das vinte e uma amostras analisadas, dezoito ultrapassaram o limite de 30 mg/L, encontrando-se um valor máximo de 30.983 mg/L. A técnica de análise utilizada não discriminou se a origem dos óleos e graxas provém de fontes minerais, animais ou vegetais.

4.1.10 Presença de helmintos

Para as análises deste parâmetro foi utilizado inicialmente o método baseado no princípio da sedimentação desenvolvido por Bailenger (1979), modificado por Ayres & Mara (1996), recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 1996). No entanto, este método não se mostrou eficaz para detecção e contagem de helmintos em lodos sépticos, embora utilizado por pesquisadores como Menezes (2001). Desta forma, foi necessário o auxílio do método qualitativo elaborado por Faust (1939 apud ZERBINI e CHERNICHARO, 2001) para a confirmação deste parâmetro, o qual se fundamenta no princípio da suspensão dos sedimentos, através do emprego de solução salina saturada. Não foi realizada a análise de viabilidade dos ovos nas amostras.

Conforme indicado na Figura 16, observou-se a presença de helmintos em apenas 5 amostras, ou aproximadamente 24%, tendo sido identificado os ovos de *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e de Ancilostomídeos.

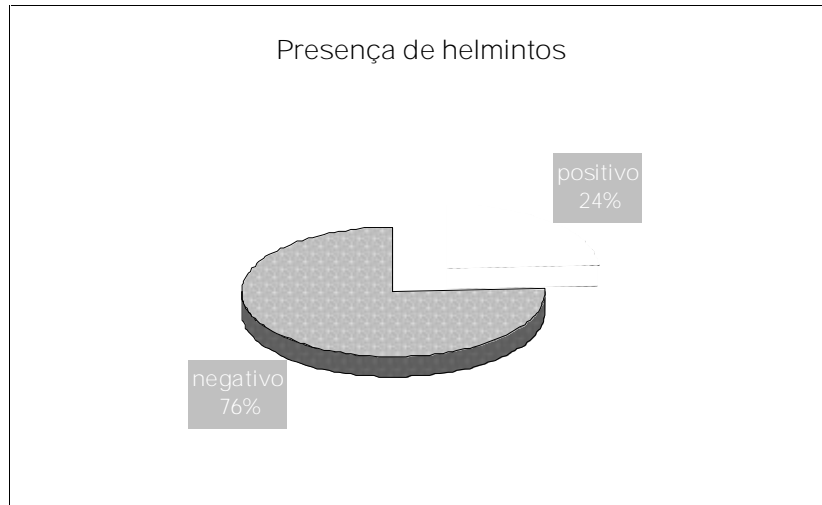


Figura 16 distribuição da presença de helmintos nas amostras analisadas.

A Figura 17 mostra os diferentes tipos de ovos de helmintos encontrados nas amostras de lodos sépticos.

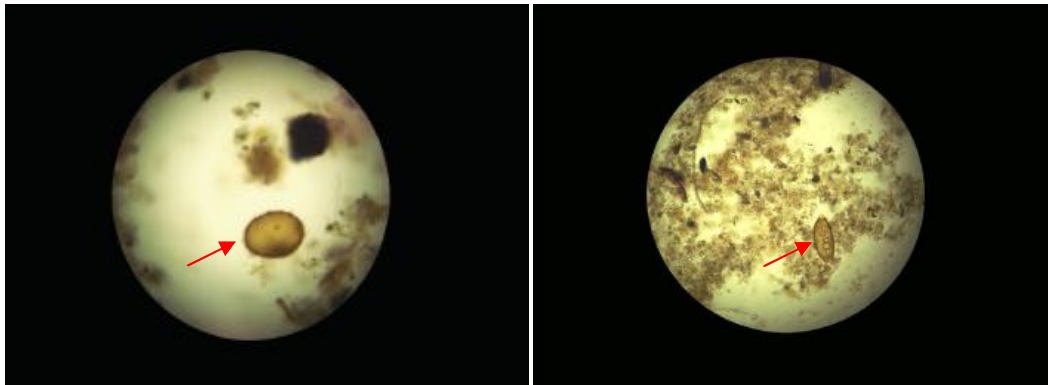


Figura 17 Ovos de *Ascaris lumbricoides* e de *Trichuris trichiura*, respectivamente, encontrados nas amostras n.º 3 e 4.

De acordo com Bastos et al. (2003) a prevalência de helmintoses costuma ser mais elevada em crianças e adolescentes pertencentes à população de baixa renda, embora não se tome isto como regra geral. Para tanto, os autores acima citados ilustram esta afirmação com os dados da pesquisa realizada por Heller et al. (2002), no município de Viscosa MG, que envolveu 3.463 exames parasitológicos, onde se verificou que 12,5% das amostras estavam infectadas pelos três helmintos anteriormente citados na pesquisa. Meneses (2001), em análises de resíduos de tanques sépticos coletados por caminhões limpa-fossas na cidade de Natal (RN), detectou a presença de helmintos em 11 de 15 amostras coletadas.

4.1.11 Sólidos

Para este parâmetro foram analisados os sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis.

4.1.11.1 Sólidos sedimentáveis

Esta variável apresentou três pontos extremos e um valor discrepante influenciando, desta forma, na dispersão dos dados e resultando em uma média de 228,39 mL/L e numa mediana de 82,50 mL/L. Seu desvio padrão ficou na faixa dos 293,12 mL/L, ao passo que sua amplitude atingiu 975 mL/L (Figura 18).

Nas amostras de número 4, 10 e 14 não foi possível se determinar este parâmetro, pois as mesmas, além de apresentarem um alto teor de sólidos, apresentavam ainda viscosidade e turbidez comparativamente maior em relação às demais amostras.

Conforme Braile e Cavalcanti (1979) relatam, o teor de sólidos sedimentáveis é a medida da quantidade de sólidos em suspensão grosseira que pode ser retirada por decantação simples, correspondendo ao material que, quando depositado em corpos d'água, poderia ser o principal formador de bancos de lodos.

De acordo com a legislação do Estado de Santa Catarina, o Decreto 14.250 estipula que o valor limite para sólidos sedimentáveis é de 1 mL/L para o lançamento de efluentes. Desta forma, comparando-se a mediana encontrada nas amostras de lodos de tanques sépticos, percebe-se que este limite foi ultrapassado, no mínimo, em 80 vezes.

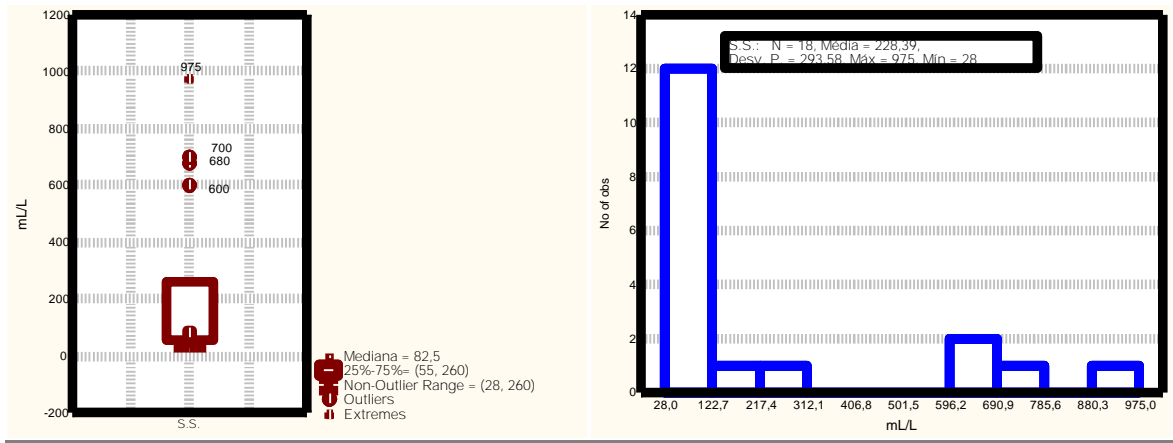


Figura 18 Distribuição dos sólidos sedimentáveis nas amostras analisadas.

4.1.11.2 Sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis

Segundo Braile e Cavalcanti (1979), a avaliação do teor de sólidos totais foi concebida para se interpretar quantitativamente a presença total de matéria encontrada na forma dissolvida, na forma coloidal ou em suspensão, despendendo-se um maior interesse ao desdobramento dos sólidos totais em sólidos fixos e sólidos voláteis quando se aborda o assunto de tratamento por via biológica.

A Figura 19 mostra as diferentes concentrações em mg/L entre os valores dos sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis.

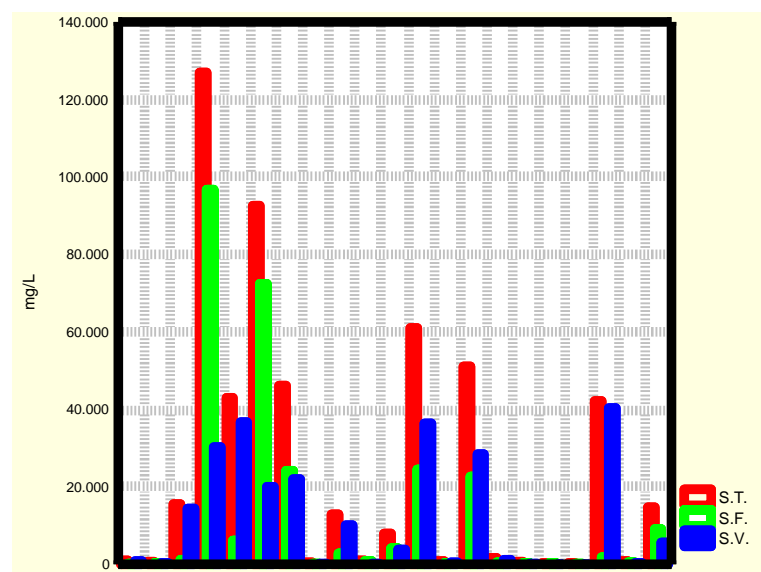


Figura 19 Gráfico comparativo dos teores dos sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis nas amostras.

De acordo com a Figura 19, percebe-se que os valores dos sólidos voláteis superam os valores dos sólidos fixos em 10 das 21 amostras, ou seja, 47,62%. Como a maioria dos sólidos voláteis é formada por material orgânico tanto biodegradável como não biodegradável e a grande parte dos sólidos fixos é formada por material mineral, estima-se que, parte destes, seja proveniente da contribuição do arraste de areia ou terra depositada nos tanques sépticos que, então, é posteriormente aspirada pelos caminhões limpa-fossas.

A Figura 20 apresenta a distribuição dos sólidos encontrados nas amostras de lodos de tanques sépticos.

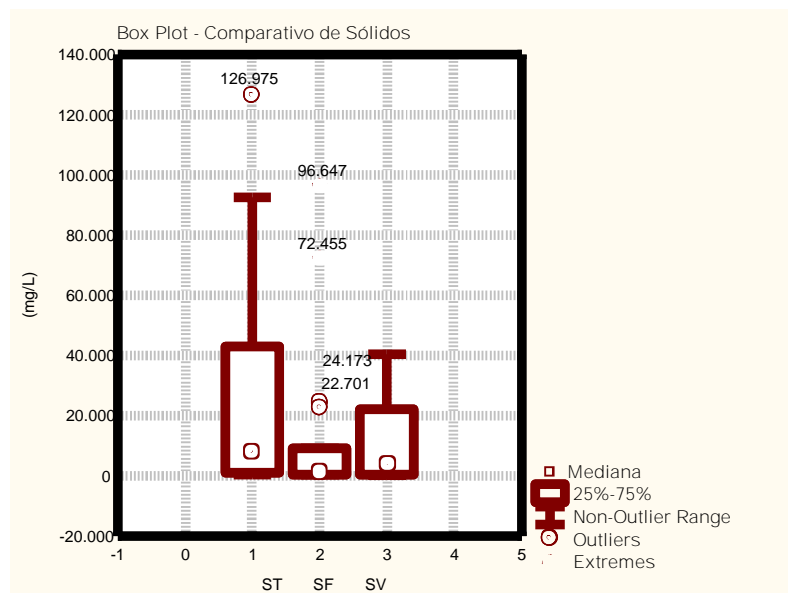


Figura 20 Distribuição dos valores dos sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis nas amostras.

Na Tabela 16 fica demonstrado que as médias dos sólidos fixos e dos sólidos voláteis ficaram muito próximas, porém, a variabilidade dos parâmetros torna-se evidenciada pelas medianas, pelos desvios-padrão e pela visualização dos valores extremos e discrepantes dos sólidos fixos.

Tabela 16 Valores estatísticos dos Sólidos

Parâmetro (mg/L)	Média	Mediana	Desvio Padrão
Sólidos Totais	24.902	8.016	34.986
Sólidos Fixos	12.867	1.151	25.465
Sólidos Voláteis	12.035	3.839	14.562

Nos trabalhos realizados por Pinto (2006), foram encontrados como valores médios para os sólidos totais e sólidos voláteis, respectivamente, 9.550 e 6.172 mg/L. Estes valores mostraram-se mais baixos se comparados com os valores médios encontrados no presente trabalho.

Leite et al. (2006) comentam que quanto mais estabilizado é um resíduo, menor é a quantidade de sólidos voláteis, reduzindo o valor da relação SV/ST. Estes mesmos autores encontraram em trabalhos realizados com lodos de tanques sépticos da cidade de Curitiba (PR) e em Joinville (SC) um valor médio de SV/ST de 0,49 com uma variação de 0,22 a 0,76. No presente trabalho esta relação teve como valor médio 0,53, variando de 0,22 a 0,95. De acordo com Brasil (2006), através da Resolução 375, que define critérios para o uso agrícola de lodos gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários, um lodo se mostra estável se a relação SV/ST for menor que 0,70.

Quanto à comparação dos sólidos totais e sólidos voláteis aos valores de caracterização de lodos de tanques sépticos da USEPA (1994), verifica-se, com exceção do limite inferior dos sólidos voláteis, que os parâmetros estão compreendidos entre os valores estabelecidos conforme a Tabela 17.

Tabela 17 Comparação de valores das amostras e valores da USEPA

Parâmetro (mg/L)	Limites Encontrados	Limites USEPA, (1994)
Sólidos Totais	377 – 126.995	1.132 – 130.475
Sólidos Voláteis	105 – 40.320	353 – 71.402

4.1.11.3 Sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis.

Os sólidos suspensos são definidos como os sólidos presentes numa amostra de água residuária, excetuando-se os solúveis e os sólidos em fino estado coloidal (BRAILE e CAVALCANTE, 1979).

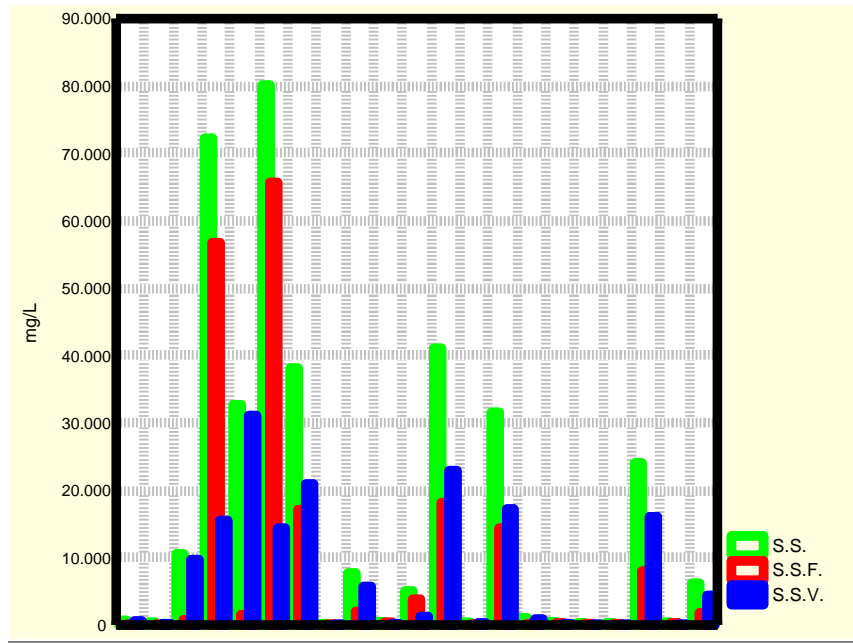


Figura 21 Comparativo dos teores dos sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis nas amostras.

Na Figura 21, verifica-se que os teores dos sólidos suspensos voláteis são superiores aos valores dos sólidos suspensos fixos em treze das vinte e uma amostras ou, aproximadamente, 61,91% das vezes, predominando conseqüentemente a fração orgânica nesta porção dos sólidos.

Tabela 18 Valores estatísticos dos Sólidos

Parâmetro	Concentração (mg/L)		
	Média	Mediana	Desvio Padrão
Sólidos Suspensos	16.854	5.080	24.166
Sólidos Suspensos Fixos	9.147	793	18.295
Sólidos Suspensos Voláteis	7.706	1.253	9.573

A variabilidade das amostras mostra-se evidente quando se observa os valores das médias e das medianas na Tabela 18. Além disso, verifica-se um dado discrepante na distribuição dos sólidos suspensos e dois valores extremos no parâmetro dos sólidos suspensos fixos, influenciando também nos valores dos desvios-padrão amostrais (Figura 22).

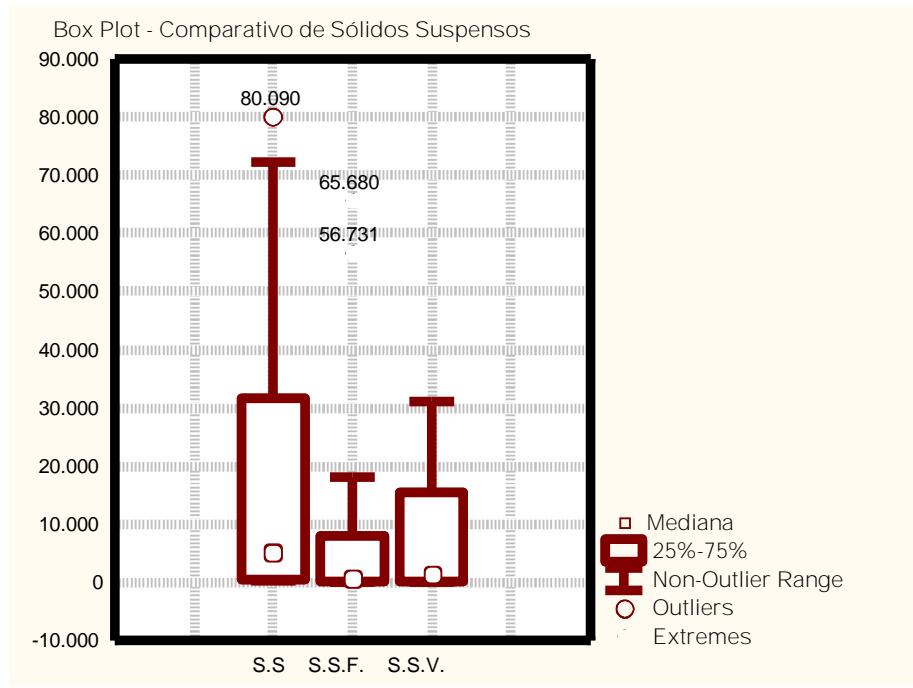


Figura 22 Distribuição dos valores dos sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis nas amostras.

Os valores médios dos sólidos suspensos e dos sólidos suspensos voláteis do presente trabalho mostraram-se mais elevados que os valores médios encontrados em lodos de tanques sépticos, por Pinto (2006), de 6.896 mg/L e 5.019 mg/L, respectivamente. Isto indica uma maior concentração de material orgânico insolúvel nas amostras analisadas quando comparadas com o trabalho do autor acima citado. Esta variabilidade deve ser considerada no tratamento deste tipo de rejeito quando forem utilizados decantadores primários para a remoção parcial de sólidos suspensos.

Comparando os valores encontrados com os valores de caracterização de lodos de tanques sépticos estabelecidos pela USEPA (1994), observa-se que os limites inferiores dos sólidos suspensos e dos sólidos suspensos voláteis ficaram ligeiramente aquém dos estipulados. A Tabela 19 demonstra os valores máximos encontrados nas amostras quanto aos sólidos suspensos e sólidos suspensos voláteis e os valores máximos de caracterização de lodos de tanques sépticos propostos pela USEPA.

Tabela 19 Comparação de valores das amostras e valores da USEPA

Parâmetro	Concentração (mg/L)	
	Valores máximos encontrados	Valores máximos USEPA, (1994)
Sólidos Suspensos	215 – 80.090	310 – 93.378
Sólidos Suspensos Voláteis	87 – 31.098	95 – 51.500

4.1.12 Elementos-traço metálicos

Conforme Leite et al. (2006), os esgotos de origem residencial apresentam baixos teores de metais, aumentando progressivamente à medida que recebem as contribuições provenientes de despejos industriais. Estes elementos são encontrados naturalmente como constituintes de solos, plantas e animais, sendo então denominados de macronutrientes, entre eles, o zinco e o cobre. No entanto, quando absorvidos em doses elevadas, mostram-se tóxicos e até mesmo letais aos seres vivos.

Com relação aos metais analisados, foram selecionados, de acordo com a disponibilidade do Laboratório Integrado do Meio Ambiente – LIMA –, quatro metais: cromo, cobre, manganês e zinco.

Conforme relatado na seção materiais e métodos do presente trabalho, em virtude da heterogeneidade das amostras, foram utilizados dois métodos de análises recomendados pela USEPA. Esta discriminação mostrou-se necessária no decorrer das análises, pois, as amostras de número 4, 6, 7, 12 e 14 apresentavam características diferenciadas das demais, uma vez que possuíam as maiores concentrações de sólidos totais e apresentavam, visualmente, uma viscosidade superior com relação às demais. Sendo assim, as cinco amostras acima mencionadas foram analisadas segundo o método 3050-B, indicado para a análise de lodos, solos e sedimentos e as amostras restantes foram analisadas de acordo com o método 3010-A proposto para a análise de amostras aquosas, ambos recomendados pela USEPA.

4.1.12.1 Cromo

A análise do cromo, assim como dos demais metais, apresentou uma variabilidade característica das amostras estudadas, conforme demonstrada na Figura 23.

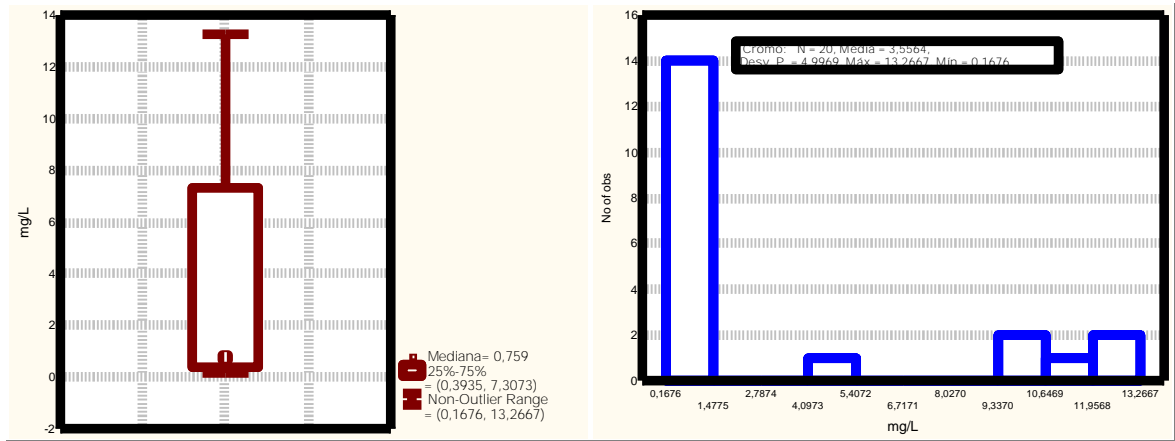


Figura 23 Distribuição da concentração do cromo nas amostras analisadas.

De acordo com a Figura 23, percebe-se que o intervalo compreendido entre 0,17 mg/L e 1,48 mg/L foi observado 14 vezes, ou seja, 66,67% das amostras concentraram-se entre estes dois valores. Entretanto, com o distanciamento dos últimos quatro valores, a amostra atingiu um desvio padrão de 5,00 mg/L com uma média e uma mediana nos valores respectivos de 3,56 mg/L e 0,76 mg/L. Não foi detectada a presença de cromo na décima oitava amostra.

O cromo é um metal encontrado nos revestimentos de peças metálicas, em utensílios de inox e em corantes inorgânicos utilizados, sobretudo, em indústrias cerâmicas. Sua forma mais tóxica é apresentada quando se encontra no estado hexavalente (Cr^{+6}), embora seja difícil de ser encontrado naturalmente no meio ambiente, sugerindo assim, quando detectado, a uma contribuição de origem industrial.

4.1.12.2 Cobre

A verificação da presença deste metal não foi detectada em treze das vinte e uma amostras analisadas. Conseqüentemente, as 8 amostras restantes foram, então, submetidas aos tratamentos estatísticos que resultaram nos gráficos abaixo, da Figura 24.

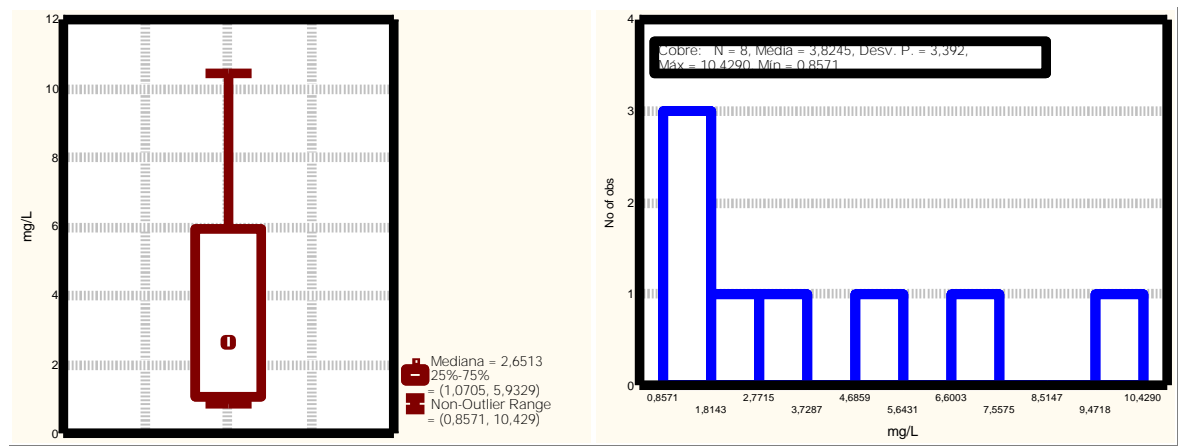


Figura 24 Distribuição da concentração do cobre nas amostras analisadas.

Os dados distribuíram-se, conforme a Figura 24, com 50% dos valores encontrados entre a faixa de 1,07 e 5,93 mg/L, apresentando uma média de 3,82 mg/L e mediana de 2,65 mg/L.

O cobre é usado comercialmente para diversos fins, sendo a maior fonte de contaminação de água potável a corrosão das tubulações usadas para transporte de água. É um irritante do trato intestinal, porém, não é perigoso para o ser humano, se encontrado em poucos miligramas por litro; sua concentração em água potável nos EUA está limitada em 1,3 mg/L (SAWYER et al., 2001). Embora não sejam tão utilizadas, as tubulações de cobre ainda são empregadas quando se objetiva a condução de água aquecida.

4.1.12.3 Manganês

O manganês é encontrado, muitas vezes, em lençóis freáticos em virtude das condições redutoras que favorecem a liberação da forma solúvel (Mn^{+2}). Nestes casos, sua concentração é raramente superior a 2 mg/L (MANAHAN, 2001). De acordo com Sawyer et al. (2001), até onde se sabe, os seres humanos não são afetados por beberem água com baixos teores de manganês. No entanto, Bouchard et al. (2007) perceberam relações entre o consumo de água com concentrações de manganês de 610 $\mu g/L$ e o comportamento hiperativo em crianças no Canadá.

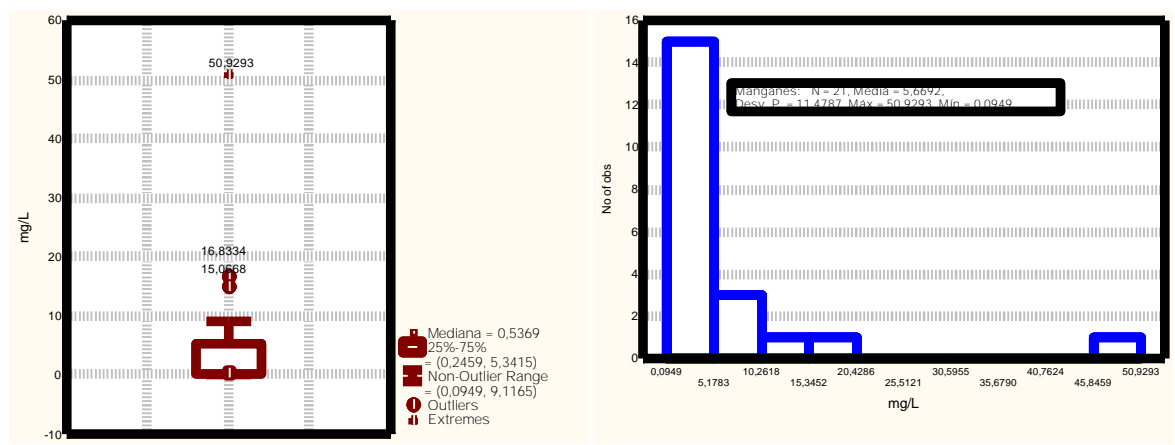


Figura 25 Distribuição da concentração do manganês nas amostras analisadas.

No tratamento estatístico das vinte e uma amostras analisadas, este parâmetro apresentou uma média de 5,67 mg/L e uma mediana de 0,54 mg/L, ao passo que seu desvio-padrão estabeleceu-se na faixa dos 11,48 mg/L. Através do histograma da Figura 25, percebe-se que houve uma tendência de 15 casos observados situados entre os valores de 0,09 mg/L e 5,18 mg/L, porém, pelo gráfico de Box e Whisker verifica-se dois dados discrepantes (outlier) e um valor extremo, referente à amostra n.º 6, de 50,93 mg/L, que caracterizaram a variabilidade das amostras.

4.1.12.4 Zinco

O zinco é um metal relativamente abundante e de baixa toxicidade para os animais, embora seja nocivo às plantas. É utilizado em revestimentos de metais (galvanoplastia), como pigmento de tintas, na produção de telhados metálicos, na constituição da liga metálica conhecida como latão e como enrijecedor em produtos de borracha, em particular, os pneus de automóveis. Desta forma, o maior vetor de transferência de zinco, assim como de cádmio, ao meio ambiente é proveniente dos desgastes de pneus (MANAHAN, 2001).

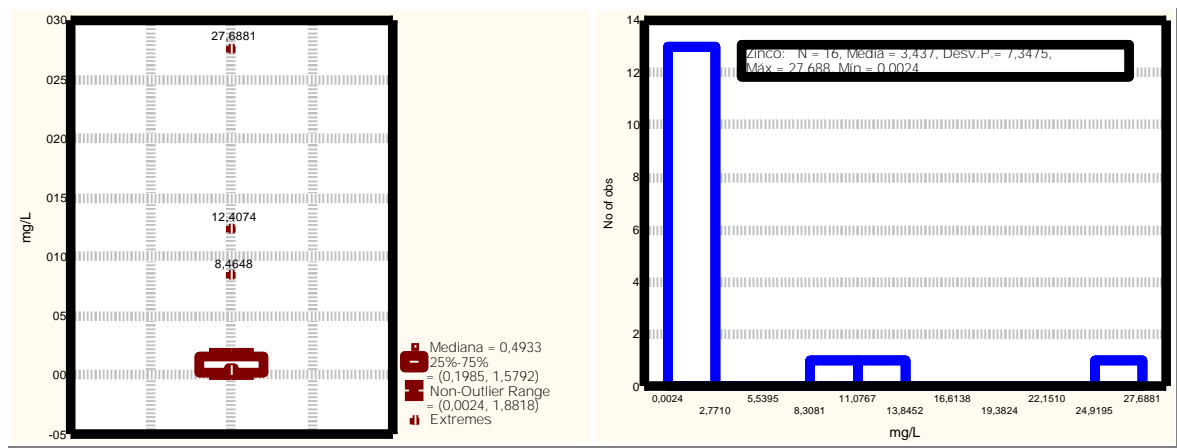


Figura 26 Distribuição da concentração do zinco nas amostras analisadas.

Das vinte e uma amostras analisadas para este parâmetro, cinco apresentaram valores que extrapolaram o limite de 41 mg/L, estabelecidos pela curva de calibração utilizada no aparelho. Desta forma, as dezesseis amostras restantes foram submetidas aos tratamentos estatísticos, os quais resultaram nos gráficos da Figura 28.

O aspecto achatado do gráfico Box e Whisker se deu em virtude da distribuição dos valores em torno do intervalo de 0,00 e 1,88 mg/L, observado em 81,25% das vezes, e pela presença dos valores extremos de 8,46, 12,41 e de 27,69 mg/L.

4.1.12.5 Concentrações limites dos metais encontrados

Como dados de referências que podem ser utilizados para se avaliar as concentrações encontrados nas análises de metais, pode-se citar os valores estabelecidos pela Resolução do CONAMA N.º 357, de 17 de março de 2005, pelo Decreto 14.250, de 05 de junho de 1981, do estado Santa Catarina e pela Agência Norte-Americana de Proteção do Meio Ambiente, a USEPA. Os dois primeiros documentos tratam da regulamentação dos padrões de lançamentos de efluentes líquidos dispostos direta ou indiretamente nos corpos d'água. Já a Agência Norte-Americana estabelece intervalos orientativos de caracterização dos lodos sépticos relacionados à concentração de metais.

A Tabela 20, apresenta os valores percentuais que excederam os limites estabelecidos pela Resolução 357 de 17/03/2005 do CONAMA e pelo Decreto 14.250 de 05/06/1981, do estado de Santa Catarina.

Tabela 20 Concentrações máximas de metais permitidas pelo CONAMA e pelo estado de Santa Catarina nas emissões de efluentes por número de amostras que excederam este limite.

Metal	Concentração limite (mg/L) segundo o CONAMA.	Percentual de amostras que excedeu estes limites.	Concentração limite (mg/L) segundo Santa Catarina	Percentual de amostras que excedeu estes limites.
Cromo Total	0,5	57,14%	5,0	23,81%
Cobre dissolvido	1,0	28,57	0,5	38,10%
Manganês dissolvido	1,0	47,62%	1,0	47,62%
Zinco Total	5,0	38,10%	1,0	47,62%

Fontes: Brasil (2005), Santa Catarina (1981).

A tabela 21 apresenta os valores de metais em lodos de tanques sépticos pesquisados pela USEPA comparados com as amostras analisadas.

Tabela 21 Valores encontrados pela USEPA comparados aos valores da amostras analisadas.

Metal	Concentração em mg/L					
	USEPA (1994)			Amostras analisadas*		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
Cromo	0,01	0,49	34,0	0,17	3,56	13,27
Cobre	0,01	4,84	261,0	0,86	3,82	10,43
Manganês	0,55	6,09	17,1	0,10	5,67	50,93
Zinco	<0,001	9,97	444,0	0,0024	3,44	27,69

* Valores aproximados.

Conforme análise das Tabelas 20 e 21, percebe-se que os valores encontrados nas amostras ultrapassaram com frequência os valores estabelecidos pelo CONAMA e pelo Decreto 14.250, do estado de Santa Catarina. No entanto, quando comparados com os valores de caracterização de lodo estipulados pela USEPA, verificou-se que apenas o manganês excedeu o valor máximo proposto.

4.2 PRINCIPAIS CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS

Dentre os parâmetros analisados, foram abordadas as correlações que apresentaram interesse no âmbito da Engenharia Sanitária e Ambiental.

Através do programa Statistica, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificação de normalidade dos dados analisados. De acordo com a Tabela 22, os resultados indicaram que as variáveis, com exceção do nitrogênio total, não apresentaram uma distribuição normal, tendo em vista os valores de “p” que se situaram abaixo de 0,05.

Tabela 22 Teste Shapiro-Wilk de normalidade.

Variável	Teste de normalidade	
	N	Valor “p”
DQO/DBO	21	0,000152
DQO	21	0,000284
DBO	21	0,000193
Sólidos dissolvidos (SD)	21	0,000008
Condutividade	21	0,042150
Sólidos totais (ST)	21	0,000101
Sólidos voláteis (SV)	21	0,000413
Teor de óleos e graxas (TOG)	21	0,000008
Ortofosfato	21	0,005083
N-total	21	0,360511

N=número de amostras

Em vermelho, dados com distribuição não normal ($p < 0,05$)

Em preto, dado com distribuição normal ($p > 0,05$)

Considerando-se que a maior parte dos parâmetros não obedeceu a uma distribuição normal de dados, utilizou-se como fator de correlação o coeficiente “R” de Spearman indicado para dados não paramétricos. A Tabela 23 mostra a matriz de correlação entre os principais parâmetros analisados no presente trabalho.

Tabela 23 Matriz de correlação entre os principais parâmetros através do coeficiente de Spearman "R".

	DQO	DBO	SD	COND.	ST	SS	SV	NH3	N-total	Ortofosf	TOG
DQO	1,00	0,85	0,79	0,62	0,76	0,74	0,85	0,28	0,27	0,42	0,78
DBO		1,00	0,80	0,67	0,82	0,85	0,82	0,25	0,22	0,37	0,79
SD			1,00	0,77	0,97	0,92	0,94	0,36	0,33	0,52	0,74
COND.				1,00	0,70	0,65	0,66	0,56	0,60	0,64	0,44
ST					1,00	0,98	0,92	0,25	0,19	0,43	0,76
SS						1,00	0,90	0,15	0,09	0,33	0,81
SV							1,00	0,24	0,17	0,36	0,85
NH3								1,00	0,89	0,77	0,06
N-total									1,00	0,83	0,04
Ortofosf										1,00	0,23
TOG											1,00

Conforme a Tabela 23 demonstra, estão destacadas em vermelho as correlações não paramétricas que foram significativas ($p < 0,05$). A correlação mensurou a linearidade relacionada entre duas variáveis, indicando no caso de valores positivos, que o aumento de um parâmetro irá ocasionar o aumento da sua variável correspondente e, no caso de valores negativos, o aumento de um parâmetro irá ocasionar a diminuição da sua variável correspondente. A Tabela 24 mostra a interpretação dos valores de "R" relacionados à intensidade da correlação entre parâmetros.

Tabela 24 Interpretação dos valores de correlação "R".

Valor de R	-1	-0,75	-0,5	-0,25	0	0,25	0,5	0,75	1
Correlação	forte	média-forte	média	média-fracas	sem correlação	média-fracas	média	média-forte	forte

4.2.1 Avaliação dos parâmetros correlacionados

Tendo-se como base a Tabela 20, serão comentadas as correlações entre os parâmetros mais relevantes relacionados ao presente trabalho.

As variáveis DQO e DBO tiveram correlações equivalentes entre médias e médias-fortes (0,62 a 0,85) com os parâmetros sólidos dissolvidos, sólidos totais, sólidos suspensos e teor de óleos e graxas. Isto caracterizou que grande parte dos sólidos das amostras analisadas era composta por matéria orgânica. Conforme relatado no item 4.1.6, quando a relação DQO/DBO de um resíduo mostra-se muito maior que 2, ocorre a presença de matéria orgânica não biodegradável. No presente

trabalho, a média encontrada desta relação foi de 5,21, ao passo que a correlação entre as variáveis DQO e DBO (Tabela 20) situou-se entre média-forte e forte (0,85). Desta forma, percebe-se que o aumento do parâmetro da DQO, acarretou, em média, um acréscimo de 5,21 vezes no parâmetro da DBO, caracterizando as amostras de lodos analisados com teores elevados de material orgânico resistente à biodegradabilidade.

O parâmetro de sólidos dissolvidos (SD) apresentou uma correlação média-forte (0,77) com a condutividade. Conforme citam Sawyer et al. (2001) e Metcalf e Eddy (2003), existe uma relação entre condutividade e sólidos dissolvidos que é melhor estabelecida quando se conhece as espécies químicas solúveis nas amostras, considerando-se que, quanto maior a concentração de íons, maior será a condutividade. A maior parte das espécies químicas dissolvidas em uma solução é formada por íons salinos que podem interferir nos tratamentos dos rejeitos por via biológica. Os sólidos dissolvidos apresentaram ainda uma correlação tendendo a forte (0,92 a 0,97) com os sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos voláteis, enquanto que, com relação ao ortofosfato, apresentaram correlação média (0,52).

O teor de óleos e graxas (TOG) obteve uma correlação situada entre média-forte e forte com os sólidos suspensos e os sólidos voláteis, com os respectivos valores de 0,81 e 0,85. Nas análises de sólidos, o material graxo, por não ser miscível na água e possuir alta viscosidade, permaneceu retido nas membranas filtrantes, resultando numa porção considerada de material suspenso. No caso dos sólidos voláteis, a fração de óleos e graxas evaporou-se quando foi submetida ao aquecimento de 550°C, caracterizando a fração volátil das amostras de lodos sépticos analisadas. Os óleos e graxas dificultam os tratamentos biológicos e se depositam em camadas nas superfícies de corpos d'água, prejudicando as trocas gasosas.

O parâmetro ortofosfato apresentou, respectivamente, uma correlação considerada entre média-forte e forte quanto ao nitrogênio amoniacal (0,77) e o nitrogênio total (0,83). O nitrogênio, assim como o fósforo, contribui diretamente para a eutrofização de corpos d'água e pela conseqüente redução do oxigênio nos meios aquáticos. Por outro lado, em se tratando do uso de rejeitos de tanques sépticos como fertilizantes, a concentração de nitrogênio e de fósforo é um fator importante para se determinar o valor do lodo coletado.

4.3 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DAS AMOSTRAS

De acordo com a ABNT (1993), a contribuição de lodo fresco por pessoa é de 1 L/dia, considerando-se que a população de Tubarão - SC seja de 93.000 habitantes, tem-se 93 m³ de lodo gerados diariamente no município, ou o equivalente semanal de 465 m³. Na cidade de Tubarão, não se tem registros do volume de lodos de tanques sépticos coletados por caminhões limpa-fossas. Os dados apresentados a seguir, são estimados e baseados nos levantamentos junto às empresas prestadoras de serviço na limpeza de tanques sépticos. O volume semanal estimado, de acordo com o relato dos operadores de caminhões limpa-fossas participantes do presente trabalho, é de 72 m³, ou seja, aproximadamente 15% do volume de lodo gerado segundo a ABNT. Isto representa um volume anual aproximado de 3500 m³ de lodo que contém uma média de 87.157 kg de sólidos totais, 68.610 kg de DQO, 12.250 kg de DBO, 402 kg de nitrogênio e 245 kg de fósforo. Quanto aos metais analisados, como o cromo, cobre, manganês e zinco são depositados, anualmente, cerca de 60 kg.

Com relação à origem do material coletado, a maior parte é proveniente de residências, mas também, são incluídos centros médicos, centros comerciais e indústrias. Essa diversidade, quanto à origem, pode ser verificada na variabilidade das características do lodo, conforme anteriormente apresentado no item 4.1.

4.4 TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DO LODO: SITUAÇÃO E SOLUÇÃO

A atual situação da cidade de Tubarão – SC, com relação à disposição dos lodos coletados de tanques sépticos, merece uma especial atenção. Conforme anteriormente mencionado, uma quantia considerável de lodos provenientes de tanques sépticos é descartada indevidamente no município, sendo utilizados muitas vezes locais como margens de rios, rede pluvial e valas abertas, ocasionando sérios danos ambientais aos corpos d'água e interferindo nas condições de saúde dos habitantes. Apesar do município de Tubarão ainda não possuir uma ETE, no mês de março do ano de 2008 foi expedido o edital de licitação para prestação do serviço

público municipal de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com a construção da rede coletora de esgoto em conjunto com sua unidade de tratamento. Segundo a Prefeitura Municipal de Tubarão (2008), somente no ano de 2037, a futura rede coletora de esgotos terá abrangência de 96,08% dos domicílios da cidade de Tubarão, conseqüentemente, os lodos de tanques sépticos continuarão sendo aspirados por caminhões limpa-fossas por um tempo considerável.

As características dos lodos de tanques sépticos analisados apresentaram uma variabilidade também encontrada nos trabalhos realizados por Philippi (1992), Menezes (2001), Rocha e Sant'anna (2005) e Pinto (2066). Esta heterogeneidade se manifestou tanto na constituição físico-química, quanto nos parâmetros biológicos analisados dos lodos, apresentando elevadas cargas poluidoras e altos índices de contaminantes fecais. Desta forma, a avaliação de medidas que busquem atenuar ou mesmo eliminar este cenário de poluição, devem ser urgentemente tomadas.

Tendo em vista os diferentes aspectos da região em questão, além de se considerar as características tanto funcionais como operacionais dos processos, pode-se citar como alternativa de tratamento e disposição dos lodos sépticos, o processamento em Estações de Tratamento de Esgotos. Apesar do município de Tubarão ainda não possuir uma ETE, no mês de março do ano de 2008 foi expedido o edital de licitação para prestação do serviço público municipal de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com a construção da rede coletora de esgoto em conjunto com sua unidade de tratamento. Segundo a Prefeitura Municipal de Tubarão (2008), até o ano de 2037, a futura rede coletora de esgotos terá abrangência de 96,08% dos domicílios da cidade de Tubarão. Desta forma seria possível dimensionar previamente a ETE, com o auxílio dos dados levantados no presente trabalho, permitindo que a mesma recebesse uma carga adicional de lodos de tanques sépticos sem o comprometimento do seu desempenho. Deve ser considerado que a heterogeneidade destes lodos pode prejudicar a eficiência deste sistema de tratamento, conforme Rocha e Sant'Anna (2005) afirmaram, necessitando de um estudo aprofundado, no caso desta opção ser escolhida.

A disposição de lodos de tanques sépticos estabilizados em áreas de não contato público também seria uma alternativa a ser considerada. A cidade de Tubarão, bem como os municípios abrangentes, possuem áreas de reflorestamento de espécies extrativas como Pinus e Eucalipto, que poderiam receber os lodos estabilizados, diminuindo a carga de fertilizantes químicos utilizados.

Por fim, a alternativa de processamento de lodos de esgotos de tanques sépticos em unidades independentes de tratamento traz como possibilidades o emprego de lagoas de estabilização, compostagem e incineração. No caso das lagoas de estabilização, há a necessidade de áreas grandes que sejam afastadas de perímetros urbanos devido à produção de odores. Além disso, o efluente final necessita de um pós-tratamento ou, se permitido, pode ser encaminhado para a ETE municipal.

Com relação aos processos de compostagem, as indústrias de beneficiamento de madeiras existentes no município poderiam contribuir com o fornecimento de material aglomerante (serragem) para a composição de pilhas e leiras utilizadas para a estabilização do lodo. Assim, o material produzido poderia ser utilizado como condicionador em solos agrícolas.

Já as unidades de incineração caracterizam-se por sua complexidade quanto ao funcionamento e operação, além de se apresentarem como uma alternativa de custo elevado. Uma outra observação a ser considerada neste tratamento é o caso destas usinas também necessitarem de controles ambientais adequados com relação à geração de odores e à emissão de gases e particulados.

A escolha do método empregado para o tratamento de lodos de tanques sépticos deve ser melhor estudada, tendo em vista as características do material coletado e as viabilidades técnica e econômica do município em estudo.

5 CONCLUSÕES

Conforme as observações efetuadas, verificou-se que as empresas participantes do presente trabalho não adotam parâmetros de segregação com relação ao sistema de tratamento do material coletado, visto que nas amostras analisadas havia a presença de rejeitos provenientes de caixas de gorduras e indícios de óleos de origem mineral.

Uma carga considerável de poluentes é disposta sem o devido tratamento no município, tendo em vista que aproximadamente 290 m³ de lodos sépticos são coletados mensalmente na cidade de Tubarão – SC e considerando-se que todos os parâmetros analisados se apresentaram além dos limites estabelecidos tanto pela legislação estadual como federal para lançamentos de efluentes.

A relação média DQO/DBO das amostras analisadas revelou a presença de matéria orgânica não biodegradável, este fato pode estar relacionado tanto à idade dos lodos analisados, os quais possuíam um maior grau de estabilização, quanto à possibilidade de ter ocorrido contribuições de despejos industriais.

Com relação aos níveis de sólidos totais avaliados, a quantidade mensal média encontrada foi de 3.705 Kg. Deste total, 52,38% eram formados por material inorgânico (sólidos fixos) e, o restante, constituído por matéria orgânica (sólidos voláteis) que, conforme a amostra analisada, apresentou baixos índices de biodegradabilidade.

Quanto aos parâmetros biológicos, foi detectado o grupo dos coliformes fecais (*E.coli*) em vinte das vinte e uma amostras analisadas. Apenas a amostra de número treze não apresentou este indicador, provavelmente devido a erros operacionais. No caso da análise de helmintos, somente cinco, dentre os vinte e um casos estudados, acusaram a presença destes organismos, cuja ocorrência está relacionada às condições sócio-econômicas da população amostrada.

As concentrações dos elementos-traço inorgânicos apresentaram-se elevadas, este fato pode estar relacionado, mais uma vez, à presença de despejos industriais ou ao acúmulo natural de metais encontrados em lodos de idade mais avançada.

Os valores médios da concentração da amônia mostraram-se menores quando comparados aos valores encontrados em lodos de tanques sépticos por Paula Júnior et al. (2003) e por Rocha e Sant'anna (2005), indicando que os resíduos analisados no presente trabalho possuem um maior grau de estabilização.

A correlação do nitrogênio total com o ortofosfato situou-se entre média-forte e forte, este evento demonstra o potencial eutrofizante das amostras analisadas, no entanto, ressalta-se a possibilidade da utilização dos lodos estudados, após estabilização, como condicionadores de solos em áreas agrícolas.

6 RECOMENDAÇÕES

Conforme o estudo realizado e tendo em vista a preservação ambiental não apenas do município de Tubarão, como também, a dos limítrofes, propõe-se:

- Aprimorar as análises de quantificação de elementos-traço inorgânicos avaliando outros metais como chumbo, mercúrio, cádmio, alumínio, antimônio, níquel e arsênio.
- Realizar testes de biodegradabilidade nos lodos de tanques sépticos coletados em Tubarão-SC, visando a possibilidade do emprego de tratamento por via biológica.
- Verificar o potencial agrônômico dos lodos de tanques sépticos a fim de que possam ser utilizados em áreas agrícolas.
- Aumentar a abrangência dos testes biológicos verificando a presença de *Salmonella* e vírus entéricos, bem como verificar a viabilidade de ovos de helmintos.
- Determinar quantitativamente a presença de poluentes orgânicos como derivados do benzeno, ftalato fenóis clorados e não clorados

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, CÍCERO ONOFRE DE. Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos. Rio de Janeiro, 1993, 15 p.

_____. NBR 13.969: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação: Rio de Janeiro, 1997.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods: for the examination of water and wastewater. Washington, DC: American Public Health Association, 1995. 1 v.

BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; BEVILACQUA, Paula Dias; KELLER, Regina. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.) Desinfecção de efluentes sanitários. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES/RJ, 2003. 422 p.

BELLI FILHO, Paulo et al. Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e lodo de tanque séptico. In: VII TALLER Y SINPOSIO LATINO-AMERICANO SOBRE DIGESTIÓN ANAEROBIA, 2002, Mérida, v. 1, p. 266-269.

BOUCHARD, Maryse; LAFOREST, François; VANDELAC, Louise; BELLINGER, David; MERGLER, Donna. Hair manganese and hyperactive behaviors: pilot study of school-age children exposed through tap water. Environmental Health Perspectives. V, n.1, p. 122-127, jan. 2007.

BRAILE, Pedro Márcio; CAVALCANTE, José Eduardo W. A.. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1979. 764p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Serviços de Saúde Pública. Manual de saneamento. 2 Ed. Rio de Janeiro, 1981. 250 p.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 24 mar; 2007.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/conama01.htm>>. Acesso em: 22 maio 2007.

_____. Ministério da Saúde. Movimento de autorização de internação hospitalar: arquivos reduzidos 2002. Disponível em: < <http://portal.saude.gov.br/saude/>>. Acesso em: 12 maio 2008.

CAVINATTO, Vilma Maria. Saneamento básico: fonte de saúde e bem estar. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 87 p.

CARVALHO, Paulo de Campos Torres de; CARVALHO, Fernando José Pereira de Campos. Legislação sobre biossólidos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Biossólidos na agricultura. 2. ed. São Paulo: Abes, 2002. Cap. 7, p. 209-226.

CENTRE FOR WATER RESOURCES STUDIES. Domestic septage management review, 1999. Disponível em: <<http://centreforwaterresourcesstudies.dal.ca>>. Acesso em: 22 out. 2007.

CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS; PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (Coord.) Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: [s.n.], 2001. 544 p.

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPÉIA. Directiva 91/676/CEE do Conselho, de 12 de Dezembro de 1991, relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/>>. Acesso em: 20 set. 2007.

_____. Directiva 86/278/CEE do Conselho, de 12 de junio de 1986, relativa a lá protección del medio ambiente y, em particular, de los suelos, em la utilización de los lodos de depuradora em agricultura. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/>>. Acesso em: 20 set. 2007.

CORNELL WASTE MANAGEMENT INSTITUTE. The case for caution: recommendations for land application of sewage sludges and an appraisal of the us epa's part 503 sludge rules, Disponível em: < www.cfe.cornell.edu/wmi/>. Acesso em: 04/08/08.

DACACH, Nelson Gandur. Saneamento ambiental. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. 176 p.

EUROPEAN UNION, Pollutants in urban waste water and sewage sludge, 2001. Disponível em: <<http://europa.eu.int>>. Acesso em: 13 set. 2007.

FAUST, E. C. et al. Comparative efficiency of various techniques for the diagnosis of protozoa and helminth in feces. **JOURNAL OF PARASITOLOGY.** 1939. p. 241-261.

FERNADES, F.; SOUZA, S. G. de. Estabilização de lodos de esgoto. P. 29 - 55. In: **ANDREOLI, Cleverson V.** Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

FERREIRA, Andréia C. et al. Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. **PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO.** Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999. 97 p.

GONÇALVES, Ricardo Franci; JORDÃO, Eduardo Pacheco; ALEM SOBRINHO, Pedro. Introdução. In: **GONÇALVES, Ricardo Franci.** Desinfecção de Efluentes Sanitários. Rio de Janeiro: Abes, 2003. Cap. 1, p. 1-1.

HAMMER, Mark J. Sistemas de abastecimento de água e esgotos. Rio de Janeiro: LTC, 1979. 573 p.

HENRY, J. Glynn; HEINKE, Gary W. Environmental science and engineering. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 778 p.

HOCHMAN, Gilberto. A era do saneamento. As bases da política de saúde pública no Brasil. São Paulo: Hucitec/ANPOCS, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos demográficos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 maio 2007.

_____. Pesquisa nacional por amostragem de domicílio (PNADE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 jan. 2007.

_____. População recenseada e estimada, segundo os municípios – Santa Catarina – 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 mar. 2007.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda; Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Tratamento de esgotos domésticos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 683p.

LEITE, Bárbara Z.; INGUNZA, Maria del Pilar; ANDREOLI, Cleverson V.. Lodo de decanto-digestores. In: ANDREOLI, Cleverson V. (Coord.) Alternativas de uso de resíduos de saneamento. Rio de Janeiro: ABES/RJ, 2006. 417p.

LEME, Francílio Paes. Engenharia do Saneamento Ambiental. Rio de Janeiro: LTC, 1982. 354 p.

LOBO, Luiz. Saneamento básico: em busca da universalização. Brasília, DF: Ed. do Autor, 2003. 226 p.

MADARIAGA, Barbara M. de; RAMOS, M José; TARAZONA, José V. de. Development of an european quantitative eutrophication risk assessment of polyphosphates in detergents. - model implementation and quantification of the eutrophication risk associated to the use of phosphates in detergents. Disponível em: < <http://www.cbs-dr-schmitt.homepage.t-online.de/CBSphosphate052007.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2008.

MANAHAN, Stanley E. "Frontmatter" *Fundamentals of Environmental Chemistry* Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

MENESES, Carla Gracy Ribeiro. Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade do Natal. 2001. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária)-Universidade Federal do rio Grande do Norte, Natal, 2001.

METCALF, Leonard; Eddy, Harrison P. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 4.º ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

MONTANGERO, A.; STRAUSS, M.. Faecal sludge treatment. Suíça: EAWAG, 2002. 41p.

NUNES, José Alves. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 4. ed. Aracaju: J. Andrade, 2004. 298 p.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. Política e plano municipal de saneamento ambiental – experiências e recomendações. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/default.cfm>>. Acesso em: 13 maio 2008.

PAULA JUNIOR, Durval Rodrigues de et al. Estabilização Anaeróbia de Lodos. In: CASSINI, Sérgio Túlio. Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás. Vitória: ABES, 2003. Cap. 3, p. 59.

PHILIPPI, Luiz Sérgio. Etude experimentale de dispositifs d' assainissement autonome : applications en conditions reelles. 1992. 634 f. Tese (Doutorado) – Université de Montpellier I, Montpellier, 1992.

PINTO, Rafael de Oliveira. Avaliação da digestão anaeróbia na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos, lodo de tanque séptico, dejetos suínos e lixiviado (chorume). 2001. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006, Florianópolis.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUBARÃO. Dados estatísticos. Disponível em: <<http://www.tubarao.sc.gov.br/a-cidade/dados-estatisticos>>. Acesso em: 5 mar. 2008. _____. Edital de concorrência N.º 01/2008/FUNDASA. Disponível em: <http://www.tubarao.sc.gov.br/departamentos/fundasa/edital-concessao-servico-agua-e-esgoto>. Acesso em: 12 maio 2008.

REZENDE, Sonaly Cristina,; HELLER, Léo,. O saneamento no Brasil: políticas e interfaces. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002. 310 p.

ROCHA, C., SANT'ANNA, F.S.P.. Regulamentação para despejos de caminhões limpa-fossas na ETE Jarivatuba, Joinville SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23º. ABES Campo Grande, 2005.

RUFINO, RUI CÉSAR. Avaliação da qualidade ambiental no município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SANTA CATARINA. Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cepsul/legislacao.php?id_arq=335>. Acesso em : 27 maio 2007.

SAWYER, Clair N.; McCARTY, Perry L.; PARKIN, Gene F.. Química para engenharia ambiental. Cuarta edición. Bogotá: McGraw-Hill, 2000. 716 p.

SEOANEZ CALVO, Mariano. La contaminacion agraria. Madrid: I.N.I.A., 1977. 502 p.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DA ATENÇÃO BÁSICA. Situação de saneamento – Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/siab/siab.htm>>. Acesso em: 3 mar. 2008.

SPEIGHT, J. G. Chemical and process design handbook. USA, McGraw-Hill, 2002. 2565p.

THEODORE, Louis; REYNOLDS, Joseph. Introduction to hazardous waste incineration. New York: J. Wiley, 1987. 463 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Acid digestion of aqueous samples and extracts for total methods for analysis by FLLA or ICP spectroscopy, 1992. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 21 set. 2007.

_____ Domestic septage regulatory guidance - a guide to the EPA 503 rule, 1993. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 1 out. 2007.

_____ Guide to septage treatment and disposal, 1994. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 28 set. 2007.

_____ Acid digestion of sediments, sludges and soils, 1996. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 21 set. 2007.

_____ Decentralized Systems Technology Fact Sheet - Septage Treatment/Disposal, 1999a. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 20 set. 2007

_____ Biosolids generation, use, and disposal in the United States, 1999b. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 28 set. 2007

_____ Guidelines establishing test procedures for the analysis of pollutants; analytical methods for biological pollutants in wastewater and sewage sludge; proposed rule, 2005. Disponível em: < <http://www.epa.gov>>. Acesso em: 28 ago. 2007.

VIEIRA, SÁLVIO JOSÉ; ORTH, DORA MARIA; SILVA, DANIEL JOSÉ DA. Metodologia de Gestão Ambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão - Sul de Santa Catarina-2002. Disponível em :< http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2002/089/089.htm#top>. Acesso: 5 mar. 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Analysis of wastewater for use in agriculture - a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques, 1996. Disponível em: < <http://www.who.int/en/>>. Acesso em: 28 fev. 2008.

ZERBINI, ADRIANA MOLINA; CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS. Metodologias para Quantificação, Identificação e Análise de Viabilidade de Ovos de Helmintos em Esgotos Brutos e Tratados. In: PROSAB. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte, 2001. p. 71 -81.

8 APÊNDICES

9 ANEXOS

ANEXO A

Regiões e Unidades da Federação que possuem ou não rede coletora de esgoto, e principal solução alternativa – 2000.

Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais	Total de distritos	Distritos sem rede coletora de esgoto							
		Total	Principal solução alternativa					Outros	Sem declaração
			Fossas sépticas e sumidouros	Fossas secas	Valas abertas	Lançamento em cursos d'água			
Norte	607	572	182	284	85	14	4	3	
Rondônia	76	71	60	11	-	-	-	-	
Acre	22	19	12	2	-	1	2	2	
Amazonas	81	80	-	-	80	-	-	-	
Roraima	15	13	2	11	-	-	-	-	
Pará	232	217	57	146	3	9	2	-	
Amapá	30	25	-	21	-	4	-	-	
Tocantins	151	147	51	93	2	-	-	1	
Nordeste	3 084	2 151	1 026	865	94	53	113	-	
Maranhão	244	238	179	39	5	5	10	-	
Piauí	221	218	201	10	3	3	1	-	
Ceará	760	652	264	251	51	8	78	-	
Rio Grande do Norte	186	133	75	21	5	17	15	-	
Paraíba	283	152	6	146	-	-	-	-	
Pernambuco	381	121	32	87	-	2	-	-	
Alagoas	114	74	19	54	1	-	-	-	
Sergipe	83	33	20	6	4	3	-	-	
Bahia	812	530	230	251	25	15	9	-	
Sudeste	3 115	571	146	312	10	52	40	11	
Minas Gerais	1 568	354	57	260	3	26	4	4	
Espírito Santo	249	78	27	9	4	17	15	6	
Vitória	2	-	-	-	-	-	-	-	
Rio de Janeiro	276	65	37	16	3	9	-	-	
São Paulo	1 022	74	25	27	-	-	21	1	
Sul	2 342	1 841	1 234	555	8	24	17	3	
Paraná	748	592	238	343	1	1	8	1	
Santa Catarina	447	351	298	20	4	18	9	2	
Rio Grande do Sul	1 147	898	698	192	3	5	-	-	
Centro-Oeste	700	616	188	415	-	-	11	2	
Mato Grosso do Sul	163	139	32	99	-	-	8	-	
Mato Grosso	227	207	109	96	-	-	2	-	
Goiás	309	270	47	220	-	-	1	2	
Distrito Federal	1	-	-	-	-	-	-	-	
Brasil	9 848	5 751	2 776	2 431	197	143	185	19	

Fonte: Adaptada do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

ANEXO B

Restrições federais de colheitas em solos tratados com lodos sépticos segundo a USEPA.

Restrições	Lodo não tratado	Lodo estabilizado por cal
Safras		
1. Vegetais nos quais as partes a serem colhidas estão totalmente acima do nível do solo, porém chegam a tocá-lo, não devem ser coletados antes de 14 meses após a aplicação do lodo séptico.	X	X
2. Vegetais nos quais as partes a serem colhidas estão abaixo do nível do solo não devem ser coletados antes de 38 meses após a aplicação do lodo séptico.	X	
3. Vegetais nos quais as partes a serem colhidas estão abaixo do nível do solo não devem ser coletados antes de 20 meses após aplicação do lodo séptico quando o mesmo ainda permanecer na superfície por 4 meses ou mais antes da incorporação pelo solo.		X
4. Vegetais nos quais as partes a serem colhidas estão abaixo do nível do solo não devem ser coletados antes de 38 meses após aplicação do lodo séptico quando o mesmo for incorporado pelo solo em menos de 4 meses.		X
5. Vegetais para alimentação animal que não chegam a tocar o solo não devem ser colhidos antes de 30 dias após aplicação do lodo séptico.	X	X
6. A grama ou relva cultivada em áreas onde houve aplicação de lodo séptico não devem ser remanejadas por um período de 1 ano antes de destinadas a áreas de exposição pública em potencial, a menos que seja determinada por autoridade.	X	X
Locais		
O acesso a áreas que possuam baixa exposição pública (áreas remotas com sinalizações e cercas que impeçam passagens) deve ser restrito à 30 dias após aplicação de lodo séptico.	X	
Não se deve permitir que animais pastem em áreas após aplicação de lodo séptico por 30 dias.	X	
OBS: As colunas assinaladas com "X" indicam que o lodo a ser aplicado deve submeter-se às instruções		

Fonte: USEPA, 1993

ANEXO C

Necessidade típica de nitrogênio por plantio e equivalência na aplicação de lodo séptico segundo a United States Environmental Protection Agency – USEPA.			
	Produção estimada (bushel/acre/ano)	Nitrogênio necessário (lb N/acre/ano)	Aplicação anual de lodo séptico (galões/acre/ano)
Milho	100	100	38.500
Aveia	90	60	23.000
Cevada	70	50	23.000
Capim e feno	4 tons/acre	200	77.000
Sorgo	60	60	23.000
Amendoim	40	30	11.500
Trigo	701	105	40.400
Trigo	150	250	96.100
Soja	40	30	11.500
Algodão	1 fardo/acre	50	19.200
Algodão	1,5 fardo/acre	90	35.000
Estes valores são orientativos e variam conforme solo, clima e volumes de produção. Para obter informações mais específicas deve-se consultar o agente agrícola local.			

OBS: bushel = medida de cereais correspondente ao volume de 36,37l.

Fonte: USEPA (1993).

ANEXO D

Contribuição de esgoto (C) e de lodo fresco (L_f) por tipo de prédios e ocupantes.

Prédio	Unidade	Contribuição (Litros/dia)	
		Esgoto (C)	Lodo fresco (L _f)
Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1
-Hotel (sem lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	1
-Alojamento provisório	Pessoa	80	1
2-Ocupantes temporários			
-Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
-Escritório	Pessoa	50	0,20
-Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
-Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
-Bares	Pessoa	6	0,10
-Restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
-Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
-Sanitários públicos ⁽¹⁾	Bacia sanitária	480	4,0

Fonte: ABNT (1993)

⁽¹⁾ apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).