



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

**Araceli Neide Farias Alves Ratis**

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE SISTEMAS DE  
TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE NATAL**

**NATAL  
2009**

Araceli Neide Farias Alves Ratis

## **CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE NATAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. André Luis Calado Araújo;  
Co-orientador (a): Prof.(a) Dr.(a) Maria del Pilar Durante Ingunza

**NATAL**  
**2009**

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Ratis, Araceli Neide Farias Alves.

Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgotos de Natal / Araceli Neide Farias Alves Ratis. – Natal, RN, 2009.

118 f.

Orientador: André Luís Calado Araújo.

Co-orientadora: Maria Del Pilar Durante Ingunza.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Resíduos esgotados – Dissertação. 2. Fossa – Dissertação. 3. Tanque séptico – Dissertação. 4. Resti – Dissertação. I. Araújo, André Luís Calado. II. Ingunza, Maria Del Pilar Durante. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 28.3(043.3)

ARACELI NEIDE FARIAS ALVES RATIS

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE NATAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

**BANCA EXAMINADORA**



**Dra. Maria del Pilar Durante Ingunza – Co-orientador**



**Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto – Examinador Interno**



**Dra. Paula Franssinetti Feitosa Cavalcanti – Examinador Externo**

Natal, 30 de abril de 2009

## AGRADECIMENTOS

Ao PROSAB pela oportunidade de participação no projeto Caracterização e Estudo de Alternativas de Tratamento de Lodos de Fossa Séptica da Cidade do Natal/RN.

A CAPES pela bolsa concedida, sem a qual não poderia ter me dedicado exclusivamente aos meus estudos.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela oportunidade de integrar o corpo discente e pela confiança a mim conferida.

Aos professores que me apoiaram ao longo do mestrado, em especial aos professores Maria del Pilar Durante Ingunza, Cícero Onofre de Andrade Neto e Luiz Pereira de Brito, principalmente ao professor André Luis Calado Araújo que sempre acreditou em mim desde a graduação.

Aos colegas da turma de mestrado e do projeto que sempre me encorajaram com palavras de confiança, dentre eles, Yannice Santos, Jaidnara Alves, Dayana Torres, Fernanda Lima e Daniel Dantas.

A minha família, em especial minha mãe Lívia e minha irmã Alba que sempre acreditaram e apostaram em mim, apesar de todas as dificuldades.

Ao meu companheiro Raulyson Araújo que sempre me deu suporte e apoio sem igual, principalmente na fase de conclusão do mestrado, quando da elaboração da dissertação.

A todos os servidores do LARHISA, lembrando especialmente de Leonor que sempre nos suportou com nossas impaciências.

A Deus acima de tudo...

## RESUMO

Na cidade de Natal ainda predomina o uso de sistemas de disposição individual de esgotos domésticos, tendo em vista que apenas 29% da cidade possui rede coletora de esgotos. Os resíduos que ficam acumulados dentro destes sistemas individuais de tratamento devem ser esgotados periodicamente, serviço prestado pelas empresas imunizadoras. Algumas destas empresas despejam estes resíduos em corpos aquáticos, trazendo grandes prejuízos para o meio ambiente. Na cidade de Natal, apenas duas empresas possuem sistema próprio de tratamento dos Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual (RESTI) de esgoto. O dimensionamento destes sistemas de tratamento com dados de esgotos domésticos trás como consequência sistemas sobrecarregados e ineficientes. Portanto, a caracterização se torna imprescindível como fonte de parâmetros para o dimensionamento das estações de tratamento do RESTI. Desta forma, este trabalho apresenta a caracterização do RESTI quanto as suas características físico-químicas e microbiológicas para que existam parâmetros confiáveis de dimensionamento. Os carros limpa-fossas realizam o esgotamento destes sistemas, despejando-os posteriormente em um sistema de tratamento (lagoas de estabilização em série da empresa responsável). As coletas foram realizadas semanalmente de cinco caminhões diferentes no ponto de descarga dos carros limpa-fossa na entrada do tratamento preliminar do sistema de tratamento. De cada caminhão foram tomadas cinco amostras ao longo da descarga para formar uma amostra composta do caminhão. Em seguida, as amostras foram levadas ao laboratório para realizar as análises de temperatura, pH, condutividade, DBO, DQO, Nitrogênio (orgânico e amoniacal), alcalinidade, óleos e graxas, fósforo, sólidos, coliformes termotolerantes e helmintos. Os dados foram tratados como um banco de dados único, sendo posteriormente classificados de acordo com sua fonte geradora (multifamiliar, unifamiliar, hospedagem, saúde, serviços e/ou alimentação), zona de origem (metropolitana, sul e norte) e tipo de sistema esgotado (fossa, tanque séptico e/ou sumidouro). Através destes dados foi possível verificar que o tipo de sistema mais adotado pelo município de Natal e sua região metropolitana são as fossas, além de comprovar a diferença entre os resíduos esgotados de regiões que apresentam características sócio-econômicas diferentes. Verificou-se que estes resíduos apresentam concentrações bem mais elevadas que as de esgoto doméstico, com exceção do parâmetro de coliformes termotolerantes que apresentou concentração de  $1,38E+07$ . Dentre os parâmetros estudados, destaca-se os valores medianos identificados para DQO (3.549 mg/L), DBO (973mg/L) e ST (3.557mg/L). A fração volátil representa cerca de 70% dos sólidos totais deste tipo de resíduo. A concentração de ovos de helmintos apresentou uma mediana de 7 ovos/L. De forma geral, as características dos resíduos acompanharam a variabilidade encontrada na literatura revisada para todas as variáveis analisadas, apresentando elevadas amplitudes.

**PALAVRAS- CHAVE: RESÍDUOS ESGOTADOS, FOSSA, TANQUE SÉPTICO, RESTI**

## ABSTRACT

In Natal still dominates the use of individual disposal systems for domestic sewage, once only 29% of the city has a sewerage system. Wastes that are accumulated in these individual treatment systems should be exhausted periodically, service provided by collector entrepreneurs. Some of these companies causing major damage to the environment. In Natal, only two companies have their own septage (RESTI) treatment system, which were designed with parameters from domestic sewage generating strain and inefficient systems. Therefore, the characterization becomes essential as a source of parameters for their design. Thus, this work presents the physical-chemical and microbiological characterization of waste pumped from individual sewage treatment systems. Samples collections were made weekly from 5 different trucks at the reception point on the treatment plant on the point of the preliminary treatment. From each truck it was taken 5 samples during the discharge in order to make a composite sample. Afterwards, samples were carried out to laboratory and analyses for determination of temperature, pH, conductivity, BOD, COD, nitrogen (ammonia e organic), alkalinity, oils, phosphorus, solids, faecal coliforms and helminth egg. The results were treated as a single database, and ranked according to its generating source (multi and single house, lodging, health, services and / or food), area of origin (metropolitan, south and north) and type of system (cesspits, septic tank and / or sink). Through these data it was possible to verify that the type of system adopted by most in Natal and the metropolitan region is cesspit, besides to confirm the difference between the septage of areas with a population have different social and economical characteristics. It was found that the septage have higher concentrations than domestic sewage, except for thermotolerant coliforms that showed concentrations of  $1,38E+07$ . Among the parameters studied, is the median values identified for COD (3,549 mg / L), BOD (973mg / L) and total solids (3.557mg / L). The volatile fraction constitutes about 70% of the total solids of the septage. For helminths has been a median of 7 eggs/L. In general, the characteristics of the waste followed the variability found in the literature reviewed for all variables, showing high amplitudes.

KEY- WORDS: WASTE PUMPED, CESSPIT, SEPTIC TANK, SEPTAGE

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Decanto-digestor de câmara única .....	22
Figura 2: Decanto-digestor de câmara em série .....	23
Figura 3: Decanto-digestor de câmara sobreposta .....	23
Figura 4: Decanto-digestor com filtro acoplado (Sistema RN) .....	23
Figura 5: Esquema de uma fossa com fundo de areia .....	24
Figura 6: Sumidouro cilíndrico de alvenaria.....	25
Figura 7: Utilização do amostrador de coluna em um tanque séptico .....	35
Figura 8: Distribuição dos percentuais das frações de sólidos por Jordão e Pessôa (2005) .....	37
Figura 9: Distribuição dos percentuais das frações de sólidos por Von Sperling (2005) ...	37
Figura 10: Alternativas de gerenciamento de resíduos esgotados de sistemas individuais de tratamento.....	40
Figura 11: Opções teóricas para tratamento de “lodo fecal” .....	41
Figura 12: Diagrama esquemático da lagoa de tratamento de “lodo fecal” em Accra/Ghana .....	44
Figura 13: Lagoas em série monitoradas por Araújo <i>et.al.</i> (2008). 1 - Lagoa Anaeróbia I; 2 - Lagoa Anaeróbia II ; 3 - Lagoa Facultativa; 4 - Lagoa de Maturação; 5-Tanque de Contato. .....	45
Figura 14: DBO exercida e DBO remanescente ao longo do tempo .....	52
Figura 15: Transformação do nitrogênio no processo biológico. ....	55
Figura 16: Croqui da série de lagoas de estabilização da imunizadora Potiguar.....	61
Figura 17: Imagem aérea das lagoas de estabilização da Imunizadora Potiguar.....	62
Figura 18: Tratamento preliminar da ETE da imunizadora mostrando a entrada no processo. ....	63
Figura 19: Caminhão limpa-fossa. Destaque para o ponto de saída de esgoto. ....	63
Figura 20: Esquema da seqüência do procedimento de coleta. ....	64
Figura 21: Municípios da Região Metropolitana de Natal; .....	68
Figura 22: Limites geográficos: Natal, bairro e região administrativa. ....	69
Figura 23: Rendimento médio mensal por bairro.....	70
Figura 24: Distribuição das amostras por fonte geradora. ....	72
Figura 25: Distribuição das amostras por zona de origem.....	73
Figura 26: Distribuição das amostras por sistema de origem .....	73
Figura 27: Zona de origem dos esgotamentos classificados por sistema de origem.....	74
Figura 28: Histogramas de distribuição de freqüência dos dados brutos de DBO (a) e DQO (b). ....	76
Figura 29: Histogramas de distribuição de freqüência dos dados log transformados de DBO (a) e DQO (b). ....	76
Figura 30: Distribuição dos sólidos nos resíduos esgotados de fossas e tanques sépticos .....	80
Figura 31: Box plot para DBO e DQO por fonte geradora .....	84
Figura 32: Análise de variância para DBO e DQO por fonte geradora .....	86
Figura 33: Percentual de nitrogênio orgânico e amoniacal por fonte geradora.....	87
Figura 34: Box plot para Amônia Total e NTK por fonte geradora .....	87
Figura 35: Análise de variância para Amônia Total e NTK por fonte geradora .....	88
Figura 36: Percentual de Sólidos Totais Fixos e Voláteis por fonte geradora.....	89
Figura 37: Box plot de Sólidos Totais por fonte geradora .....	90
Figura 38: Análise de variância para Sólidos por fonte geradora .....	91
Figura 39: Box plot para DBO e DQO por zona de origem .....	92
Figura 40: Análise de variância para DBO e DQO por zona de origem .....	93
Figura 41: Percentual de nitrogênio orgânico e amoniacal por zona de origem .....	94

Figura 42: Box plot para Amônia Total e NTK por zona de origem.....	94
Figura 43: Análise de variância para Amônia Total e NTK por zona de origem.....	95
Figura 44: Percentual de Sólidos Totais Fixos e Voláteis por zona de origem .....	96
Figura 45: Box plot para Sólidos por zona de origem .....	97
Figura 46: Análise de variância para Sólidos por zona de origem .....	98
Figura 47: Box plot para DQO por sistema de origem .....	100
Figura 48: Análise de variância para DQO por sistema de origem .....	100
Figura 49: Percentual de nitrogênio orgânico e amoniacal por zona de origem .....	102
Figura 50: Box plot para Amônia Total e NTK por sistema de origem .....	102
Figura 51: Análise de variância para Amônia Total e NTK por sistema de origem .....	103
Figura 52: Percentual de Sólidos Totais Fixos e Voláteis por sistema de origem.....	104
Figura 53: Box plot para Sólidos por sistema de origem .....	105
Figura 54: Análise de variância para Sólidos por sistema de origem .....	105

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre esgoto domésticos e o RESTI.....	38
Tabela 2: Características das classificações dos grupos formados pelo conjunto de dados .....	66
Tabela 3: Zona de origem e tipo de sistemas do banco de dados classificado por sistema de origem.....	74
Tabela 4: Características físico-químicas e microbiológicas dos resíduos esgotados de fossas e tanques sépticos.....	75
Tabela 5: Tabela de frequência dos resultados gerais de DBO e DQO .....	77
Tabela 6: Tabela de frequência dos resultados gerais de nitrogênio e fósforo.....	78
Tabela 7: Tabela de frequência dos resultados gerais de óleos e graxas .....	79
Tabela 8: Tabela de frequência dos resultados gerais de sólidos .....	81
Tabela 9: Tabela de frequência dos resultados gerais de coliformes termotolerantes e helmintos .....	82
Tabela 10: 3º quartil (concentração de 75% dos dados) para o RESTI.....	83
Tabela 11: Resultados das medianas de DBO e DQO por fonte geradora .....	84
Tabela 12: Tabela de frequência de DQO por fonte geradora.....	85
Tabela 13: Teste Kruskal-Wallis para DBO por fonte geradora .....	85
Tabela 14: Teste Kruskal-Wallis para DQO por fonte geradora.....	85
Tabela 15: Resultados das medianas de Amônia Total e NTK por fonte geradora .....	86
Tabela 16: Teste Kruskal-Wallis para amônia por fonte geradora.....	88
Tabela 17: Teste Kruskal-Wallis para NTK por fonte geradora.....	88
Tabela 18: Resultados das medianas de Sólidos por fonte geradora.....	89
Tabela 19: Teste Kruskal-Wallis para ST por fonte geradora .....	90
Tabela 20: Teste Kruskal-Wallis para STF por fonte geradora .....	90
Tabela 21: Teste Kruskal-Wallis para STV por fonte geradora.....	90
Tabela 22: Resultados das medianas de DBO e DQO por zona de origem .....	92
Tabela 23: Teste Kruskal-Wallis para DQO por zona de origem .....	93
Tabela 24: Resultados das medianas de Amônia Total e NTK por zona de origem.....	93
Tabela 25: Teste de Kruskal-Wallis para Amônia Total por zona de origem .....	95
Tabela 26: Teste de Kruskal-Wallis para NTK por zona de origem .....	95
Tabela 27: Resultados das medianas de Sólidos para zona de origem .....	96
Tabela 28: Teste de Kruskal-Wallis para Sólidos Totais por zona de origem.....	97
Tabela 29: Teste de Kruskal-Wallis para Sólidos Totais Fixos por zona de origem .....	97
Tabela 30: Teste de Kruskal-Wallis para Sólidos Totais voláteis por zona de origem.....	97
Tabela 31: 3º quartil (concentração de 75% dos dados) para os dados de população de baixa e alta renda .....	99
Tabela 32: Resultados das medianas para DQO por fonte geradora .....	99
Tabela 33: Resultados das medianas para Amônia Total por sistema de origem .....	101
Tabela 34: Teste de Kruskal-Wallis para NTK por sistema de origem.....	103
Tabela 35: Resultados das medianas de Sólidos por sistema de origem.....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: RESTI* em países tropicais: características, classificação e comparação com esgoto tropical .....	29
Quadro 2: Características químicas e físicas do RESTI dos EUA e de São Paulo.....	29
Quadro 3: Características dos sólidos do RESTI e do Lodo de Esgoto de Ohio .....	30
Quadro 4: Parâmetro de óleos e graxas para o RESTI de Joinville/SC e Curitiba/PR .....	30
Quadro 5: Caracterização do RESTI segundo diferentes autores .....	31
Quadro 6: Características do RESTI de Natal/RN .....	31
Quadro 7: Caracterização do RESTI de Curitiba-PR.....	32
Quadro 8: Características do RESTI descarregados por carros limpa-fossa na ETE- Jarivatuba em Joinville-SC .....	33
Quadro 9: Características dos resíduos dispostos em leitos de secagem em Belém-PA..	34
Quadro 10: Características do RESTI em diferentes cidades.....	34
Quadro 11: Características do esgoto doméstico .....	36
Quadro 12: Comportamento dos sólidos no esgoto doméstico de acordo com sua concentração .....	36
Quadro 13: Resumo das características do esgoto doméstico de Natal (vários autores)..	38
Quadro 14: Resumo das características do RESTI (vários autores) .....	38
Quadro 15: Comparação entre média e mediana.....	47
Quadro 16: Interpretação do valor de p .....	48
Quadro 17: Formas de nitrogênio .....	53
Quadro 18: Metodologias aplicadas para análise de cada um dos parâmetros de campo e de laboratório.....	65

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Geral .....	18
2.2 Específicos.....	18
2.3 Hipóteses .....	18
2.4 Justificativa.....	19
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 Esgoto doméstico municipal.....	20
3.2 Tanques sépticos .....	21
3.3 Fossas.....	24
3.4 Sumidouros .....	25
3.5 RESTI.....	26
3.6 Estado da arte da caracterização do RESTI .....	28
3.7 Comparação entre o RESTI e os esgotos domésticos.....	35
3.8 Tipo de esgotamento e possíveis disposições do RESTI.....	39
3.9 Tratamento estatístico.....	45
3.9.1 Análise exploratória dos dados.....	46
3.9.2 Medidas de tendência central.....	46
3.9.2.1 MÉDIA.....	46
3.9.2.2 MEDIANA.....	46
3.9.3 Medidas de variação.....	47
3.9.4 Teste de Hipóteses .....	48
3.9.5 Distribuição dos dados .....	49
3.9.6 Estatística não-paramétrica .....	49
3.9.7 Análise de Variância (ANOVA) .....	49
3.9.7.1 TESTE DE TUKEY.....	50
3.9.7.2 TESTE DE KRUSKAL-WALLIS.....	50
3.10 Parâmetros monitorados .....	50
3.10.1 Temperatura .....	50
3.10.2 pH.....	51
3.10.3 DBO e DQO.....	51
3.10.4 Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo).....	53
3.10.5 Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) .....	56
3.10.6 Óleos e graxas (mg/L) .....	56
3.10.7 Matéria Sólida.....	57
3.10.8 Microorganismos .....	58
3.10.8.1 COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	58
3.10.8.2 HELMINTOS .....	59
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	61
4.1 Caracterização da Área de Trabalho.....	61
4.2 Metodologia de Coleta .....	63
4.3 Metodologia de Análise.....	64
4.4 Metodologia de Tratamento de Dados .....	65
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	72
5.1 Resultados Gerais.....	72
5.2 Estatística Descritiva .....	75
5.2.1 DBO (mg/L) e DQO (mg/L) .....	77
5.2.2 Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo).....	78
5.2.3 Óleos e graxas (mg/L) .....	79
5.2.4 Sólidos.....	79

5.2.5 Microorganismos .....	81
5.2.6 Considerações gerais da classificação geral .....	82
5.3 Comparação por Fonte Geradora .....	83
5.3.1 DBO (mg/L) e DQO (mg/L) .....	84
5.3.2 Nitrogênio .....	86
5.3.3 Sólidos.....	89
5.3.4 Considerações gerais da classificação por fonte geradora .....	91
5.4 Comparação por Zona de Origem.....	91
5.4.1 DBO (mg/L) e DQO (mg/L) .....	91
5.4.2 Nitrogênio .....	93
5.4.3 Sólidos.....	96
5.4.4 Considerações gerais da classificação por zona de origem .....	98
5.5 Comparação por Tipo de Sistema de Tratamento .....	99
5.5.1 DQO (mg/L) .....	99
5.5.2 Nitrogênio .....	101
5.5.3 Sólidos.....	103
5.5.4 Considerações gerais da classificação por sistema de origem.....	106
5.6 Considerações gerais.....	106
6 CONCLUSÕES.....	109
REFERÊNCIAS .....	113



## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS – WHO, 2008), a proteção da água contra a poluição pode prevenir por ano a morte de 1,4 milhões de crianças por diarreia e 500.000 por malária. Essa prevenção pode ser feita através do acesso à água potável, desenvolvimento do saneamento e da higiene e através da gestão das águas para reduzir a contaminação dos mananciais, bem como a disseminação de doenças de veiculação hídrica (WHO, 2008).

Existem pelo menos 10 doenças transmitidas pelas excretas que são de fácil incidência, entre elas estão a amebíase, a cólera, a esquistossomose, a febre tifóide e paratifóide, entre outras. Muitas dessas doenças utilizam a água como veículo transmissor. Existem doenças que são freqüentes em regiões que não possuem drenagem, como é o caso das doenças transmitidas por mosquitos – dengue, malária, febre amarela -, além da leptospirose, muito comum em períodos de enchentes.

Ao fazer um pequeno histórico da situação do saneamento de algumas cidades, Strauss *et.al.* (2003) mostram que em Danang, Vietnã, as águas cinzas e o efluente dos tanques sépticos são despejados na rua e na sarjeta, causando poluição das águas e mantendo elevado o risco de transmissão de doenças, comprovando a falta de infra-estrutura de saneamento ao redor do mundo.

No período compreendido entre 1995 e 2005 a taxa de mortalidade infantil no Brasil passou de 37,9% para 25,8%. Essa queda foi associada à melhoria nas condições de habitação e ao aumento relativo do número de domicílios com saneamento (IBGE, 2006).

Mesmo com o conhecimento de todo o problema gerado pela falta do tratamento de água e pela disposição inadequada dos esgotos sanitários a realidade do Brasil está distante do ideal. Pesquisa divulgada pelo IBGE (2006), Síntese de Indicadores Sociais de 2005, apresenta dados que mostram que 61,1% do Brasil é completamente atendido pelo serviço de saneamento. No RN, apenas 22,3% dos domicílios possuem o saneamento básico (água tratada, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana e coleta de lixo). No que se refere apenas à esgotamento sanitário, 25,2% do Rio Grande do Norte é atendido, enquanto 71,2 % dos seus domicílios dispõem o esgoto em fossas (aqui não se faz diferença entre fossas e tanques sépticos). 3,1% dos domicílios despejam seus esgotos de outras formas.

Um compromisso selado mundialmente em setembro de 2000, conhecido com a Declaração do Milênio contando com a participação de 189 países, priorizou à erradicação da fome e da pobreza até 2015. Sabendo da importância do saneamento na manutenção

da saúde dos seres vivos, a Organização da Nações Unidas elegeu 2008 como o Ano Internacional do Saneamento, na tentativa de alertar o mundo para o cumprimento das Metas do Milênio. Mesmo com essa meta em acordo, o número de brasileiro pobres sem acesso aos serviços de esgoto aumentou. De acordo com a Revista Sanear (2008) um estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas e Instituto Trata Brasil revelou que o acesso à coleta de esgoto no Brasil apresenta um crescimento de 0,4% ao ano a partir de 1992. Conforme afirmado pelo coordenador da pesquisa, Marcelo Néri, nesse ritmo, o déficit de 53,2% que o Brasil possui só será superado em 2056 quando será atingida a universalização dos serviços. Entre as dez principais metas do milênio estabelecidas neste encontro, o saneamento básico provavelmente não será cumprido no prazo estabelecido. Em 1992 10,21% da população norte rio-grandense tinha acesso a coleta de esgoto, passando para 16,52% em 2006, comprovando a pequena taxa de crescimento apresentada no estudo (Revista Sanear, 2008).

Com uma população de 712.000 habitantes (IBGE, 2000), Natal possui um total de 37 bairros. Como mostra a CAERN (Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte), apenas 29% da cidade possui rede coletora de esgotos. Desses 29% coletados, apenas 40% é tratado, sendo o restante despejado "*in natura*" no rio Potengi. Ou seja, maior parte da cidade (71%) ainda não é atendida pelo serviço público de coleta de esgoto, tendo como única saída a disposição individual dos esgotos em fossas ou tanques sépticos.

Tendo em vista que o tratamento e disposição de esgoto em Natal-RN se dá basicamente através de fossas sépticas, seguidas ou não de sumidouro, é interessante que se conheça com que características o resíduo é disposto. Ao contrário do tanque séptico, a fossa não possui as paredes e o fundo impermeabilizados, proporcionando um tempo de detenção do esgoto dentro do tanque muito curto, tendo como efluente um esgoto com elevada concentração de carga orgânica. Deve-se considerar que esse tipo de disposição não é adequada. Embora conhecido por todos, a afirmação da predominância de fossas-sumidouro e a pouca utilização de tanques sépticos não é oficial, uma vez que não existem estudos relevantes que comprove tal dado. Dessa forma, foi realizado um estudo cujo resultados finais comprovam o descaso, ou a falta da informação, por parte da população quanto aos cuidados com o esgoto produzido em suas residências e a necessidade de dispô-los de forma adequada.

O trabalho foi desenvolvido em parceria com a imunizadora Potiguar no âmbito do PROSAB. Semanalmente foram coletadas amostras de cinco caminhões de fossas esgotadas pela empresa por semana durante um ano, tendo em vista caracterizar o

resíduo no que diz respeito aos seguintes parâmetros: DBO, DQO, alcalinidade, série de sólidos, N total, P total, pH, condutividade, temperatura, óleos e graxas, contagem e viabilidade de ovos de helmintos e coliformes termotolerantes. Durante a coleta foram aplicados questionários para levantar alguns dados pertinentes à origem do resíduo, como a procedência, tipo de sistema onde era disposto, local (residência, restaurante, hospedagem, serviços, comércio etc.) entre outros.

Embora Natal possua sete empresas imunizadoras, nem todas elas possuem sistema de tratamento próprio. Assim, muitas delas possuem contratos com as empresas concorrentes para dispor os resíduos esgotados nos seus sistemas mediante pagamento de taxas. A imunizadora Potiguar foi escolhida por possuir o primeiro sistema de lagoas para tratamento de resíduos de fossas e, principalmente, por ser licenciada junto ao órgão fiscalizador.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Caracterizar os resíduos provenientes de fossas, tanques sépticos e sistemas similares que são esgotados pelas imunizadoras de Natal quanto às suas características físico-químicas e microbiológicas.

### **2.2 Específicos**

- Caracterizar os resíduos esgotados de tanque séptico, fossa e sumidouro pelos caminhões limpa-fossa, em termos de matéria orgânica (DBO e DQO), nutrientes (fósforo, amônia e NTK), sólidos, entre outros;
- Definir as características dos resíduos de acordo com sua fonte geradora (multifamiliar, unifamiliar, hospedagem, saúde, serviços e/ou alimentação), zona de origem (metropolitana, sul e norte) e tipo de sistema esgotado (fossa, tanque séptico e/ou sumidouro);
- Fazer um levantamento do tipo de tratamento individual de esgoto doméstico mais adotado pela população local;
- Verificar se existem diferenças entre os resíduos provenientes de fontes, zonas e tipo de sistemas diferentes;
- Definir o padrão das concentrações dos parâmetros DBO, DQO, nitrogênio (amônia e NTK), sólidos (totais, fixos e voláteis e suspensos) para o dimensionamento das estações de tratamento do RESTI.

### **2.3 Hipóteses**

- As imunizadoras coletam resíduos de diversas variedades, sejam elas, fossas, tanques sépticos e sumidouros e suas características possuem diferenças significantes;
- As características das diversas variáveis do RESTI são muito diferentes, sendo melhor representadas por valores medianos e não médios;
- Os RESTI's apresentam características semelhantes quando possuem o mesmo sistema de tratamento (fossa ou tanque séptico);
- O tratamento individual de esgoto doméstico adotado em nossa cidade se dá, principalmente por fossas, sendo raros os casos de tanques sépticos.

## **2.4 Justificativa**

A importância desse trabalho está focada no conhecimento das características do RESTI, uma vez que este, depois de esgotado, necessita de uma disposição adequada. Como não são completamente estabilizados, estes resíduos devem ser encaminhados para um tratamento adequado. Em Natal, os sistemas de lagoas de estabilização são adotados, atendendo a Lei nº 4.867 de 1997, na qual é recomendado que as empresas imunizadoras mantenham um sistema próprio de lagoas de estabilização.

É fato que as características de esgoto forte apresentadas na literatura estão ultrapassadas para caracterizar esgoto bruto, distanciando-se ainda mais do RESTI. Dessa forma, os projetistas precisam de novos dados apresentando as características deste tipo de resíduo para que possam projetar os sistemas de tratamento apoiados em uma característica mais fidedigna do resíduo que se quer tratar.



### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Esgoto doméstico municipal

De acordo com Jordão e Pessôa (2005) os esgotos domésticos são compostos essencialmente de água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão detergentes, águas de lavagem e provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou prédios que possuam instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas, etc.

Cada tipo de ambiente que produz esgoto doméstico ou água residuária apresenta um perfil de produção deste. Como é de se esperar, uma lavanderia produz mais esgoto que uma única residência, no entanto, não significa que sua carga orgânica será igual ou maior.

Os níveis de óleos e graxas do esgoto de restaurante podem ser muitas vezes maior que os de um esgoto residencial. Assim como, sistemas que separam as águas cinzas das águas negras possuem níveis de sólidos muito diferentes, menor para o primeiro caso (USEPA, 2002a).

De acordo com Andrade Neto & Campos *et.al.* (1999) 98% do esgoto é composto por água, coexistindo com esta sólidos suspensos, compostos orgânicos, nutrientes, metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e, em alguns casos, componentes tóxicos. O autor recomenda como parâmetros de caracterização de esgoto o pH, a temperatura, a DBO, a DQO, o nitrogênio, o fósforo, a alcalinidade, os materiais solúveis em hexano, a série de sólidos e os coliformes. Como um dos indicadores de poluição por fonte industrial é citado o parâmetro de metais pesados. A variação da DBO é na faixa de 150 a 600 mg/L.

Deve-se considerar que uma pessoa em suas atividades normais produz cerca de 50 a 60 g de DBO (5,20°C) por dia (ANDRADE NETO & CAMPOS *et.al.*,1999). Assim, considerando um consumo *per capita* de 150L por habitante/dia e uma carga *per capita* de 60 g de DBO/hab.dia, obtêm-se um esgoto com uma concentração de 400 mg/L.

O esgoto produzido diariamente possui um potencial poluidor elevado, causando danos em corpos aquáticos, aquíferos e em ambientes naturais ou não, caso disposto à céu aberto. Em mananciais esse esgoto é capaz de causar a depleção de oxigênio, contribuição de sólidos, organismos patogênicos, nutrientes etc e, à céu aberto, é ambiente propício à proliferação de vetores transmissores de diversas doenças (JORDÃO

& PESSÔA, 2005). Outros problemas como o assoreamento de rios e a eutrofização de lagoas e lagoas têm sido muito comuns nos tempos atuais. Ou seja, a disposição inadequada de esgotos torna-se um problema de saúde pública, sendo capaz de gerar problemas mais intensos em locais onde a infra-estrutura de saneamento básico não existe ou é precária.

### **3.2 Tanques sépticos**

Nos países em desenvolvimento a população vem crescendo de maneira muito acelerada, de forma que a implantação dos serviços públicos de saneamento não tem acompanhado tal crescimento. Isso permite deduzir que as soluções individuais de disposição de esgotos continuarão sendo amplamente adotadas (JORDÃO & PESSÔA, 2005).

De acordo com Andrade Neto (1997) e Kato *et.al* (1999) os tanques sépticos são largamente empregados, em termos numéricos, em todo país. É aplicado para tratamento de esgotos em residência e em pequenas comunidades e seu sucesso está diretamente relacionado à facilidade de construção, operação e manutenção.

Andrade Neto (1997) cita que os tanques sépticos são muito práticos de se construir e operar e que são empregados largamente em diversas regiões. Afirma ainda que maioria destes “apenas pretendem ser tanques sépticos”, seja por falha no próprio projeto, na execução ou na operação. O autor cita ainda que esta tecnologia se difunde cada vez mais em nosso país, sendo influenciada pelas normas da ABNT. Deve-se, porém verificar o quanto estas normas vêm sendo negligenciadas no RN.

Strauss *et.al.* (2003) mostra que, em Danang/Vietnã, muitas casas só realizam o esgotamento do sistema de disposição individual quando da obstrução do encanamento. Fato que se repete em vários países, inclusive no Brasil, embora não existam relatos, comprovando os acentuados problemas com a sua operação e manutenção ao redor do mundo.

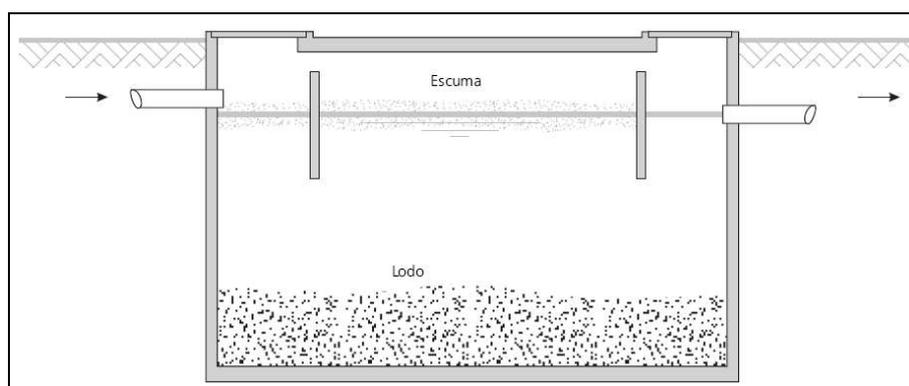
A partir do ano de 1963 o emprego dos decanto-digetores passou a ser orientado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através nas normas NBR 41/63 e NBR 7.229/82. Esta última foi revista em 1989 e desmembrada em três normas diferentes, cujos temas abordam o tanque séptico, o pós-tratamento dos efluentes e a disposição dos lodos. A primeira foi a NBR 7.229 validada em 1993 que aborda “Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos”. A segunda é a NBR 13.969 que foi lançada em 1997 sob o tema “Tanques Sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos – Projeto Construção e Operação”. A terceira

norma, ainda não elaborada, tratará sobre o tratamento e a disposição dos sólidos de tanques sépticos (Andrade Neto *et.al*, 1999).

Os tanques sépticos possuem todas as suas paredes impermeabilizadas, de modo que se promova a acúmulo do esgoto em seu interior por um determinado tempo. De acordo com Andrade Neto *et.al* (1999) a entrada e a saída de esgoto se dá pela parte superior do tanque, sendo esta feita através de dispositivos especiais (tês, septos, chicanas ou cortinas), para evitar a turbulência no interior do reator e para proporcionar a saída do esgoto tratado à uma profundidade em torno de 1/3 da altura útil do reator e maior ou igual a 40 cm, para evitar que o material flotado saia do sistema com o esgoto tratado.

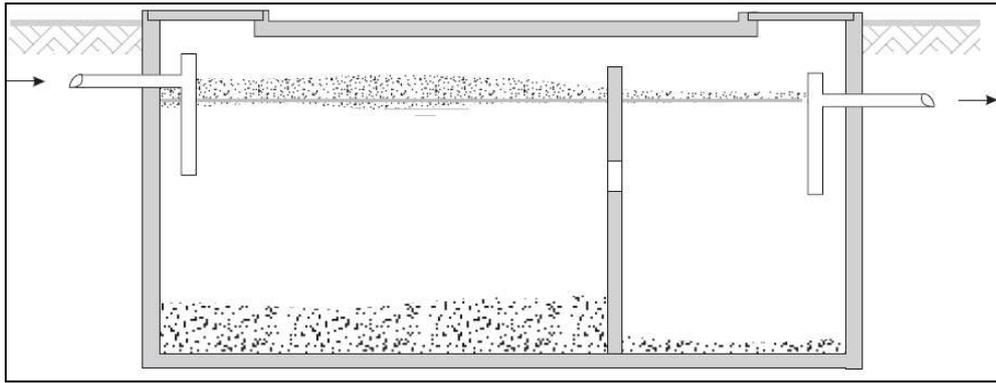
Jordão & Pessoa (2005) afirmam que os tanques sépticos são formados de uma ou mais câmaras que possuem a função de reter os esgotos sanitários por um determinado período (12 a 24 horas) que permita a sedimentação dos sólidos e a remoção do material graxo que flota naturalmente (escuma), proporcionando que estes sofram transformações bioquímicas se transformando em substâncias mais simples. Sua eficiência está mais voltada para a remoção de sólidos em suspensão, tanto que Andrade Neto *et.al* (1999) afirmam que o efluente do tanque séptico possui alta concentração de sólidos dissolvidos.

Os tanques sépticos podem possuir diferentes configurações, sendo estas: câmara única (Figura 1), câmaras em série (Figura 2) e câmara sobreposta (Figura 3) (ANDRADE NETO *et.al.*, 1999). Uma nova variável foi desenvolvida por Andrade Neto (1997), nomeado de Sistema RN (Figura 4) de forma que foi adicionado um pequeno filtro na saída do sistema para proporcionar a redução de sólidos suspensos.



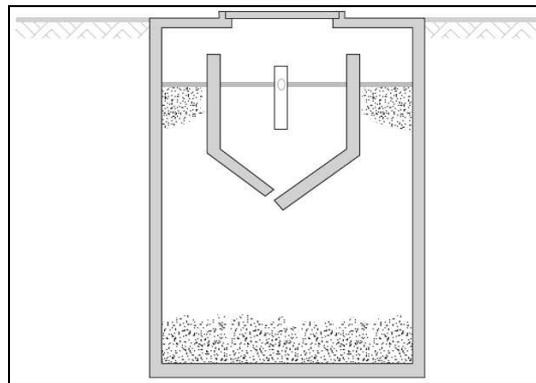
Fonte: Andrade Neto *et.al.* (1999)

**Figura 1: Decanto-digestor de câmara única**



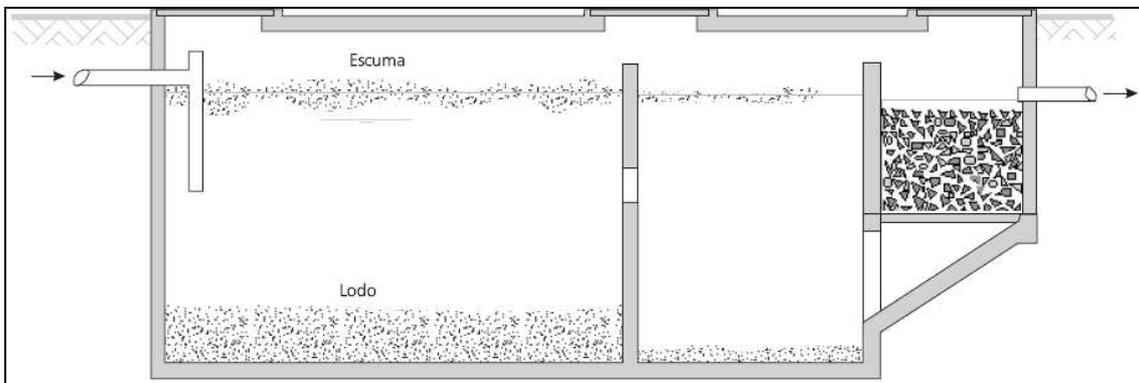
Fonte: Andrade Neto *et.al.* (1999)

**Figura 2: Decanto-digestor de câmara em série**



Fonte: Andrade Neto *et.al.* (1999)

**Figura 3: Decanto-digestor de câmara sobreposta**



Fonte: Andrade Neto *et.al.* (1999)

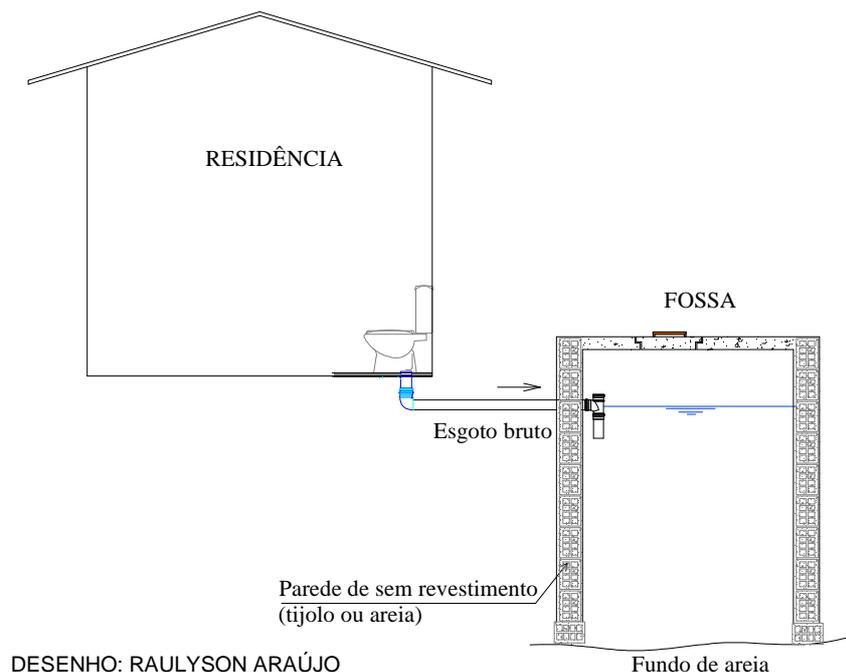
**Figura 4: Decanto-digestor com filtro acoplado (Sistema RN)**

A operação do tanque séptico está relacionado à sua limpeza periódica, que é determinada durante o seu dimensionamento. De acordo com Jordão e Pessoa (2005) a falta de limpeza dos tanques sépticos está associado a falta de conhecimento de sua obrigatoriedade pelo usuário; falta de recursos para execução desta tarefa; má localização do tanque séptico; falta de local para dispor o lodo; aversão ao manuseio do material fecal; e até mesmo negligência. A consequência da falta de cuidado é a acentuada diminuição da eficiência desses tanques.

A fundamental importância do uso dos tanques sépticos é verificada principalmente em regiões onde a disposição dos esgotos em fossas e a aquisição da água em poços estão bem próximas. Nas fossas, o esgoto infiltra no solo sem praticamente nenhuma tratamento e atinge o lençol freático, sendo bombeado em seguida através de poço e consumido pelos residentes diluído na água. Uma vez que os tanques sépticos propiciam um efluente com melhor qualidade, proporcionarão maior segurança à saúde das pessoas que utilizam poços como fonte de abastecimento de água, de modo que o efluente, embora atinja o lençol freático, possui uma concentração de carga orgânica bem menor.

### 3.3 Fossas

Em contrapartida aos tanques sépticos, as fossas não possuem suas paredes impermeabilizadas. Nela, o esgoto é disposto e infiltrado no solo conforme entra na fossa, funcionando como sumidouro. De acordo com a FUNASA (2006) (Fundação Nacional de Saúde) em “condições especiais o esgoto doméstico poderá ser ligado diretamente a um sumidouro ou poço absorvente”. Existem diversas variáveis para as fossas: as paredes podem ser de tijolo furado, manilha de cimento, areia ou até cimentada (fundo de areia); o fundo pode ser de areia, de tijolo ou cimentado (paredes permeáveis). Normalmente não possui dispositivo de saída de efluente tratado para o sumidouro como os tanques sépticos, no entanto verifica-se casos de ocorrência. A passagem de esgoto para o sumidouro, neste caso, se dá depois de anos de infiltração quando o solo ao redor da fossa esta colmatado. A Figura 5 mostra o esquema de um tipo de fossa.

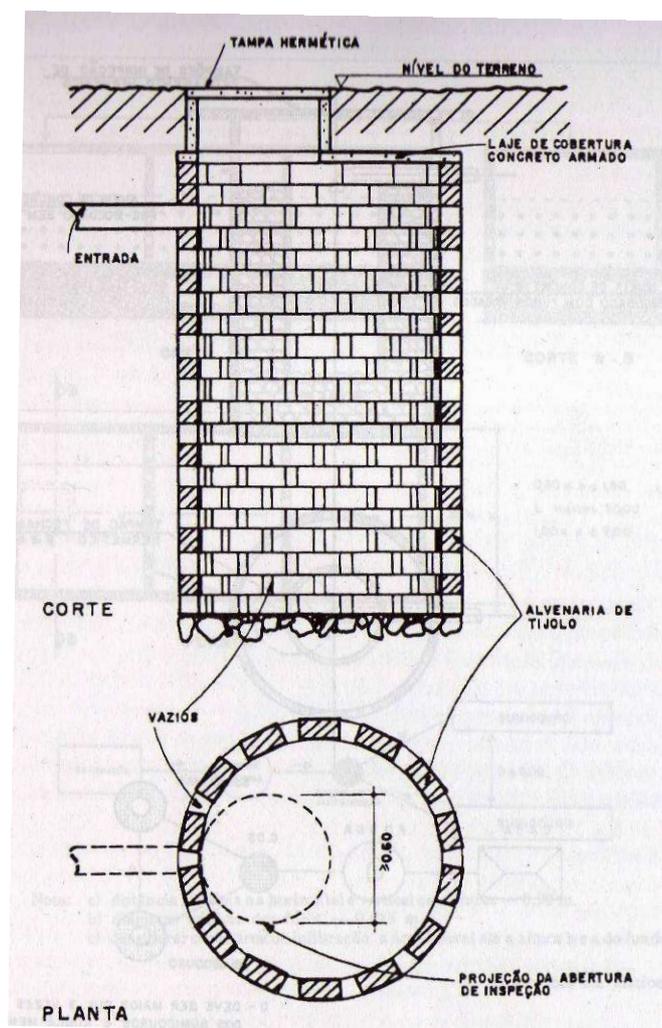


**Figura 5: Esquema de uma fossa com fundo de areia**

### 3.4 Sumidouros

Os sumidouros recebem efluentes dos tanques sépticos com a função de infiltrá-los no solo (JORDÃO E PESSÔA, 2005). No entanto, pode-se verificar o uso de sumidouros infiltrando esgotos não tratados, porém com baixa carga orgânica. Embora este último caso não seja verificado em residências, pode ser percebido em lavanderias, grandes condomínios que separam as águas cinzas das negras etc.

Os sumidouros podem possuir formato cilíndrico ou prismático e as paredes de pedra, tijolo, manilha de concreto, entre outros, de forma que estas não devem ser revestidas para permitir a infiltração do líquido. No fundo e/ou no entorno das laterais do sumidouro pode haver uma camada de brita para propiciar a filtração do esgoto tratado, sendo opcional ao projetista. Sendo que, ao construir os sumidouros, as pessoas raramente adotam essa camada de brita no fundo ou no entorno do sumidouro, de modo a diminuir os custos. A Figura 6 mostra o esquema de um sumidouro cilíndrico.



Fonte: Jordão & Pessôa, 2005.

**Figura 6: Sumidouro cilíndrico de alvenaria**

### 3.5 RESTI

Andrade Neto *et.al.* (1999) afirma que a maior atividade biológica nos decanto-digestores ocorre no lodo sedimentado, não sendo desprezível a atividade biológica na massa líquida. Percebe-se que os decanto-digestores possuem duas fases: a fase líquida que gera os efluentes líquidos e a sólida que gera os efluentes sólidos (massa decantada), sendo que elas não permanecem em perfeita separação, uma vez que o efeito de mistura provocado pela ascensão dos gases gerados é considerável.

De acordo com Jordão e Pessôa (2005) 60 a 70% dos sólidos presentes no esgotos sedimentam, formando o que chamamos de lodo no fundo do reator. Tanto o lodo como a espuma retidos no interior do reator sofrem digestão anaeróbia, provocando a destruição parcial da matéria volátil. Essa digestão proporciona uma redução no volume de lodo, resultando na geração de gases e líquidos, e na sua estabilização.

O efluente tratado dos tanque sépticos, no entanto, contém sólidos não retidos no interior do reator, bem como matéria solúvel da decomposição do lodo. Ele é escuro e possui odor forte devido a presença de gás sulfídrico e com grande quantidade de bactérias (JORDÃO & PESSÔA, 2005).

Conforme determinado durante a fase de projeto, todo o conteúdo do interior do tanque séptico deve ser removido periodicamente, no intuito de remover o lodo digerido acumulado ao longo dos anos (1 a 5).

Embora estejam parcialmente separadas no interior dos tanques sépticos, a fase e líquida e sólida se mistura completamente durante esse processo de remoção, denominado esgotamento. Essa mistura do material líquido com o sedimentado recebe diferentes denominações: lodo de esgoto (sludge), resíduo esgotado do interior das fossas e tanques sépticos (septage), etc.

De acordo com Forrest & Associates (2005) e SANDEC (1998) “lodo fecal” (faecal sludge) é um lodo de consistência variável coletado dos chamados sistemas de tratamento individuais, a saber: privadas, banheiros públicos não ligados a rede coletora, tanques sépticos e latrinas com água. Lodo de banheiro público (Public toilet sludge) são os lodos coletados de banheiros públicos não ligados a rede coletora (costuma ser mais consistente que os resíduos de fossas e ser bioquimicamente menos estável). Os Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual de esgotos domésticos<sup>1</sup> (RESTI) (septage) são classificados como toda matéria bombeada de dentro dos tanques

sépticos, tanques de retenção de residências e fossas. Já o lodo (sludge) é bioproduto residual do processo de tratamento de esgotos.

De acordo com a USEPA (1980) o RESTI (septage) é uma pasta odorífera, que possui de 3 a 10% de sólidos, formada por material orgânico e inorgânico que contém níveis elevados de areia, cabelos, nutrientes, microorganismos patogênicos, óleos e graxas. É definido como todo o conteúdo de um tanque sépticos – espuma, lodo e o líquido parcialmente clarificado que fica no meio –incluindo o material bombeado unidades de tanques de retenção, banheiros químicos e outros sistemas que recebem esgoto doméstico. A exata composição do RESTI é altamente dependente do tipo de instalação e das atividades e hábitos dos usuários.

O que Forrest & Associates (2005) e SANDEC (1998) classificam com *faecal sludge* e *septage* são classificados apenas como *septage* pela USEPA (1980), não sendo feita menção neste último ao termo *faecal sludge*.

De acordo com a USEPA (1993a) o RESTI (*septage*) corresponde ao material líquido e sólido removido de tanques sépticos, banheiros químicos ou de sistemas similares que recebem apenas esgoto doméstico (residencial, não comercial e não industrial). O RESTI contém muitas substâncias diferentes dependendo da origem do esgoto. Ele contém, geralmente, em maior parte água, materiais inorgânicos e material orgânico fecal. Usualmente possui baixos níveis de metais e outros poluentes. Os nutrientes mais comuns encontrados nele são o nitrogênio e o fósforo.

De acordo com SANDEC (1998) pouca pesquisa e desenvolvimento técnico tem sido conduzido no que se refere ao tratamento do RESTI, enquanto existe um alto nível de conhecimento da tecnologia de tratamento de esgotos domésticos.

As pesquisas quanto ao RESTI (Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual) estão sendo desenvolvidas no Brasil a pouco tempo no âmbito do PROSAB. Leite *et.al.* (2006b) mostra que o estudo deste resíduo deve ser priorizado, sabendo-se que periodicamente estes são removidos do interior do reator e devem ser dispostos de alguma forma. A melhor maneira de se determinar como tratar esses resíduos é conhecendo suas características e seu comportamento em ambientes de tratamento.

---

<sup>1</sup> A abreviação RESTI utilizada para o termo Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual foi adotada neste trabalho para facilitar a discussão dos resultados, visando unificar o termo adotado para caracterizar uma mesmo resíduo. Além de não existir uma tradução oficial da língua inglesa, também não existe um consenso nas denominações adotadas pela literatura brasileira. São encontradas diversas formas de se referir ao mesmo resíduo: lodo de decanto-digestor, lodo de fossa séptica, lodo de tanque séptico, resíduos sépticos, lodo fecal, resíduos provenientes de fossas e tanques sépticos, resíduos esgotados de fossas e tanque sépticos, material removido de tanques séptico, entre outros.

O termo lodo descreve tantos os sólidos presentes no esgoto bruto (lodo primário) quanto os gerados no tratamento de esgoto (lodo secundário), estando estes inadequados para qualquer disposição final. Quando adequadamente tratado, o lodo se torna bio-sólido, considerado um produto orgânico que pode ser utilizado na fertilização do solo de forma benéfica, uma vez que são ricos em matéria orgânica e nutrientes (micro e macro). Observa-se que, de forma contrária do que se pensava antigamente, está sendo agregado ao bio-sólido um valor agrícola, deixando de ser apenas um produto que deve ser descartado, tendo seu uso amplamente disseminado por todo país (MACHADO *et.al*, 2004).

### **3.6 Estado da arte da caracterização do RESTI**

De acordo com a USEPA (2002a) a exata composição do RESTI é altamente dependente do tipo de atividade e cultura dos usuários. Conforme discutido por SANDEC (1998) os resíduos apresentam grau variado de estabilidade bioquímica alcançado principalmente através da digestão anaeróbia, dependendo da temperatura do ambiente, do período de retenção, e inibição ou otimização devido a presença de outras substâncias não fecais.

Conforme afirmam Forrest & Associates (2005), o manejo, o tratamento e a disposição do RESTI dependem das suas características químicas e físicas, sendo estas determinadas por diversos fatores como o tamanho do tanque séptico, hábitos dos usuários e frequência de esgotamento.

Estudos realizados em Accra/Ghana, Manila/Filipinas e Bangkok/Tailândia pela SANDEC (1998) abordaram a comparação entre o resíduo de banheiros públicos, o RESTI e o esgoto doméstico bruto. O primeiro e o segundo foram classificados conforme sua concentração em tipo "A" (alta concentração) e "B" (baixa concentração) (Quadro 1). Os resíduos de banheiros públicos são considerados de alta concentração devido ao pequeno número de dias de armazenamento, de forma que foram pouco submetidos ao processo de digestão anaeróbia. Em comparação ao resíduo de banheiro público, o RESTI foi considerado de baixa concentração, uma vez que foi exposto durante anos ao processo de digestão anaeróbia. Percebe-se que, na realidade o tipo "A" e "B" se tratam do mesmo resíduo, sendo que o "B" apresenta maior estabilidade. Ao se comparar o RESTI ao esgoto doméstico bruto (esgoto tropical) percebe-se que ele se encontra muito mais concentrado.

O estudo de SANDEC (1998) mostra algumas dificuldades na classificação do RESTI nestes dois tipos devido a alguns fatores que influenciam as características do resíduo

como a intrusão do lençol d'água (Bangkok) e a existência de moedor na pia da cozinha (US). Outros fatores citados pelo autor são o tempo de retenção (meses a anos), tecnologia de esvaziamento do tanque, bem como o modelo do mesmo, eficiência do sistema de tratamento individual e temperatura.

**Quadro 1: RESTI\* em países tropicais: características, classificação e comparação com esgoto tropical**

Item	Tipo "A" (alta concentração)	Tipo "B" (baixa concentração)	Esgoto – caráter de comparação
Exemplo	Banheiros públicos e lodo	RESTI	Esgoto tropical
Caracterização	Altamente concentrado, armazenado por apenas dias ou semanas	Com menor concentração; usualmente armazenado por vários anos; maior estabilidade que o tipo "A"	-
DQO (mg/L)	20.000 – 50.000	<15.000	500 – 2.500
DQO/DBO	5:1 .... 10:1		2:1
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	2.000 – 5.000	< 1.000	30 - 70
SS (mg/L)	≥ 30.000	≈ 7.000	200 – 700
Ovos de Helmintos (ovos/L)	20.000 – 60.000	≈ 4.000	300 – 2.000

Fonte: Adaptado de Strauss *et al.*, 1997 e Mara, 1978 apud SANDEC, 1998.

\* O termo RESTI não foi adotado pelo autores dos trabalhos citados, foi adotado neste trabalho como já afirmado anteriormente, para facilitar a discussão.

Dados apresentados pela USEPA (2002a) e por Jordão e Pessôa (2005), Quadro 2, mostram algumas características físicas e químicas do RESTI nos Estados Unidos e em São Paulo. Os dados indicam que, com exceção da amônia, os valores médios citados pela literatura estrangeira e nacional encontram-se próximos, bem como ambos apresentam ampla faixa de variação.

**Quadro 2: Características químicas e físicas do RESTI dos EUA e de São Paulo**

Parâmetros	Concentração (mg/L)*		Concentração (mg/L)**	
	Média	Min-Máx	Média	Min-Máx
Sólidos Totais	34.106	1.132-130.475	-	-
Sólidos Totais Voláteis	23.100	353-71.402	-	-
Sólidos Suspensos Totais	12.862	310-93.378	15.000	2.000-100.000
Sólidos Suspensos Voláteis	9.027	95-51.500	7.000	1.200-14.000
DBO	6.480	440-78.600	6.000	2.000-3.000
DQO	31.900	1.500-703.000	-	-
NTK	588	66-1.060	700	100-1.600
Amônia Total	97	3-116	400	100-800
Alcalinidade	970	522-4.190	-	-
Óleos e Graxas	5.600	208-23.368	8.000	5.000-10.000
Fósforo	-	-	250	50-800

Fonte: \*USEPA (2002a) - EUA; \*\* Jordão e Pessôa (2005) – São Paulo.

Embora o RESTI possua concentrações muito elevadas que o esgoto doméstico, quando comparado ao lodo de esgoto, o RESTI se mostra menos concentrado. Forrest & Associates (2005) realizou a comparação entre o RESTI e o lodo de esgoto (Quadro 3) e comprovou que suas concentrações são menores que a de lodo de esgoto. Ainda assim, o

RESTI possui altos níveis de graxa, areia e cabelos, e por possuir natureza anaeróbia libera forte odor, além de conter parasitas, vírus e bactérias que podem causar doenças.

Assim, percebe-se que, em termos de concentração, o RESTI encontra-se entre o esgoto doméstico bruto e o lodo de esgoto, se caracterizando como uma nova variante de subproduto dos dejetos humanos.

**Quadro 3: Características dos sólidos do RESTI e do Lodo de Esgoto de Ohio**

Parâmetros	RESTI (mg/L)	Lodo de Esgoto (mg/L)
Sólidos Suspensos Totais	15.000	30.000
Sólidos Suspensos Voláteis	10.000	23.100
DBO <sub>5</sub>	7.000	18.500
Nitrogênio Total	700	750
Fósforo Total	250	480
Graxa	8.000	-
pH	6	-

Fonte: Forrest & Associates, 2005.

Pesquisa desenvolvida por Leite *et.al* (2006) no âmbito do PROSAB apresenta os dados de óleos e graxas (Quadro 4) de Joinville/SC e Curitiba/PR. Percebe-se que existe grande diferença entre os valores mínimo e o máximo, e que, dentro desta realidade (grande amplitude de dados), os valores médios estão próximos.

**Quadro 4: Parâmetro de óleos e graxas para o RESTI de Joinville/SC e Curitiba/PR**

Parâmetros	Joinville/SC				Curitiba/PR			
	Média	$\sigma$	Mínimo	Máximo	Média	$\sigma$	Mínimo	Máximo
Óleos e graxas (mg/l)	970	1.190	58	3.235	588	890	23,9	3.639

Fonte: Rocha e Sant'Anna (2005) e Sanepar (2005) apud Leite *et.al.* (2006b).

Estudos realizados por Rocha e Sant'Anna (2005) compilaram dados referentes à caracterização do RESTI feita por diversos autores (Quadro 5). Para o parâmetro de pH verifica-se concordância entre os diversos autores, variando numa faixa de 6 a 9, com médias próximas do valor neutro. Entre os vários autores citados, o parâmetro de DQO variou de 8.640 a 45.000 mg/L e parâmetro de DBO variou entre 2.300 e 5.000 mg/L, percebendo-se altas concentrações e grande variabilidade de valores médios ao longo da literatura. A relação DQO/DBO se mostrou bastante elevada e com faixa de variação de 3,7 a 9,0 entre os autores.

**Quadro 5: Caracterização do RESTI segundo diferentes autores**

Parâmetros (mg/L)	Cassini 2003	Fiúza Jr. 2003	Philippi, 1992					
			Brandes 1978	USEPA 1977	Edeline 1983	Philip 1983	Sabatier 1983	Dérangère 1988
DQO	10.383	-	8.640	45.000	30.300	-	32.000	-
DBO <sub>5</sub>	2.808	-	2.300	5.000	-	-	-	-
DQO/ DBO <sub>5</sub>	3,7	-	3,76	9,0	-	-	-	-
pH	6,69	6-8	6,5	6-9	-	-	8,8	6,9
Nitrogênio NH <sub>4</sub>	116	-	35	150	532	319	335	-
Fósforo Total	45	150-600	12	150	532	319	338	1.221
ST	9.550	2.000 – 4.000	2.800	40.000	27.900	33.400	24.000	45.600
STV	6.172	1.500 – 3.000	-	-	-	24.150	17.200	31.000

Fonte: Adaptado de Rocha e Sant'Anna (2005)

O estudo realizado por Meneses (2001b) verificou as características do RESTI de Natal/RN (Quadro 6). A coleta foi feita através da tomada de uma alíquota de 8L por caminhão, dessa alíquota foram retiradas 500ml para junto com as descargas de outros caminhões gerar uma amostra composta. Em sua pesquisa, Meneses (2001b) determinou que 55,5% dos sólidos estão na forma volátil e 55% são suspensos. O nitrogênio amoniacal corresponde a cerca de 72% do nitrogênio total. Percebe-se que todos os parâmetros apresentam grande variabilidade, condizendo com o verificado para as demais referências estudadas.

**Quadro 6: Características do RESTI de Natal/RN**

Parâmetros	Unidade	Média	Mínimo	Máximo
<b>Físicos</b>				
Temperatura	°C	29	27	31
pH	-	6,9	6,3	7,2
Condutividade	µScm <sup>-1</sup>	1.567	900	2.500
<b>Químicos</b>				
Sólidos Totais	mg/l	12.880	2.280	39.238
Sólidos Totais Fixos	mg/l	2.824	240	8.010
Sólidos Totais Voláteis	mg/l	3.518	1.710	11.828
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	7.091	1.240	17.350
Sólidos Suspensos Fixos	mg/l	1.575	150	3.620
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/l	2.246	1.030	8.160
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	4.052	1.100	21.888
Sólidos Sedimentáveis	mg/l	266	34	700
Alcalinidade	mgCaCO <sub>3</sub> /l	498	154	902
Fósforo	mg P/l	18,05	6,2	67,2
Nitrogênio Total	mg N/l	119,68	54,64	179,6
Nitrogênio Orgânico	mg N/l	34,91	14,56	70,56
Nitrogênio Amoniacal	mg NH <sub>3</sub> /l	88,87	38,08	148,8
Nitrato	mg NO <sub>3</sub> /l	1,87	0,00	6,00
Óleos e graxas	mg/l	531	6,20	8.533
DBO	mg/l	2.434	1.020	4.800
DQO	mg/l	6.895	2.400	16.000
<b>Biológicos</b>				
Coliformes fecais	UFC/ml	3,16E+7	6,9E+5	2,00E+8
Helmintos	Ovos/l	225	53	837

Fonte: Meneses (2001b)

Em trabalho de caracterização publicado por Meneses *et. al* (2002), os dados também apresentaram grande variabilidade ao longo do monitoramento dos parâmetros, fato que foi associado apenas ao tempo de limpeza dos tanques sépticos e do local de onde os caminhões provinham. Deve-se considerar também, que um esgoto proveniente de um tanque séptico é diferente de um proveniente de uma fossa ou até de um sumidouro. Os caminhões limpa-fossas esgotam qualquer tipo de sistema, e não apenas tanques sépticos.

O Quadro 7 apresenta os dados de caracterização do RESTI de Curitiba realizados por Tachini *et.al* (2006) e por Leite *et.al* (2006a). O primeiro, verificou o tratamento do RESTI em um RALF (Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado), tendo como base as características do RESTI obtidas a partir de 12 amostragens. Tais resultados atestam que 60% dos sólidos presentes são orgânicos. As variações de DBO e DQO foram justificadas: baixas concentrações se referem aos resíduos sobrenadantes ou resíduos recentes; altas concentrações se devem a elevada concentração de material sólido de tanques com intervalos de limpeza mais longos. A maior parte da matéria orgânica está associada com sólidos em suspensão (94,7%). O segundo autor realizou a caracterização no intuito de determinar as possibilidades de disposição do RESTI, obtendo porcentagens de sólidos voláteis de 52%. As concentrações apresentadas pelos dois autores no mesmo município apresentam grande de diferenças. O primeiro obteve uma concentração média de sólidos totais de 49.593 mg/L, enquanto o segundo obteve uma de 9.266 mg/L. Para os parâmetros de DBO e DQO foram verificados os mesmos valores discrepantes: no primeiro caso 11.424 mg/L de DBO e 23.835 mg/L de DQO; no segundo caso 1.862 mg/L de DBO e 9.419 mg/L de DQO. A grande diferença entre os valores médios de autores de um mesmo município, provavelmente, está relacionada a fatores não identificados por nenhum dos dois, como por exemplo, o tempo de intervalo entre os esgotamentos.

**Quadro 7: Caracterização do RESTI de Curitiba-PR**

Parâmetros	Concentrações*				Concentrações**			
	Média	Mín.	Max.	DP	Média	Mín.	Max.	DP
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	579	4	990	423	209	1,5	700	207,51
Sólidos Totais (mg/L)	49.593	655	162.660	54.778	9.266	745	44.472	10.742
Sólido Totais Fixos (mg/L)	-	-	-	-	4.398	366	23.027	5.308
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	29.685	300	106.960	31.574	4.868	304	21.445	5.752
Sólidos em Suspensão (mg/L)	37.731	215	134.000	43.146	-	-	-	-
DQO (mg/L)	23.835	474	56.000	18.267	9.419	1.363	25.488	7.820
DBO (mg/L)	11.424	230	47.200	14.426	1.862	499	4.104	976
Óleos e Graxas	-	-	-	-	587	23,9	3.638	899,83
Coliformes Fecais (NMP/100ml)	-	-	-	-	7.568	<0,3	46.000	14.051

Fonte: \*Tachini *et.al* (2006); \*\*Leite *et.al* (2006a);

Em Joinville/SC, Rocha e Sant'Anna (2005) fizeram um estudo em parceria com a CASAN (Companhia Catarinense de Água e Saneamento) tendo em vista regulamentar as descargas de caminhões limpa-fossas na ETE-Jarivatuba. Dessa forma, foi solicitado de cada empresa um laudo caracterizando o resíduo que estava sendo despejado (Quadro 8). Os dados apresentados nos laudos mostram uma grande diferença entre os resultados dos caminhões, que pode estar relacionada à diversos fatores como, por exemplo, a procedência do resíduo. Percebe-se grande variabilidade da concentração de matéria orgânica, tanto representada pela DQO quanto pelos sólidos voláteis. Para todas as empresas verifica-se que a maior parcela de nitrogênio é amoniacal e praticamente inexistência de nitrito e nitrato. No que se refere a sólidos, não apenas as concentrações apresentaram diferenças, mas a relação entre os sólidos fixos e voláteis. Tal fato representa a necessidade de se diagnosticar a origem do esgoto e o tempo de intervalo entre os esgotamentos. Uma das conclusões que os autores chegaram foi que se faz necessário a coleta das amostras por funcionário devidamente treinado da CASAN, de modo a tornar os dados mais confiáveis.

**Quadro 8: Características do RESTI descarregados por carros limpa-fossa na ETE-Jarivatuba em Joinville-SC**

PARÂMETROS	EMPRESAS LIMPA-FOSSAS					
	A	B	C	D	E	F
pH	8,3	6,64	6,69	5,44	7,1	8,54
DQO (mg/L)	2.995	144	19.830	9.180	7.320	8.000
DBO (mg/L)	784	60	8.600	1.768	4.200	1.560
Fósforo (mg/L)	24,9	1,7	444,6	8,7	32,0	158,8
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	120	0,8	90	1	310	580
Sólidos Voláteis (mg/L)	5,43	535	3.100	5,8	770	1,3
Sólidos Fixos (mg/L)	6,61	218	5.060	4,36	70	7,4
Sólidos Suspensos (mg/L)	11,2	110	1.750	850	230	1,7
Sólidos Totais (mg/L)	12,04	753	8.160	10,24	840	8,7
Alcalinidade Total (mg/L)	1.375	42,3	1.250	6.105	562	2.560
Óleos e Graxas (mg/L)	1.203	110	3.235	787	58	430
Nitrito (mg/L)	-	-	0,02	-	0,03	0,003
Nitrato (mg/L)	-	1,4	1,2	-	3,25	1,31
Amônia (mg/L)	141,95	64,51	3180	134,16	825,49	164,65
Nitrogênio Total (mg/L)	141,95	65,91	3.281,22	134,16	828,77	166,01

Fonte: Adaptado de Rocha e Sant'Anna (2005).

Ao verificar a viabilidade de desaguar o RESTI em leitos de secagem, Gutierrez *et.al* (2006) obteve as características do RESTI (Quadro 9), obtendo, mais uma vez, elevada parcela de sólidos voláteis.

**Quadro 9: Características dos resíduos dispostos em leitos de secagem em Belém-PA**

Parâmetros	C45 – I*	D45 – I**	C45 – II***	D45 – II****
Sólidos Totais (mg/L)	2.306	2.219	15.770	22.427
Sólidos Totais Voláteis (%)	61,5	58,1	67,8	63,7
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	0	0	660	780
Sólidos Suspensos (mg/L)	1.100	1.010	8.580	21.580
Sólidos Suspensos Voláteis (%)	74,5	87,1	66,0	64,9

Fonte: Gutierrez *et.al* (2006). \* Leito de secagem coberto (C) do 1º ciclo de secagem (I) com lâmina inicial de 45 cm (45); \*\* Leito de secagem descoberto (D) do 1º ciclo de secagem (I) com lâmina inicial de 45 cm (45); \*\*\* Leito de secagem coberto (C) do 2º ciclo de secagem (II) com lâmina inicial de 45 cm (45); \*\*\*\* Leito de secagem descoberto (D) do 2º ciclo de secagem (II) com lâmina inicial de 45 cm (45).

Heinss *et.al* (1999) desenvolveram a caracterização do RESTI em Accra, Bangkok e Manila (Quadro 10). Os dados do Accra são baseados na análise de amostras de mais de 60 tanques sépticos e tanques de banheiros públicos. Os dados de Bangkok e Manila são originários da análise de 15 amostras para cada. Os autores perceberam que as características do RESTI podem ser bastante diferentes de lugar para lugar existindo diversos fatores de influência, sendo algumas delas: tempo de armazenamento (semana a anos), mistura com graxa ou lixo orgânico da cozinha, temperatura, desempenho do tanque séptico, tecnologia de esvaziamento e modelo do sistema e tratamento conjunto de águas negras e cinzas. Através dos dados percebe-se que, para a literatura estrangeira, também há a predominância da parcela volátil dos sólidos, bem como relação DQO/DBO elevadas e altas concentrações de ovos de helmintos.

**Quadro 10: Características do RESTI em diferentes cidades**

	RESTI de Accra	Resíduo de Banheiro público de Accra	RESTI de Bangkok	RESTI de Manila	RESTI de US (EPA)
DQO (mg/L)	7.800	49.000	14.000	37.000	43.000
DBO (mg/L)	600 – 1.500	7.600		3.800	5.000
ST (mg/L)	11.900	52.500	16.000	72.000	38.800
STV (%)	60	69	69	76	65
DQO/DBO	6 – 12	6,4	-	9,7	9
Helmintos (ovos/L)	4.000	25.000	-	5.700	-

Fonte: Heinss *et.al*, 1999.

Heinss *et.al* (1999) citaram que foram identificadas algumas dificuldades no decorrer da pesquisa como, por exemplo, problemas com a amostragem. Segundo os autores os resíduos presentes no interior dos sistemas de tratamento individual de esgotos não se encontram bem homogêneo, consistindo em uma fase líquida, sólidos sedimentados e parcialmente sedimentados, espuma e sólidos dissolvidos, se tornando difícil realizar uma amostragem representativa. Dessa forma, o desenvolvimento de um método de amostragem padronizado é aparentemente impossível devido as diferentes condições encontradas de lugar para lugar (diferentes métodos de sucção e construção do tanque

séptico). Embora identificada a dificuldade, os autores não detalharam a metodologia de coleta.

Em Natal/RN, Ratis *et.al.* (2008), no intuito de caracterizar o RESTI, realizaram as coletas na saída do cano de descarga dos caminhões através de cinco amostragem ao longo de toda descarga formando uma amostra composta do caminhão, uma vez que em seu interior o conteúdo da fossa ou tanque séptico encontra-se completamente homogêneo.

Ainda em Natal/RN, Andrade Neto *et.al.* (2008) desenvolveram um amostrador de coluna (Figura 7) capaz de coletar amostras que representem a parcela da massa líquida, da espuma e dos sedimentos presentes no interior dos tanques sépticos. De acordo com o autor o amostrador proporcionou resultados satisfatórios durante os testes e durante a operação de coleta em tanques sépticos e em tanques com água.



Fonte: Andrade Neto *et.al.* (2008)

**Figura 7: Utilização do amostrador de coluna em um tanque séptico**

Finalmente, percebe-se que na própria revisão de literatura nacional e estrangeira verifica-se grande variabilidade dos dados, que, além de corresponderem a regiões diferentes, não levam em questão muitas variantes que podem afetar as características do resíduo. De maneira consensual entre os mais variados autores, percebe-se a predominância da fração volátil dos sólidos, ao contrário do que se esperava devido ao elevado tempo de permanência do RESTI no interior do reator.

### **3.7 Comparação entre o RESTI e os esgotos domésticos**

A caracterização dos esgotos domésticos é primordial para a definição do tratamento mais adequado, por exemplo, uma relação de DQO/DBO<sub>5</sub> menor que 2,5 indica que o

tratamento biológico é viável. Com base nestes dados foi possível aprimorar os sistemas de tratamento verificando e melhorando sua eficiência.

Von Sperling (2005) apresenta algumas das características típicas do esgoto doméstico, que podem ser vistas no Quadro 11. Jordão e Pessôa (2005) apresentam as características do esgoto doméstico no relativo a sólidos, classificando-os em forte, médio e fraco (Quadro 12).

**Quadro 11: Características do esgoto doméstico**

Parâmetro	Unidade	Típico	Faixa
Sólidos Totais	mg/L	1.100	700-1.350
DBO	mg/L	300	250-400
DQO	mg/L	600	450-800
NT	mgN/L	45	35-60
NOrg	mgN/L	20	15-25
Amônia	mgNH <sub>3</sub> -N/L	25	20-35
PT	mgP/L	7	4-15
pH		7,0	6,7-8,0
Alcalinidade	mgCaCO <sub>3</sub> /L	200	100-250
Coliformes Termotolerantes	Org/100ml	-	10 <sup>6</sup> -10 <sup>10</sup>
Ovos de Helmintos	Org/100ml	-	10 <sup>0</sup> - 10 <sup>4</sup>

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005)

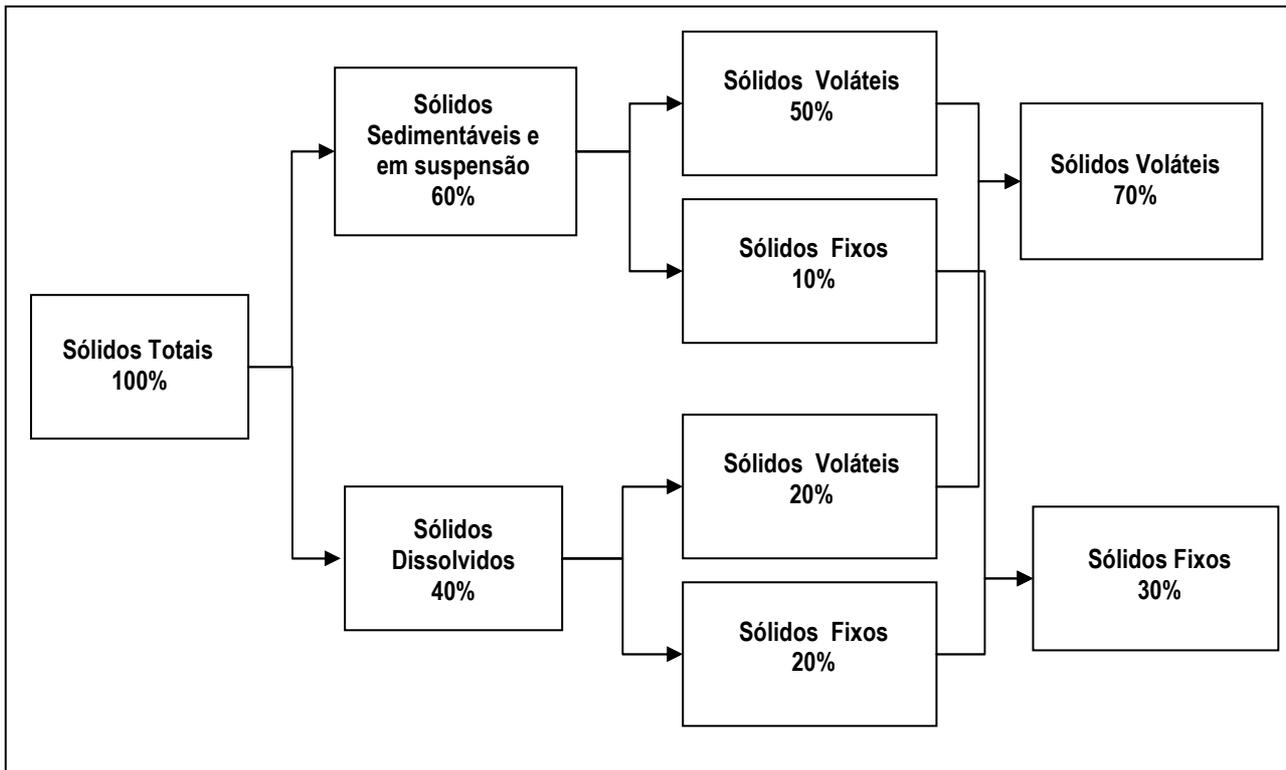
**Quadro 12: Comportamento dos sólidos no esgoto doméstico de acordo com sua concentração**

Matéria Sólida (mg/L)	Esgoto Forte	Esgoto Médio	Esgoto Fraco
Sólidos Totais	1.160	730	370
Sólidos Suspensos Totais	360	230	120
Sólidos Suspensos Voláteis	280	175	90
Sólidos Suspensos Fixos	80	55	30
Sólidos Dissolvidos Totais	800	500	250
Sólidos Dissolvidos Voláteis	300	200	105
Sólidos Dissolvidos Fixos	500	300	145
Sólidos Sedimentáveis*	20	10	5

Fonte: Jordão e Pessôa (2005). \* ml/L

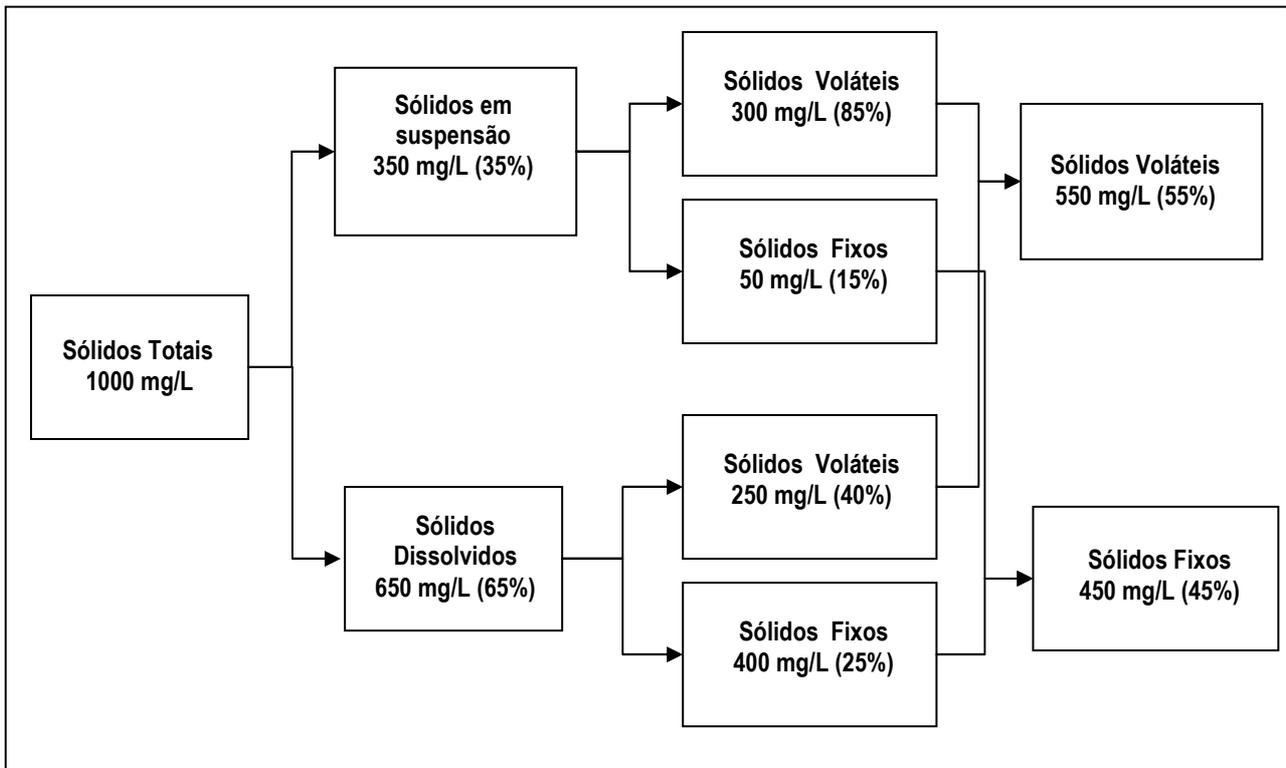
Jordão e Pessôa (2005) fazem ainda uma distribuição dos percentuais das frações de sólidos, conforme mostrado na Figura 8. Nele verifica-se que 60% dos sólidos são suspensos e pelo menos 70% dos sólidos totais são voláteis.

Distribuição semelhante a de Jordão e Pessôa (2005) foi feita por Von Sperling (2005), mostrado na Figura 9. Ao contrário de Jordão e Pessoa (2005), Von Sperling (2005) determinou que 35% dos sólidos contidos nos esgotos domésticos se tratavam de suspensos, ao contrário dos 60% propostos pelo primeiro autor. As parcelas total de fixo e volátil, no entanto, se mostraram bem semelhantes.



Fonte: Jordão e Pessôa (2005)

**Figura 8: Distribuição dos percentuais das frações de sólidos por Jordão e Pessôa (2005)**



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

**Figura 9: Distribuição dos percentuais das frações de sólidos por Von Sperling (2005)**

Na cidade de Natal houve intensa exploração da eficiência dos principais sistemas de tratamento de esgoto. O Quadro 13 traz uma compilação dos dados apresentados em diversos estudos realizados na Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra, do

Jardim Lola I e II e Beira Rio. Já o Quadro 14 apresenta dados referentes ao RESTI. Para ambos os dados foi feita a verificação da média. A comparação entre essas médias pode ser verificada na Tabela 1.

**Quadro 13: Resumo das características do esgoto doméstico de Natal (vários autores)**

		DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	ST (mg/L)	PT (mgP/L)	Amonia (mgN/L)	NT (mgN/L)	CF <sup>1</sup> (UFC/100ml)
Ponta Negra	Macedo (2005)	305	577	364	-	-	-	-	5,53E+07
	Oliveira (2005)	305	565	364	-	-	-	-	-
	Medeiros (2005)	-	-	310	-	-	-	-	9,50E+07
	Vieira (2003)	-	-	114	581	7,5	-	-	-
	Abujamra (2003)	-	-	185	343	-	39,6	51	-
Jardim Lola I	Vale (2006)	628	993	609	1.119	-	39,1	-	2,60E+10 <sup>2</sup>
Jardim Lola II	Vale (2006)	688	1.096	727	1.200	-	40,1	-	1,70E+10 <sup>2</sup>
Beira Rio	Vale (2006)	594	993	708	1.222	-	53	-	2,00E+10 <sup>2</sup>
Média	-	504	845	423	893	8	43	51	7,52E+07

<sup>1</sup> Média Geométrica; <sup>2</sup> NMP/100ml; Valores em NMP/100ml não contabilizados na média.

**Quadro 14: Resumo das características do RESTI (vários autores)**

	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	ST (mg/L)	PT (mgP/L)	Amônia (mgN/L)	NT (mgN/L)	NTK (mgN/L)	CF <sup>1</sup> UFC/100ml
USEPA (2002 <sup>a</sup> )	6.480	31.900	12.862	34.106	-	97	-	588	-
Jordão e Pessoa (2005)	6.000	-	15.000	-	250	400	-	700	-
Brandes (1978) <sup>2</sup>	2.300	8.640	-	2.800	12 <sup>4</sup>	-	-	-	-
USEPA (1977) <sup>2</sup>	5.000	45.000	-	40.000	150 <sup>4</sup>	-	-	-	-
Edeline (1983) <sup>2</sup>	-	30.300	-	27.900	175 <sup>4</sup>	-	-	-	-
Sabatier (1983) <sup>2</sup>	-	32.000	-	24.000	338 <sup>4</sup>	-	-	-	-
Dérangère (1988) <sup>2</sup>	-	-	-	45.600	1221 <sup>4</sup>	-	-	-	-
Philip (1992) <sup>2</sup>	-	-	-	33.400	538 <sup>4</sup>	-	-	-	-
Fiúza (2003) <sup>2</sup>	-	-	-	3.000	-	-	-	-	-
Cassini (2003) <sup>2</sup>	2.808	10.383	-	9.550	45 <sup>4</sup>	-	-	-	-
Rocha e Sant'Anna (2005) <sup>2</sup>	2.829	7.911	-	-	-	-	-	-	-
Curitiba <sup>2</sup>	1.863	9.419	-	-	-	-	-	-	-
Andreoli (2006)	-	-	-	-	-	-	-	-	7.568,49 <sup>3</sup>
Meneses (2001)	2.434	6.895	7.091	12.880	18	88,8	119,6	-	3,16E+7
Tachini (2006)	11.424	23835	37.731	49.593	-	-	-	-	-
Leite <i>et.al</i> (2006)	1.863	9.420	-	9.267	-	-	-	-	7.568 <sup>3</sup>
Média	4.300	19.609	18.171	24.341	305	195	120	644	3,16E+07

<sup>1</sup> Média Geométrica; <sup>2</sup> Fonte: Rocha e Sant'Anna (2005) e/ou Sanepar (2005) apud Andreoli (2006); <sup>3</sup> NMP/100ml; <sup>4</sup> Fonte: Rocha & Sant'Anna (2005); Valores em NMP/100ml não contabilizados na média.

**Tabela 1: Comparação entre esgoto domésticos e o RESTI**

Média	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	ST (mg/L)	PT (mgP/L)	Amônia (mgN/L)	CF* (UFC/100ml)
Esgoto doméstico	504	845	423	893	8	43	7,52E+07
Resíduos esgotados	4.300	19.609	18.171	24.341	305	195	3,16E+07
Relação resíduos esgotados/esgoto doméstico	9	23	43	27	38	5	0,42

De acordo com o apresentado na Tabela 1, percebe-se que as concentrações do RESTI são bem mais elevadas. A DBO do RESTI se mostrou 9 vezes maior que a do esgoto doméstico e a DQO cerca de 23 vezes maior. Os coliformes não apresentaram praticamente nenhuma diferença em suas concentrações.

Com base nesta comparação, fica evidente a grande diferença entre as características do RESTI e do esgoto doméstico bruto.

### **3.8 Tipo de esgotamento e possíveis disposições do RESTI**

Em Bamako, Mali, a coleta, esgotamento e disposição final do RESTI são feitos exclusivamente por trabalhadores não treinados usando escavadeiras e caçambas ou pequenos empresários usando bombas a vácuo e tanque puxados por tratores ou burros (Strauss *et.al.*, 2003).

Durante sua pesquisa, Klingel *et.al.* (2002) mostraram que o esgotamento dos sistemas de disposição individual de esgoto doméstico podem ser feitos a vácuo (bombas, caminhões, etc.) ou manual. O autor afirma ainda que o primeiro é o mais recomendado e o mais utilizado, onde uma mangueira é introduzida no sistema através de uma abertura succionando o material contido no seu interior. Neste caso, existe um contanto mínimo entre o operador e o lodo, tornando esta uma técnica segura e viável. Segundo ele, o esgotamento manual deve ser considerado a última opção, sendo aceitável quando dois pontos são respeitados: o risco a saúde dos trabalhadores deve ser minimizado e o transporte até a disposição final deve ser organizada. Os riscos podem ser reduzidos a partir do uso de roupas de proteção e uma boa higiene.

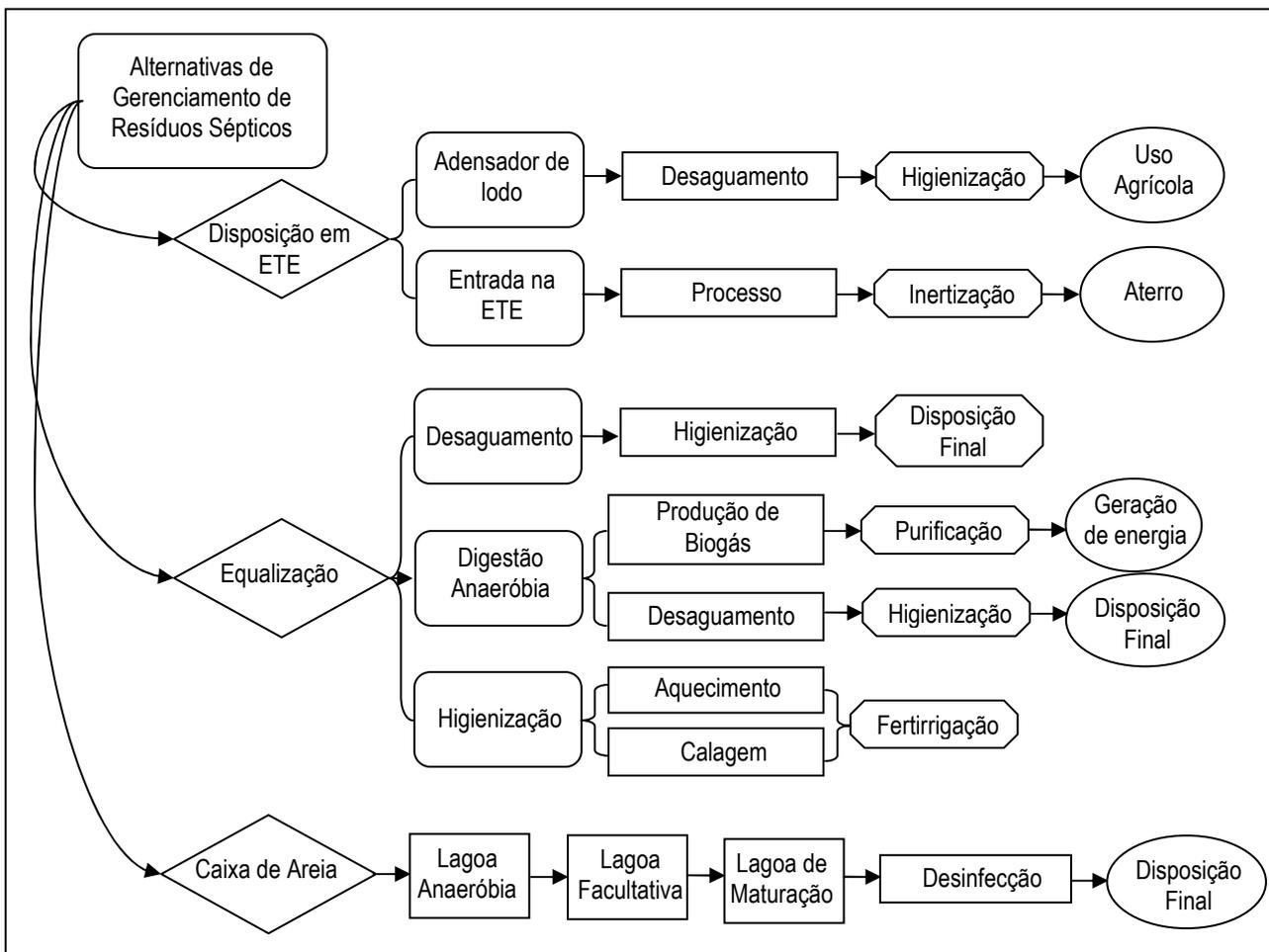
Em Natal, o esgotamento é realizado por empresas denominadas imunizadoras, através do uso de caminhões a vácuo, popularmente conhecido como caminhões limpa-fossa.

Conforme afirmado por Klingel *et.al.* (2002), as características do RESTI fazem com que o seu manuseio seja bastante difícil. Este tipo de resíduo não pode ser descarregado em superfícies aquáticas ou ser tratadas como esgoto porque as concentrações de seus poluentes são muito altas. Ele não pode seguir para aterro sanitário ou tratado como resíduo sólido porque sua umidade é muito elevada. Ele não pode ser diretamente utilizado como fertilizante porque a presença de patógenos é alta.

De acordo com a NBR 7.229 de setembro de 1993 da ABNT, o RESTI não pode ser lançado em corpos aquáticos ou em galerias pluviais. O resíduo pode ser lançado na estação de tratamento ou na rede coletora de esgoto local, apenas sob autorização do órgão responsável pelo esgotamento sanitário da região. Em locais isolados, cujo tratamento dos esgotos se dá por tanque séptico, o resíduo pode ser disposto em leitos de secagem projetados especialmente para este fim. O lodo seco, já estabilizado, pode ser disposto em aterro sanitário, usina de compostagem ou campo agrícola, onde os alimentos não sejam hortaliças, frutas rasteiras ou alimentos consumidos crus.

No município de Natal, a Lei 4.867 de 1997 obriga “as empresas imunizadoras que coletam objetos sanitários, residenciais ou comerciais, públicos ou particulares” a possuírem sistema próprio de lagoas de estabilização. No caso de não possuírem, elas podem dispor os resíduos nas lagoas das outras empresas conforme contrato de concessão.

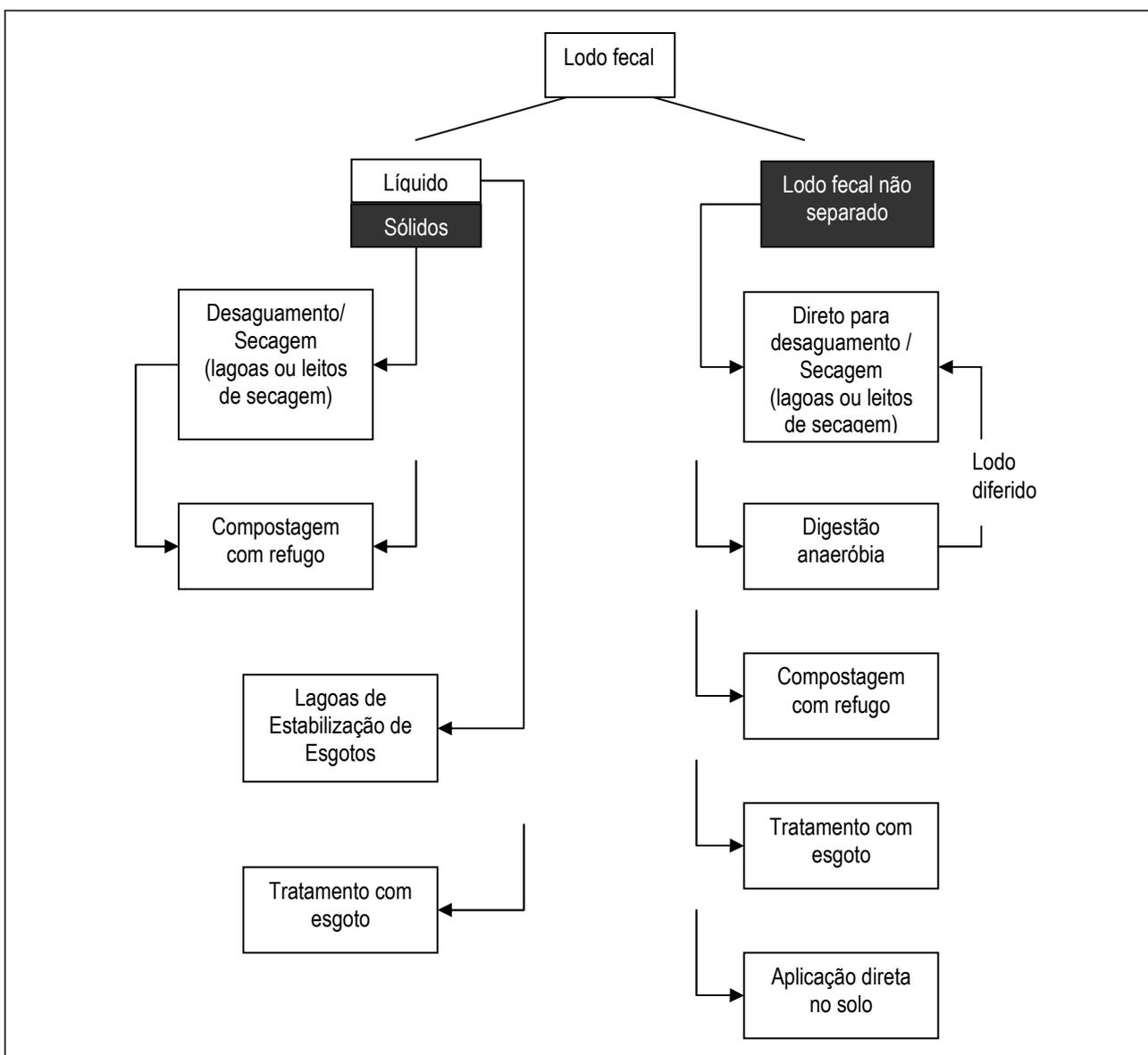
Na Região Metropolitana de Curitiba, o RESTI é despejado pelos caminhões na entrada do tratamento preliminar da ETE Belém. Ao realizar um estudo sobre as alternativas de disposição deste resíduo, Leite *et.al* (2006b) concluem que é necessário uma etapa de processamento que pode envolver estabilização, desaguamento e higienização, dependendo do disposição final escolhida que pode ser agricultura, aterro, entre outros. Os autores apresentam um esquema de alternativas para disposição final do RESTI. Este esquema pode ser visto na Figura 10. De acordo com Leite *et.al* (2006b) a opção escolhida varia de acordo com cada caso.



Fonte: Leite *et.al* (2006b)

**Figura 10: Alternativas de gerenciamento de resíduos esgotados de sistemas individuais de tratamento**

SANDEC (1998) também apresenta algumas alternativas de tratamento de RESTI, sendo esta dada de acordo com a maneira como o resíduo se encontra: se está ou não com as fases líquida e sólida separadas (Figura 11). Se estiverem separados, a fase líquida pode receber tratamento em lagoas de estabilização ou junto com o esgoto doméstico, enquanto a fase sólida segue para o tratamento de lodo que podem envolver desaguamento e compostagem. Se as fases líquida e sólida não estiverem separadas o RESTI pode sofrer desaguamento seguido de digestão anaeróbia. Essa fase de desaguamento não é obrigatória, sendo opcional do projetista. A digestão anaeróbia, no entanto, é a fase do processo de tratamento mais recomendada devido às elevadas concentrações do RESTI.



Fonte: SANDEC, 1998

**Figura 11: Opções teóricas para tratamento de “lodo fecal”**

O tratamento do RESTI tem seguido três vertentes: aplicação no solo, tratamento em sistema de tratamento de esgoto ou tratamento em sistema de tratamento específico para este fim (USEPA, 2002a).

Em Bamako, Mali, o resíduo sofre compostagem (armazenado misturado com lixo orgânico, resíduos de poda e esterco de gado), sendo posteriormente aplicado na agricultura (Strauss *et.al.*, 2003).

A disposição do RESTI em plantas de tratamento de esgotos é uma opção conveniente e com custo efetivo. Sendo que esta adição requer manuseio e cuidados especiais porque, por natureza, eles são mais concentrados que os esgotos domésticos (USEPA, 1980).

Estudos realizados por Tachini *et.al* (2006) avaliaram o tratamento do RESTI em conjunto com esgoto doméstico em um reator do tipo RALF (Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado). A contribuição de RESTI era cerca de 8,75m<sup>3</sup>/dia, originando uma concentração média efluente ao reator de 713 mg/L de DQO e 1.934 mg/L de sólidos. Foram monitorados os parâmetros de pH, alcalinidade de bicarbonato, DQO total e filtrada, DBO total e filtrada, sólidos totais, suspensos e voláteis, nitrogênio total Kjeldhal e amoniacal e, fósforo total antes, durante e após à integração do resíduos ao reator. Os resultados mostraram que não houve problemas provocados pelo acréscimo da matéria orgânica, sendo percebido um aumento na produção de sólidos. Os valores de remoção não apresentaram grande variação, sendo de 72% de DQO, 43% de sólidos totais, 64% de sólidos suspensos e 20% para sólidos voláteis. Os resultados finais mostraram que a alternativa é viável, ressaltando a necessidade de implantar uma unidade de equalização e de uma caixa retentora de gordura antes do reator, para que haja uma maior estabilidade do comportamento do reator e que a secagem do lodo seja facilitada.

Em São Carlos/SP, Godoy *et.al* (2007) estudaram a disposição do mesmo tipo de resíduo em uma ETE de pequeno porte composta por um reator do tipo UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso (BAS), operando a uma vazão de 6,9L/s. O sistema recebe cerca de 50 a 70m<sup>3</sup> por semana dos resíduos provenientes de fossas e tanque sépticos. Foram monitorados os parâmetros de alcalinidade parcial e total, nitrogênio amoniacal, DBO<sub>5</sub>, DBO filtrada, DQO bruta e filtrada, COTF (carbono orgânico total filtrado) e série de sólidos totais e suspensos. Os autores verificaram que o reator só sofreu danos na sua eficiência durante o período de partida. Após a estabilização, o efluente do reator UASB continuou o mesmo, recebendo uma descarga de RESTI equivalente a 4% da sua vazão afluente. O período de descarte de lodo foi reduzido a metade, correspondendo a 30 dias.

Como outra opção de disposição do RESTI, foi verificado por Gutierrez *et.al* (2006) o desaguamento em leitos de secagem na Universidade Federal do Pará (UFPA). O estudo foi feito em leitos cobertos e descobertos, durante dois ciclos de desaguamento, 18 e 40 dias, utilizando um volume de cerca de 450 litros do resíduo. Os parâmetros estudados no monitoramento foram sólidos sedimentáveis, série de sólidos totais e suspensos e pH. Como conclusões, foi determinado que, para o município de Belém/PA, é dispensável a cobertura dos leitos de secagem. Para o leito coberto e descoberto, é viável utilizar uma camada de lodo maior que a recomendada na literatura, tendo sido testada uma altura de 0,45m.

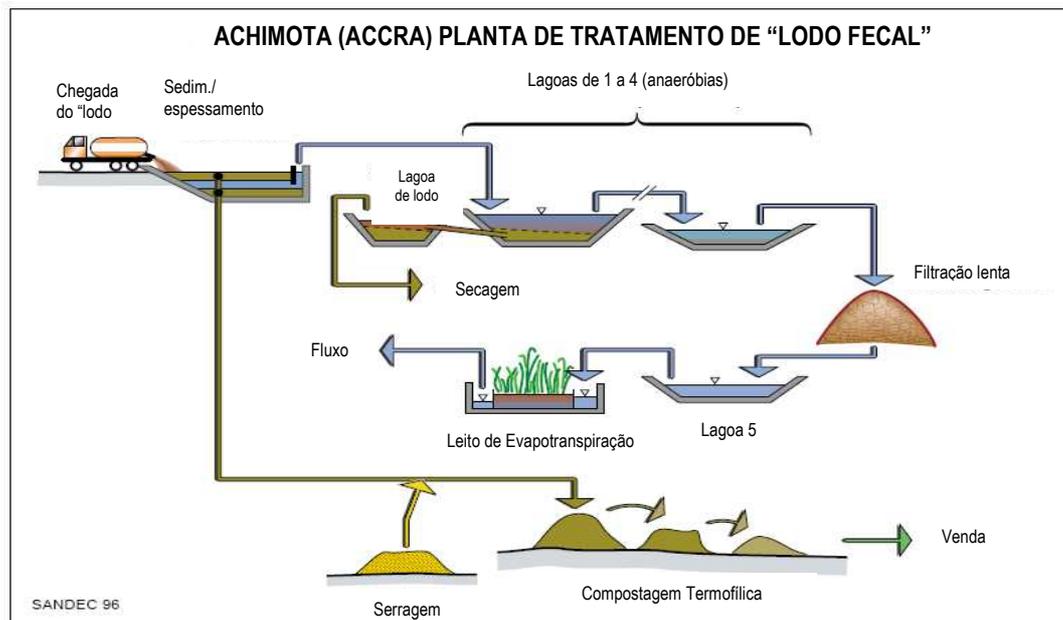
No município de Rio das Ostras/RJ foi encomendado um projeto especial para destinar o lodo proveniente das ETE's e o RESTI. No estudo feito pela empresa Esco Comercial Ltda. foi determinado como solução a utilização de um geotecido, para que através de microfiltração proporcionar a desidratação do lodo e do RESTI, sendo denominada Unidade de Contenção e Desidratação de Lodos (UCDL) que são compostas de dois Geotube® GT-500. A retenção do grão biológico é auxiliada através da adição de um polímero sintético. Após desidratado o lodo seco pode ser disposto em Aterro Sanitário (ESCO, 2008).

Pouco dados têm sido publicados sobre o tratamento do RESTI em lagoas, uma vez que lagoas tratando exclusivamente este tipo de resíduo não são largamente aplicadas. Lagoas de tratamento de RESTI estão em operação em Ghana e na Indonésia. Em contraste, o tratamento de esgoto em sistemas lagoas de estabilização progrediu significativamente nos últimos anos e seus respectivos princípios de dimensionamento já estão bem estabelecidos. Embora alguns processos e princípios de dimensionamento de lagoas de estabilização também sejam aplicados a lagoas de tratamento de RESTI, lagoas adequadas para tratamento deste resíduo requerem o desenvolvimento de padrões de dimensionamento e operação específicos. A adoção simplesmente de critérios de dimensionamento de lagoas de estabilização de esgotos para lagoas de tratamento de RESTI irá originar um sistema não econômico e ineficiente (SANDEC, 1998).

Independente do peneiramento e do gradeamento, lagoas de estabilização normalmente não são equipadas com recursos de separação sólido-líquido, de forma que o processo de sedimentação ocorre principalmente na lagoa anaeróbia primária. No entanto, sistema de lagoas desenvolvido para tratar RESTI deve satisfazer critérios especiais uma vez que a concentração de sólidos neste é significativamente maior que em esgoto, sendo sua separação fundamento para o bom funcionamento do sistema. A concentração de SS é de

10 a 100 vezes maior que o esgoto municipal de Accra/Ghana, Manila/Filipinas e Bangkok/Tailândia (SANDEC, 1998).

Está sendo desenvolvida, em Accra/Ghana, uma investigação da separação sólido-líquido no tratamento do RESTI em lagoas. A Figura 12 mostra o diagrama esquemático da Lagoa de Tratamento de “Lodo Fecal” (FSTP – Faecal Sludge Treatment Ponds) de Achimota no Accra/Ghana. O sistema de tratamento desenvolvido por Annoh e Neff (1988) apud SANDEC (1998) inclui um passo de separação sólido-líquido em tanques de sedimentação/espessamento, seguido por uma série de quatro lagoas anaeróbias, uma filtração lenta, uma lagoa de maturação e uma série de leitos de evaporação. Os sólidos retirados do tanque de sedimentação sofrem compostagem junto com serragem, um produto abundante e apropriado produzido por uma madeireira local. Os dados mostraram que a carga orgânica aplicada no tanque de sedimentação variou de 1.000 a 1.500 g DBO/m<sup>3</sup>.dia, muito maior do que a aplicada em lagoas anaeróbias. Durante os primeiros cinco dias de operação do tanque foram verificadas remoções significantes de DBO e SS de 55% e 80%, respectivamente, no sobrenadante.



Fonte: SANDEC, 1998.

**Figura 12: Diagrama esquemático da lagoa de tratamento de “lodo fecal” em Accra/Ghana**

Kumasi, Ghana é uma das poucas cidades que convenceu os empresários despejar o RESTI em locais determinados mediante o pagamento de uma taxa, sendo que, no momento, 90% do RESTI é coletado por eles. O tratamento deste resíduos é feito em uma série de tanque de sedimentação e lagoas de estabilização (Strauss *et.al.*, 2003).

Pesquisa realizada por Araújo *et.al* (2008), apresenta os dados do monitoramento de um sistema de lagoas de estabilização utilizado para tratar o RESTI. O sistema monitorado é

composto por quatro lagoas em série (duas lagoas anaeróbias, uma facultativa e uma de maturação), seguidas de um tanque de contato onde se realiza a cloração. Foram determinados coliformes fecais, Série de Sólidos, DBO, DQO, Série de Nitrogênio (total amoniacal, nitrito e nitrato), Clorofila, Ortofosfato e Fósforo Total, e metais pesados. Os dados apresentados mostraram uma remoção de 88,32% de DQO, 94,76% de sólidos suspensos totais, 64,69% de nitrogênio orgânico, 99,89% de coliformes fecais, remoção de fósforo insignificante, etc. Os autores chegaram a conclusão de que a boa eficiência do sistema se dá devido a alta concentração do esgoto afluyente ao sistema, no entanto, o efluente tratado não apresenta níveis satisfatórios com concentrações de 300mg/L de DQO, 76,41mg/L de amônia, 108mg/L de sólidos suspensos totais e  $6,23 \times 10^4$  UFC/100ml de coliformes fecais. As razões apresentadas para este mal desempenho foram problemas na operação do sistema com interrupção do fluxo nas lagoas e principalmente o acúmulo de sedimento em bolsões que obstruem o fluxo interno das lagoas, devido a ineficiência do tratamento preliminar. A Figura 13 apresenta as imagens do sistema de lagoas monitorado pelo referido autor.



Fonte: Araújo *et.al.*(2008)

**Figura 13:** Lagoas em série monitoradas por Araújo *et.al.*(2008). 1 - Lagoa Anaeróbia I; 2 - Lagoa Anaeróbia II ; 3 - Lagoa Facultativa; 4 - Lagoa de Maturação; 5-Tanque de Contato.

### 3.9 Tratamento estatístico

De acordo com Hines *et.al* (2006) métodos estatísticos, como a estatística descritiva, são utilizados para a apresentação, a descrição e a compreensão da variabilidade de um conjunto de dados.

Para Triola (1999) existem três características que devem ser observadas em um conjunto de dados para que seja possível compreendê-lo melhor, sendo elas:

1. *A natureza ou forma da distribuição dos dados, como forma de sino, uniforme ou assimétrica;*
2. *Um valor representativo, como uma média;*
3. *Uma medida de dispersão ou de variação.*

### 3.9.1 Análise exploratória dos dados

A técnica da análise exploratória dos dados de um determinado conjunto visa resumir-lo em apenas cinco números e com diagramas de caixas (boxplots). Os boxplots, em especial, são muito adequados para a comparação de diferentes conjuntos de dados.

### 3.9.2 Medidas de tendência central

Na área de saneamento ambiental uma técnica estatística muito utilizada é a medida de tendência central. De acordo com Triola (1999) uma medida de tendência central tenta determinar um valor que representa um conjunto de dados, sendo exemplos desta a média, a mediana, a moda, ponto médio e a média ponderada. Ou seja, é um valor no centro ou no meio de um conjunto de dados. Sua importância está na facilidade de representação de dados, uma vez que seria muito difícil trabalhar com um conjunto de 200 dados, por exemplo. Só é necessário se verificar qual deles é mais adequado para representar o seu conjunto de dados.

#### 3.9.2.1 MÉDIA

A média está localizada no centro do conjunto de dados, sendo assim um ponto de equilíbrio do mesmo. A média aritmética é determinada a partir da soma de todos os dados dividido pelo total do número de dados.

#### 3.9.2.2 MEDIANA

A mediana é o valor que se encontra no meio do conjunto de dados quando este está ordenado e forma crescente ou decrescente. Uma vantagem da mediana é que ela não sofre influência dos valores extremos (Hines *et.al*, 2006).

O Quadro 15 mostra, de forma resumida, a diferença entre a média e a mediana.

**Quadro 15: Comparação entre média e mediana**

Medida	Definição	Quão freqüente?	Existência	Leva em conta todos os valores?	Afetada pelos valores extremos?	Vantagens e desvantagens
Média	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	“média” mais familiar	Existe sempre	sim	sim	Funciona bem com muitos métodos estatísticos
Mediana	Valor do meio	Usada comumente	Existe sempre	não	não	Costuma ser uma boa escolha se há alguns valores extremos

Fonte: Adaptado de Triola (1999).

### 3.9.3 Medidas de variação

Para medir o quão variável é um conjunto de dados utiliza-se as medidas de variação, que, segundo Triola (1999) são números específicos que refletem o grau de dispersão entre os valores de um conjunto. Exemplos de medidas de variação são a amplitude, desvio-padrão, desvio médio e variância. Quando os números apresentam-se próximos uns dos outros, as medidas de variação são baixas. Se os valores estiverem muito dispersos, a medida de variação será maior.

O Desvio-padrão é um exemplo de medida de variação dos valores de um conjunto em relação à média, de forma que este leva em consideração todos os valores do conjunto de dados (Triola, 1999).

O coeficiente de variação é uma medida de variação relativa que representa melhor que o desvio-padrão a variabilidade dos dados, isso porque ela representa uma fração da média. É muito útil quando se deseja comparar a variabilidade de dois ou mais conjuntos de dados que diferem consideravelmente na magnitude das observações. A Equação 1 mostra como se define o coeficiente de variação.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

**Equação 1**

Onde:

CV → Coeficiente de variação;

S → Desvio-padrão;

$\bar{X}$  → Média Aritmética.

A variação de um conjunto de dados pode ser verificada de maneira mais óbvia através dos valores mínimo e máximo, no entanto, ela ignora toda informação trazida entre a menor e a maior observação (Hines *et.al*, 2006).

Uma boa representação da variação de uma população amostral pode ser feita através dos diagramas de caixa, uma vez que eles são capazes de compilar todos os dados em

um único gráfico, como as tendências centrais, a dispersão, a distribuição dos dados, a presença de valores extremos, etc. Os dados freqüentemente apresentados neste diagramas são: mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e máximo. Eles são muito convenientes quando utilizados na comparação de dois ou mais conjunto de dados na mesma escala (Triola, 1999).

### 3.9.4 Teste de Hipóteses

De acordo com Triola (1999) uma hipótese é uma afirmação sobre uma característica de uma população. Esta hipótese pode ser verdadeira ou falsa, sendo melhor definida da seguinte forma:

*“Hipótese nula (denotada de  $H_0$ ) é uma afirmação sobre o valor de um parâmetro populacional (como a média), deve conter a condição de igualdade e deve escrever-se com  $=$ ,  $\leq$  ou  $\geq$ . (Ao fazermos efetivamente o teste, trabalhamos com a hipótese de que o parâmetro é igual a um valor específico)”.* (Triola, 1999)

*“Hipótese alternativa (denotada por  $H_1$ ) é a afirmação de que deve ser verdadeira se a hipótese nula for falsa.”*

(Triola, 1999).

A hipótese alternativa é conhecida como a hipótese de pesquisa, sendo esta a predição deduzida da teoria que está sendo comprovada (Siegel, 1977).

De acordo com Siegel (1977) para se decidir, objetivamente, se uma hipótese é confirmada por um conjunto de dados, deve-se dispor de um processo objetivo que permita rejeitar ou aceitar a hipótese. Siegel (1977) afirma ainda que esse à objetividade é essencial para que os métodos utilizados sejam públicos e possam ser reproduzidos.

O método do valor p é muito utilizado no teste de hipóteses. De acordo com Triola (1999) o valor p pode ser definido como

*“... probabilidade de obter um valor da estatística amostral de teste no mínimo tão extremo como o que resultado dos dados amostrais, na suposição de a hipótese nula ser verdadeira.”*

*Triola (1999).*

O Quadro 16 apresenta um resumo de como interpretar o valor p.

**Quadro 16: Interpretação do valor de p**

Valor P	Interpretação
Inferior a 0,01	Elevada significância estatística. Evidência muito forte contra a Hipótese nula.
0,01 a 0,05	Estatisticamente significativa. Evidência adequada contra a hipótese nula.
Superior a 0,05	Evidência insuficiente contra a hipótese nula.

Fonte: Adaptado de Triola, 1999

Podem ocorrer dois tipos de erro ao se testar uma hipótese. Erro do tipo I, quando a hipótese nula é rejeitada sendo verdadeira e erro do tipo II, aceitar a hipótese nula quando ela é falsa (Triola, 1999; Hines *et.al*, 2006).

O próprio teste de hipóteses é sujeito a erros não se pode “provar” ou “deixar de provar” determinada hipótese. Quando não se rejeita  $H_0$  significa que não existem evidência suficientes para rejeitá-la (Hines *et.al*, 2006).

### 3.9.5 Distribuição dos dados

A distribuição dos dados é verificada através da criação de histogramas. Os histogramas agrupam os dados em conjuntos, dando origem há um gráfico onde a escala horizontal representa os valores dos dados, a escala vertical representa a freqüência de ocorrência do intervalo de dados e barras para representar os valores das freqüências das diversas classes (TRIOLA, 1999).

Os intervalos de classes devem possuir o mesmo tamanho para proporcionar melhor visualização da distribuição de freqüência (Hines *et.al*, 2006).

Através do teste de normalidade dos dados é que se definirá que tipo de estatística será aplicada no tratamento dos dados (paramétrica ou não-paramétrica) (RODRIGUEZ, 2006). De acordo com Rodrigues (2006), o teste de Shapiro – Willks tem sido cada vez mais utilizada na determinação da normalidade de uma distribuição, uma vez que o banco de dados pode possuir até 2.000 observações, além de se adaptar à um grande número de problemas sobre a variação da normalidade.

Um conjunto de dados apresenta uma distribuição de dados normal se essa distribuição for simétrica, ou seja, se a curva de densidade possuir a forma de um sino (Triola, 1999).

### 3.9.6 Estatística não-paramétrica

Também chamados de livres de distribuição, os teste não-paramétricos possuem bastante atrativos. Não precisam ser quantitativos, são muitos rápidos e fáceis de serem realizados. No entanto, por não utilizarem todas as informações fornecida pela amostra, seus resultados são menos confiáveis.

### 3.9.7 Análise de Variância (ANOVA)

Pode-se definir a Análise de Variância um método para de testar a igualdade de três ou mais médias populacionais, tendo como base a análise de variância das amostras. Esse método utiliza a distribuição F, lembrando que F tem as seguintes propriedades: a distribuição não é simétrica (é assimétrica à direita); os valores de F podem ser 0 (zero)

ou positivos, mas nunca negativos; há uma distribuição F diferente para cada par de graus de liberdade (do numerador e do denominador) (Triola, 1999).

### 3.9.7.1 TESTE DE TUKEY

O Teste de Tukey faz uso da chamada distribuição studentizada, lembrando que para este teste a distribuição dos dados deve ser normal. Neste teste são avaliadas várias médias amostrais, tendo em vista diminuir o risco do tipo I. A estatística do teste é apresentada na Equação 2 (Triola, 1999).

$$q = \frac{\bar{y}_{\text{máx}} - \bar{y}_{\text{min}}}{\sqrt{\frac{MQ_E}{n}}}$$

Equação 2

Onde:

Q → distribuição da amplitude *studentizada*;

$\bar{y}_{\text{máx}}$  → maior média amostral entre p médias amostrais;

$\bar{y}_{\text{min}}$  → menor média amostral entre p médias amostrais;

$MQ_E$  → média quadrática;

n → número de dados.

### 3.9.7.2 TESTE DE KRUSKAL-WALLIS

É uma alternativa não-paramétrica para a Análise de variância que visa determinar se as amostras são da mesma população ou não. Neste método as observações são ordenadas da menor para a maior, sendo à menor observação associado o posto 1, à seguinte menor o posto 2, ..., e à maior observação o posto n (Hines *et.al*, 2006).

Se a hipótese nula  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$  for verdadeira, todas as observações provêm da mesma distribuição. Se a hipótese nula for falsa, algumas amostras consistirão em observações com predominantemente postos pequenos e os outras predominantemente com postos elevados (Hines *et.al*, 2006).

A estatística deste teste verifica até que ponto os verdadeiros postos médios observados são diferentes dos valores esperados  $((N+1)/2)$ . Se essa diferença for grande, a hipótese nula é rejeitada (Hines *et.al*, 2006).

## 3.10 Parâmetros monitorados

### 3.10.1 Temperatura

A temperatura é um parâmetro que provoca grande influência no processo de tratamento biológico, na transferência de oxigênio e na sedimentação. Jordão e Pessoa (2005) citam

que a velocidade de decomposição do esgoto depende da temperatura. De acordo com os autores, a temperatura ótima para a atividade biológica está entre 25 e 35°C, além de que, abaixo de 15°C a digestão anaeróbia não se processa .

Na transferência de oxigênio, quanto maior a temperatura, menor será a concentração de oxigênio, pois sua solubilidade diminui com o aumento da temperatura, sendo seu monitoramento importante para entender o comportamento de um sistema de tratamento aeróbio (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

Já o processo de sedimentação é favorecido com a elevação da temperatura, uma vez que isto provoca uma redução da viscosidade do meio, facilitando a sedimentação (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

No clima tropical de Natal, Andrade Neto *et.al* (2000) verificou uma temperatura média no interior das câmaras de um tanque séptico de câmaras em série de 29°C.

### 3.10.2 pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons  $H^+$  em uma amostra (VON SPERLING, 2005), representando o quanto ácida ou básica esta de encontra (SILVA E OLIVEIRA, 2001). Os esgotos domésticos possuem pH entre 6,5 e 7,5. A medida que vão ficando velhos e sépticos o pH cai abaixo de 6 (JORDÃO E PESSÔA, 2005). De acordo Von Sperling (2005), quando o pH está afastado da neutralidade ele afeta a taxa de crescimento dos microorganismos, influencia o equilíbrio de compostos químicos, etc. Quando muito elevado possibilita a precipitação de metais.

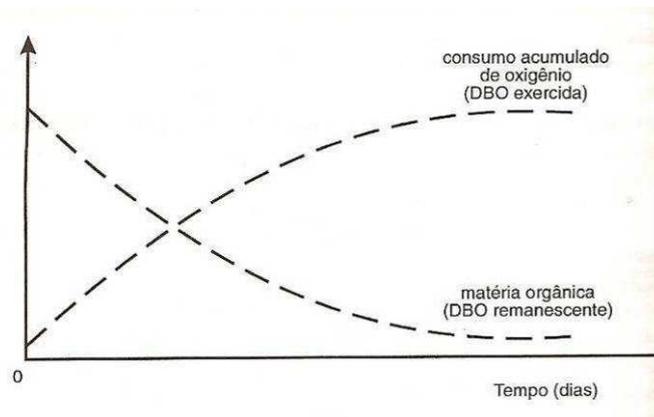
Em sua pesquisa, Andrade Neto *et.al* (2000) percebeu que o pH no interior na primeira câmara de uma tanque séptico de câmaras em série se apresentou em torno de 7,3. Durante o monitoramento o reator não apresentou riscos de azedamento.

### 3.10.3 DBO e DQO

A DBO e a DQO são dois métodos que identificam o potencial poluidor de um esgoto e são utilizados indiretamente para a quantificação da matéria orgânica carbonácea, uma vez que os seus diversos componentes são muito difíceis de se quantificar (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Jordão e Pessôa (2005) e Von Sperling (2005) a DBO determina a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica carbonácea por via biológica em uma temperatura de 20° por cinco dias. Dessa forma, a DBO indica a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto, tendo-se ciência da sua capacidade poluidora.

Na determinação da  $DBO_5$  de uma amostra é verificada a DBO exercida, que representa o consumo de oxigênio que foi necessário para necessário para estabilizar a matéria orgânica. Baseado nisto, se determina a DBO remanescente, que representa a concentração de matéria orgânica presente na amostra em um dado instante. A Figura 14 ilustra a progressão da DBO ao longo do tempo segundo a DBO remanescente e exercida.



Fonte: Von Sperling (2005)

**Figura 14: DBO exercida e DBO remanescente ao longo do tempo**

Já a DQO mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato de potássio ou pelo dicromato de potássio em meio ácido. Ele abrange toda a matéria oxidável biologicamente, bem como tudo que é susceptível a demanda de oxigênio, inclusive os sais minerais oxidáveis (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

Jordão e Pessôa (2005) ainda afirmam que este é um parâmetro que está sendo cada vez mais utilizado como forma de controle operacional.

Nos esgotos tipicamente domésticos a DQO se mantém em torno de 1,7 a 2,5 vezes a DBO (JORDÃO E PESSÔA, 2005). Relação semelhante é apresentada por Von Sperling (2005), encontrando-se na faixa de 1,7 a 2,4.

A relação entre os parâmetro de DQO e DBO ajuda a tirar conclusões sobre a biodegradabilidade do despejo. Relação  $DQO/DBO_5$  abaixo de 2,5 indica elevada fração biodegradável e viabilidade de tratamento biológico; relação entre 2,5 e 3,5 mostra que a fração biodegradável não é elevada e indica a necessidade de estudos de tratabilidade para verificar se o tratamento biológico é viável; alta relação  $DQO/DBO_5$  (maior que 3,5 ou 4) indica que a fração inerte é elevada e que o tratamento físico-químico pode ser mais viável (VON SPERLING, 2005).

### 3.10.4 Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)

No esgoto, pode-se verificar diferentes formas de nitrogênio: orgânico, amônia, nitrito, nitrato ou gás nitrogênio. A forma de nitrogênio presente no esgoto pode indicar o grau de estabilização da matéria orgânica.

De acordo com Jordão e Pessoa (2005), a fração orgânica do nitrogênio presente no esgoto está quase todo combinado sob a forma de proteína, aminoácidos e uréia. Assim, quando estes sofrem a ação das bactérias são convertidos a amônia, que depois sofre o processo de oxidação (nitrito e nitrato).

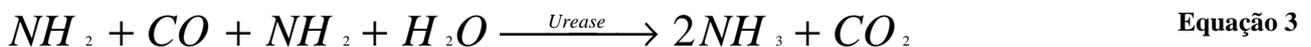
O Quadro 17 apresenta as formas de nitrogênio e suas respectivas fórmulas moleculares.

**Quadro 17: Formas de nitrogênio**

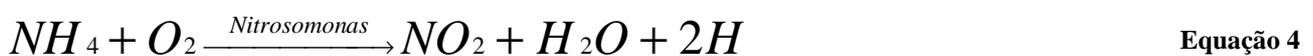
Forma de nitrogênio				
Nitrogênio Total	NTK	Amônia Total	Gás Amônia Íon Amônia	
		Nitrogênio Orgânico		
	Nitrito			NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	Nitrato			NO <sub>3</sub>

Fonte: Jordão e Pessoa (2005)

A amonificação consiste na degradação biológica do nitrogênio orgânico dissolvido ou particulado, sendo realizado pelas bactérias heterotróficas facultativas (ABUJAMRA, 2003). No caso da decomposição da uréia, a amonificação ocorre conforme a Equação 3.



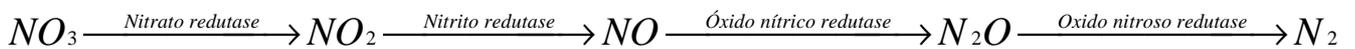
A amônia não representa a fase estável do nitrogênio e na presença de oxigênio se oxida com facilidade, mas também é incorporada a biomassa, uma vez que é absorvida pelos microorganismos, se apresentando como a fonte de energia mais viável. Essa absorção se dá tanto na presença de oxigênio, tanto na presença como na ausência de luz. A oxidação da amônia é chamada de nitrificação e ocorre em duas fases: a formação de nitrito, seguida pela formação de nitrato. Dessa forma, em ambientes anaeróbios não se verifica a ocorrência de nitrificação. O processo de nitrificação é realizado por bactérias autótrofas quimiossintetizantes. A oxidação da amônia para nitrito é feita pela *nitrosomona*, Equação 4, e de nitrito para nitrato pela *nitrobácter*, Equação 5 (ABUJAMRA, 2003).



O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio, sendo assim, na presença de oxigênio, praticamente todo nitrogênio presente é convertido para nitrato.

Na presença de luz, parte do nitrato produzido na nitrificação é absorvido pelos microorganismos presentes, já no ambiente sem luz, o nitrato tende a se formar já próximo a zona anaeróbia.

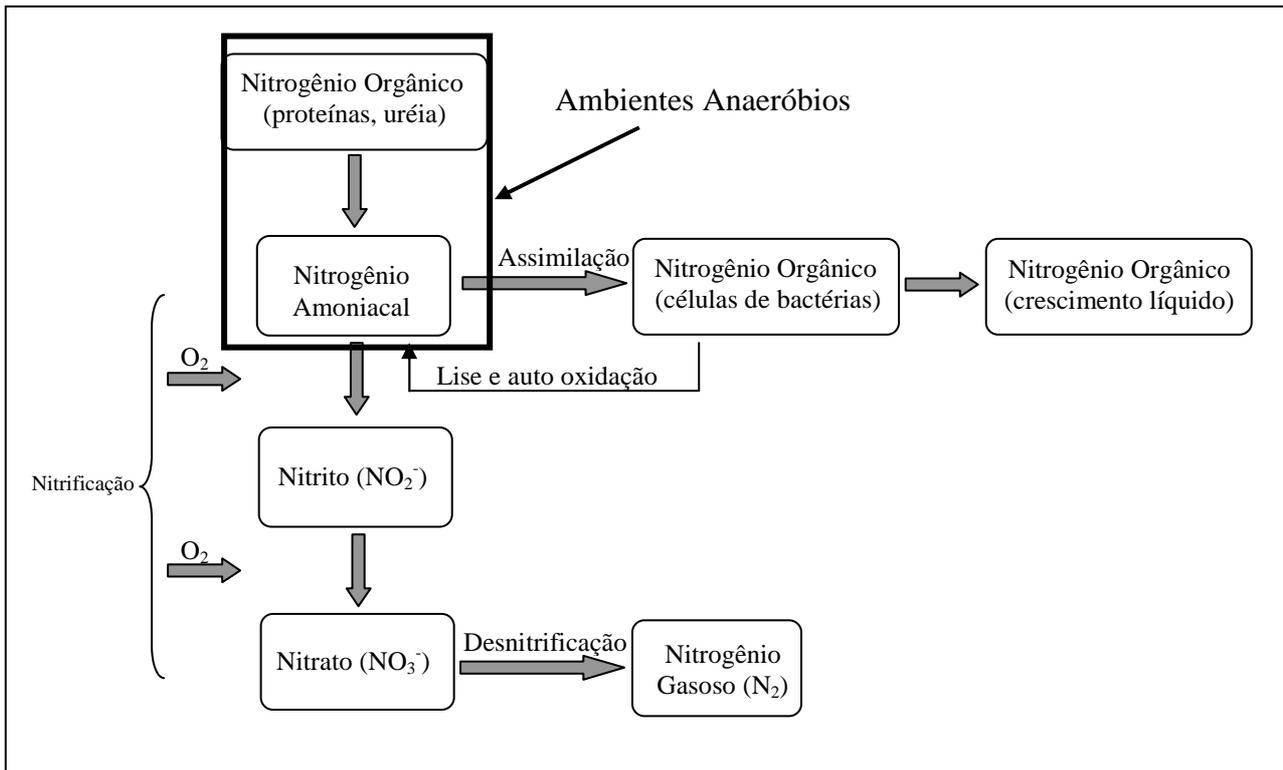
Em ambientes anaeróbios o nitrato presente sofre o processo de desnitrificação, sendo convertido para nitrogênio molecular e liberado novamente para o meio. A desnitrificação é feita pelas bactérias anaeróbias facultativas, capazes de utilizar o nitrato como aceptor de elétrons. Esse processo é também conhecido como respiração de nitrato (ESTEVES, 1998). De acordo com Abujamra (2003) o processo ocorre conforme na Equação 6.



**Equação 6**

Dessa forma, o nitrato é convertido para nitrito sobre a ação da enzima nitrato redutase. A enzima nitrito redutase converte o nitrito para óxido nítrico, que sob ação da enzima óxido nítrico redutase é convertido em óxido nitroso. E finalmente, o óxido nitroso sob ação da enzima óxido nitroso redutase é convertido para nitrogênio molecular. Na zona anaeróbia o nitrato também sofre amonificação.

A Figura 15 mostra a transformação do nitrogênio no processo biológico. Como ficou bem representado na figura, percebe-se que a fase do ciclo que ocorre em ambientes anaeróbios é a amonificação, dessa forma, em esgotos anaeróbios verifica-se a predominância do nitrogênio na forma de amônia. Von Sperling (2005) mostra que no esgoto bruto prevalecem a presença do nitrogênio orgânico e da amônia.



Fonte: Jordão e Pessoa, 2005.

**Figura 15: Transformação do nitrogênio no processo biológico.**

O fósforo é encontrado no esgoto nas formas de fósforo inorgânico ou solúvel (ortofosfato, polifosfato) oriundo de detergentes e outros produtos químicos domésticos e fósforo orgânico ou particulado. O ortofosfato é diretamente disponível para o metabolismo microbiológico sem necessidade de conversão enquanto os polifosfatos são moléculas mais complexas (VON SPERLING, 2005). O fósforo orgânico encontra-se associado à matéria orgânica, proteínas e aminoácidos (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

Boa parte do fósforo orgânico que chega em um ambiente sedimenta e, muitas vezes, não retorna mais para a coluna d'água, dependendo das condições físicas e químicas do ambiente e do metabolismo dos microorganismos. O fósforo orgânico pode ainda ser decomposto (mineralizado), sendo convertido a fósforo inorgânico (ESTEVES, 1998). O fósforo inorgânico é assimilado pelos microorganismos e utilizado nas células. Em sua forma inorgânica, o fósforo só sedimenta se estiver na forma de precipitado com alumínio, cálcio, magnésio ou ferro ou se for assimilado (ARAÚJO, 1999). Uma vez que a biomassa que assimilou o fósforo inorgânico morre, este retorna para o ambiente na forma orgânica que pode sedimentar ou ser mineralizado novamente. Se a biomassa morta for ingerida por zooplâncton, o fósforo é devolvido para o meio na forma inorgânica (ESTEVES, 1998). O sedimento desempenha um papel importante no ciclo do fósforo. A sedimentação do fósforo orgânico particulado e a precipitação do inorgânico contribuem para a remoção do

fósforo da coluna líquida. No entanto, em certas condições, o fósforo pode ser liberado novamente na coluna. (ARAÚJO, 1999)

De acordo com Esteves (1998) e Araújo (1999), condições anaeróbias favorecem a mineralização do fósforo orgânico proporcionando sua liberação novamente na coluna líquida.

Como a assimilação do ortofosfato se dá predominantemente por algas e estas não se desenvolvem em ambientes sem oxigênio, em reatores anaeróbios não ocorre a fase de assimilação do ciclo do fósforo predominando a fase de mineralização. Dessa forma, praticamente toda fração de fósforo encontrado em esgotos anaeróbio deve ser na forma inorgânica.

Os mecanismos de remoção dos esgotos são os chamados físico-químicos (coagulação, floculação), seguidos de sedimentação ou flotação (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

#### 3.10.5 Alcalinidade total (mg CaCO<sub>3</sub>/L)

A alcalinidade está relacionada a quantidade de íons no esgoto que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio, representando a capacidade do esgoto resistir a mudança de pH (capacidade tampão). É dada pela presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (VON SPERLING, 2005; JORDÃO E PESSÔA, 2005).

De acordo com Chernicharo (1997) a quantidade mínima necessária de alcalinidade na digestão anaeróbia depende da concentração do esgoto. Se a alcalinidade for gerada a partir do esgoto, é desejável a manutenção de elevados níveis de forma que elevadas concentrações de ácidos voláteis poderiam ser tamponadas sem provocar quedas no pH.

#### 3.10.6 Óleos e graxas (mg/L)

Os óleos e as graxas, que estão sempre presentes nos esgotos, provêm de hidrocarbonetos, ésteres, óleos, gorduras, ceras e ácidos graxo. Sua presença no esgoto gera problemas nos sistemas de coleta, transporte e tratamento, como, por exemplo, a formação de espuma e a interferência na transferência de oxigênio (SILVA E OLIVEIRA, 2001).

Em tanque sépticos são adotados mecanismos de entrada e saída como defletores, tês, chicanas, entre outros, de forma a permitir o acúmulo de material flotante e impedir que este retorne no sistema ou que saia junto com o esgoto tratado. Dessa forma, este fica acumulado no interior do reator, fazendo com que os resíduos esgotados periodicamente

destes sistemas possuam elevadas concentrações de óleos e graxas pelo fato de estes se acumularem gradativamente ao longo dos anos.

### 3.10.7 Matéria Sólida

De acordo com Silva e Oliveira (2001), a matéria sólida presente em águas residuárias são aquelas que permanecem como resíduo após a evaporação e secagem a uma temperatura de 103 a 105 °C.

A matéria sólida presente nos esgotos domésticos podem ser classificadas de diferentes formas. Como mostra Jordão e Pessôa (2005), esta classificação pode ser feita da seguinte forma:

- “
- *Em função da dimensão das partículas: suspensas, coloidais e dissolvidas;*
  - *Em função da sedimentabilidade: sedimentáveis, flutuantes ou flotáveis e não sedimentáveis;*
  - *Em função da secagem a alta temperatura (500 a 600°C): fixos e voláteis;*
  - *Em função da secagem em temperatura média (103 a 105°C): totais, em suspensão totais e dissolvidos totais.”*

Os sólidos suspensos e dissolvidos são separados através de uma filtração em membrana com poros de 0,45 µm. Os sólidos que ficam retidos são considerados suspensos e os que passam pela membrana são considerados dissolvidos. (VON SPERLING, 2005)

Os sólidos sedimentáveis são aqueles que sedimentam num período de 1 ou 2 horas. Sua importância está na determinação da quantidade de matéria sólida que pode ser removida em decantadores (Jordão e Pessôa, 2005). Os sólidos sedimentáveis são sólidos em suspensão que possuem maiores dimensões e peso específico maior que o da água e que ao se acumular no fundo do reator dão origem ao lodo (SILVA E OLIVEIRA, 2001).

Jordão e Pessôa (2005) afirmam que a matéria que não for sedimentável só poderá ser removida através da oxidação biológica ou da coagulação seguida de decantação.

Na classificação dos sólidos em fixos e voláteis, a amostra é submetida à uma temperatura de 550°C, sendo volátil a fração que sofre oxidação, considerada a matéria orgânica dos sólidos. A matéria que permanecer após a queima é considerada inorgânica ou mineral, também denominado de sólidos fixos ou fração fixa, ou ainda matéria inorgânica dos sólidos (VON SPERLING, 2005).

A matéria orgânica presente no esgoto doméstico é constituída principalmente por proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas, etc. As

proteínas são formadas por carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, e algumas vezes por fósforo enxofre e ferro. O enxofre presente nas proteínas é o gerador do gás sulfídrico. Os principais exemplos de carboidratos são os açúcares, o amido, a celulose e a fibra de madeira. Eles são formados por carbono, hidrogênio e oxigênio. Quando são decompostos pelas bactérias, dão origem aos ácidos orgânicos, por isso que, quanto mais velho o esgoto maior a acidez (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

De acordo com Jordão e Pessôa (2005), a matéria inorgânica presente nos esgotos domésticos pode ser representada por areia e substâncias minerais dissolvidas.

Segundo Campos *et.al.* (1999) os tanques sépticos removem a maior parte dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica. Andrade Neto *et.al.* (2000), ao estudar o desempenho de um tanque séptico de duas câmaras em série na cidade de Natal, verificou uma remoção de 70% de sólidos suspensos pelas duas câmaras.

O sólido é removido por sedimentação e se acumula por longos períodos no fundo do reator, e se estabiliza promovendo a redução dos sólidos voláteis (CAMPOS *et.al.*, 1999). No esgotamento destes resíduos acumulados no interior dos reatores de tratamento individual de esgotos domésticos, verifica-se elevada quantidade de sólidos devido à constante acumulação, estando em sua maior parte estabilizados devido ao longo tempo de digestão.

### 3.10.8 Microorganismos

São encontrados nos corpos aquáticos e no esgoto doméstico diversos tipos de organismos, sendo os principais: bactérias, fungos, algas, protozoários, vírus, plantas e animais. Alguns desses organismos são patogênicos, ou seja, são capazes de nos provocar doenças (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

#### 3.10.8.1 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

As bactérias do grupo Coliformes Termotolerantes são praticamente de origem exclusivamente fecal, sendo, no entanto, tolerantes a temperaturas mais elevadas. Os Coliformes são utilizados como indicadores da presença de fezes de animais de sangue quente na amostra. As espécies mais encontradas dos Coliformes Termotolerantes são a *Escherichia* e a *Klebsiella* (JORDÃO E PESSÔA, 2005; VON SPERLING, 2005).

De acordo com Campos *et.al.*(1999) reatores anaeróbios não apresentam eficiência na remoção de coliformes termotolerantes. Dessa forma, sua concentração nos resíduos

esgotados de fossas, tanques sépticos e sistemas similares deve se assemelhar a concentração em esgotos domésticos.

#### 3.10.8.2 HELMINTOS

Como não existem indicativos da presença de ovos de helmintos em uma amostras, eles são determinados de maneira direta através da sua contagem em pequenas parcelas da amostra (VON SPERLING, 2005).

Uma vez que os ovos de helmintos são removidos por sedimentação, os tanques sépticos apresentam remoção de ovos. Estes se acumulam no lodo ao longo dos anos, provocando concentrações consideráveis destes quando do esgotamento dos resíduos.

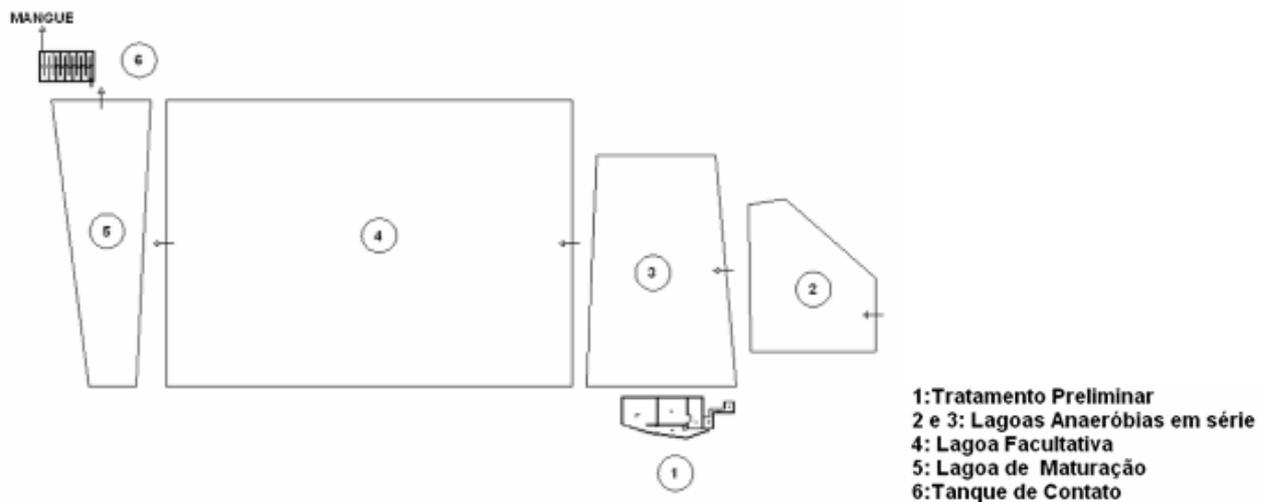
Dentre os helmintos de ocorrência mais freqüente, destacam-se o *Schistosoma mansoni*, o *Ascaris lumbricóides*, o *Ancylostoma duodenale* e o *Trichuris trichiura*.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da Área de Trabalho

A Estação de Tratamento de Esgotos da imunizadora fica localizada no bairro de Felipe Camarão. A imunizadora recebe esgotos de Natal e de maior parte de sua zona metropolitana e coleta o RESTI (Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual) de residências, condomínios, lojas, shoppings, fábricas, hospitais etc. Esta coleta é realizada em caminhões de 10, 20 ou 30m<sup>3</sup>, dependendo do volume a ser esgotado, sendo despejados no sistema o conteúdo de 10 a 15 caminhões por dia (baseado no observado em dias de coleta). O resíduo, independente de sua fonte, é despejado no sistema de lagoas de estabilização em série composto por tratamento preliminar (tanque retentor de gordura, caixa de retenção de areia e gradeamento), duas lagoas anaeróbias, uma lagoa facultativa, uma lagoa de maturação, um tanque de contato onde ocorre a cloração e uma calha Parshall (Figura 16). A Figura 17 apresenta uma imagem aérea do sistema de lagoas de estabilização da Potiguar.



Fonte: Araújo et.al (2008).

**Figura 16: Croqui da série de lagoas de estabilização da imunizadora Potiguar.**



Fonte: Torres (2008).

**Figura 17: Imagem aérea das lagoas de estabilização da Imunizadora Potiguar. TP: tratamento preliminar; L1: primeira lagoa anaeróbia; L2: segunda lagoa anaeróbia; L3: lagoa facultativa; L4: lagoa de maturação; ET: ponto de lançamento do efluente tratado.**

## 4.2 Metodologia de Coleta

O resíduo estudado foi coletado semanalmente na entrada da estação de tratamento da imunizadora, na saída do cano de descarga dos caminhões (Figura 18). Foram coletados cinco baldes de oito litros, abrangendo ao máximo todo o período de descarga. A importância desta coleta homogênea está relacionada a representatividade das alíquotas coletadas. Sabe-se que materiais mais densos sedimentam com facilidade, como a areia, e que materiais menos densos flutam, como óleos e gorduras. Assim, como consequência, boa parte do material sedimentado tende a sair no início da descarga e o material flotante a sair apenas no fim da descarga, isto porque a saída da descarga é localizada na parte inferior dos caminhões (Figura 19).



Figura 18: Tratamento preliminar da ETE da imunizadora mostrando a entrada no processo.

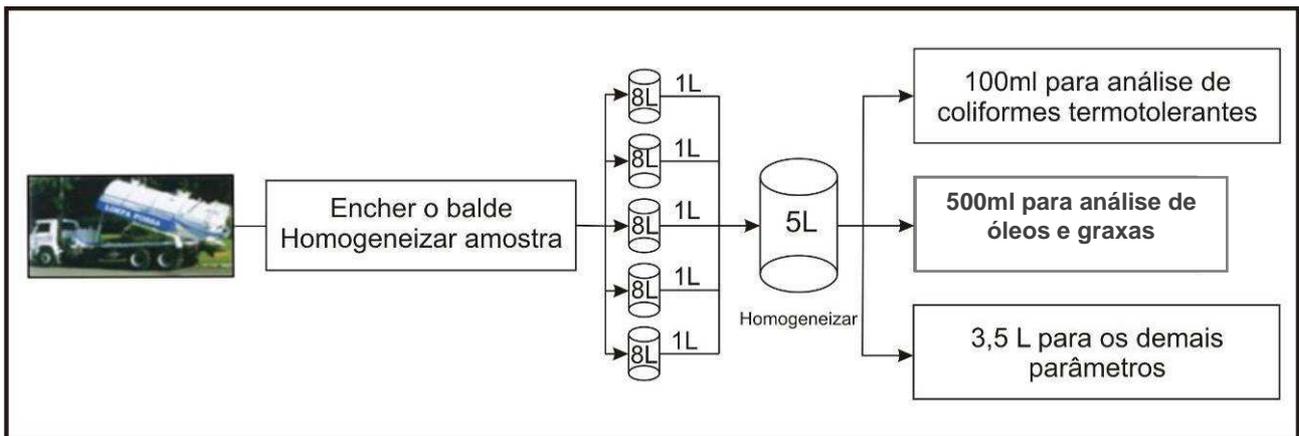


Figura 19: Caminhão limpa-fossa. Destaque para o ponto de saída de esgoto.

Fica claro que a coleta em um único momento do volume necessário para a análise só representaria uma única faixa da altura do caminhão. Cada um dos baldes retirados ao

longo da descarga do caminhão, representou uma determinada altura de toda coluna líquida.

Dos cinco baldes de oito litros coletados, foram retirados um litro de cada e reunidos em um balde maior de 10 litros, formando uma amostra composta do caminhão de cinco litros. Antes de haver qualquer transferência para o balde maior (10L) o conteúdo do balde era bem homogeneizado. O esquema de coleta de cada caminhão pode ser visto na Figura 20. Este procedimento foi realizado em cinco descargas diferentes, totalizando cinco amostras por semana.



**Figura 20: Esquema da seqüência do procedimento de coleta.**

No estudo da metodologia de análise foi verificado um volume de 4,5 L de amostra era suficiente para o procedimento de todas as análises. Simultaneamente à coleta foram aplicados questionários (Anexo I) que se caracterizou como um cadastro inicial do resíduo, identificando data, motorista responsável pelo caminhão, o caminhão, horário de esgotamento, horário de descarga, volume esgotado, tipo de sistema de onde provêm, cor e odor, presença ou ausência de sólidos grosseiros, características coletadas em campo, bem como o responsável pela aplicação dos questionários. Informações importantes como as características do reator eram obtidas através da entrevista, de modo que se identificasse as condições do fundo e das paredes do reator (impermeabilizados ou não), a existência ou não de sumidouro, se a caixa de gordura havia sido esgotada, etc. Todas as coletas foram realizadas no período matutino.

### 4.3 Metodologia de Análise

A maior parte das análises foi realizada baseada no Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (1998). O Quadro 18 mostra as análises realizadas com o respectivo método analítico adotado.

**Quadro 18: Metodologias aplicadas para análise de cada um dos parâmetros de campo e de laboratório.**

	Parâmetros	Metodologia
CAMPO	Temperatura (°C)	Potenciométrico-sensor de temperatura
	pH	Potenciométrico
	Condutividade (µS/cm)	Condutivimétrico
LABORATÓRIO	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Método da Diluições - Frascos padrões e OD por Iodometria
	DQO(mg/L)	Digestão por refluxação fechada
	Amônia total (mg/L)	Espectrofotométrico-destilação seguida de nesslerização direta
	NTK** (mg/L)	Espectrofotométrico-digestão e destilação seguida de nesslerização direta
	Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Titulação potenciométrica
	Óleos e graxas (mg/L)	Gravimétrico - extração com éter de petróleo
	P total (mg/L P)	Digestão ácida/Cloreto Estanhoso
	Sólidos totais (mg/L)	Gravimétrico- secagem a 105°C
	ST fixos (mg/L)	Gravimétrico - ignição 500-550°C
	ST voláteis (mg/L)	Gravimétrico - ignição 500-550°C
	Sólidos suspensos totais (mg/L)	Gravimétrico - filtração (0,45µm poro) - secagem 103-105°C
	SS fixos (mg/L)	Gravimétrico - filtração (0,45µm poro) - ignição a 500-550°C
	SS voláteis (mg/L)	Gravimétrico - filtração (0,45µm poro) - ignição a 500-550°C
	S totais dissolvidos (mg/L)	Cálculo
	Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Visualização em cone Imhoff
Coliformes fecais (UFC/100ml)	Membrana filtrante	
Helmintos (ovos/L) – Viabilidade*	USEPA (2003)	

Dados: APHA (1998); Exceto: \* USEPA (2003) e \*\* APHA (1992).

As análises de pH, temperatura e condutividade foram realizadas em campo, enquanto que DBO, DQO, alcalinidade, coliformes termotolerantes, sólidos sedimentáveis, sólidos totais e nitrogênio amoniacal foram analisados no mesmo dia no laboratório. As demais análises foram realizadas no dia seguinte.

A amostra utilizada para a análise de sólidos suspensos foi o mesmo para a análise de ovos de helmintos, uma vez que a sedimentação é a fase inicial para o desenvolvimento da análise de viabilidade de ovos de helmintos.

Devido as elevadas concentrações do resíduo estudado se fez necessário o uso de diluições, que foram procedidas com atenção e cautela.

#### 4.4 Metodologia de Tratamento de Dados

Os dados obtidos foram tratados no programa Statistica 7.0, com auxílio do programa Excel 2003. O tratamento de dados foi feito separando as características do RESTI por fonte geradora (alimentação, hospedagem, mista, multifamiliar, saúde, serviços, unifamiliar), por sistema de origem (fossa, sumidouro, tanques sépticos ou mista) e por zona de origem (zona norte, zona metropolitana e zona sul) (Tabela 2). A Figura 21 define os municípios componentes da região metropolitana de Natal. As zonas leste e oeste do

município não foram abordadas nesta classificação devido ao pequeno número de dados, considerando que a zona leste é saneada e que a zona oeste é ocupada predominantemente pelo bairro de Felipe Camarão, cuja população possui uma renda muito baixa (menor que 4 salários mínimos). A divisão das zonas de Natal podem ser verificadas na Figura 22 . A comparação da renda foi procedida de acordo com a Figura 23, onde pode-se perceber que a região onde se verifica maior índice de pessoas com renda acima de 8 salários mínimos está na zona Sul do município.

**Tabela 2: Características das classificações dos grupos formados pelo conjunto de dados**

GRUPOS	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
FONTE GERADORA	Unifamiliar	Residência de uma única família.
	Multifamiliar	Residências de várias famílias, como condomínios de casas e apartamentos.
	Serviços	Pontos comerciais, lojas, artesanatos públicos, supermercados, shoppings etc
	Alimentação	Estabelecimentos que fornecem refeições ou lanches como restaurantes, lanchonetes, bares etc;
	Hospedagem	Estabelecimentos de pernoite ou de curta estadia como hotéis, motéis, pousadas etc
	Saúde	Estabelecimentos relacionados à atendimento e tratamento de pessoas doentes como hospitais, postos de saúde, ambulatórios, laboratórios, clínicas etc
	Mista	Resíduo que provém de duas ou mais fontes geradoras diferentes. Por exemplo: unifamiliar e alimentação.
ZONA DE ORIGEM	Sul	Esgotamentos provenientes da zona sul do município abrangendo os bairros: Lagoas nova, Nova descoberta, Candelária, Capim macio, Pitimbú, Neópolis e Ponta Negra
	Norte	Esgotamentos provenientes da zona norte do município abrangendo os bairros: Lagoa azul, Pajuçara, Nossa Senhora da Apresentação, Potengi, Igapó, Redinha e Salinas.
	Metropolitana	Esgotamentos provenientes da região metropolitana do município abrangendo os municípios: Parnamirim, Macaíba, Ceará – Mirim, São Gonçalo do Amarante, Extremoz, São José de Mipibú, Nísia Floresta, Vera Cruz e Monte Alegre.
	Mista	Resíduo que provém de duas ou mais zonas de origem diferentes. Por exemplo: zona sul e zona metropolitana.
SISTEMA DE ORIGEM	Fossa	Sistemas que recebem esgoto doméstico bruto, cujas paredes ou fundo não são revestidos. As paredes podem ser de tijolo furado, manilha de cimento, areia ou até cimentada (fundo de areia); o fundo pode ser de areia, de tijolo ou cimentado (paredes permeáveis).
	Sumidouro	Sistemas que recebem efluente tratado ou águas cinzas cujas paredes não são revestidas com a função de infiltrar o esgoto.
	Tanque Séptico	Sistemas projetados conforme padrões de dimensionamento completamente revestidos cujo efluente tratado é encaminhado pra sumidouro ou rede coletora.
	Mista	Constituído de uma mistura dos resíduos de fossa e sumidouro ou de tanque séptico e sumidouro.

Os dados foram tratados de forma geral, sem nenhuma classificação prévia, e classificados conforme dito anteriormente, aplicando-se a estatística descritiva para determinar medidas de tendência central e medidas de dispersão. Assim, foram determinados mediana, média aritmética, média geométrica, mínimo, máximo, desvio

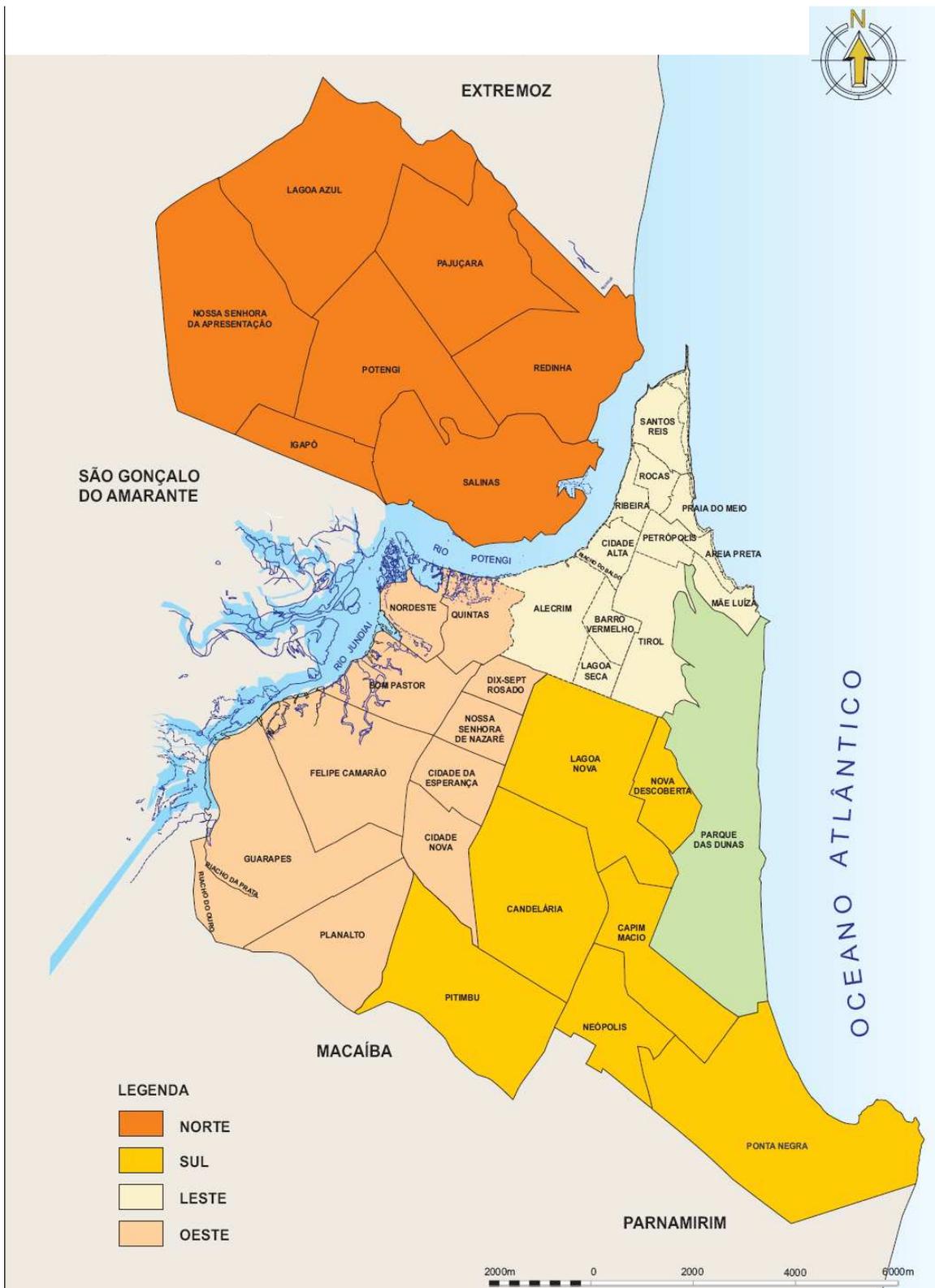
padrão e coeficiente de variação. Foram realizados testes de normalidade para verificar a distribuição dos dados ao nível de 5% através do teste de Shapiro-Wilks e de histogramas de distribuição.

Na comparação dos diferentes grupos criados, foram gerados gráficos do tipo Box-plot representando a mediana, a concentração de 25% e 75% dos dados (1° e 3° quartis) e os valores mínimo e máximo. Nessa comparação foi feita a análise de variância (ANOVA) ao nível de 5%, tanto gráfica, como através da comparação dos valores de p. O teste de ANOVA foi feito através da estatística paramétrica – Teste de Turkey (comparação entre médias) e da estatística não paramétrica – Teste de Kruskal-Wallis (comparação entre medianas). Estes testes permitiram definir de forma clara, quais grupos são “iguais” e quais grupos são “diferentes” dentro de um nível de significância de 5%.



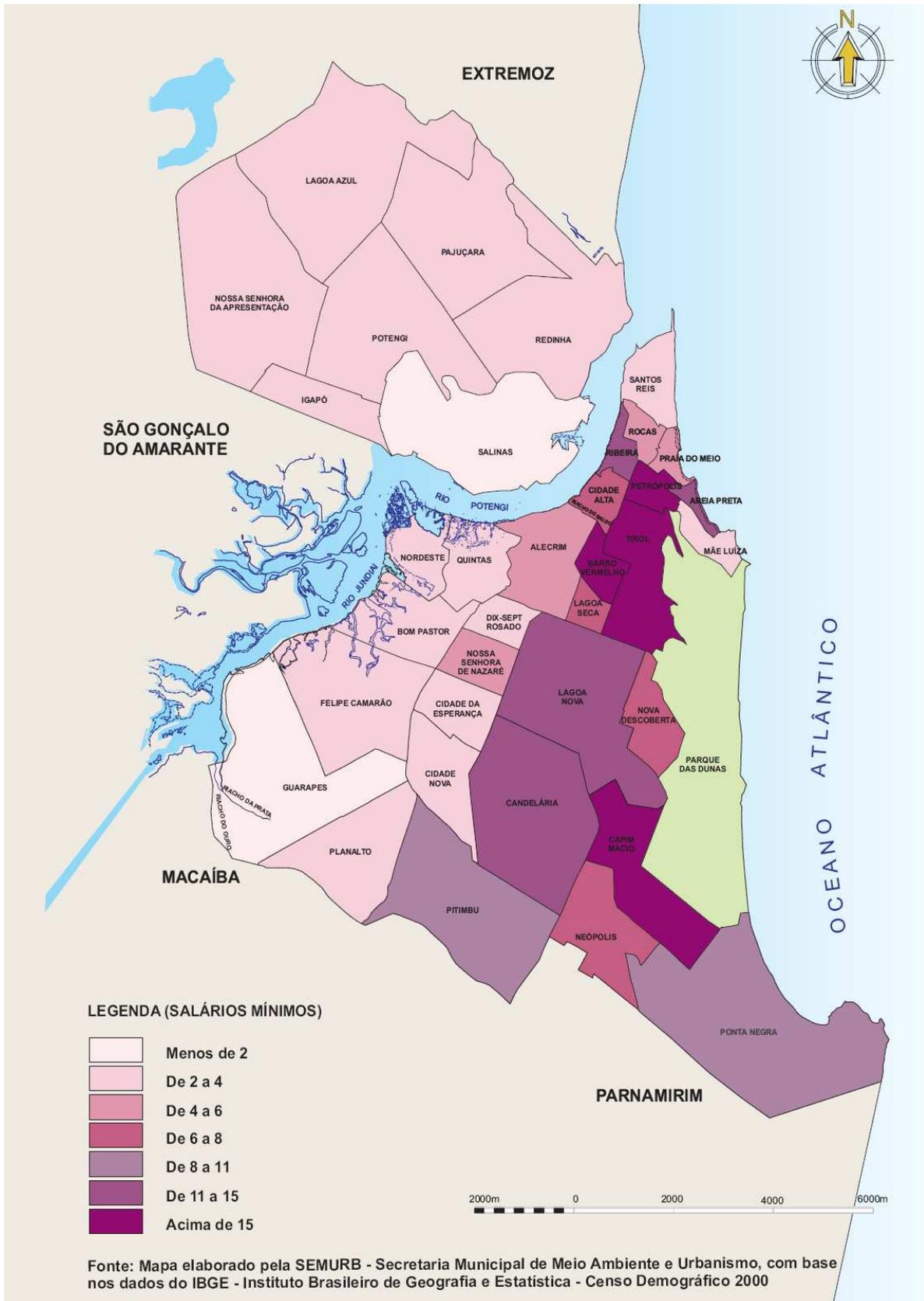
Fonte: Secretaria Municipal de Meio ambiente e Urbanismo (2007)

**Figura 21: Municípios da Região Metropolitana de Natal;**



Fonte: Secretaria Municipal de Meio ambiente e Urbanismo (2007)

**Figura 22: Limites geográficos: Natal, bairro e região administrativa.**



Fonte: Secretaria Municipal de Meio ambiente e Urbanismo (2007)

**Figura 23: Rendimento médio mensal por bairro.**

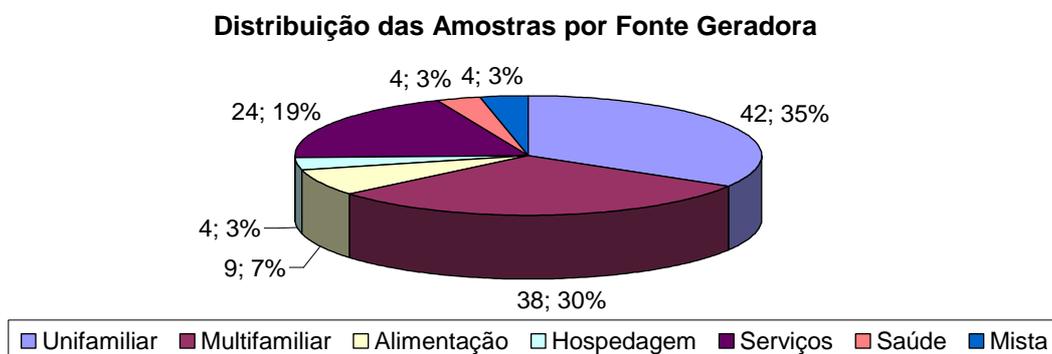


## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram feitas um total de 125 amostragens entre os meses julho de 2007 e abril de 2008. Os dados serão discutidos abaixo através de quatro abordagens diferentes, sendo apresentado primeiramente como um único banco de dados. Depois classificados por fonte geradora, por zona de origem e por fim pelo sistema de origem conforme apresentado na Tabela 2. Para estas três últimas abordagens serão avaliados apenas os parâmetros de DBO, DQO, Sólidos Totais e sua fração volátil e Nitrogênio, uma vez que estes são os mais importantes para o dimensionamento de sistemas de tratamento, etc.

### 5.1 Resultados Gerais

De acordo com a Figura 24, a maior parte dos caminhões amostrados provinham de residências unifamiliares (35%) e multifamiliares (30%), correspondendo a 42 e 38 caminhões, respectivamente, dentre as 125 amostragens. Em seguida verifica-se a ocorrência das amostras provindas de origem de serviços, 24 caminhões (19%) e alimentação, com 9 caminhões (7%). Os caminhões de origem Hospedagem, Saúde e Mista foram representados por apenas 4 caminhões cada (3%).



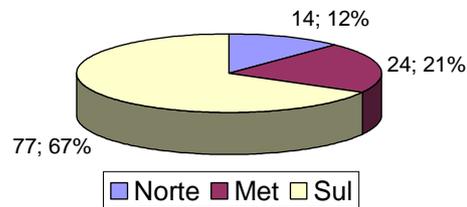
**Figura 24: Distribuição das amostras por fonte geradora.**

Os dados classificados por zona de origem do esgotamento estão apresentados na Figura 25, sendo divididos em Zona Sul, Zona Metropolitana e Zona Norte. Percebe-se que a maior parte dos esgotamentos são originários da Zona Sul, sendo 77 casos de ocorrência (67%), seguido pela zona metropolitana, onde foram observados 24 esgotamentos (21%), e pela Zona Norte com a ocorrência de 14 esgotamentos (12%).

Percebe-se uma clara predominância da ocorrência de esgotamentos da zona sul, região onde, de acordo a SEMURB (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo), se concentra a população com padrão de vida e grau de instrução mais elevado (renda acima de 8 salários mínimos). Aparentemente a população de maior poder aquisitivo opta

por esgotar com esta empresa por ela possuir carros melhor equipados e possuir licença para operar. Acredita-se que pessoas com maior poder aquisitivo são mais cuidadosas com a operação dos seus sistemas individuais por possuírem maior conhecimento, embora tal fato não seja verdade absoluta.

**Distribuição das Amostras por Zona de Origem**

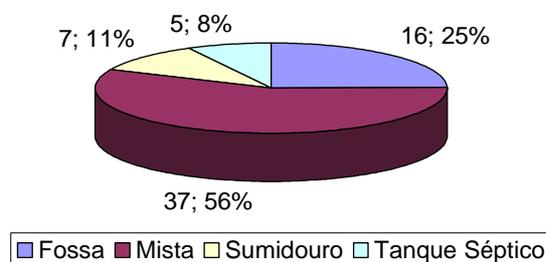


**Figura 25: Distribuição das amostras por zona de origem.**

Na verificação do sistema individual mais adotado pela população da grande Natal foi utilizado um banco de dados com um total de 65 esgotamentos. A redução do banco de dados visou dar credibilidade aos mesmos, uma vez que para os demais não ficou claro o sistema de procedência, uma vez que os dados foram obtidos através de entrevistas com os operadores dos caminhões, que nem sempre possuíam segurança a cerca dos aspectos construtivos dos sistemas esgotados.

Destes 65 pontos analisados (Figura 26) observa-se que 25% foram de fossas (16 esgotamentos), 11% foram apenas de sumidouro (7 esgotamentos) e 8% foram de tanques sépticos (5 esgotamentos). Os esgotamentos de mistos se mostraram predominantes, representando 56% dos casos (37 ocorrências). Isto prova que o caso de ocorrência mais comum é o esgotamento em conjunto da fossa + sumidouro ou do tanque séptico +sumidouro, sendo menos comum o esgotamento individual do tanque séptico, da fossa ou do sumidouro.

**Distribuição das Amostras por Sistema de Origem**



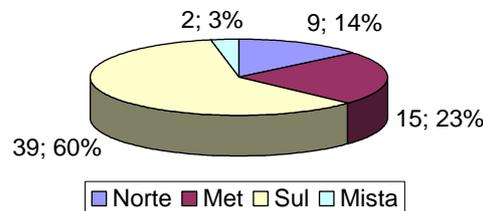
**Figura 26: Distribuição das amostras por sistema de origem**

Sabendo-se que existe a predominância da utilização de fossas em detrimento aos tanques sépticos, acredita-se que nos esgotamentos de origem mista também existe esta

predominância. Por conseqüência, verifica-se que a associação de fossa + sumidouro é comum no município de Natal e na sua região metropolitana, mesmo a fossa possuindo o papel de sumidouro, uma vez que suas paredes, ou seu fundo, ou ambos não são impermeabilizados. Dessa forma, a passagem do efluente tratado para o sumidouro, só se dá após anos de utilização do sistema, quando da colmatação das paredes e do fundo da fossa, impedindo a infiltração do esgoto.

Uma vez comprovada a prevalência das fossas, o mesmo banco de dados com 65 observações, foi submetido a uma classificação dos zona de origem (Figura 27), demonstrando que neste banco de dados houve a mesma tendência citada anteriormente, predominância da Zona Sul, 60% dos esgotamentos.

**Zona de Origem dos Esgotamentos Classificados por Sistema de Origem**



**Figura 27: Zona de origem dos esgotamentos classificados por sistema de origem**

A Tabela 3 detalha como se deu a distribuição dos tipos de sistemas ao longo das zonas estudadas, mostrando que a fossa se sobressai as demais. Para a zona sul houve 9 casos de ocorrência de fossa contra 3 de tanque séptico, para a zona norte e zona metropolitana 3 fossas para 1 tanque séptico.

**Tabela 3: Zona de origem e tipo de sistemas do banco de dados classificado por sistema de origem**

Zona	Fossa	Mista	Sumidouro	Tanque Séptico	Total
Norte	3	4	1	1	9
Metropolitana	3	10	1	1	15
Sul	9	22	5	3	39
Mista	1	1	0	0	2
Total	16	37	7	5	65

Na Tabela 3 percebe-se ainda uma certa tendência na relação de 3 fossas para 1 tanque séptico. Tal fato pode se tratar de mera coincidência, uma vez que o banco de dados que está sendo aplicado é muito pequeno para poder fazer uma afirmativa. No entanto merece ser chamado atenção para que possa ser melhor investigado em pesquisas futuras.

Desse modo, existe uma indicação de que o poder aquisitivo da população não influencia no tipo de sistema de tratamento individual adotado. Devem existir outros fatores que influenciem a escolha do sistema adotado pela população residente como, por exemplo, a

existência ou não de um trabalho de conscientização por parte do governo local (legislação específica), bem como o investimento em programas que incentivem a população à adotar tanques sépticos ao invés das fossas. Em contrapartida, o poder aquisitivo pode proporcionar diferenças entre as características do RESTI, fato que será estudado adiante.

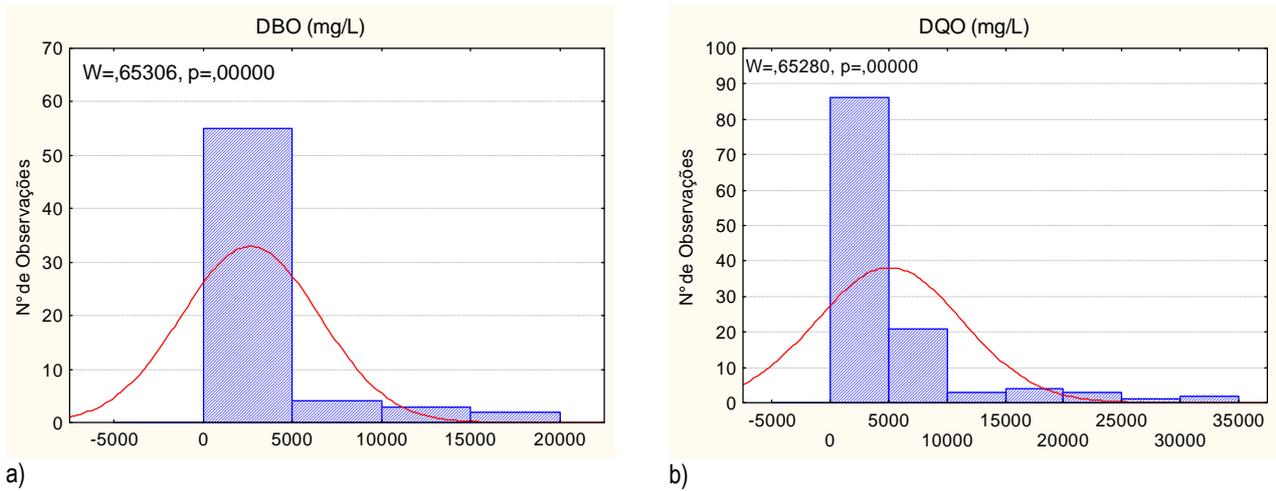
## 5.2 Estatística Descritiva

Os resultados gerais das características físico-químicas e microbiológicas estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que, com exceção do pH e da temperatura, todos os parâmetros apresentam elevados valores de desvio padrão e do coeficiente de variação, além de uma grande diferença entre os valores das médias aritméticas e medianas, o que é um forte indicativo de que os mesmos não apresentam distribuição normal. No intuito de verificar se esta suposição é verdadeira, foram elaborados histogramas de frequência para todos os parâmetros, podendo ser analisados para DBO e DQO na Figura 28.

**Tabela 4: Características físico-químicas e microbiológicas dos resíduos esgotados de fossas e tanques sépticos**

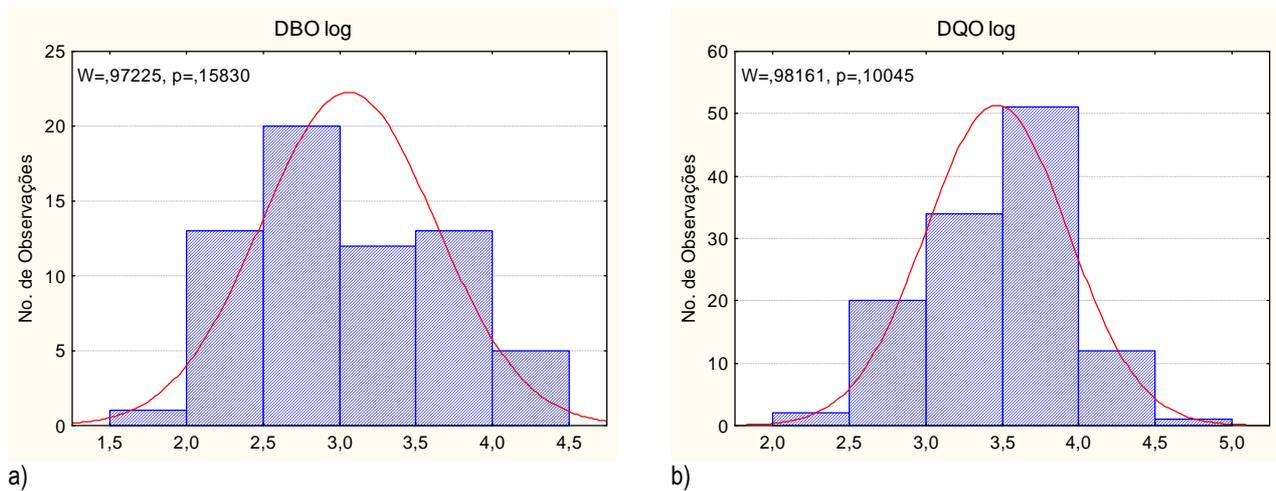
	N° de dados	Mediana	MA	MG	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)
Temperatura (°C)	124	29,3	29,1	29,1	23,2	32,7	1,83	6
pH	125	6,68	6,64	6,59	4,24	8,34	0,81	12
Condutividade (µS/cm)	125	964	1.797	1.034	231	37.300	4.307,89	239
DBO (mg/L)	64	973	2.649	1.146	89	18.196	3.871,40	146
DQO (mg/L)	120	3.549	5.056	2.921	211	33.846	6.276,21	124
Fósforo (mgP/L)	68	40,3	71,3	48,7	10,3	414,5	70,58	99
Amônia total (mg/L)	122	64,6	86,3	63,5	2,9	593,6	82,77	96
NTK (mg/L)	122	92,6	139,4	103,3	23,1	1.009,1	133,98	96
%Amônia	121	72,5	68,4	-	1,2	99,9	-	-
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	124	391	528	408	96	3.827	534	101
Óleos e graxas (mg/L)	119	151	755	178	1,7	17.480	1.903,56	252
Sólidos totais (mg/L)	124	3.557	7.034	3.821	399	43.563	8.324,56	118
ST fixos (mg/L)	124	955	2.135	1.060	95	20.396	3.442,85	161
ST voláteis (mg/L)	124	2.480	4.765	2.466	233	37.077	5.883,65	123
%STV	124	70,2	67,4	-	6,3	98,6	-	-
Sólidos suspensos (mg/L)	117	2.264	4.554	2.020	134	33.733	6.376,54	140
SS fixos (mg/L)	116	481	1.399	402	6,6	18.400	2.880,54	206
SS voláteis (mg/L)	116	1.605	3.175	1.431	120	24.640	4.466,19	141
%SSV	116	77,5	73,4	-	17,3	99,3	-	-
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	125	75,0	161,2	47,2	0,3	990,0	222,97	138
Coliformes fecais (UFC/100)	86	1,38E+07	3,89E+07	1,22E+07	1,01E+02	8,50E+08	1,03E+08	263
Helmintos (ovos/L)	86	7	360	-	0	14.819	1.749,13	486
Helmintos (viabilidade %)	86	0	2,4	-	0	48,83	7,35	300

MA – Média Aritmética; MG – Média Geométrica; DP – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação; NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl; ST – Sólidos Totais; STV – Sólidos Totais Voláteis; SS – Sólidos Suspensos; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis.



**Figura 28: Histogramas de distribuição de frequência dos dados brutos de DBO (a) e DQO (b).**

De acordo com o verificado nos histogramas, não existe distribuição normal para nenhum dos dois parâmetros apresentados. Esta tendência foi observada para a grande maioria das variáveis monitoradas. Dessa forma, os dados brutos foram logaritmizados e novos histogramas foram obtidos. Verificou-se que após a transformação dos dados para log houve uma tendência de normalização da distribuição, o que pode ser verificado na Figura 29 para DBO e DQO. Por este motivo, será adotada como medida de tendência central a mediana, sendo esta utilizada na discussão dos dados no decorrer do trabalho.



**Figura 29: Histogramas de distribuição de frequência dos dados log transformados de DBO (a) e DQO (b).**

### 5.2.1 DBO (mg/L) e DQO (mg/L)

As medianas verificadas para DBO e DQO foram, respectivamente, 973 e 3.549 mg/L. Seus valores variaram entre 89 e 18.196 mg/L para o primeiro parâmetro e entre 211 e 33.846 mg/L para o segundo. Para DBO, a literatura nacional apresenta médias entre cerca de 1.800 a 11.500 mg/L e para DQO cerca de 7.000 a 30.000 mg/L. A literatura estrangeira apresenta médias mais elevadas para os dois parâmetros. Dessa forma, as concentrações identificadas para DBO e DQO encontram-se dentro da faixa verificada na literatura, lembrando que esta faixa é muito ampla.

A relação entre DQO/DBO<sub>5</sub> verificada foi de 3,65, acima da relação citada para esgotos domésticos (1,7 a 2,4) por Von Sperling (2005). Esta relação, embora bem acima que a de esgoto doméstico, encontra-se condizente com o verificado na literatura nacional e estrangeira para as características do RESTI, sendo que na revisão foram verificados valores que variaram de 3,7 a 9,0.

Apesar da elevada amplitude, para ambas variáveis, ao se observar a Tabela 5, verifica-se que maior parte dos dados de DBO (86%) e DQO (72%) variou na faixa de concentração de 0 a 5.000mg/L. Os valores mais extremos podem estar relacionado a diversas variáveis, como o elevado tempo sem o esgotamento do sistema, condições de preservação do sistema e tipo de reator, etc.

**Tabela 5: Tabela de frequência dos resultados gerais de DBO e DQO**

DBO			
Conc. (mg/L)	Nº de Observações	Observações Acumuladas	% Acumulada
0 a 3.240	47	47	75,00
3.241 a 5.000	8	55	85,9
5.001 a 10.000	4	59	92,2
10.001 a 15.000	3	62	96,9
15.001 a 20.000	2	64	100,00
Total	64	64	100,00
DQO			
0 a 5.335	90	90	75,00
5.001 a 10.000	17	107	89,2
10.001 a 15.000	3	110	91,7
15.001 a 20.000	4	114	95,0
20.001 a 25.000	3	117	97,5
25.001 a 30.000	1	118	98,3
30.001 a 35.000	2	120	100,00
Total	120	120	100,00

### 5.2.2 Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)

Foi verificado elevados níveis de fósforo e nitrogênio no RESTI. O valor mediano de fósforo foi de 40,3 mgP/L e 75% dos dados apresentaram concentração abaixo de 100 mgP/L (Tabela 6). O nitrogênio presente no RESTI está em sua maior parte na forma de amônia (72,5%), com mediana de 64,6 mgN/L, enquanto o NTK apresentou mediana de 92,6 mgN/L. Cerca de 75% dos dados de amônia estiveram abaixo da concentração de 100mgN/L e de NTK estiveram abaixo de 175 mgN/L. A amônia e o NTK apresentaram picos, de 593 e 1.009 mgN/L, respectivamente, sendo estes referentes a uma mesma amostra.

A predominância da amônia se dá devido ao fato de, em meio anaeróbio, ocorrer a fase de amonificação do ciclo do nitrogênio, onde o nitrogênio orgânico é convertido à amônia. A amônia não sofre o processo de nitrificação devido a ausência de oxigênio.

**Tabela 6: Tabela de frequência dos resultados gerais de nitrogênio e fósforo**

Fósforo Total			
Conc. (mg/L)	N° de Observações	Observações Acumuladas	% Acumulada
0 a 50	40	40	58,8
51 a 100	11	51	75,0
101 a 150	8	59	86,7
151 a 200	6	65	95,6
201 a 250	2	67	98,5
251 a 300	-	-	-
351 a 400	-	-	-
401 a 450	1	68	100,0
Total	68	68	100,00
Amônia Total			
0 a 100	97	97	75,0
101 a 200	18	115	92,7
201 a 300	4	119	95,9
301 a 400	4	123	99,2
401 a 500	-	-	-
501 a 600	1	124	100,0
Total	124	124	100,0
NTK			
0 a 175	92	92	75,0
176 a 200	9	101	81,4
201 a 400	16	117	94,3
401 a 600	6	123	99,2
601 a 800	-	-	-
801 a 1.000	-	-	-
1.001 a 1.200	1	124	100,00
Total	124	124	100,00

A literatura nacional apresenta grande faixa de variação nas concentrações médias de fósforo e nitrogênio. Meneses ( 2001b), obteve concentrações médias de fósforo e NTK

de 18 mg P/L e 119 mgN/L, respectivamente, enquanto que Jordão e Pessoa (2005), referem-se a valores de 250 mg P/L e 700 mgN/L, respectivamente. Os valores medianos determinados para NTK (92,6 mgN/L) e fósforo (40,3 mgP/L) neste trabalho se encontraram na faixa verificada na literatura.

### 5.2.3 Óleos e graxas (mg/L)

A presença de óleos e graxas se deu com elevada amplitude, variando entre 1,7 e 17.480 mg/L, enquanto a mediana foi de 151 mg/L. Cerca de 98% dos dados se apresentaram abaixo da concentração de 5.000mg/L, havendo apenas dois casos acima deste valor, como pode ser observado na Tabela 7. A capacidade que os sistemas de tratamento individual de esgotos doméstico possuem de reter de material flotante (dispositivos de retenção), somada ao procedimento padrão das empresas limpa-fossa de esgotar a caixa de gordura conferem ao RESTI elevadas concentrações de óleos e graxas.

**Tabela 7: Tabela de frequência dos resultados gerais de óleos e graxas**

Óleos e Graxas			
Conc. (mg/L)	N° de Observações	Observações Acumuladas	% Acumulada
0 a 480	89	89	75,0
481 a 5.000	27	116	98,3
5.001 a 10.000	1	117	99,1
10.001 a 15.000	-	-	-
15.001 a 20.000	1	118	100,0
Total	118	118	100,00

Embora o valor máximo (17.480 mg/L) de óleos e graxas tenha sido bastante acima dos citados pela literatura, o seu valor mediano (151 mg/L) encontra-se na faixa esperada. Meneses (2001b) cita uma média de 531 mg/L, enquanto Jordão e Pessôa (2005) citam uma média de 8.000 mg/L e um máximo de 10.000 mg/L, estando bem abaixo do máximo de verificado neste trabalho.

### 5.2.4 Sólidos

A concentração de sólidos totais apresentou uma mediana de 3.557 mg/L, variando entre 399 a 43.563 mg/L. Dos sólidos totais, a parcela volátil apresentou mediana de 2.480 mg/L e a parcela fixa de 955 mg/L. A fração suspensa apresentou uma mediana de 2.264 mg/L. Os sólidos sedimentáveis apresentaram mediana de 75 ml/L, com máximo de 990 ml/L.

Para a concentração de sólidos totais, a literatura nacional apresenta dados bastante variados. Meneses (2001b) apresenta uma média de 12.880 mg/L em Natal/RN, enquanto

Tachini *et.al* (2006) apresenta uma média de 49.593 mg/L em Curitiba/PR, fazendo com que os dados obtidos se enquadrem nesta ampla faixa.

Von Sperling (2005) e Jordão e Pessoa (2005) fazem a classificação dos sólidos para esgoto doméstico. Baseado nos dados apresentados, se esta mesma classificação for feita para o RESTI ela ficaria conforme apresentado na Figura 30. De acordo com a distribuição apresentada pelos autores supracitados percebe-se que não existe grande diferença na distribuição percentual dos sólidos dos esgotos domésticos e do RESTI, embora este último apresente concentração mais elevadas.

Conforme apresentado no fluxograma de distribuição dos sólidos (Figura 30), a maior parcela dos sólidos totais corresponde a fração em suspensão ou sedimentável (64%), sendo o restante correspondente aos sólidos dissolvidos (36%). Dos 64% da fração em suspensão, 50% é volátil e 14% é fixa. Dos 36% da fração dissolvida, 24% é volátil e 12% é fixa. Isso significa que uma parcela de 74% dos sólidos totais são voláteis e 26% são fixos.

Assim como nos esgotos domésticos, esse tipo de resíduo também possui cerca de 70% dos sólidos totais na fração volátil, indicando que este ainda não se encontra completamente estabilizado. Tal fato demonstra que o elevado tempo de detenção não confere ao lodo sedimentado no interior do reator a estabilidade que se esperava e que existe a possibilidade de aplicar novamente tratamento biológico ao RESTI. Devido à sua elevada concentração de matéria orgânica, o tratamento anaeróbio é viável.

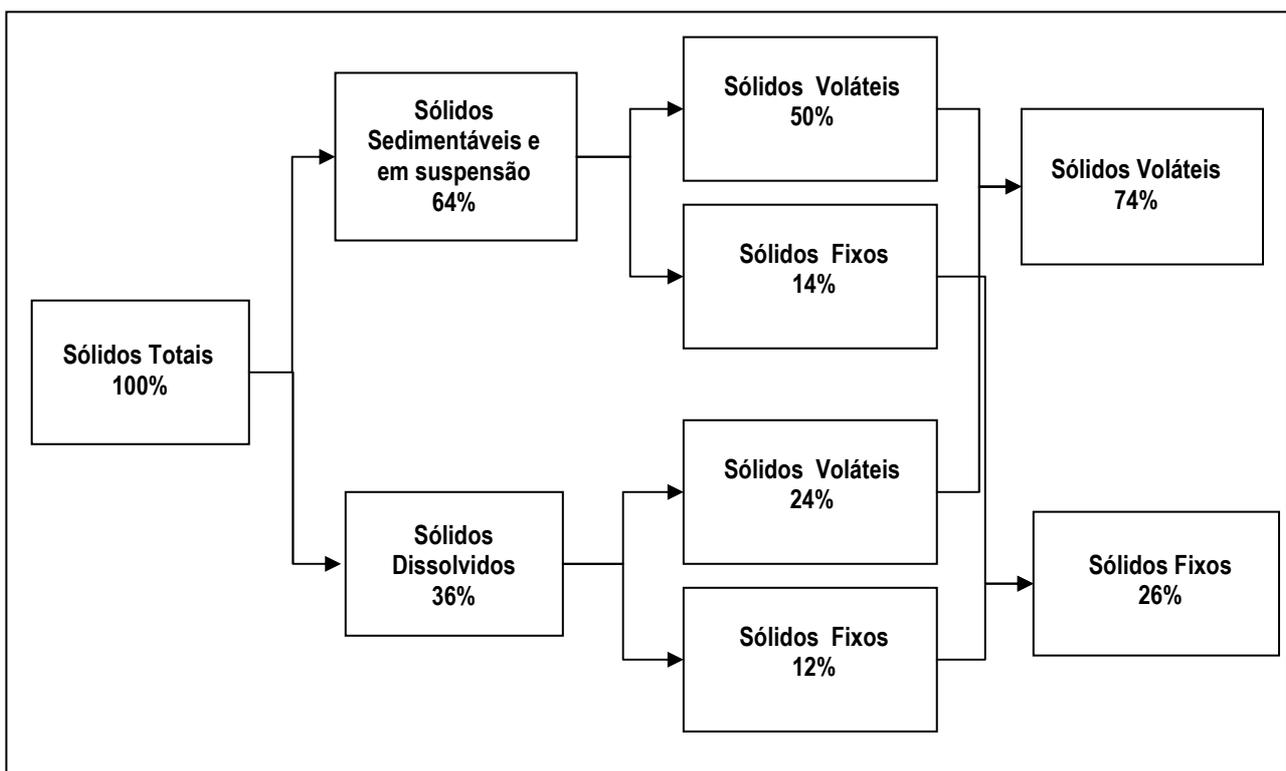


Figura 30: Distribuição dos sólidos nos resíduos esgotados de fossas e tanques sépticos

De acordo com a verificado na Tabela 8, pode-se inferir que pelo menos 75% da concentração dos sólidos totais, sua fração volátil e sua parcela suspensa encontram-se abaixo da concentração de 10.000mg/L, 5.000 mg/L e 5.000 mg/L, respectivamente.

**Tabela 8: Tabela de frequência dos resultados gerais de sólidos**

Sólidos Totais			
Conc. (mg/L)	N° de Observações	Observações Acumuladas	% Acumulada
0 a 10.000	94	94	75,8
10.001 a 20.000	16	110	88,7
20.001 a 30.000	12	122	98,4
30.001 a 40.000	1	123	99,2
40.001 a 50.000	1	124	100,0
Total	124	124	100,0
Sólidos Totais Voláteis			
0 a 5.000	91	91	73,4
5.001 a 10.000	14	105	84,7
10.001 a 15.000	8	113	91,1
15.001 a 20.000	8	121	97,6
20.001 a 25.000	2	123	99,2
25.001 a 30.000	-	-	-
30.001 a 35.000	-	-	-
35.001 a 40.000	1	124	100,0
Total	124	124	100,0
Sólidos Suspensos			
0 a 5.000	89	89	76,1
5.001 a 10.000	11	100	85,5
10.001 a 15.000	7	107	91,5
15.001 a 20.000	6	113	96,6
20.001 a 25.000	1	114	97,4
25.001 a 30.000	2	116	99,2
30.001 a 35.000	1	117	100,0
Total	117	117	100,0

### 5.2.5 Microorganismos

A presença de coliformes se deu com uma variação entre  $1,01E+02$  e  $8,50E+08$  UFC/100ml e mediana de  $1,38E+07$  UFC/100ml . Verifica-se, através da Tabela 9 que pelo menos 97% dos pontos estudados encontram-se abaixo da concentração de  $2,00E+08$ . A concentração cujo 75% dos dados se apresentaram abaixo foi de  $2,95E+07$ . Foi verificado uma mediana de 7 ovos/L e um valor máximo de 14.819 ovos de helmintos por litro. No que se refere à viabilidade dos ovos verifica-se que cerca de 77% não apresentaram viabilidade. Em média 21% das amostras apresentaram viabilidade abaixo de 30% (Tabela 9), havendo apenas um caso acima, representando o máximo de 48%. A mediana de viabilidade foi 0% e a média foi de 2,4%.

**Tabela 9: Tabela de frequência dos resultados gerais de coliformes termotolerantes e helmintos**

Coliformes Termotolerantes			
	Observações	Observações Acumuladas	% Acumulada
0 a 2,95E+07	64	64	74,4
2,96E+07 a 2,00E+08	20	84	97,67
2,00E+08 a 4,00E+08	-	-	-
4,00E+08 a 6,00+E+08	1	85	98,84
6,00E+08 a 8,00E+08	-	-	-
8,00E+08 a 1,00E+09	1	86	100,00
Total	86	86	100,00
Ovos de Helmintos			
0,00	16	16	18,60
0,1 a 2.000	68	84	97,67
2.001 a 4.000	-	-	-
4.001 a 6.000	-	-	-
6.001 a 8.000	1	85	98,84
8.001 a 10.000	-	-	-
10.001 a 12.000	-	-	-
12.001 a 14.000	-	-	-
14.001 a 16.000	1	86	100
Total	86	86	100,00
Viabilidade de Ovos			
0	67	67	77,91
0,1 a 30	18	85	98,84
31 a 60	1	86	100,00
Total	86	86	100,00

Para coliformes termotolerantes foi verificado que os sistemas de disposição individual proporcionam decaimento bacteriano no resíduo retido em seu interior, uma vez que sua concentração se mantém próxima de esgoto doméstico ao invés de aumentar, como ocorre com a matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

#### 5.2.6 Considerações gerais da classificação geral

Na caracterização do RESTI para obter parâmetros de dimensionamento de estações de tratamento ressalta-se a importância de esta ser feita a partir dos resíduos despejados pelos caminhões na entrada do tratamento, uma vez que estes representam exatamente o que está entrando na estação. Deve-se considerar, no entanto, a importância do acompanhamento do esgotamento nas residências, de forma a se obter maiores detalhes a cerca do sistema em questão, como: data do último esgotamento, motivos da solicitação do esgotamento, condições de preservação do sistemas, etc.

As características do RESTI apresentam grande variabilidade para todos os parâmetros, exceto temperatura e pH. Foi verificada a predominância da parcela volátil dos sólidos e da parcela amoniacal do nitrogênio, cerca de 70% para ambos.

No intuito de se determinar as concentrações a serem utilizadas no dimensionamento de estações de tratamento do RESTI será adotada a concentração que engloba 75% dos dados (3º quartil).

De acordo com o 3º quartil dos dados (Tabela 10), p ode-se determinar uma concentração de 5.407 mg/L de DQO, 175,1 mgN/L de NTK, cerca de 9.000 mg/L de ST e em torno de 4.500 mg/L de sólidos suspensos como sendo uma boa representação do banco de dados, podendo ser utilizado para o dimensionamento de sistemas de tratamento do RESTI.

**Tabela 10: 3º quartil (concentração de 75% dos dados) para o RESTI**

Parâmetro	3º Quartil
DBO (mg/L)	3410
DQO (mg/L)	5407
Amônia total (mg/L)	92,6
NTK (mg/L)	175,1
Sólidos totais (mg/L)	8986
ST fixos (mg/L)	1736
ST voláteis (mg/L)	5832
Sólidos suspensos (mg/L)	4575

A elevada concentração de sólidos voláteis indica a possibilidade de aplicação de tratamento biológico visando a estabilização do resíduo, recomendando-se a adoção de tratamento anaeróbio como tratamento primário destes resíduos, devido à sua elevada concentração, de forma a proporcionar uma maior redução na sua concentração.

As características do resíduos apontam para a necessidade de implantação de um sistema preliminar adequado e bem dimensionado para que as altas concentrações de areia e gordura e a acentuada variabilidade das características do RESTI não prejudiquem o bom funcionamento do sistema de tratamento.

### **5.3 Comparação por Fonte Geradora**

Na discussão da fonte geradora, serão apresentadas as fontes alimentação, multifamiliar, serviços e unifamiliar, uma vez que as fontes hospedagem, mista, saúde apresentaram um banco de dados muito pequeno.

### 5.3.1 DBO (mg/L) e DQO (mg/L)

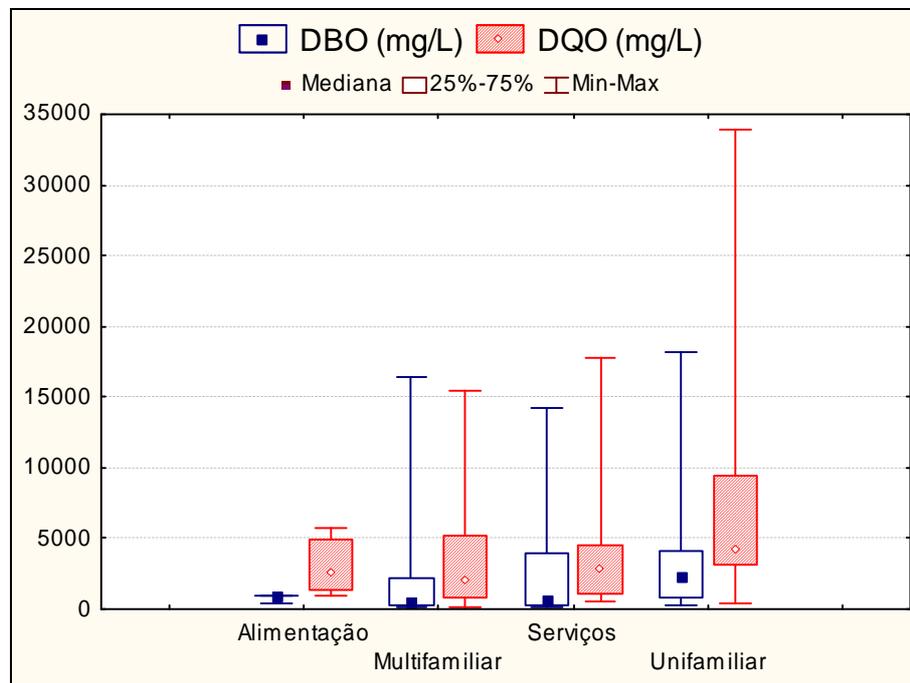
Para DBO foram verificadas medianas de 971 mg/L para alimentação, 425 mg/L para multifamiliar, 732 mg/L para serviços e 2.306 mg/L para unifamiliar. Foram percebidas (Tabela 11) elevadas amplitudes para os esgotamentos de origem multifamiliar (121 – 16.428), serviços (89 – 14.242) e unifamiliar (264 – 18.197), sendo a menor verificada para os esgotamentos provindos da fonte alimentação (407 – 998).

A DQO (Tabela 11) apresentou medianas de 2.586 (902 – 5.737), 2.092 (212 – 15.469), 2.861 (520 -17.778) e 4.246 (379 – 33.846) mg/L para alimentação, multifamiliar, serviços e unifamiliar, respectivamente.

**Tabela 11: Resultados das medianas de DBO e DQO por fonte geradora**

Mediana	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
DBO (mg/L)	971	425	732	2306
DQO (mg/L)	2586	2092	2861	4246

Para ambos parâmetros, a origem alimentação claramente se destoa das demais, apresentando, além de pequena amplitude, um valor máximo pequeno em comparação com as demais fontes, conforme a Figura 31.



**Figura 31: Box plot para DBO e DQO por fonte geradora**

Embora as fontes multifamiliar e serviços também tenham apresentado elevada amplitude, a fonte unifamiliar apresentou uma variação muito grande para o parâmetro de DQO. Através da Tabela 12 percebe-se que esta grande diferença foi provocada por um conjunto de 5 (cinco) dados de DQO que apresentaram-se acima de 20.000 mg/L,

concentração máxima das demais fontes geradoras, provocando os picos verificado na Figura 31. Essas concentrações elevadas podem estar relacionados ao elevado intervalo de tempo sem esgotamento do sistema e até mesmo ao tipo de sistema ao qual se refere.

**Tabela 12: Tabela de frequência de DQO por fonte geradora**

DQO - Unifamiliar				
	Observações	Observações Acumuladas	%	% Acumulada
0 a 5.000	25	25	62,50	62,50
5.001 a 10.000	5	30	12,50	75,00
10.001 a 15.000	3	33	7,50	82,50
15.001 a 20.000	2	35	5,00	87,50
20.001 a 25.000	2	37	5,00	92,50
25.001 a 30.000	1	38	2,50	95,00
30.001 a 35.000	2	40	5,00	100,00
Total	40	40	100,00	100,00

Na comparação entre medianas de DBO (Tabela 13) e DQO (Tabela 14) realizada através do teste Kruskal – Wallis foram verificadas diferenças significativas entre as medianas de multifamiliar e unifamiliar para ambos os parâmetros.

**Tabela 13: Teste Kruskal-Wallis para DBO por fonte geradora**

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	1,000000	0,860604
Multifamiliar	1,000000		1,000000	<b>0,034581*</b>
Serviços	1,000000	1,000000		0,339627
Unifamiliar	0,860604	<b>0,034581*</b>	0,339627	

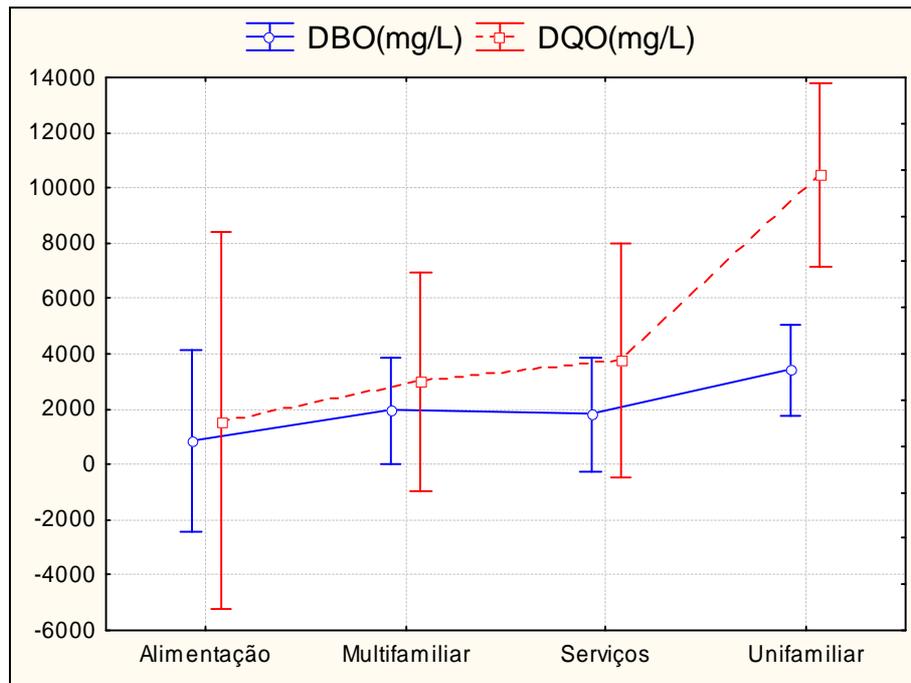
Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

**Tabela 14: Teste Kruskal-Wallis para DQO por fonte geradora**

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	1,000000	0,973784
Multifamiliar	1,000000		1,000000	<b>0,019589*</b>
Serviços	1,000000	1,000000		0,122189
Unifamiliar	0,973784	<b>0,019589*</b>	0,122189	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

Quando a comparação foi feita através da análise de variância (Figura 32), lembrando que esta realiza a comparação entre médias, foi percebido o mesmo comportamento que o teste Kruskal-Wallis para a variável DQO. Para DBO não foi identificada diferença estatística entre as médias das fontes geradoras.



**Figura 32: Análise de variância para DBO e DQO por fonte geradora**

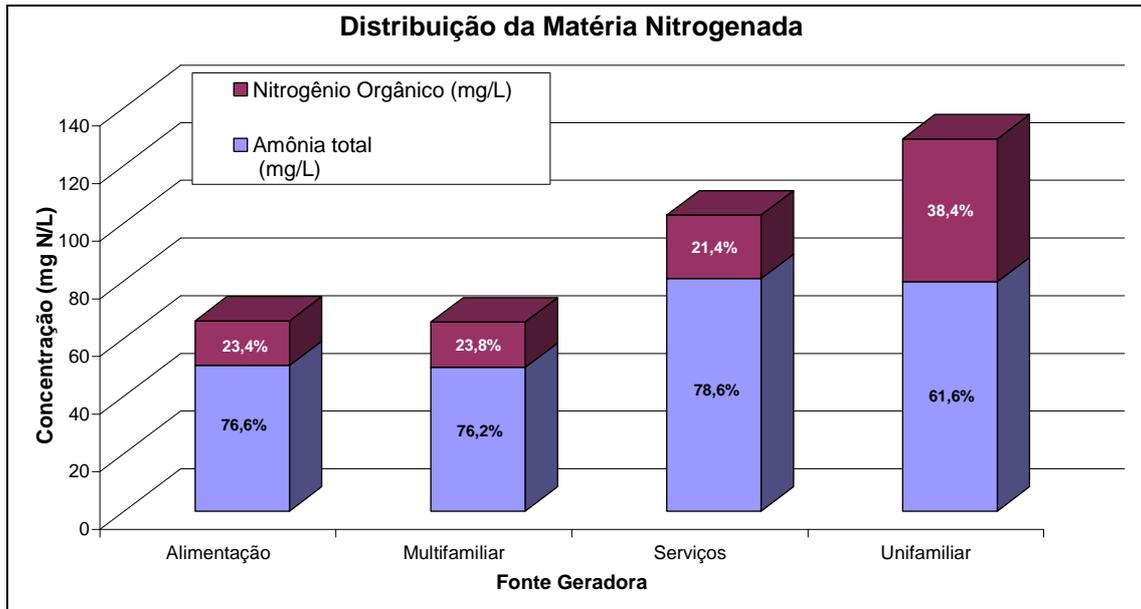
### 5.3.2 Nitrogênio

As medianas de Amônia e NTK (Tabela 15) foram, respectivamente, 50,6 e 66,0 mgN/L para alimentação, 50,0 e 65,6 mgN/L para multifamiliar, 80,8 e 102,7 mgN/L para serviços e 79,6 e 129,2 mgN/L para unifamiliar. Pelas medianas, percebe-se que as fontes serviços e unifamiliar apresentam concentrações mais elevadas que as fontes alimentação e unifamiliar.

**Tabela 15: Resultados das medianas de Amônia Total e NTK por fonte geradora**

Mediana	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Amônia total (mgN/L)	50,6	50,0	80,8	79,6
NTK (mgN/L)	66,0	65,6	102,7	129,2

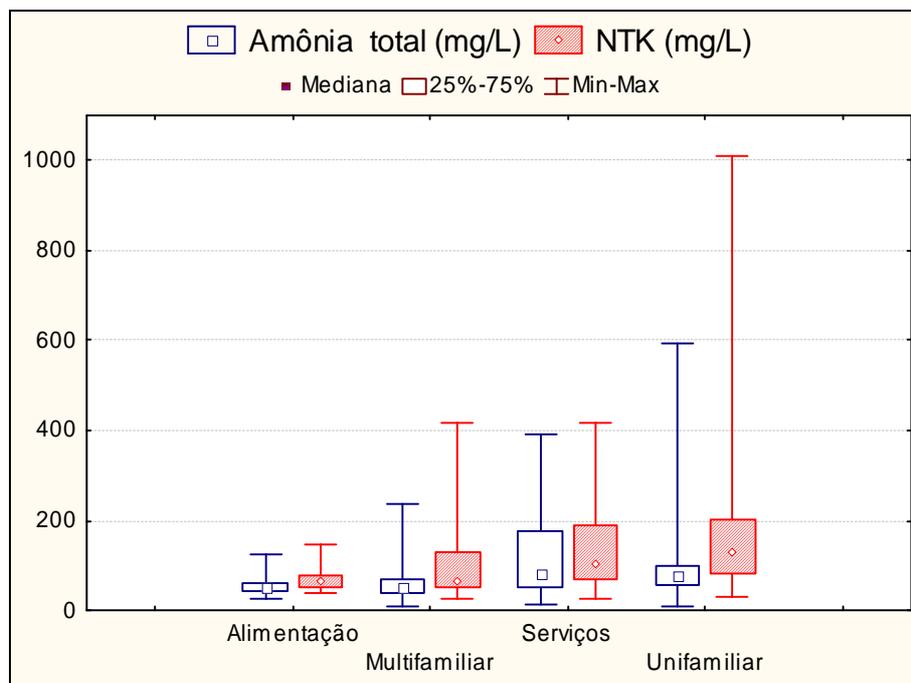
A Figura 33 mostra os percentuais de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, onde se percebe que todas as fontes apresentaram predominância do nitrogênio na forma amoniacal, sendo estas de 76,6% para alimentação, 76,2% para multifamiliar, 78,6% para serviços e 61,6% para unifamiliar.



**Figura 33: Percentual de nitrogênio orgânico e amoniacal por fonte geradora**

Através da Figura 34 fica evidente que a fonte que apresentou maiores concentrações de nitrogênio na forma de NTK (orgânico + amoniacal) foi a unifamiliar. Assim como nos parâmetros DBO e DQO a fonte alimentação apresentou concentrações de nitrogênio mais baixas, quando se refere em termos de amplitude, já que as medianas das fontes alimentação e multifamiliar estão bem próximas.

Alguns dos pontos que conferiram picos ao parâmetro de DQO, também provocaram no parâmetro de NTK.



**Figura 34: Box plot para Amônia Total e NTK por fonte geradora**

Ao comparar as medianas verifica-se que para amônia (Tabela 16) houve diferença significativa entre as fontes serviços e multifamiliar e as fontes unifamiliar e multifamiliar. Já para NTK (Tabela 17) percebe-se diferença entre as fontes unifamiliar e alimentação e as fontes unifamiliar e multifamiliar. Tal fato condiz com o citado anteriormente a respeito da proximidade entre as medianas de alimentação e multifamiliar e entre as medianas de serviços e unifamiliar.

**Tabela 16: Teste Kruskal-Wallis para amônia por fonte geradora**

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	0,289660	0,358034
Multifamiliar	1,000000		0,035837*	0,023933*
Serviços	0,289660	0,035837*		1,000000
Unifamiliar	0,358034	0,023933*	1,000000	

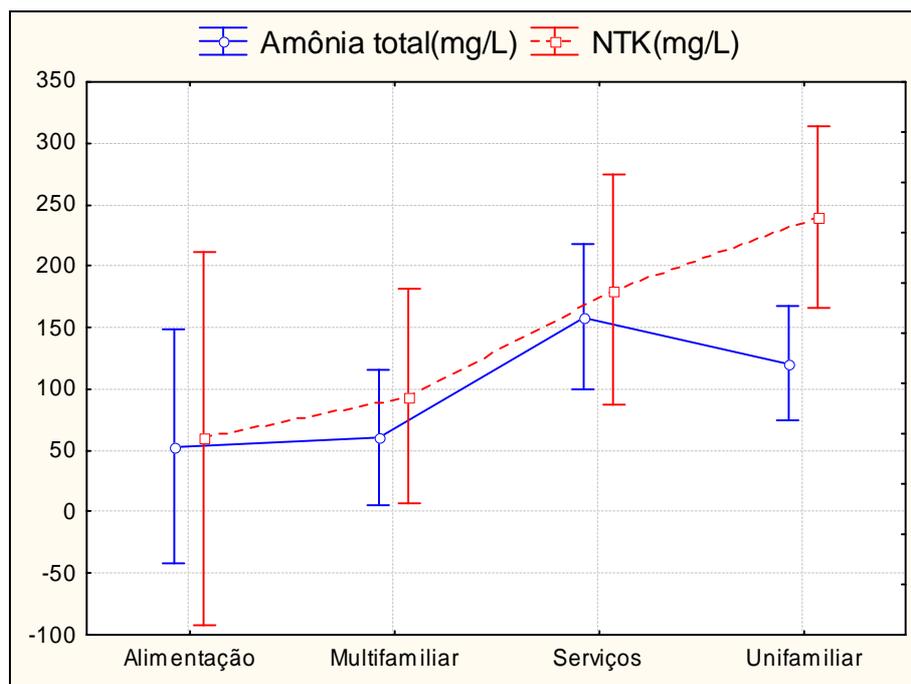
Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

**Tabela 17: Teste Kruskal-Wallis para NTK por fonte geradora**

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	0,319632	0,015804*
Multifamiliar	1,000000		0,377586	0,001156*
Serviços	0,319632	0,377586		1,000000
Unifamiliar	0,015804*	0,001156*	1,000000	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

No estudo da análise de variância (Figura 35) foi verificado que todas as médias se mostraram iguais tanto para amônia quanto para NTK. No entanto, pode-se observar claramente que as fontes se separaram em dois grupo: alimentação e multifamiliar; serviços e unifamiliar.



**Figura 35: Análise de variância para Amônia Total e NTK por fonte geradora.**

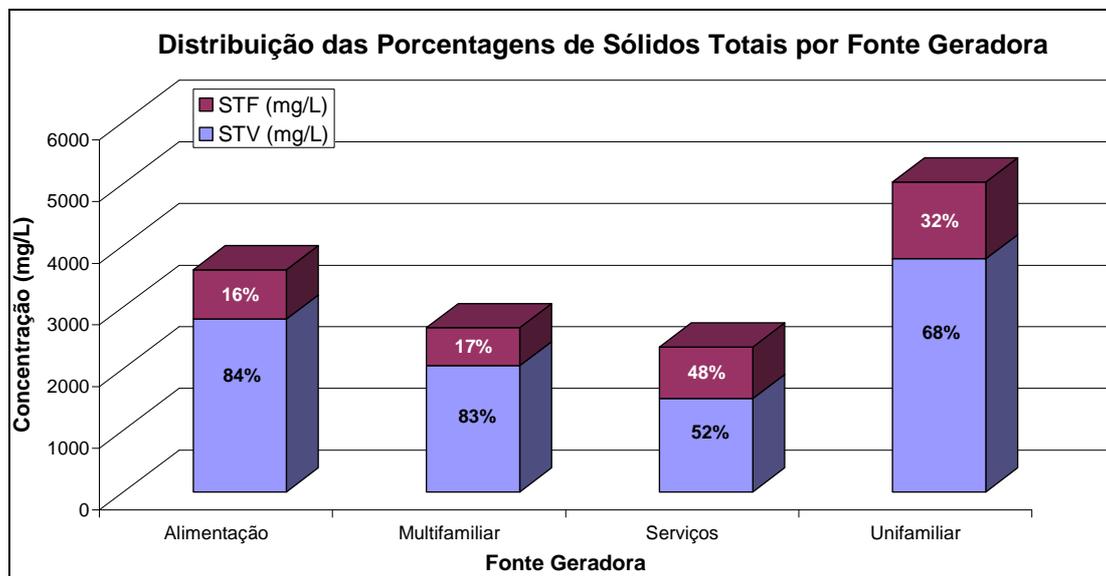
### 5.3.3 Sólidos

Verificou-se uma concentração mediana de sólidos totais (Tabela 18) de 3.336 mg/L (1.540 – 6.071 mg/L) para alimentação, 2.685 mg/L (399 – 17.186 mg/L) para multifamiliar, 2.913 mg/L (746 – 26.805 mg/L) para serviços e 5.561 mg/L (938 – 43.563 mg/L) para unifamiliar. Como retratado entre parêntesis, percebe-se que todos apresentam elevadas amplitudes, sendo a menor verificada para alimentação. Em termos de concentrações medianas, a fonte unifamiliar apresentou os maiores valores. As fontes alimentação, multifamiliar e serviços apresentaram medianas próximas umas das outras.

**Tabela 18: Resultados das medianas de Sólidos por fonte geradora**

Mediana	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
ST (mg/L)	3.336	2.685	2.913	5.561
STF (mg/L)	797	620	834	1.243
STV (mg/L)	2.808	2.048	1.518	3.786

De acordo com o representado na Figura 36 verifica-se que maior parte da parcela de sólidos encontra-se na fração volátil, conforme verificado para o banco de dados geral. A fonte serviços foi a que apresentou uma melhor relação entre os sólidos mineralizados e voláteis, cerca de 50%. O restante das fontes apresentam elevadas parcelas de sólidos voláteis, indicando que o RESTI deve ser submetido a um processo de estabilização, viabilizando o tratamento biológico.



**Figura 36: Percentual de Sólidos Totais Fixos e Voláteis por fonte geradora**

De acordo com a Figura 37, a fonte que apresentou menor variação entre as concentrações de sólidos foi a alimentação, enquanto a fonte unifamiliar apresentou alta variação. Em se tratando de valores máximos, com exceção da fonte serviços, todas apresentaram a parcela de sólidos voláteis maior que a fixa. Embora, para o valor

máximo, a parcela fixa seja maior que a volátil para a fonte serviços, verifica-se que a mediana de STF encontra-se abaixo da mediana de STV.

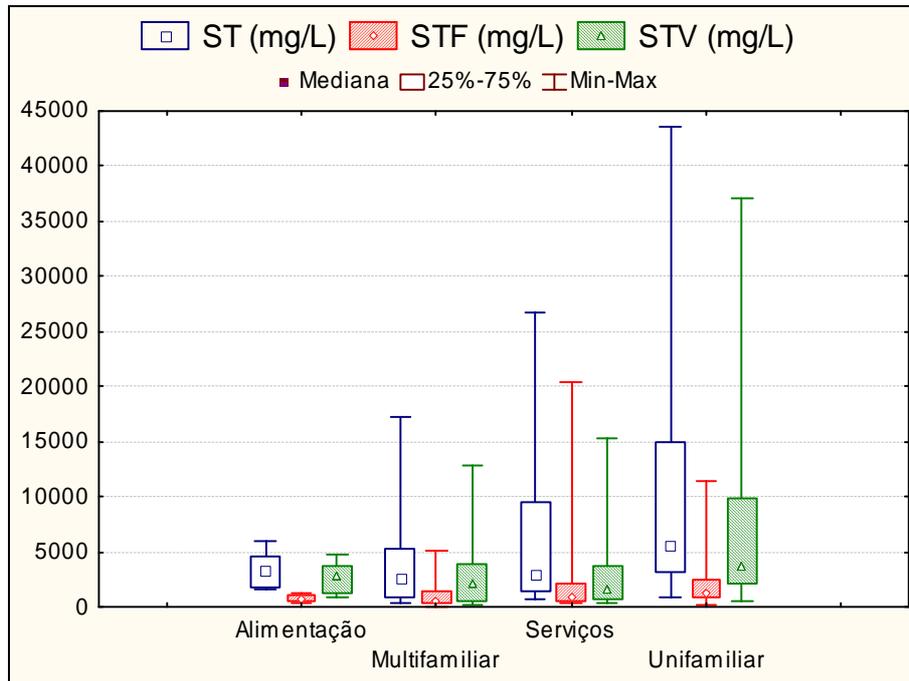


Figura 37: Box plot de Sólidos Totais por fonte geradora

Ao se comparar as medianas verificou-se diferença significativa entre unifamiliar e multifamiliar para sólidos totais (Tabela 19) e para a parcela fixa (Tabela 20); unifamiliar e multifamiliar, unifamiliar e serviços para a parcela volátil (Tabela 21).

Tabela 19: Teste Kruskal-Wallis para ST por fonte geradora

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	1,000000	0,419303
Multifamiliar	1,000000		1,000000	0,001544*
Serviços	1,000000	1,000000		0,074592
Unifamiliar	0,419303	0,001544*	0,074592	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com\*).

Tabela 20: Teste Kruskal-Wallis para STF por fonte geradora

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	1,000000	0,149495
Multifamiliar	1,000000		0,883748	0,000547*
Serviços	1,000000	0,883748		0,301202
Unifamiliar	0,149495	0,000547*	0,301202	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com\*).

Tabela 21: Teste Kruskal-Wallis para STV por fonte geradora

Valor de p	Alimentação	Multifamiliar	Serviços	Unifamiliar
Alimentação		1,000000	1,000000	0,664379
Multifamiliar	1,000000		1,000000	0,002214*
Serviços	1,000000	1,000000		0,007773*
Unifamiliar	0,664379	0,002214*	0,007773*	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com\*).

Ao se comparar as médias (Figura 38) não foi verificada diferenças entre as fontes geradoras para sólidos totais, nem para suas parcelas fixa e volátil.

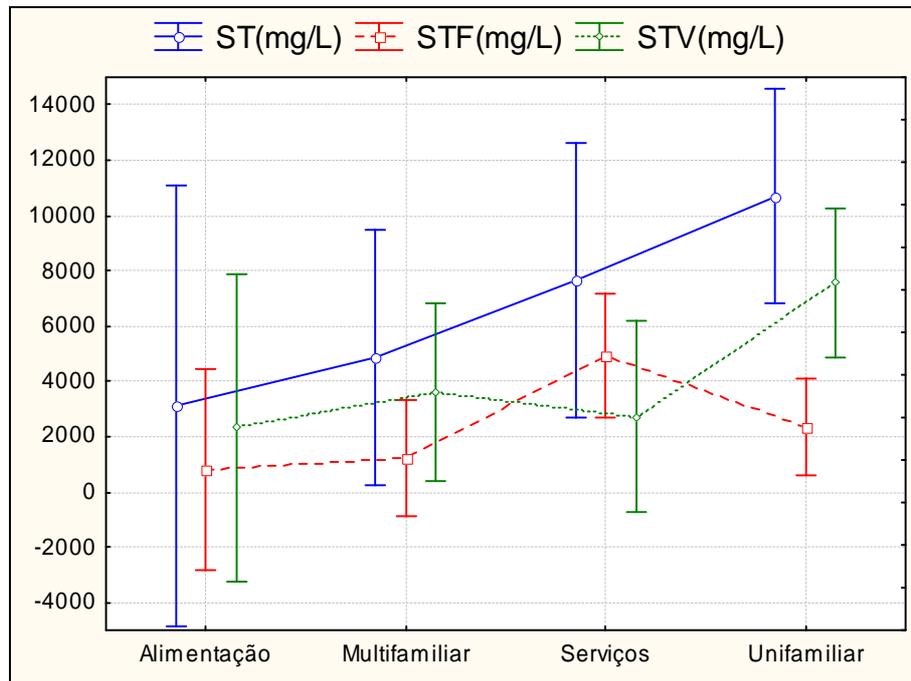


Figura 38: Análise de variância para Sólidos por fonte geradora

#### 5.3.4 Considerações gerais da classificação por fonte geradora

De maneira geral, ficou claro que a fonte alimentação sempre apresentou menores concentrações, enquanto a fonte unifamiliar apresentou as maiores. Todos os parâmetros estudados neste tópico apresentaram diferenças entre as medianas das fontes unifamiliar e multifamiliar. Para este caso, classificação por fonte geradora, não existe vantagem em se fazer uma diferenciação das concentrações durante o dimensionamento de sistemas de tratamento, salvo casos específicos em que se deseje tratar o RESTI de residências unifamiliar ou multifamiliar, que, embora possível, é inviável.

### 5.4 Comparação por Zona de Origem

Para a comparação por zona de origem foi utilizado um banco com 115 dados, tendo sido eliminados deste os esgotamentos providos de mais de uma zona distinta (mista) e das zonas leste e oeste, uma vez que estas possuem um banco de dados muito pequeno.

#### 5.4.1 DBO (mg/L) e DQO (mg/L)

As medianas de DBO e DQO (Tabela 22) foram de, respectivamente, 3.805 e 6.832 mg/L para a zona norte, 1.161 e 3.308 mg/L para a zona metropolitana e 724 e 3.048 mg/L para a zona sul. As variações entre os valores mínimo e máximo se mostraram elevadas para

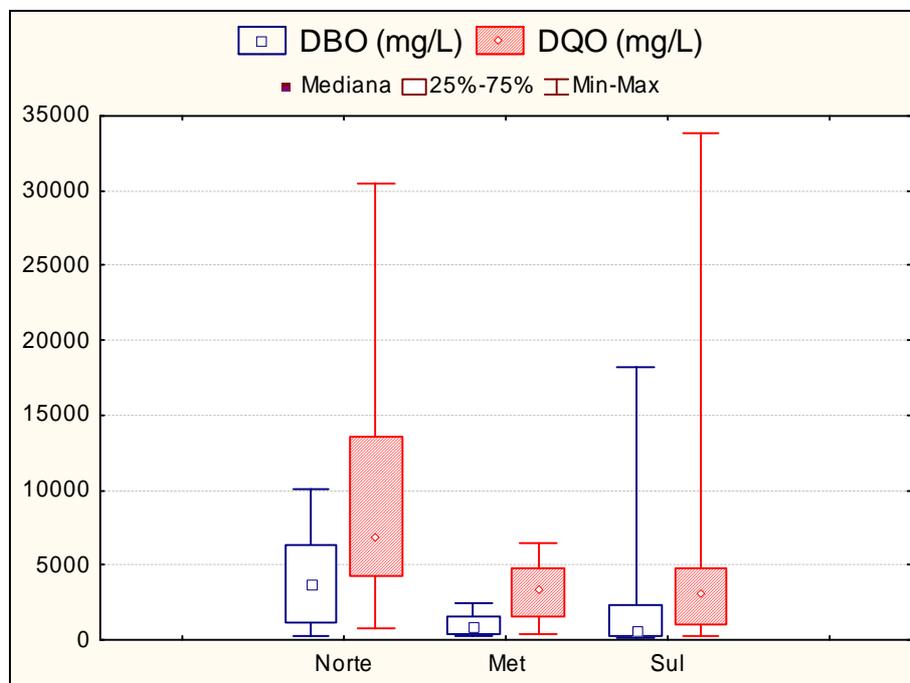
ambos os parâmetros, sendo: 274 a 10.109 mg/L e 722 a 30.534 mg/L para as zona Norte; 201 a 10.585 mg/L e 339 a 6.412 mg/L para a zona metropolitana; e 89 a 18.197 mg/L e 212 a 33.846 mg/L para a zona sul, DBO e DQO, respectivamente.

Baseado no valores medianas percebe-se que tanto a DBO quanto a DQO da zona norte apresentaram valores mais elevados, enquanto os resultados das zonas metropolitana e sul se mostraram menores e próximos um do outro.

**Tabela 22: Resultados das medianas de DBO e DQO por zona de origem**

Mediana	Norte	Metropolitana	Sul
DBO (mg/L)	3805	849	707
DQO (mg/L)	6832	3308	3048

De acordo com a Figura 39, a zona metropolitana foi a que apresentou menores amplitude para DBO e DQO, enquanto que as zonas norte e sul apresentaram variações mais extremas. No que se refere à medianas, no entanto, as zonas sul e metropolitana apresentaram valores bem próximos, enquanto que a zona norte mostrou valores mais elevados. A DBO mediana da zona norte é cerca de cinco vezes maior que a das zonas sul e metropolitana. Já a DQO mediana da zona norte corresponde a, aproximadamente, o dobro das demais.



**Figura 39: Box plot para DBO e DQO por zona de origem**

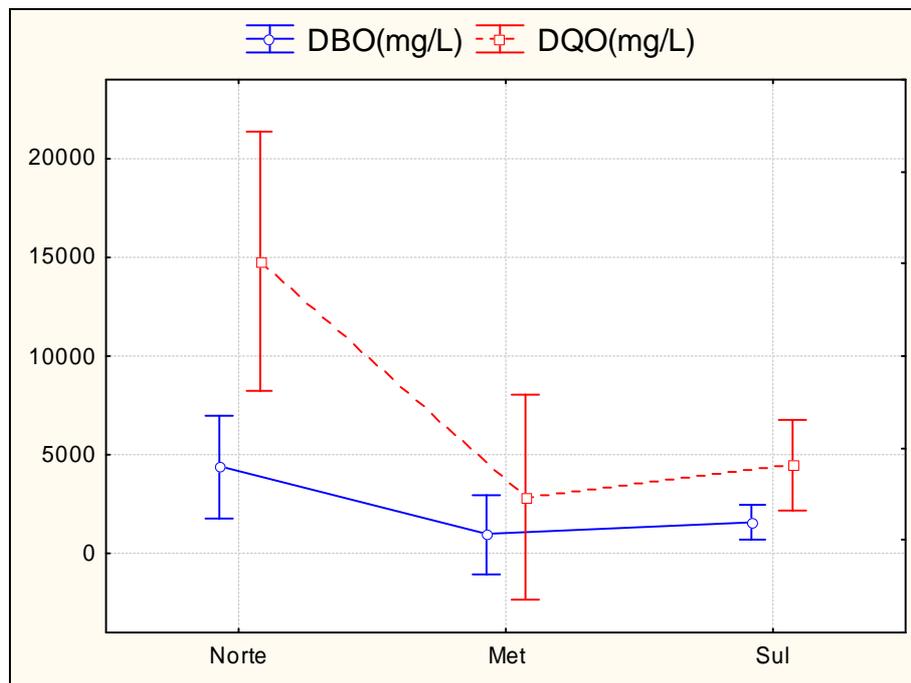
Em termos de medianas, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que, para DBO, não existe nenhuma diferença estatística entre as medianas das diferentes zonas. Quanto ao parâmetro de DQO (Tabela 23), existe diferença estatística entre as zonas metropolitana e

norte; e sul e norte. No que se refere a comparação entre as médias (Figura 40) foi verificado o mesmo comportamento do teste de Kruskal-Wallis, nenhuma diferença entre as zonas para a DBO e diferença estatística entre as médias das zonas metropolitana e norte e zonas sul e norte para a DQO.

**Tabela 23: Teste Kruskal-Wallis para DQO por zona de origem**

Valor de p	Norte	Met.	Sul
Norte		0,028848*	0,004664*
Met	0,028848*		1,000000
Sul	0,004664*	1,000000	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).



**Figura 40: Análise de variância para DBO e DQO por zona de origem**

#### 5.4.2 Nitrogênio

Os valores de mediana identificados para amônia e NTK (Tabela 24), respectivamente foram de 85 e 163,0 mgN/L para a zona norte; 88 e 120,2 mgN/L para a zona metropolitana; e 52,8 e 73,1 mgN/L para a zona sul. Os valores mínimo e máximo para amônia e NTK, respectivamente variaram de 10,0 a 176,0 mgN/L e 77,0 a 277,0 mgN/L para a zona norte; 27,6 a 356,1 mgN/L e 36,5 a 593,6 mgN/L para a zona metropolitana; e 8,5 a 593,6 mgN/L e 23,1 a 1.009,1 mgN/L para a zona sul.

**Tabela 24: Resultados das medianas de Amônia Total e NTK por zona de origem**

Mediana	Norte	Metropolitana	Sul
Amônia total (mgN/L)	85,0	88,0	52,8
NTK (mgN/L)	163,0	120,2	73,1

Para todas as zonas houve a predominância da fração amoniacal sob a orgânica, sendo a porcentagem de amônia correspondente a 52,4% para a zona norte, 73,3% para a zona metropolitana e 72,2% para a zona sul, conforme demonstrado na Figura 41.

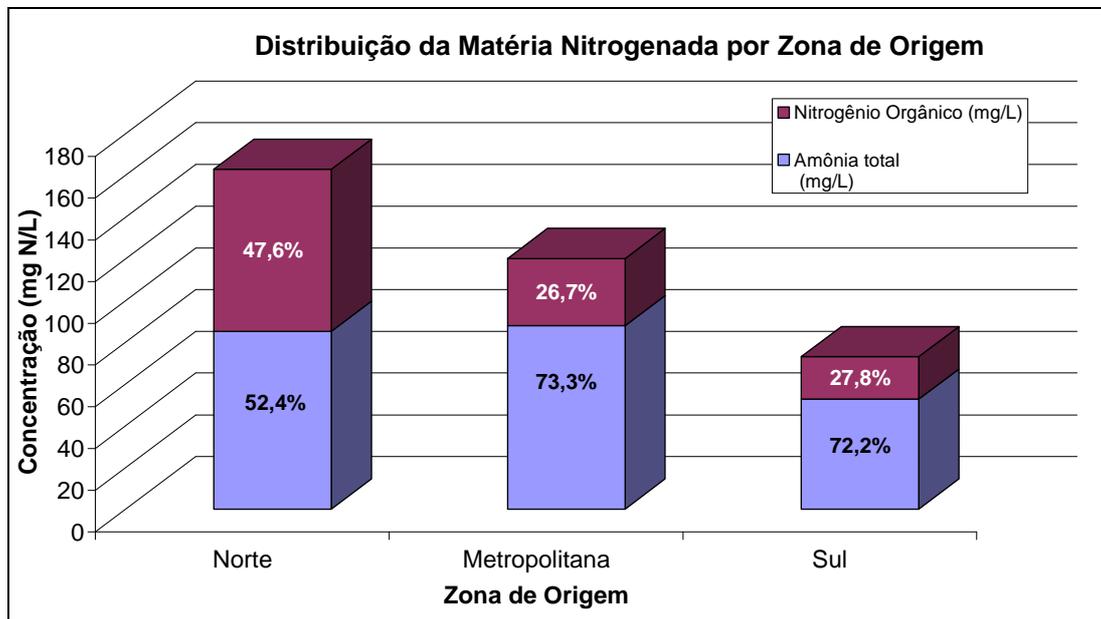


Figura 41: Percentual de nitrogênio orgânico e amoniacal por zona de origem

Em termos de valores máximos, as maiores concentrações de NTK e de amônia foram verificadas para a zona sul. Ao se comparar as medianas, no entanto, todas as zonas apresentaram valores próximos para ambos parâmetros, sendo a maior concentração de amônia verificada para a zona metropolitana e a maior de NTK para a zona norte (Figura 42).

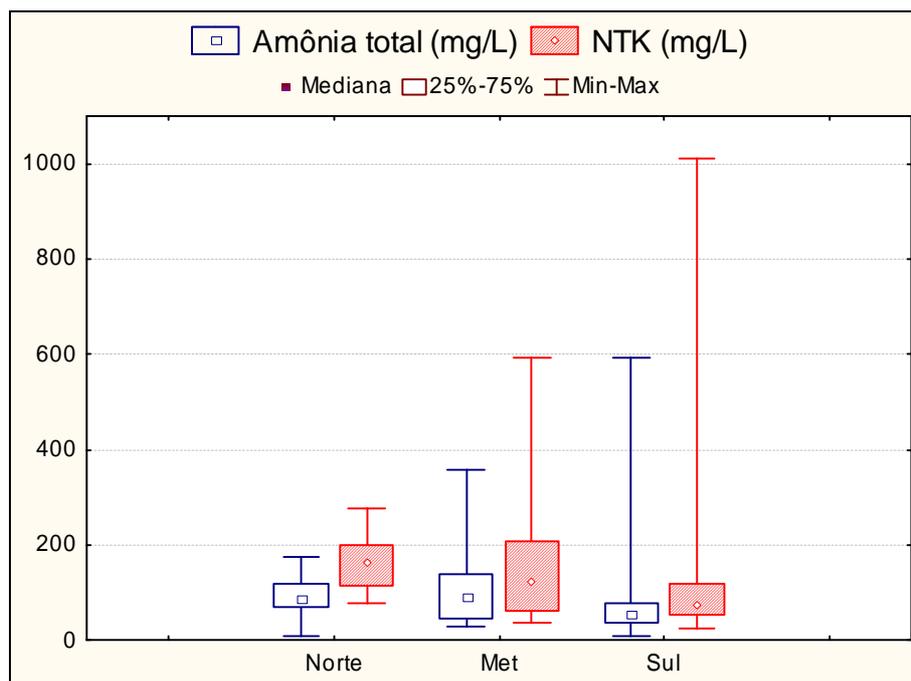


Figura 42: Box plot para Amônia Total e NTK por zona de origem

Ao proceder a comparação entre as medianas das zonas, verifica-se para o parâmetro amônia (Tabela 25), diferenças entre as zonas norte e sul e as zonas metropolitana e sul. Para o parâmetro de NTK (Tabela 26) confirma-se um diferença entre as zonas norte e sul.

**Tabela 25: Teste de Kruskal-Wallis para Amônia Total por zona de origem**

Valor de p	Norte	Met.	Sul
Norte		1,000000	0,019481*
Met	1,000000		0,017126*
Sul	0,019481*	0,017126*	

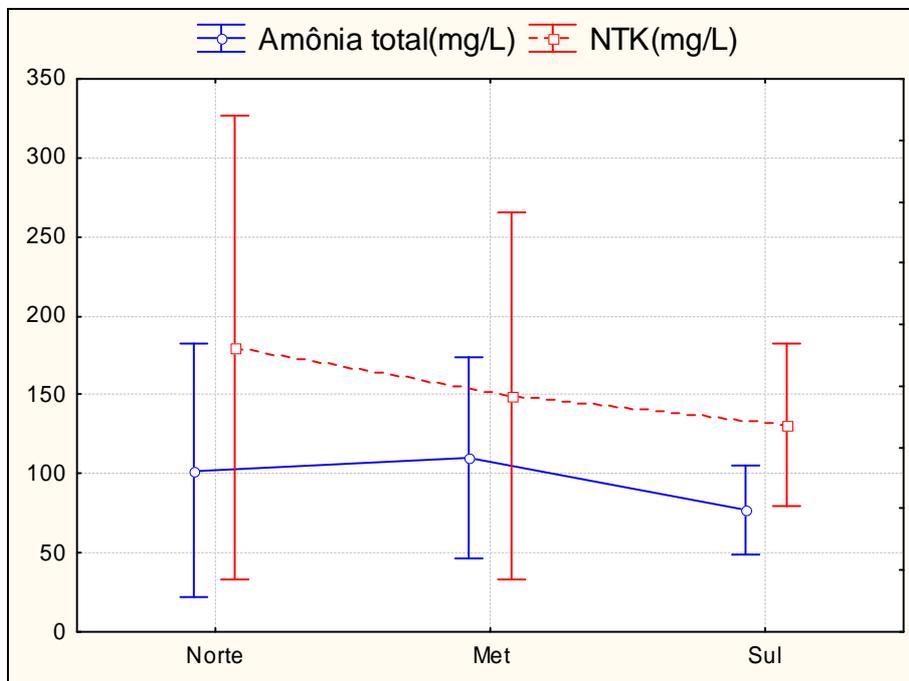
Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

**Tabela 26: Teste de Kruskal-Wallis para NTK por zona de origem**

Valor de p	Norte	Met.	Sul
Norte		0,244520	0,000679
Met	0,244520		0,128049
Sul	0,000679	0,128049	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

Na Figura 43, percebe-se que, na comparação entre as médias, através da análise de variância não se verifica diferença entre nenhuma das zonas para ambos os parâmetros.



**Figura 43: Análise de variância para Amônia Total e NTK por zona de origem**

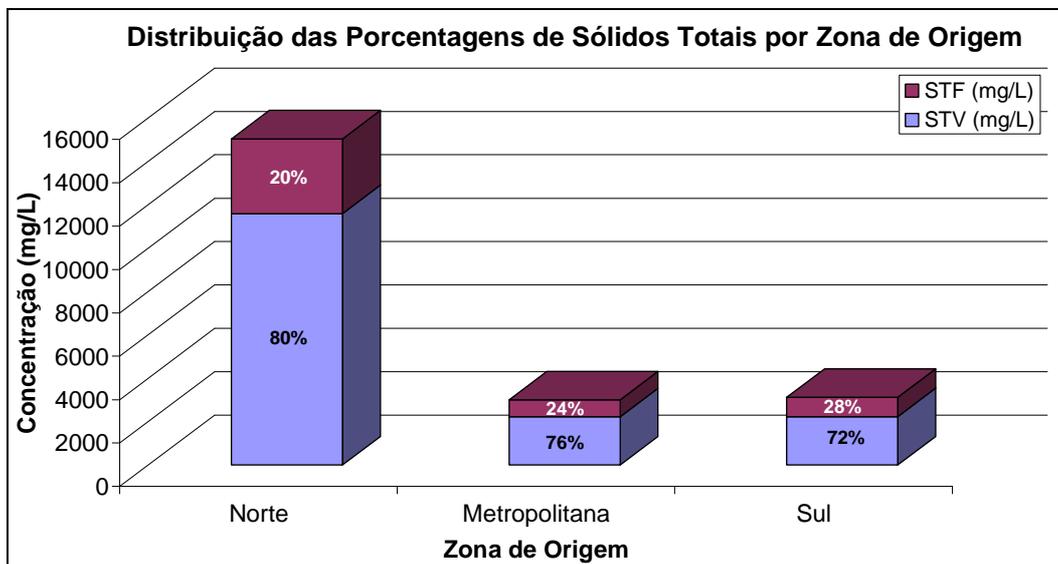
### 5.4.3 Sólidos

A concentração de sólidos totais (Tabela 27) foi de 17.387 mg/L (1.138 – 28.590 mg/L) para a zona norte, 3.232 mg/L (399 – 17.186 mg/L) para a zona metropolitana e 3.232 mg/L (553 – 43.563 mg/L) para zona sul. Ao se analisar os valores medianos percebe-se que a zona norte apresenta concentrações de sólidos (totais, fixos e voláteis) muito maiores que as zonas metropolitana e sul.

**Tabela 27: Resultados das medianas de Sólidos para zona de origem**

Mediana	Norte	Metropolitana	Sul
Sólidos totais (mg/L)	17.387	3.232	3.232
ST fixos (mg/L)	3.445	780	891
ST voláteis (mg/L)	11.591	2.211	2.227

De acordo com o demonstrado na Figura 44, para todas as zonas de origem verifica-se que fração volátil é bem maior que a fração fixa. Em termos de distribuição das porcentagens dos STF e STV as zonas se apresentaram bastante semelhantes, embora a concentração da zona norte tenha se mostrado bastante diferente da concentração das zonas metropolitana e sul.



**Figura 44: Percentual de Sólidos Totais Fixos e Voláteis por zona de origem**

Conforme apresentado na Figura 45, a zona sul apresentou o maior pico de máximo, enquanto a zona norte apresentou a maior mediana para todos os parâmetros. As zonas sul e metropolitana apresentaram 75% do banco de dados com concentração abaixo de 7.000 mg/L, enquanto a zona norte apresentou 75% dos seus dados abaixo de 25.000mg/L, cerca de cinco vezes maior que as outras zonas.

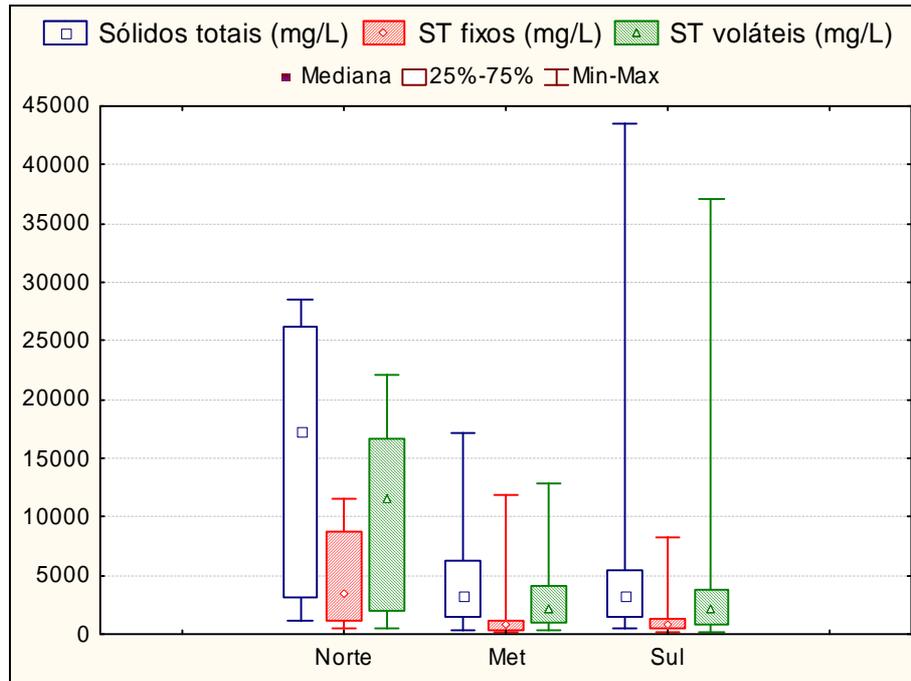


Figura 45: Box plot para Sólidos por zona de origem

Na comparação entre medianas foram identificadas as mesmas diferenças para sólidos totais (Tabela 28), sua parcela fixa (Tabela 29) e volátil (Tabela 30): a zona norte se mostrou diferente das demais (metropolitana e zona sul).

Tabela 28: Teste de Kruskal-Wallis para Sólidos Totais por zona de origem

Valor de p	Norte	Met.	Sul
Norte		0,023455	0,005757
Met	0,023455		1,000000
Sul	0,005757	1,000000	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

Tabela 29: Teste de Kruskal-Wallis para Sólidos Totais Fixos por zona de origem

Valor de p	Norte	Met.	Sul
Norte		0,002410	0,001930
Met	0,002410		1,000000
Sul	0,001930	1,000000	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

Tabela 30: Teste de Kruskal-Wallis para Sólidos Totais voláteis por zona de origem

Valor de p	Norte	Met.	Sul
Norte		0,030712	0,009129
Met	0,030712		1,000000
Sul	0,009129	1,000000	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).

Na comparação entre médias (Figura 46) foi verificada diferença entre as zonas norte e metropolitana e as zonas norte e sul para os três parâmetros.

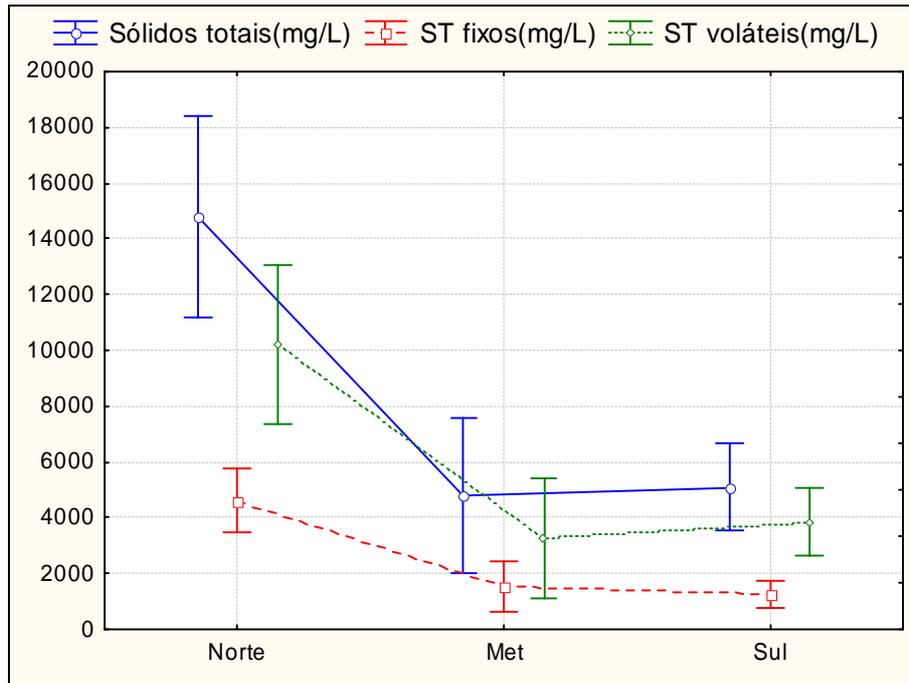


Figura 46: Análise de variância para Sólidos por zona de origem

#### 5.4.4 Considerações gerais da classificação por zona de origem

Baseado na comparação por zona de origem para o parâmetros estudados ficou demonstrado que os esgotamentos provenientes da zona norte se mostram diferentes dos da zona sul para todos os parâmetros, com exceção da DBO, apresentando sempre concentrações mais elevadas. Percebe-se então que o poder aquisitivo da população da região provoca diferenças nas características do RESTI. Dessa forma, ao se dimensionar o tratamento do RESTI das regiões com menor poder aquisitivo deve-se utilizar uma maior concentração afluente à estação de tratamento, enquanto que para regiões cuja população tem um elevado poder aquisitivo, deve-se utilizar menores concentrações. Assim, a Tabela 31 apresenta as concentrações nas quais 75% dos dados estiveram abaixo para as características do RESTI produzido por população de baixa e de alta renda. No dimensionamento de uma estação de tratamento de RESTI provindo APENAS de regiões cuja população possui baixo poder aquisitivo, podem ser utilizadas concentrações de DQO de 13.588 mg/L, NTK de 201 mgN/L, sólidos totais de cerca de 26.000 mg/L e sólidos suspensos em torno de 18.000 mg/L.

Já para estação que receberão o RESTI originados EXCLUSIVAMENTE de regiões de população com alta renda, podem ser utilizados dados de DQO de 2.500 mg/L, NTK em torno de 120 mgN/L, sólidos totais de aproximadamente 5.500 mg/L e sólidos suspensos de 3.725 mg/L.

**Tabela 31: 3° quartil (concentração de 75% dos dados) para os dados de população de baixa e alta renda**

3° Quartil		
Parâmetro	Baixa Renda	Alta Renda
DBO (mg/L)	6.275	2.425
DQO (mg/L)	13.588	4.809
Amônia total (mg/L)	118,3	76,6
NTK (mg/L)	201,0	118,8
Sólidos totais (mg/L)	26.291	5.369
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	8.709	1.295
Sólidos Totais voláteis (mg/L)	16.708	3.808
Sólidos suspensos (mg/L)	17.700	3.725

## 5.5 Comparação por Tipo de Sistema de Tratamento

Na comparação de acordo com o sistema de origem foi utilizado um banco com 65 dados. Para tal, não será utilizado o parâmetro DBO, tendo em vista não reduzir a confiança do estudo, uma vez que seu banco de dados foi muito pequeno.

### 5.5.1 DQO (mg/L)

As concentrações verificadas para DQO (Tabela 32) foram de 4.625 mg/L (519 – 23.492 mg/L) para fossa, 3.697 mg/L (224 – 8.235 mg/L) para mista, 2.263 mg/L (952 – 4.623 mg/L) para sumidouro e 1.322 mg/L (559 – 5.954 mg/L) para tanque séptico.

**Tabela 32: Resultados das medianas para DQO por fonte geradora**

Mediana	Fossa	Mista	Sumidouro	Tanque Séptico
DQO (mg/L)	4625	3697	2263	1322

De acordo com a Figura 47, fica evidente a que os resíduos provenientes de fossas apresentaram maior concentração máxima, sendo que apenas 5 (cinco) dados estão localizados acima do ponto de concentração de 75% dos dados. Todos os sistemas apresentados possuem 75% das concentrações abaixo de 5.000 mg/L. Em termos de medianas, percebe-se que o sistema fossa foi o que apresentou maior valor, enquanto o sistema tanque séptico apresentou o menor.

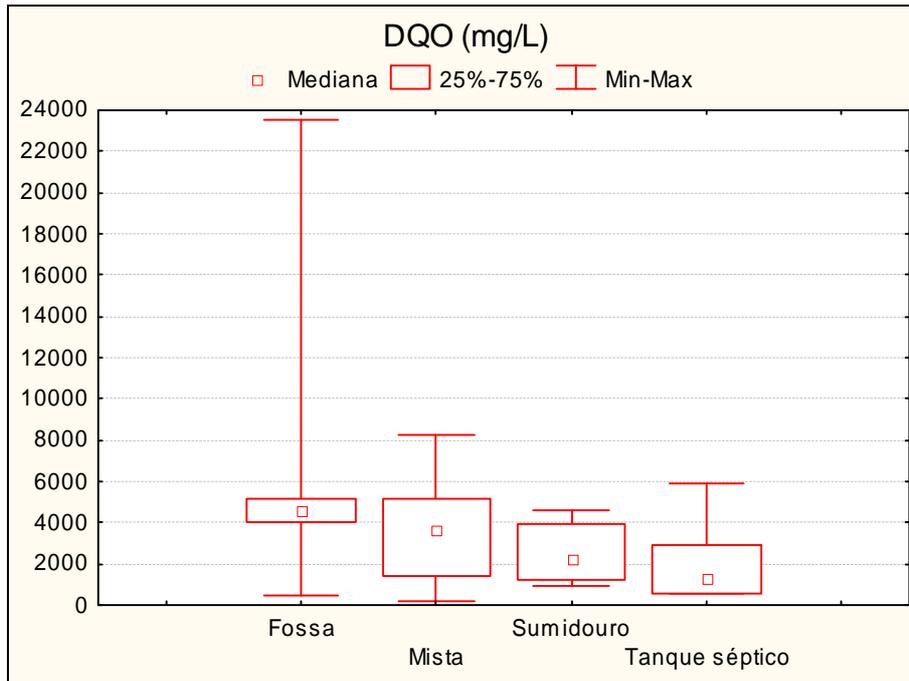


Figura 47: Box plot para DQO por sistema de origem

Na comparação entre médias e medianas não foi verificada diferença alguma entre os sistemas de origem para o parâmetro de DQO, como pode ser conferido na Figura 48. O pequeno banco de dados obtido para os sistemas tanque séptico e sumidouro provocou uma ampliação do intervalo de confiança de seus dados, fazendo com que este englobassem os intervalos de confiança dos demais sistemas (fossa e mista). No entanto, percebe-se claramente de a média da fossa se distancia bastante das demais.

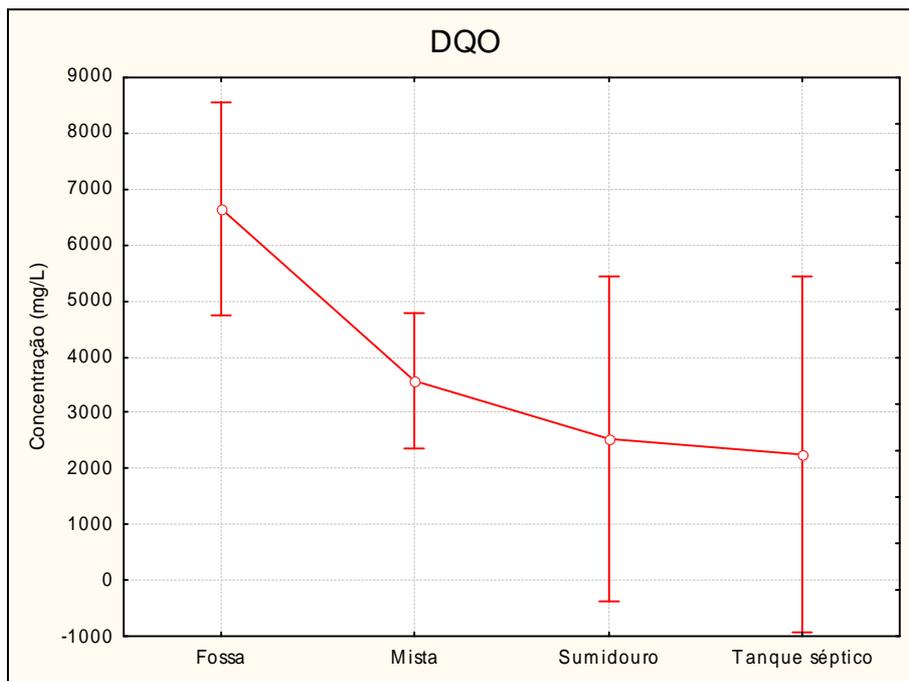


Figura 48: Análise de variância para DQO por sistema de origem

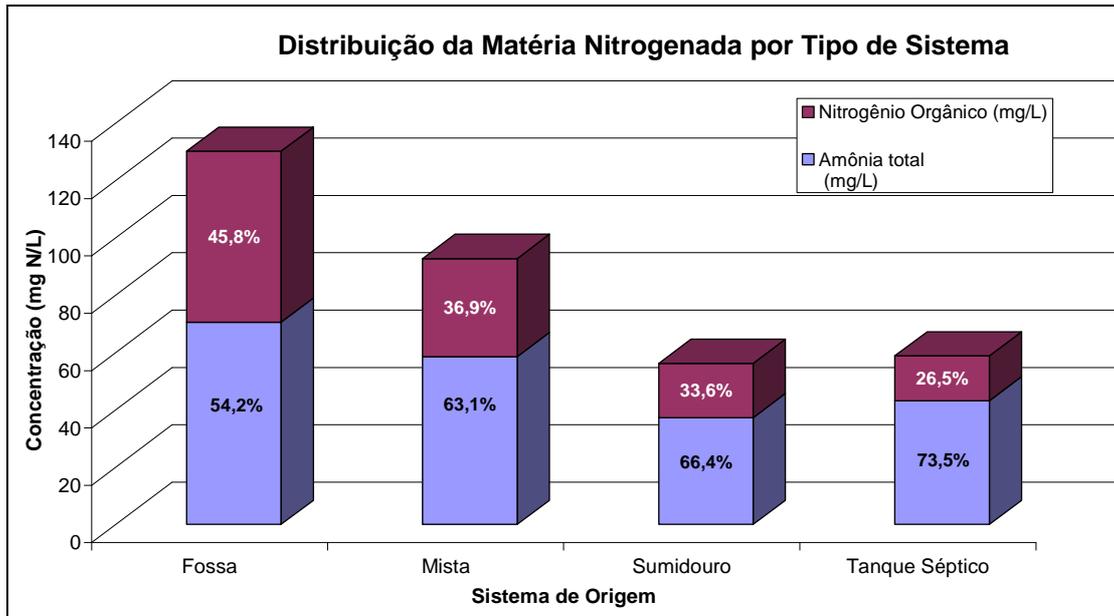
### 5.5.2 Nitrogênio

A amônia e o NTK (Tabela 33) apresentaram concentrações de, respectivamente, 70,5 e 130,2 mgN/L para fossa, 58,5 e 92,7 mgN/L para mista, 37,3 e 56,1 mgN/L para sumidouro e 43,2 e 58,8 mgN/L para tanque séptico. Embora altas, as amplitudes verificadas para este caso apresentam-se bem menores que na outras classificações, variando, para o parâmetro de amônia, entre 31,1 a 175,7 mgN/L para fossa, 24,5 a 214,5 mgN/L para mista, 8,5 a 80,2 mgN/L para sumidouro e 24,4 a 98,9 mgN/L para tanque séptico; já para o parâmetro NTK as variações se apresentaram entre 52,3 a 273,2 mgN/L para fossa, 35,8 a 226,3 mgN/L para mista, 25,4 a 93,2 mgN/L para sumidouro e 27,5 a 120,2 mgN/L para tanque sépticos.

**Tabela 33: Resultados das medianas para Amônia Total por sistema de origem**

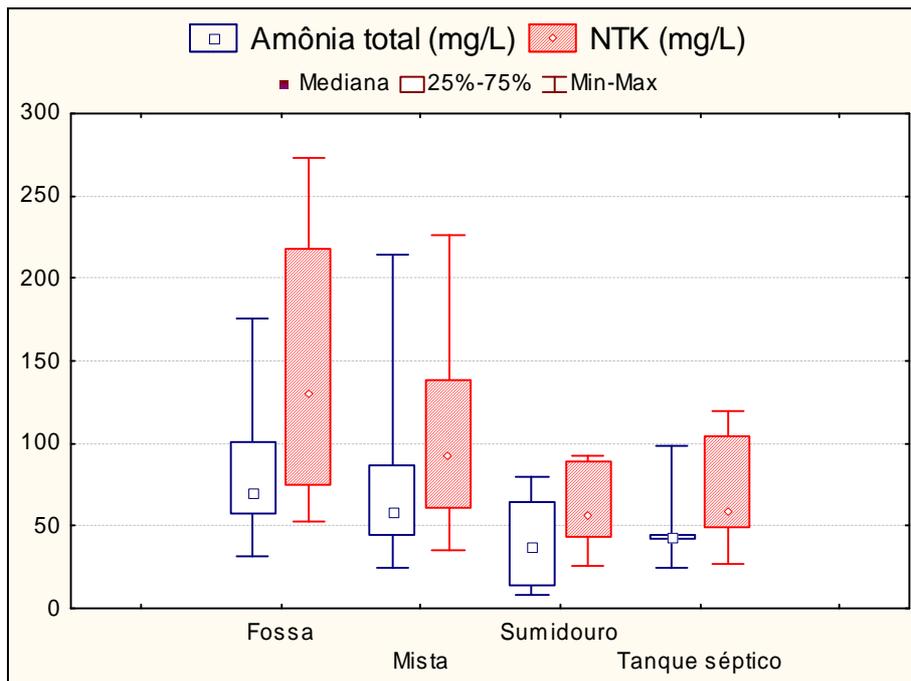
Mediana	Fossa	Mista	Sumidouro	Tanque Séptico
Amônia total (mgN/L)	70,5	58,5	37,3	43,2
NTK (mgN/L)	130,2	92,7	56,1	58,8

Para este caso também verifica-se o predomínio da parcela amoniacal do nitrogênio, representando 54,2% na fossa, 63,1% na mista, 66,4% no sumidouro e 73,5% no tanque séptico (Figura 49). A maior diferença percebida nesta classificação é que a concentração de nitrogênio é menor para os sistemas do tipo sumidouro e tanque séptico. O primeiro caso deve estar relacionada a característica do próprio resíduo, menos concentrado que os demais. O segundo caso pode estar relacionado à origem dos tanque sépticos, uma vez que maior parte é proveniente da zona sul, tendo como característica de um resíduo mais diluído. Sendo assim, pode inferir que o tipo de sistema não proporciona interferência no comportamento do nitrogênio.



**Figura 49: Percentual de nitrogênio orgânico e amoniacal por zona de origem**

Como citado anteriormente, percebe-se, através da Figura 50, que os sistemas do tipo sumidouro e tanque séptico apresentam menores concentrações de nitrogênio. Em termos de mediana, a fossa apresentou maior concentração de NTK e de nitrogênio orgânico. Cerca de 75% das concentrações de NTK para fossa estiveram abaixo de 200 mgN/L, enquanto que para os sistemas sumidouro e tanque séptico estiveram abaixo de 100 mgN/L. As concentrações medianas dos sistemas fossa e mista e dos sistemas sumidouro e tanque séptico estiveram bem próximas, mostrando claramente a formação de dois grupos de concentrações diferentes.



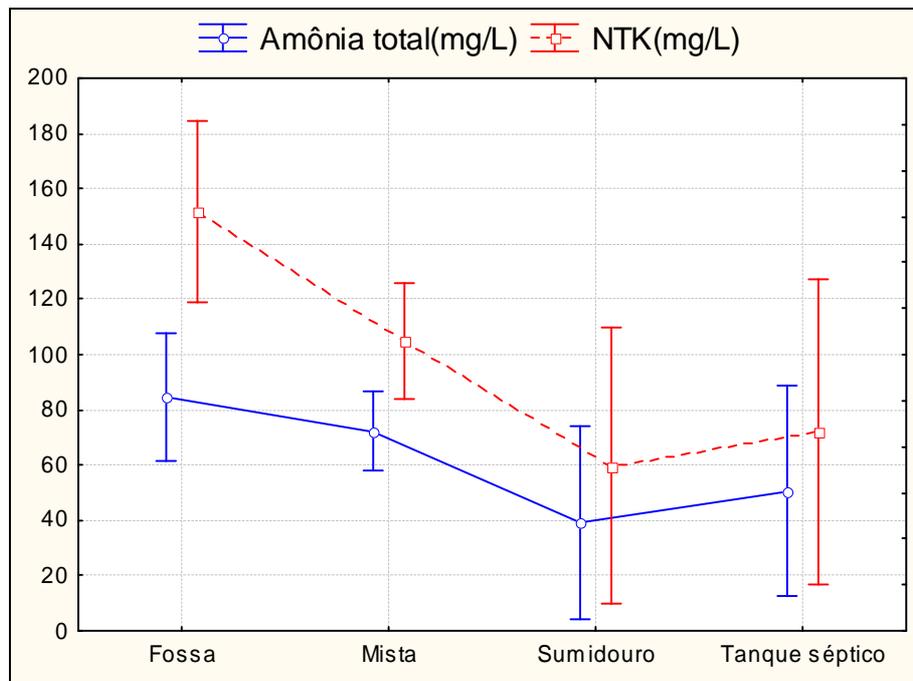
**Figura 50: Box plot para Amônia Total e NTK por sistema de origem**

Na comparação entre medianas (Tabela 34) só foi verificada diferença para o parâmetro NTK entre os sistemas fossa e sumidouro, que apresentam a maior e a menor concentração, respectivamente, entre os sistemas estudados. Quando se realiza a comparação entre as médias (Figura 51) verifica-se o mesmo comportamento que o teste de Kruskal-Wallis definiu. Não existe diferença entre os sistemas para o parâmetro de amônia, e para o parâmetro NTK, existe diferença estatística entre os sistemas fossa e sumidouro.

**Tabela 34: Teste de Kruskal-Wallis para NTK por sistema de origem**

Valor de p	Fossa	Mista	Sumidouro	Tanque Séptico
Fossa		0,216788	0,021296*	0,141713
Mista	0,216788		0,552539	1,000000
Sumidouro	0,021296*	0,552539		1,000000
Tanque Séptico	0,141713	1,000000	1,000000	

Obs.: Medianas estatisticamente diferentes quando  $p < 0,05$  (em vermelho e com \*).



**Figura 51: Análise de variância para Amônia Total e NTK por sistema de origem**

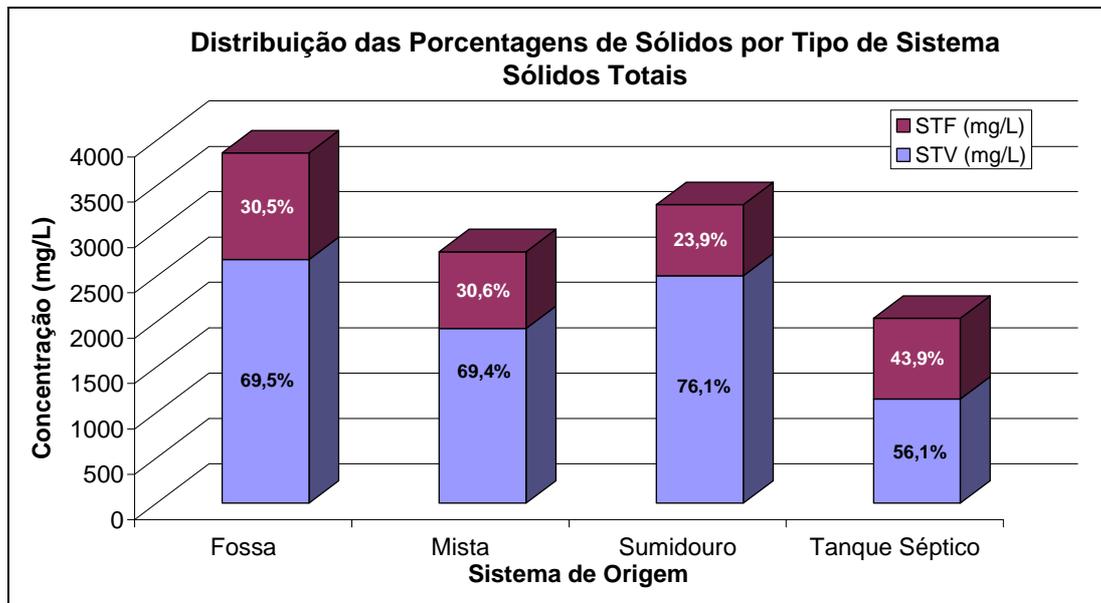
### 5.5.3 Sólidos

Foram verificados para sólidos totais concentrações de 3.859 mg/L (816 – 34.739 mg/L) para fossa, 2.768 mg/L (399 – 15.894 mg/L) para mista, 3.288 mg/L (792 – 5.301 mg/L) para sumidouro e 2.037 mg/L (746 – 26.805 mg/L) para tanque séptico (Tabela 35).

**Tabela 35: Resultados das medianas de Sólidos por sistema de origem**

Mediana	Fossa	Mista	Sumidouro	Tanque Séptico
ST (mg/L)	3859	2768	3288	2037
STF (mg/L)	1143	846	682	894
STV (mg/L)	2683	1844	2503	1143

Na classificação por sistema de origem não foi verificada grande diferença entre a concentração de sólidos, nem entre as porcentagens da fração volátil, em torno de 70%, como pode-se verificar na Figura 52. Em termos de estabilidade dos sólidos, o tanque séptico é o sistema que apresenta melhor relação, onde cerca de 44% do sólidos encontram-se na forma fixa. Percebe-se que, de forma contraditória, a concentração de sólidos totais do sistema sumidouro se aproxima do sistema fossa e é maior que o tanque séptico, estando, possivelmente, relacionado ao arraste de areia do sumidouro durante o esgotamento.

**Figura 52: Percentual de Sólidos Totais Fixos e Voláteis por sistema de origem**

Como verificados na Figura 53, os valores medianos dos sólidos para os diferentes sistemas apresentaram-se próximos uns dos outros, sendo que o sistema fossa apresentou concentração mais elevada, enquanto o tanque séptico apresentou a concentração mais baixa. A fossa apresentou 75% dos dados de ST abaixo de 20.000 mg/L e 75% da fração volátil abaixo de 15.000 mg/L.

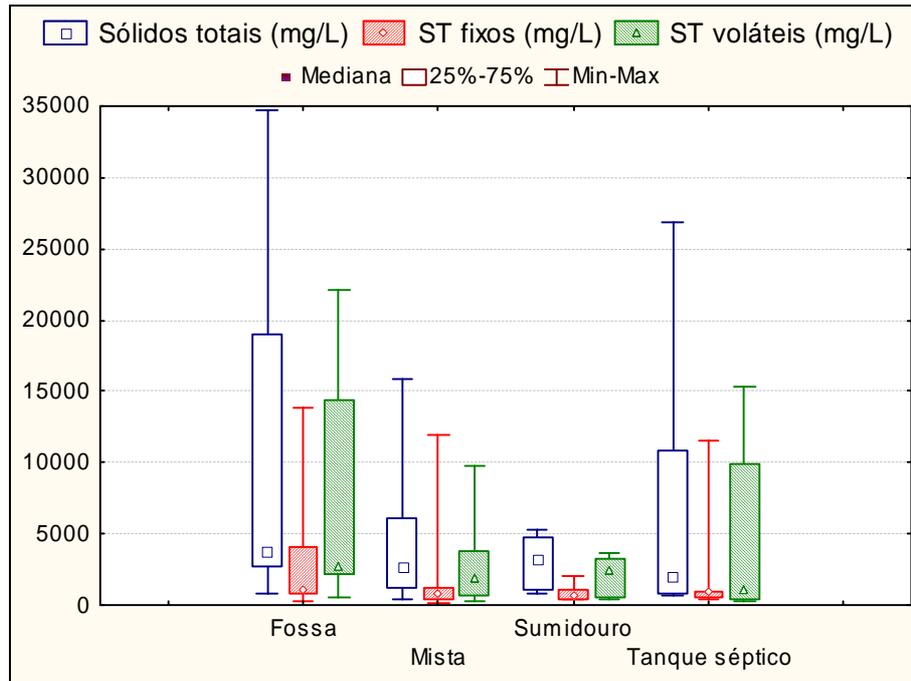


Figura 53: Box plot para Sólidos por sistema de origem

Na comparação entre medianas não foi verificada nenhuma diferença estatística entre os sistemas de origem para nenhum dos três parâmetros. Já na comparação entre médias (Figura 54) foi verificada uma pequena diferença entre os sistemas fossa e mista para o parâmetro sólidos totais e para sua fração volátil. Provavelmente os sistemas tanque séptico e sumidouro apresentariam alguma diferença dos demais se o seu banco de dados fosse maior. Seu pequeno número de resultados aumenta o intervalo de confiança, englobando o intervalo de confiança dos demais parâmetros.

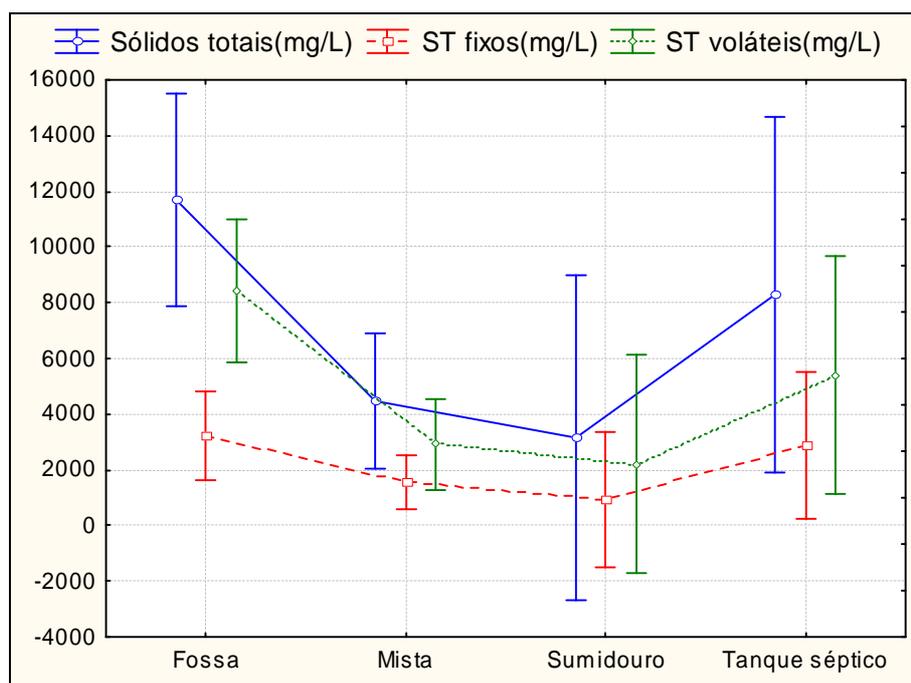


Figura 54: Análise de variância para Sólidos por sistema de origem

#### 5.5.4 Considerações gerais da classificação por sistema de origem

Na classificação por sistema de origem, ao contrário do que se esperava, não foi verificada nenhuma diferença significativa entre os parâmetros estudados, provocada, provavelmente, pelo pequeno número de dados dos sistemas sumidouro e tanque séptico, gerando um aumento nos seus intervalos de confiança, que terminou por englobar os intervalos de confiança dos demais sistemas (fossa e mista), impossibilitando, dessa forma, a obtenção de respostas conclusivas. Provavelmente os sistemas tanque séptico e sumidouro apresentariam alguma diferença dos demais se o seu banco de dados fosse maior.

O pequeno banco de dados dos sistemas tanque séptico e sumidouro vêm a comprovar que dificilmente existe o esgotamento de apenas o tanque séptico ou apenas o sumidouro, uma vez que da ocorrência do tanque séptico, se faz necessário o uso do sumidouro (a nível residencial e em regiões não saneadas). Reconhecendo este fato, existe a seguinte tendência: se o tanque séptico sempre vem acompanhado de sumidouro; se as fossas não necessitam de sumidouro, uma vez que também têm a função de infiltrar o esgoto; então maior parte das mistas devem ser de tanque séptico mais sumidouro. No entanto, verifica-se que o valor mediano da concentração das mistas está muito mais próximo da concentração mediana da fossa que da concentração mediana de tanque séptico, comprovando que maior parte das mistas se referem a fossas mais sumidouro e não tanque séptico mais sumidouro, conformes citado anteriormente.

### 5.6 Considerações gerais

A classificação do RESTI conforme fonte geradora, zona de origem e sistema de origem veio a comprovar a que existem diferenças significativas entre os resíduos de fontes unifamiliares e multifamiliares e entre as zonas norte e sul, que nesse caso representam população com baixo e alto poder aquisitivo, respectivamente. Assim, a renda média familiar de uma determinada região influencia nas características do RESTI produzido nela.

Embora três variantes tenham sido observadas (fonte de origem, zona e sistema gerador), outras variantes tão importantes quanto estas podem ser fundamentais na determinação das características do RESTI, como por exemplo: o intervalo de tempo entre o atual e o esgotamento anterior; as condições de proteção do sistema contra a entrada de água de chuva, que podem provocar grandes diluições no resíduo; se existe ou não o costume de lançar águas cinzas na fossa ou tanque séptico; se existe caixa de gordura, entre outros.

Estas variantes não puderam ser percebidas devido ao modo como as informações foram obtidas, entrevistas com os operadores dos caminhões, que não detinham esse tipo de informação, que só pode ser obtida através do dono do domicílio de origem do esgotamento.

Mesmo após a etapa de classificação, as características continuaram com grande variação para todos os parâmetros, exceto temperatura e pH . Também apresentaram predominância do fração volátil de sólidos e de amônia como forma predominante de nitrogênio.

Na caracterização do RESTI para obter parâmetros para dimensionamento de estações de tratamento ressalta-se a importância de esta ser feita a partir dos resíduos despejados pelos caminhões na entrada do tratamento, uma vez que estes representam exatamente o que está entrando na estação. No entanto, o acompanhamento do esgotamento na residência é de importância considerável, uma vez que preciosos dados podem ser obtidos junto aos usuários dos sistemas em questão.

Em contatos com empresa, percebeu-se que não existe nenhum banco de dados que faça o controle dos esgotamentos realizados. Com isso seria possível que o empreendedor fizesse o controle do período de esgotamento e alertasse os usuários a respeito do seu prazo.



## 6 CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que o RESTI é bem mais concentrado que o esgoto doméstico, no entanto, não apresentam características de lodos de esgoto. Trata-se de uma nova variante que merece atenção para que seja tão bem conhecida como o esgoto doméstico e o lodo.

Em conformidade com o verificado em literatura, com exceção dos parâmetros pH e temperatura, as características gerais do resíduo coletado apresentam alta variabilidade, distribuição não normal e elevadas concentrações quando comparados com esgoto doméstico, sendo melhor representados pela mediana.

A melhor maneira de se caracterizar o RESTI é através de coletas realizadas durante o despejo dos resíduos pelos caminhões na entrada do tratamento, ressaltando a importância de se acompanhar o esgotamento nos domicílios de modo a se obter outras informações a cerca das variantes que causam influência nas características do RESTI.

A concentração mediana de ovos de helmintos foi de 7 ovos/L. A concentração mediana de coliformes foi de  $1,38E+07$  UFC/100ml, semelhante a de esgoto doméstico, mostrando que ocorre decaimento bacteriano, uma vez que a concentração não aumenta como ocorre com a matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

Para todos os casos foi verificada a predominância da amônia sobre o nitrogênio orgânico (cerca de 70%), devido à característica anaeróbia do meio. Com relação aos sólidos totais a fração suspensa e volátil foram predominantes, representando 64% e 70%, respectivamente, indicando a viabilidade de aplicar tratamento biológico para estabilizar a matéria orgânica. Em termos de distribuição das porcentagens, os sólidos do RESTI se mostraram semelhantes ao esgoto domésticos, porém com concentrações bem mais elevadas.

A relação DQO/DBO<sub>5</sub> verificada foi de 3,65 devido à grande variabilidade dos dados e as altas concentrações apresentadas, apontando para a possibilidade da aplicação de tratamento anaeróbio.

De acordo com a fonte de origem do esgotamento predominou os sistemas unifamiliares (35%), seguido de multifamiliares (30%) e de serviços (19%). De acordo com a zona de origem predominou a zona sul (67%), seguida da zona metropolitana (21%) e da zona norte (12%). A fossa se mostrou como o sistema mais adotado (25%), enquanto os tanques sépticos representaram 8% dos esgotamentos. Foi verificada uma tendência de ocorrência de 3 fossas para 1 tanque séptico em todas as zonas estudadas, merecendo

maior aprofundamento em estudos posteriores. Acredita-se que a predominância da zona sul pode ter influenciado de certa forma os resultados obtidos neste trabalho.

Foram identificados elevados níveis de óleos e graxas que foram associados a capacidade que os sistemas de disposição individual de esgotos têm de reter material graxo e ao procedimento padrão das empresas limpa-fossas de esgotar a caixa de gordura.

Foi identificada uma diferença significativa entre as fontes unifamiliar e multifamiliar e entre as zonas sul e norte, sendo que das fontes geradoras, a unifamiliar apresentou as maiores concentrações e da zona origem, a zona norte apresentou concentrações mais elevadas. Percebe-se que o poder aquisitivo da população da região provoca diferenças nas características do RESTI.

Os diferentes tipos de sistemas não apresentaram diferenças significativas devido ao pequeno banco de dados dos sistemas sumidouro e tanque séptico. Dentre os sistemas, o tanque séptico apresentou maior estabilidade dos sólidos (44% dos sólidos totais na fração fixa). O sistema sumidouro apresentou concentração de sólidos totais maior que o tanque séptico, podendo estar relacionado ao arraste de areia durante o esgotamento.

Difícilmente existe o esgotamento do tanque séptico ou do sumidouro individualmente, uma vez que a maioria dos tanques sépticos são seguidos de sumidouro.

Maior parte das mistas deve estar relacionada a fossa mais sumidouro, uma vez que existe o predomínio da ocorrência de fossas sobre o tanque séptico e a mediana das mistas está mais próxima da mediana das fossas que dos tanques sépticos, comprovando que é comum adotar fossa mais sumidouro.

Ficou claro que outras variantes, como o intervalo de tempo entre o atual e o esgotamento anterior, as condições de proteção do sistema contra a entrada de água de chuva (diluição), o lançamento de águas cinzas ou não no sistema, se há caixa de gordura, entre outros, podem influenciar nas características do RESTI.

A concentração na qual 75% dos dados se encontram abaixo (3º quartil) apontam para a ocorrência de concentrações de 5.407 mg/L de DQO, 175,2 mgN/L de NTK, 9.000 mg/L de ST e 4.575 mg/L de SS nas características do RESTI, podendo ser utilizados no dimensionamento de estações de tratamento deste tipo de resíduo. Quando o RESTI é proveniente APENAS de regiões onde a população tem menor poder aquisitivo, os dados apontam para concentrações ainda mais elevadas como 13.588 mg/L de DQO, 201 mgN/L de NTK, 26.000 mg/L de sólidos totais e sólidos suspensos de 18.000 mg/L.

Quando o RESTI é procedente APENAS de regiões que elevado poder aquisitivo, concentrações menores podem ser utilizadas como DQO de 2.500 mg/L, NTK em torno de 120 mgN/L, sólidos totais de aproximadamente 5.500 mg/L e sólidos suspensos de 3.725 mg/L.

Com base no apresentado fica claro que estações de tratamento do RESTI necessitam de um sistema preliminar adequado e bem dimensionado para que as altas concentrações de areia e gordura não comprometam a eficiência do sistema.



## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 7.229. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.
- ABNT. NBR 13.969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.
- ABUJAMRA, R.C.P; **Avaliação da Eficiência na Remoção de Nitrogênio do Sistema de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra – Natal/RN.** Natal: PPGES, maio de 2003.
- ANDRADE NETO, C. O; DANTAS, M. A. R; MELO, H. N.S; LUCAS FILHO, M. Análise do desempenho das duas câmaras de um decanto-digestor de câmaras em série. **Anais do IX Simpósio Luso – Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Bahia/Porto Seguro: ABES, 9 a 14 de abril de 2000.
- ANDRADE NETO, C, O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários: experiência Brasileira.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- ANDRADE NETO, C. O; SOBRINHO, P.A; MELO, H.N. S; AISSE, M. M. Decanto – Digestores. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** CAMPOS, J.R (coordenador). Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 1999.
- ANDRADE NETO, C. O; CAMPOS, J.R. Introdução. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** CAMPOS, J.R.(coordenador). Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 1999.
- ANDRADE NETO, C. O; MEDEIROS, D. D. V; SANTOS, Y. T. C; INGUNZA, M. P.D; ARAÚJO, A. L.C. Novo amostrador de coluna para água e lodo. **Anais do XXXI Congresso Interamericano AIDIS.** Santiago/Chile: 12 a 15 de outubro de 2008.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. (1992). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 18ed. Washington DC.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. (1998). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20ed. Washington DC.
- ARAÚJO, A.L.C. **The phosphorus and sulphur cycles in wastewater storage and treatment reservoirs in northeast Brazil.** Leeds: University of Leeds School of Civil Engineering, August, 1999.
- ARAÚJO, A.L.C; INGUNZA, M.D.P.D; ANDRADE NETO, C.O; CAVALCANTE, F.L; MEDEIROS, D.D.V. Avaliação da eficiência de lagoas de estabilização tratando resíduos esgotados de fossas sépticas na cidade de Natal, Brasil. **Anais do XXXI Congresso Interamericano AIDIS.** Santiago/Chile. 12 a 15 Outubro de 2008.

AYRES, R & MARA, D. **Analysis of wastewater for use in agriculture. A laboratory manual of parasitological and parasitological techniques.** WHO – Geneva, 1996.

BUSSAB, W.O. **Análise de Variância e Regressão.** 2 ed. Coleção Métodos Quantitativos. São Paulo: Atual, 1988.

CAERN - COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Dados do sistema de águas e esgotos.** Disponível em: <[www.caern.com.br/informestecnicos/dados.html](http://www.caern.com.br/informestecnicos/dados.html)> Acessado em: 12 de fevereiro de 2008.

CARVALHO FILHO, S. **Estatística Básica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CASTILHO JR, A. B; BELLI FILHO, P.; SOARES, M; Pinto, R. O.; CHAGAS, A.; MATIAS, W. G. Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e lodo de tanque séptico. **Anais do IV Seminário Interno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.** 2002. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Vol. 4. p. 149-154.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios.** Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 1997.

DACACH, Nelson Gandur. **Saneamento Básico.** 3 ed. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e Científica, 1990.

ESCO. **Destinação de lodos provenientes de Limpa-fossas.** Disponível em: <[www.allonda.com.br/pdf/lodo/ec\\_rioostra\\_ancora.pdf](http://www.allonda.com.br/pdf/lodo/ec_rioostra_ancora.pdf)> Acesso em novembro de 2008.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FORREST & ASSOCIATES. **Final Report – Situational analysis development of guidelines, standards and regulations for the management of septage and sludge.** Junho de 2005.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

GODOY, T.G; PIEROTTI, S.M; SILVA, S.S; SOUTO, G.D.B; POVINELLI, J. Efeito da descarga de caminhões limpa-fossas em estação de tratamento de esgoto de pequeno porte. **Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Belo Horizonte/MG: 02 a 07 de setembro de 2007.

GUTIERREZ, L.A.C.L; BEZERRA, A.J.R; FREITAS, W.A.M; MEIRA, R.C.S; PEREIRA, J.A.R. Desaguamento de lodo de tanques sépticos em leitos de secagem no município de Belém – PA. **Anais do VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Fortaleza/Ceará: ABES, 17 a 22 de setembro de 2006.

HEINSS, U; LARMIE, S.A; STRAUSS, M. **Characteristics of Faecal Sludges and their Solids-Liquid Separation.** EAWAG/SANDEC: Janeiro, 1999.

HINES, W.W; MONTGOMERY, D.C; GOLDSMAN, D.M; BORROR, C.M. **Probabilidade e Estatística na Engenharia.** 4 ed. Tradução: Vera Regina Lima de Farias e Flores. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **Censo Demográfico**. IBGE, 2000.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KATO, M. T; ANDRADE NETO, C. O; CHERNICHARO, C. A. L; FORESTI, E; CYBIS, L. F. Configuração de Reatores Anaeróbios. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. CAMPOS, J.R (coordenador). Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 1999.

KLINGEL, F; MONTANGERO, A; KONÉ, D; STRAUSS, M. **Fecal sludge management in developing countries**. A planning manual. 1ed. Duebendorf/Accra, abril de 2002.

LEITE, B. Z.; PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V.; ANDRADE, F.L. Caracterização e alternativas de disposição final de resíduos sépticos. **Anais do VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Fortaleza/Ceará: 17 a 22 de setembro de 2006a.

LEITE, B. Z.; INGUNZA, M. P; ANDREOLI, C.V. Lodo de Decanto-digestores. In: **Alternativas de uso de resíduos de saneamento**. Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 2006b. 361-398p.

MACÊDO, S.L. **Avaliação da Taxa de decaimento de Coliformes Fecais no Sistema de Lagoas de Estabilização de Ponta Negra**. Natal/RN. 2005. Dissertação de mestrado. UFRN

MACHADO, M.F.S; FIGUEIREDO, R.F; CORAUCCI FILHO, B. **Produção brasileira de lodos de esgotos**. v.22. Sanare. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba: SANEPAR, jul./dez. 2004. p. 66-74.

MEDEIROS, F.B.B. **Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra com Ênfase na Remoção de Colifagos Somáticos e Coliformes Termotolerantes**. Natal/RN. 2005. Dissertação de mestrado. UFRN

MENESES, C.G.R; INGUNZA, M.P.D; FARIAS, N.M.N; CÂMARA, A.C.J. Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade do Natal. **Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, 2001a.

MENESES, C.G.R; **Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade do Natal**. Natal, 2001b. Dissertação de Mestrado. UFRN

MENESES, C.G.R; INGUNZA, M.P.D; CÂMARA, A.C.J. Avaliação dos tanques sépticos como sistemas de tratamento de águas residuárias em áreas tropicais. **Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanytaria e Ambiental**, AIDIS, 2002.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering**. McGraw-Hill: Boston, 1972.

NASCIMENTO, N.O.; NAGHETTINI, M.; HELLER, L.; SPERLING, M.V. Investigação Científica em Engenharia Sanitária e Ambiental. Parte 3: A análise estatística de dados e modelos. **Engenharia sanitária e ambiental**. Ano I – Vol.4 – Abril/Junho 1996.

NATAL. Lei Ordinária nº 4.867 de 27 de agosto de 1997. Obriga as empresas a manterem sistema de lagoas de estabilização. Natal, 1997.

OLIVEIRA, E.C.A. **Avaliação da Remoção de Matéria Orgânica na Estação de Tratamento de Ponta Negra/RN**. Natal. 2005. Dissertação de mestrado. UFRN.

RATIS, A, N, F. A; ANDRADE NETO, C, O; INGUNZA, M, P, D; SANTOS, Y, T, C; ARAÚJO, A, L, C. Características dos resíduos esgotados de fossas quanto à matéria orgânica e patógenos. **Anais XXXI Congresso Interamericano – AIDIS**. Chile, 2008.

ROCHA,C; SANT'ANNA, F.S.P. Regulamentação para Despejos de Caminhões limpa-fossas na ETE-Jarivatuba, Joinville – SC. **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, 2005.

RODRIGUES, W.C. **Estatística Ambiental**. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro: Universidade Severino Sombra, 2006. Disponível em <[http://www.ebras.bio.br/autor/artigos/estat\\_ambiental.pdf](http://www.ebras.bio.br/autor/artigos/estat_ambiental.pdf)>

SANDEC. **Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges In the Tropics**. 2 ed. Junho de 1998. Duebendorf/Accra.

SANEAR. **Ano Internacional do Saneamento**. Um reforço para cumprir as metas do milênio. Revista Sanear. Ano II. nº 2. Brasília/DF: Aesbe, Março/2008

SAWYER, C.N; McCARTY, P. L; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering**. 4ed. McGraw-Hill International edition: Singapura, 1994.

SEMURB. **Mapas**.(2007). Disponível em <[http://www.natal.rn.gov.br/semurb/mapas\\_fotos/mapas.php](http://www.natal.rn.gov.br/semurb/mapas_fotos/mapas.php)>

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica** (para as ciências do comportamento). Tradução: Alfredo Alves de Farias. Rio de Janeiro: Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, 1977.

SILVA, S.A; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-química de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande – PB: O autor, 2001.

STRAUSS, M; BARREIRO, W.C; STEINER, M; MENSAH, A; JEULAND, M; BOLOMEY, S; MONTANGERO, A; KONÉ, D. **Urban Excreta Management – Situation, challenges, and promising solutions**. Outubro de 2003, Tailândia.

TACHINI, M; BELLI FILHO, P; PINHEIRO, A. **Avaliação de tratamento integrado de esgotos sanitários e de lodo de tanques sépticos em um Ralf – um estudo de caso**. v.24. Sanare. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba: SANEPAR, jan./jun. 2006 p. 70-78.

TORRES, D.M. **Avaliação da remoção de nutrientes em um sistema de lagoas de estabilização, tratando lodos de fossas sépticas**. Monografia. CEFET, 2008.

TRIOLA, M.F. **Introdução à Estatística**. Tradução: Alfredo Alves de Farias. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999.

USEPA. **Design Manual: On site Wastewater Treatment and Disposal Systems**. EPA 625/1-80-012. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water Office of Research and Development. Cincinnati, OH. 1980. Disponível em <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625180012/625180012total.pdf>>

USEPA. **Manual: Alternative Wastewater Collection Systems**. Technical Report. EPA 625/1-91/024. Office of Research and Development. Cincinnati, OH. 1991. Disponível em <[yosemite.epa.gov/water/owrccatalog.nsf/e673c95b11602f2385256ae1...](http://yosemite.epa.gov/water/owrccatalog.nsf/e673c95b11602f2385256ae1...)>

USEPA. **Domestic Septage Regulatory Guidance**. EPA 832-B-92-005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC. 1993a. Disponível em <[www.epa.gov/OW-OWM.html/mtb/biosolids/septage\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/OW-OWM.html/mtb/biosolids/septage_guide.pdf)>

USEPA. **Land Application of Sewage Sludge: A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 50308-02-2000**. EPA/831-B-93-002b. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water Office of Research and Development. 1993b. Disponível em <[www.epa.gov/OW-OWM.html/mtb/biosolids/sludge.pdf](http://www.epa.gov/OW-OWM.html/mtb/biosolids/sludge.pdf)>

USEPA. **Process Design Manual: Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC. EPA 625/R-95/001. 1995a. Disponível em <[www.epa.gov/ord/WebPubs/landapp.pdf](http://www.epa.gov/ord/WebPubs/landapp.pdf)>

USEPA. **Process Design Manual: Surface Disposal of Sewage Sludge and Domestic Septage**. EPA/625/K-95/002. September. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington DC. 1995b. Disponível em <[www.epa.gov/ord/WebPubs/sludge.pdf](http://www.epa.gov/ord/WebPubs/sludge.pdf)>

USEPA. **Onsite Wastewater Treatment Systems Manual**. EPA/625/R-00/008. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water Office of Research and Development. 2002a. Disponível em <[www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00008/html/html/625R00008.htm](http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00008/html/html/625R00008.htm)>

USEPA. **Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems**. EPA/832/R-04/001. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water Office of Research and Development. 2002b. Disponível em <[www.epa.gov/npdes/pubs/primer.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/primer.pdf)>

USEPA. Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage). Under 40 CFR Part 503. **Appendix I -Test Method for Detecting, Enumerating, and Determining the Viability of Ascaris Ova in Sludge**. p. 166, EPA/625/R-92/013, 2003. Disponível em <[www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs](http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs)>.

VALE, M.B. **Avaliação da Eficiência da Remoção de Matéria Orgânica e Microbiológica de Três Sistemas de Lagoas de Estabilização em Série na Grande Natal-RN: Beira Rio, Jardim Lola I e Jardim Lola II**. Natal/RN. 2006. Dissertação de mestrado. UFRN.

VIEIRA, J.R.G. **Avaliação da Eficiência na Remoção de Fósforo em Lagoas de Estabilização em Escala Real no Nordeste do Brasil**. Natal/RN. 2003. Dissertação de mestrado.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1. 452 p.

WHO. **Water Sanitation and Health (WSH)**. Disponível em:  
<[www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene](http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene)>. Acesso em 2008.

## ANEXO I

Nº do Caminhão: \_\_\_\_\_

### FICHA DE COLETA NAS IMUNIZADORAS

Data: \_\_\_\_\_ Hora da chegada do caminhão na ETE: \_\_\_\_\_

Nome do motorista: \_\_\_\_\_

Proveniente:  Própria Imunizadora  \_\_\_\_\_

#### INFORMAÇÕES A SEREM OBTIDAS COM O MOTORISTA

Capacidade do caminhão (volume total - m³):	Altura útil do caminhão:
Origem do esgotamento (bairro):	Horário de esgotamento:

<b>Foi esgotado:</b> Fossa: ( ) sim ( ) não Fundo: ( ) areia ( ) cimento ( ) brita Dispositivo de saída: ( ) sim ( ) não	<b>Quantidade (anota se for mais de uma)</b> Parede: ( ) areia ( ) tijolo vazado ( ) cimento ( ) tijolo fechado <b>Classifica-se como: ( ) Tanque séptico ( ) Fossa Séptica</b>
---	---

Sumidouro: ( ) sim ( ) não Fundo: ( ) areia ( ) cimento ( ) brita Procedência do afluente: ( ) águas cinzas ( ) fossa ou tanque	Parede: ( ) areia ( ) tijolo vazado ( ) anilha de concreto
---	--

Possui caixa de gordura: ( ) sim ( ) não
Foi esgotada caixa de gordura: ( ) sim ( ) não

<b>Fonte geradora:</b> <input type="checkbox"/> Residência Unifamiliar <input type="checkbox"/> Saúde: <input type="checkbox"/> Alimentação:	<input type="checkbox"/> Residência Multifamiliar: <input type="checkbox"/> Hospedagem: <input type="checkbox"/> Serviços:
---	--

#### PARÂMETROS A SEREM OBTIDOS EM CAMPO

Temperatura (°C):	pH:	Condutividade (µS/cm):
-------------------	-----	------------------------

Cor:  Preta  Cinza  Esverdeado  Outros: \_\_\_\_\_

Odor:  Forte  Médio  Fraco  Outros: \_\_\_\_\_

Aspecto verificado durante a descarga: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

Responsável pelo preenchimento: \_\_\_\_\_