



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

Yannice Tatiane da Costa Santos

**CARACTERIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES
SÉPTICOS NA CIDADE DE NATAL**

Natal-RN
2009

Yannice Tatiane da Costa Santos

**CARACTERIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES
SÉPTICOS NA CIDADE 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^o. Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto

Co-orientador (a): Prof^a. Dra. Maria Del Pilar Durante Ingunza

Natal-RN
2009

Divisão de Serviços Técnicos

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

Santos, Yannice Tatiane da Costa.

Caracterização do conteúdo de fossas e tanques sépticos na cidade de Natal
Yannice Tatiane da Costa Santos. – Natal, RN, 2010.

204 f.

Orientador: Cícero Onofre de Andrade Neto.

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. Tanque séptico – Dissertação. 2. Fossa – Dissertação. 3. Amostrador de
coluna – Dissertação. 4. Resíduos de caminhões limpa-fossa – Dissertação. I.
Andrade Neto, Cícero Onofre de. II. Ingunza, Maria Del Pilar Durante. III.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

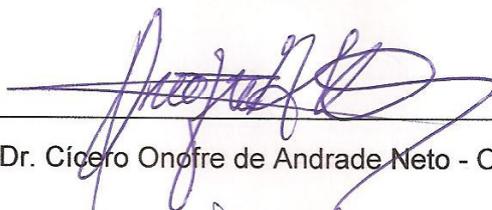
CDU 628.352(043.3)

Yannice Tatiane da Costa Santos

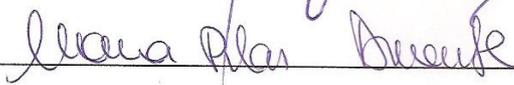
**CARACTERIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES
SÉPTICOS NA CIDADE DE NATAL**

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.

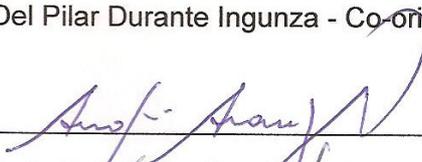
BANCA EXAMINADORA



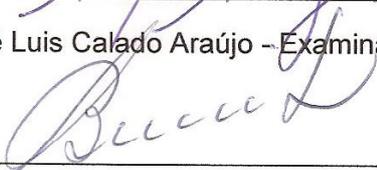
Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto - Orientador



Dra. Maria Del Pilar Durante Ingunza - Co-orientadora



Dr. André Luis Calado Araújo - Examinador Interno



Dr. Bruno Coraucci Filho - Examinador Externo

Natal, 18 de dezembro de 2009.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por conceder-me a vida, disposição e saúde para ter trabalhado na aquisição dos dados, tratamento e elaboração da dissertação.

À minha família, principalmente a minha mãe Leonice por ter apoiado a minha vinda a Natal para cursar o mestrado, como também o apoio da minha nova família, principalmente meu namorado Lucyanno que me acolheu nessa nova fase da minha vida.

Agradeço ao PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) pela oportunidade em participar do projeto Caracterização e Estudos de Alternativas de Tratamento de Lodos de Fossa Séptica da cidade do Natal-RN como fonte de dados para a elaboração desse estudo.

À CAPES pela bolsa de estudos oferecida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN e aos funcionários do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - LARHISA pela estrutura do curso e pelas amizades.

Ao meu querido professor Cícero Onofre de Andrade Neto por ter me aceitado como orientanda desde a minha chegada a Natal e por toda atenção dada durante o mestrado.

A professora Maria Del Pilar pelo convite para participar do projeto.

À equipe do PROSAB da UFRN envolvendo os analistas e colaboradores de campo que em dois anos de projeto compartilharam comigo muitos momentos engraçados e tristes como as brincadeiras no almoço depois das coletas até diluições erradas das análises, são eles: Araceli, Fernanda Bigode, Dayana dos helmintos, Ligianne, Marcella a chic, Daniel Daniboy, Carlindo, Bam das aberturas dos sistemas residenciais, e motoristas Sr. Hélio e Sr. Assis.

Agradeço a Sayonara Medeiros pela paciência de ensinar as técnicas estatísticas e ao professor André Calado pelas dicas no tratamento estatístico.

Aos meus colegas da turma de 2007.1 por compartilhar do conhecimento durante as disciplinas cursadas: Raulyson, Tatiana, Takeshi, Juçara, Mariana e Ana Beatriz pela ajuda na formatação.

Aos meus colegas dos recursos hídricos do LARHISA pelo o incentivo ao dizer que seria possível sim defender este trabalho e pelos momentos de descontração na sala de projetos: Rafael Freitas, Thaíse, Eduardo, Luciana e Vitor.

“A vida bate forte até você cair. Mas o que o torna um vencedor não é o número de vitórias e, sim o quanto você agüenta apanhar e a continuar tentando; o quanto você agüenta apanhar e seguir em frente... É assim que se vence.”

Autor desconhecido

SANTOS, Y.T.C. **Caracterização do conteúdo de fossas e tanques sépticos na cidade de Natal**. 2009. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

RESUMO

Apenas 32% da população de Natal é coberta por rede coletora de esgotos, sendo as fossas e tanques sépticos os mecanismos de disposição de esgotos comumente utilizados pelo restante da população. A caracterização do conteúdo de fossas e tanques colabora para o conhecimento sobre o tratamento desses resíduos no próprio domicílio, além de enriquecer as informações a respeito deste conteúdo. O objetivo geral desta pesquisa é caracterizar o conteúdo do interior de fossas e tanques sépticos residenciais da cidade de Natal, tendo como metas específicas desenvolver e fabricar um amostrador capaz de coletar uma amostra representativa de toda a coluna dos tanques sépticos e fossas, que contemple a espuma da superfície, o líquido clarificado e o lodo presente no fundo; comparar o conteúdo dos tanques com os das fossas; comparar o conteúdo com os resíduos dos caminhões limpa-fossa; avaliar a composição do conteúdo e relacionar com as características sócio-econômicas dos domicílios; comparar a qualidade do conteúdo nas duas câmaras dos tanques sépticos em série; avaliar a situação do conteúdo antes e decorridos seis meses após o esgotamento e, por fim, propor uma estação, em escala piloto, para o tratamento dos resíduos gerados por tanques sépticos e fossas. Com o amostrador desenvolvido foram coletadas amostras do interior de 14 tanques sépticos e 10 fossas em bairros de Natal. O conteúdo dos 24 sistemas obteve medianas para temperatura, pH, condutividade elétrica, óleos e graxas, sólidos totais, sólidos suspensos totais e sedimentáveis de 28,0°C; 6,95; 882 μ S/cm; 75,2 mg/L; 10.169 mg/L; 6.509 mg/L e 175 mL/L respectivamente; 111,0 mgN/L para amônia, 130,5 mgN/L para nitrogênio orgânico, 0,2 mgN/L para nitrito, 0,4 mg/L para nitrato; 8.935 mgO₂/L para DQO, 29,2 mgP/L para fósforo total; coliformes termotolerantes de 9,95E+06 UFC/100mL e ovos de helmintos 9,2 ovos/L com concentração máxima de 688 ovos/L e mínima de 0 ovos/L. Houve diferença estatística significativa para nitrogênio orgânico e NTK entre os grupos dos tanques e fossas. A classe com tempo de esgotamento entre 11 a 20 anos apresentou para a maioria das variáveis concentrações bem mais elevadas. O efluente oriundo dos banheiros e sanitários participou mais efetivamente na contribuição das frações dos sólidos, alcalinidade, frações nitrogenadas, DQO, fósforo total, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos. A classe com renda entre R\$ 3.700,00 a R\$ 7.600,00, apresentou maiores concentrações para DQO, nitrogênio, sólidos e ovos de helmintos. A primeira câmara dos tanques sépticos de duas câmaras em série apresentou conteúdo mais concentrado em relação ao segundo compartimento. Nas análises de variância a maioria das variáveis apontou que os valores de fossas, tanques sépticos e resíduos de carros limpa-fossa pertencem ao mesmo grupo. Na amostragem após o esgotamento, o pH e temperatura aumentaram suas medianas, enquanto que alcalinidade, DQO, nitrogênio orgânico, fósforo total, amônia e ovos de helmintos diminuíram. Os óleos e graxas e coliformes termotolerantes variaram pouco devido ao lançamento contínuo de esgoto dentro dos sistemas que mantinham suas concentrações estáveis.

Palavras-chave: Tanque séptico. Fossa. Amostrador de coluna. Resíduos de caminhões limpa-fossa.

ABSTRACT

Only 32% of the population of Natal is attended by sewage, while the remaining population use pits and septic tanks. The characterization of the contents of septic tanks and pits contributes to the performance of such system and may guide the decision on treatment of these contents. The main of this research is to characterize the contents of interior residential pits and septic tanks in the greater Natal, with the following specific goals: to develop and manufacture a sampler capable of collecting a representative sample of the entire column (the surface scum, the clarified liquid and sludge bottom); to compare the contents of the tanks with the pits; to compare the contents of the septage from vacuum trucks; to relate the composition content with socioeconomic characteristics of households; to compare the content in both chambers of the septic tanks in series; to assess the situation of the content before and six months after the cleanness; and ultimately propose a pilot scale plant for treatment of septage. Once the sampler was developed, samples were collected within 14 septic tanks and 10 pits in many districts of Natal. Medians of the 24 systems were obtained: temperature, pH, conductivity, oil and grease, total solids, total suspended solids and sediments of 28.0 °C, 6.95; 882 µS/cm, 75.2 mg/L; 10,169 mg/L, 6,509 mg/L and 175 mL/L respectively; 111.0 mgN/L for ammonia, 130.5 mgN/L for organic nitrogen, 0.2 mgN/L for nitrite, 0.4 mg/L for nitrate; 8935 mgO₂/L for COD, 29.2 mgP/L for total phosphorus, thermotolerant coliforms from 9.95 E +06 CFU/100mL helminth eggs and 9.2 eggs/L with a maximum concentration of 688 eggs/L and minimum of 0 eggs/L. Medians of organic nitrogen and TKN were significantly different between groups of tanks and pits. The systems with cleanness gap from 11 and 20 years presented the higher concentrations for most variables. The effluent from the toilets and bathrooms participate more effectively in contributing fractions of solids, alkalinity, nitrogen, COD, total phosphorus, thermotolerant coliforms and helminth eggs. The systems used by socioeconomic class with income from R\$ 3,700.00 to R\$ 7,600.00, presented higher concentrations for COD, nitrogen, solids and helminth eggs. The first of the two chambers had always presented higher concentrations over the second compartment. The analysis of variance for most variables, showed that the values of septic tanks, pits and septage from vacuum trucks belong to the same group. In the samples taken after cleanness, the median of pH and temperature increased, while alkalinity, COD, organic nitrogen, total phosphorus, ammonia and helminth eggs decreased. The oils and greases and thermotolerant coliforms had slightly varied due to the continuous release of sewage into the systems that maintained their steady state concentrations.

Keywords: Septic tank. Column sampler. Septage. Vacuum trucks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de sistemas esgotados por caminhões limpa-fossa (RATIS, 2009) .25	25
Figura 2: Reator UASB e seus compartimentos.....28	28
Figura 3: Tanque séptico de câmara única)detalhe em corte longitudinal)29	29
Figura 4: Tanque séptico de câmara única com divisão das fases no interior do tanque30	30
Figura 5: Tanque séptico com câmaras em série.....30	30
Figura 6: Tanques sépticos em série com filtro acoplado - Sistema RN (ANDRADE NETO et al., 1999a).33	33
Figura 7: Dispositivos de saída em tanques sépticos em formato de Tê (a) e em cortinas de concreto36	36
Figura 8: Fossa conhecidamente como “Casinha” tradicional (esquerda) e com ventilação (direita).38	38
Figura 9: Construção de uma fossa-sumidouro ou Fossa Absorvente com tijolos invertidos39	39
Figura 10: Fossa feita de anéis de manilha e o fundo com pedra britada39	39
Figura 11: Fabricação da fossa-sumidouro construída de garrafas PET preenchidas com areia.....41	41
Figura 12: Amostrador de coluna com uma e duas extensões61	61
Figura 13: Conexões do tipo união dupla.....62	62
Figura 14: Primeira tampa desenvolvida para o amostrador contendo 4 aspas de ferro e com anel de borracha colado no fundo da tampa.63	63
Figura 15: Segunda e definitiva tampa na extremidade do amostrador contendo três aspas de ferro com anel de borracha parafusado a base da tampa.63	63
Figura 16: Segunda tampa desenvolvida (A) e tampa nova (B) com o disco de borracha parafusado com o disco de metal.64	64
Figura 17: Amostrador de coluna feito com tubulações para irrigação.....65	65
Figura 18: Etapas da utilização do amostrador de coluna em uma câmara de tanque séptico.....66	66
Figura 19: Retirada prévia da espuma em um tanque séptico.67	67
Figura 20: Tipos de sistemas amostrados nas 24 residências70	70
Figura 21: Tampas de inspeção feitas com tubulação em PVC com 150 mm Ø71	71
Figura 22: Exemplos de sistemas enterrados profundamente71	71
Figura 23: Um dos locais de amostragem – rente a parede divisória.....72	72
Figura 24: Sistema (fossa) com toda sua tampa retirada.....72	72
Figura 25: Vista de cima de cada sistema e variados locais de amostragem73	73
Figura 26: Tanque séptico com duas câmaras em série antes e depois das tampas custeadas pelo projeto73	73
Figura 27: Tanque séptico de duas câmaras com passagem a 2/3 de altura total da parede divisória74	74
Figura 28: Tanque séptico de duas câmaras com passagem na parte inferior da parede divisória74	74
Figura 29: Ponto de amostragem dos tanques sépticos de duas câmaras em série com acessos exclusivo para cada câmara.....74	74
Figura 30: Pontos de amostragem dos tanques sépticos de duas câmaras em série com único acesso a ambas as câmaras75	75
Figura 31: Localização da fossa na 1ª e 2ª visita na residência 14.....78	78

Figura 32: Fase acrescida na metodologia de contagem e viabilidade de ovos de helmintos para remoção de impurezas	81
Figura 33: Teste de normalidade (Shapiro-Wilks) com variáveis brutas	85
Figura 34: Teste de normalidade (Shapiro-Wilks) com variáveis logaritimizadas.....	86
Figura 35: Box-plot com percentis de 10% e 90% da alcalinidade total e pH para as 24 amostras.....	88
Figura 36: Box-plot com percentis de 10% e 90% dos sólidos totais, suspensos totais e sólidos sedimentáveis nas 24 amostras.....	90
Figura 37: Frações de sólidos fixos e voláteis considerando a mediana das 24 amostras.....	91
Figura 38: Box-plot com percentis de 10% e 90% de amônia, nitrogênio orgânico, NTK e nitrogênio total nas 24 amostras.	92
Figura 39: Porcentagem e distribuição das frações nitrogenadas das 24 residências amostradas.....	93
Figura 40: Box-plot com percentis de 10% e 90% da DQO e fósforo total nas 24 amostras.....	94
Figura 41: Box-plot com percentis de 10% e 90% dos coliformes termotolerantes e de ovos de helmintos nas 24 amostras.	95
Figura 42: Box-plot da comparação da temperatura entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	98
Figura 43: Box-plot da comparação do pH entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	98
Figura 44: Box-plot da comparação da CE entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	99
Figura 45: Box-plot da comparação das frações de sólidos entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	100
Figura 46: Medianas das frações de sólidos dos grupos dos tanques sépticos e fossas.....	100
Figura 47: Box-plot da comparação dos sólidos sedimentáveis entre o grupo de tanques sépticos e fossas.	101
Figura 48: Box-plot da comparação da alcalinidade total entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	102
Figura 49: Box-plot da comparação da DQO entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	102
Figura 50: Box-plot da comparação do fósforo total entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	103
Figura 51: Box-plot da comparação de CTT entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	104
Figura 52: Box-plot da comparação de ovos de helmintos entre o grupo de tanques sépticos e fossas.....	104
Figura 53: ANOVA das frações nitrogenadas com os dados logaritimizados de tanques sépticos e de fossas, e gráfico Box-plot das frações nitrogenadas com mediana, máximo e mínimo	107
Figura 54: Gráfico da temperatura nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	119
Figura 55: Gráfico do pH nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.	119
Figura 56: Gráfico dos valores de condutividade elétrica nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.	119

Figura 57: Gráfico dos valores de óleos e graxas nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	120
Figura 58: Gráfico dos valores de alcalinidade total nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	120
Figura 59: Gráfico dos valores de sólidos total e sólidos suspensos nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	121
Figura 60: Gráfico dos valores das frações fixa e volátil dos sólidos suspensos nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	121
Figura 61: Gráfico dos valores dos sólidos sedimentáveis nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	122
Figura 62: Gráfico dos valores do nitrogênio amoniacal nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	123
Figura 63: Gráfico dos valores de nitrogênio orgânico nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	124
Figura 64: Gráfico dos valores de nitrito nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	124
Figura 65: Gráfico dos valores de nitrato nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	125
Figura 66: Gráfico dos valores de DQO nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	125
Figura 67: Gráfico dos valores de fósforo total nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	126
Figura 68: Gráfico dos valores de coliformes termotolerantes logaritimizadas, nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	127
Figura 69: Gráfico dos valores de ovos de helmintos nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.....	128
Figura 70: ANOVA gráfica da alcalinidade total com os dados logaritimizadas dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.....	131
Figura 71: ANOVA gráfica das frações nitrogenadas com os dados logaritimizadas dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.....	131
Figura 72: ANOVA da série de sólidos para os dados logaritimizadas dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.....	132
Figura 73: Gráficos box-plots dos dados brutos de óleos e graxas das 14 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões (esquerda) e dados logaritimizadas (direita).	133
Figura 74: Gráfico box-plots dos dados brutos da alcalinidade total 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	134
Figura 75: Gráfico box-plots dos dados brutos dos sólidos totais e frações fixa e volátil das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	134
Figura 76: Gráfico box-plots dos dados brutos dos sólidos suspensos e frações fixa e volátil das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	135
Figura 77: Gráfico box-plots dos dados brutos dos sólidos sedimentáveis das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	136
Figura 78: Gráfico box-plots dos dados brutos das frações nitrogenadas das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	136
Figura 79: Gráfico box-plots dos dados brutos da DQO das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	137
Figura 80: Gráficos box-plots dos dados brutos de fósforo total das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	138

Figura 81: Gráfico box-plots dos dados brutos coliformes termotolerantes das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.....	138
Figura 82: Gráfico box-plots dos dados brutos de ovos de helmintos das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.	139
Figura 83: Box-plot da variação da temperatura e do pH nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.....	140
Figura 84: Box-plot da variação da condutividade elétrica nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	141
Figura 85: Box-plot da variação de óleos e graxas nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	141
Figura 86: Box-plot da variação de sólidos totais e suspensos nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	142
Figura 87: Box-plot da variação das frações volátil e fixa dos sólidos suspensos totais nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.....	143
Figura 88: Box-plot da variação dos sólidos sedimentáveis nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	144
Figura 89: Box-plot da variação da alcalinidade total nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	144
Figura 90: Box-plot da variação da DQO nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.....	145
Figura 91: Box-plot da variação das frações nitrogenadas (amônia, nitrogênio orgânico e nitrogênio total) nos sistemas tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	145
Figura 92: Box-plot da variação do fósforo total nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.....	146
Figura 93: Box-plot da variação de coliformes termotolerantes nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	147
Figura 94: Box-plot da variação de ovos de helmintos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.	147
Figura 95: Estação Piloto para tratamento de resíduos de caminhão limpa-fossa..	150
Figura 96: Perfil do tanque de equalização.	151
Figura 97: Corte do decanto-digestor com 3 câmaras em série e filtro acoplado....	152
Figura 98: Corte da série de filtros anaeróbios e aeróbio onde A é anaeróbios e B e C aerados.....	153
Figura 99: Sobreposição da localização das residências de acordo com o tipo de disposição (fossa ou tanque séptico) e classe social no mapa de numero de ligações na rede de esgoto em Natal.	168
Figura 100: Sobreposição da localização das residências de acordo com o tipo de disposição (fossa ou tanque séptico) e classe social no mapa de rendimento mensal médio em Natal.	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das amostras de <i>Septage</i> de Bangkok.....	51
Tabela 2: Características dos <i>septages</i> e lodos de localidades diferentes cidades do continente Africano e Asiático.	52
Tabela 3: Coordenadas geográficas das residências participantes da pesquisa em Natal e região metropolitana.	69
Tabela 4: 22 residências do grupo 2.	83
Tabela 5: Nível de confiança e significância dos dados brutos e logaritimizados no teste de normalidade através dos histogramas.	87
Tabela 6: Estatística descritiva da temperatura, pH e da alcalinidade total dos 24 sistemas.	87
Tabela 7: Estatística descritiva de óleos e graxas dos 24 sistemas.....	88
Tabela 8: Estatística descritiva da série de sólidos dos 24 sistemas amostrados.....	89
Tabela 9: Estatística descritiva da série de nitrogênio dos 24 sistemas amostrados	91
Tabela 10: Estatística descritiva da DQO e do fósforo total das 24 residências amostradas.....	93
Tabela 11: Estatística descritiva para CTT, Ovos de helmintos e viabilidade dos ovos das 24 residências coletadas	95
Tabela 12: Estatística descritiva dos grupos de tanques sépticos e das fossas.	97
Tabela 13: Análise de variância com os dados brutos utilizando o Teste de Kruskal-Wallis para os grupos de Tanques Sépticos (TS) e Fossas (F).	106
Tabela 14: Médias das classes de tempo de esgotamento dos 12 sistemas amostrados.....	109
Tabela 15: Médias das classes da origem do afluente dos 12 sistemas amostrados.	111
Tabela 16: Médias das classes sociais de acordo com a renda mensal das 12 residências amostradas.	113
Tabela 17: Médias das classes de tempo de esgotamento das 10 fossas amostradas.....	114
Tabela 18: Médias das classes da origem do afluente das 10 fossas amostradas.	115
Tabela 19: Variáveis de acordo com a renda mensal das 24 residências amostradas.	117
Tabela 20: Estatística descritiva do grupo das 42 amostras de caminhões limpa-fossa.....	129
Tabela 21: Análise de variância com dados brutos utilizando o Teste de Kruskal-Wallis para os grupos de Tanques Sépticos (TS) e Fossas (F) com o grupo dos caminhões limpa-fossa.....	130
Tabela 22: Teste paramétrico (Turkey) para os dados logaritimizados dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.	132
Tabela 23: Análise de variância com a estatística paramétrica e não-paramétrica entre as fases.....	148
Tabela 24: Correção da DBO de acordo com a temperatura.	155
Tabela 25: Eficiências das unidades decanto-digestor e filtro anaeróbio e cálculos da estimativa de remoção da DBO pelo filtro aerado.	155
Tabela 26: Resumo das demandas de ar necessária para a nitrificação nos filtros aerados.	156
Tabela 27: comparação dos resultados obtidos com a literatura pesquisada.	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Empresas Imunizadoras coletoras de conteúdo de tanques sépticos, fossas e sumidouros	24
Quadro 2: Resultados da pesquisa de Andrade Neto et al., (2000) avaliando o desempenho das duas câmaras de tanques sépticos quanto aos sólidos suspensos e DQO.	34
Quadro 3: Tipos de disposição de excretas e de esgoto em diversos tipos de fossas e suas principais características.....	40
Quadro 4: Caracterização de resíduos esgotados da Grande Florianópolis	44
Quadro 5: Faixas de concentração de algumas variáveis do lodo oriundo de decanto-digestores.....	44
Quadro 6: Faixas típicas de concentração para os resíduos esgotados que chegam às ETEs.....	45
Quadro 7: Concentrações típicas de resíduos esgotados (<i>Septage</i>) e do lodo de esgoto de ETE oriundas de diferentes fontes.....	45
Quadro 8: Comparação da qualidade do <i>septage</i> com os esgotos em países tropicais.....	46
Quadro 9: Caracterização do lodo de tanques sépticos provenientes de carros limpa-fossa.....	46
Quadro 10: Concentrações médias de sólidos em resíduos sépticos	47
Quadro 11: Concentrações médias de DBO e DQO em resíduos sépticos	47
Quadro 12: Faixas de concentração de patógenos em lodos de decanto-digestores de idades diferentes.	47
Quadro 13: Caracterização de resíduos de carros limpa-fossa na cidade de Curitiba - PR	47
Quadro 14: Características dos resíduos sépticos coletado por carros limpa-fossa na cidade de Tubarão -SC	48
Quadro 15: Resultados da caracterização de resíduos esgotados de tanques sépticos e fossas residenciais unifamiliar por Ratis (2009) na cidade de Natal-RN no período de julho de 2007 a abril de 2008.	49
Quadro 16: Estatística descritiva dos resultados da caracterização <i>in loco</i> dos Sistemas de Disposição de esgotos, referentes a primeira coleta (Fase I).....	50
Quadro 17: Frascos e volumes coletados da amostra composta.....	75
Quadro 18: Variáveis medidas <i>in loco</i> nas amostras coletadas no interior dos sistemas individuais	76
Quadro 19: Tempo de esgotamento dos sistemas individuais de tratamento residenciais e intervalos entre as fases de coleta.	77
Quadro 20: Metodologias analíticas e referências das variáveis analisadas	79
Quadro 21: Características do tratamento da UFRN (PROSAB).	154
Quadro 22: Características físico-químicas dos esgotos sanitários.	157

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

$\mu\text{S/cm}$ – microsiems/centímetro

\varnothing - diâmetro

$^{\circ}\text{C}$ – grau Celsius

Alc. Bicarb. – alcalinidade de bicarbonatos

Alc. T. – alcalinidade total

C1 e C2- 1ª e 2ª câmara do tanque séptico de câmaras em série

CE – condutividade elétrica

COD – chemical oxygen demand

COT – carbono orgânico total

CTT – coliformes termotolerantes

CV – coeficiente de variação

DBO – demanda bioquímica de oxigênio

DQO – demanda química de oxigênio

DV – desvio padrão

F - Fossa

FAR – Filtro aerado

N. Total – nitrogênio total

N.Org. – nitrogênio orgânico

NH_4^+ – amônia ionizável

NH_3 livre – amônia livre

NO_2^- – nitrito

NO_3^- – nitrato

NTK – nitrogênio total Kjeldahl

OD – oxigênio dissolvido

O e G – óleos e graxas

PT – fósforo total

RSO – resíduos sólidos orgânicos

SF ou STF – sólidos totais fixos

SSed – sólidos sedimentáveis

SSF – sólidos suspensos fixos

SST ou SS – sólidos suspensos totais

SSV – sólidos suspensos voláteis

ST – sólidos totais

SV ou STV – sólidos totais voláteis

TDH – tempo de detenção hidráulica

TS1 – 1ª câmara de tanque séptico de duas câmaras em série

TS2 – 2ª câmara de tanque séptico de duas câmaras em série

TS – tanque séptico

TSC – tanque séptico de duas câmaras em série

TU – tanque sépticos de câmara única

UFC – unidade formadora de colônia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS E HIPÓTESES	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2.3 HIPÓTESES	21
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1 SITUAÇÃO DO SANEAMENTO A NÍVEL NACIONAL E LOCAL.....	22
3.2 REATORES ANAERÓBIOS.....	26
3.2.1 Decanto-Digestores /Tanques Sépticos	29
3.3 DISPOSIÇÃO FINAL DE ESGOTOS EM FOSSAS	37
3.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS POR CARROS “LIMPA-FOSSAS”	41
3.5 EMBASAMENTO TEÓRICO PARA A PROPOSTA DA ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSA	52
3.5.1 Filtros Anaeróbios	52
3.5.2 Filtros Aerados Submersos	55
3.5.3 Nitrificação	58
4 MATERIAL E MÉTODOS	61
4.1 ELABORAÇÃO DO AMOSTRADOR DE COLUNA PARA COLETA DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS	61
4.1.2 Utilização do amostrador de coluna	66
4.2 COLETAS DO CONTEÚDO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS RESIDENCIAIS.....	67
4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS E ADAPTAÇÕES PARA ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....	78
4.3.1 Sólidos Suspensos Totais	79
4.3.2 – Óleos e Graxas	80
4.3.3 – Alcalinidade total	80
4.3.4 – Viabilidade de ovos de Helmintos	81
4.4 TRATAMENTO DOS DADOS	82
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	85
5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CONTEÚDO.....	85

5.1.1	Considerações iniciais sobre os dados (grupo 1).....	85
5.1.2	– Características Físicas, Químicas e Biológicas.....	87
5.1.2.1	– pH, Alcalinidade Total e Temperatura	87
5.1.2.2	– Óleos e Graxas.....	88
5.1.2.3	– Sólidos.....	89
5.1.2.4	– Nitrogênio	91
5.1.2.5	– DQO e Fósforo Total	93
5.1.2.6	– Coliformes Termotolerantes (CTT) e Ovos de Helminhos	94
5.2 COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS: TANQUES SÉPTICOS X FOSSAS		
(Grupo 2)	96
5.2.1	– Percepção inicial dos sistemas	96
5.2.2	– Análise estatística não paramétrica e paramétrica.....	105
5.3 AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DOS ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS .107		
5.3.1	Análise do grupo dos tanques sépticos.....	108
5.3.1.1	– Tempo de Esgotamento	108
5.3.1.2	– Origem do afluente do sistema	110
5.3.1.3	– Renda Mensal.....	112
5.3.2	– Análise do grupo das fossas	113
5.3.2.1	– Tempo de Esgotamento	114
5.3.2.2	– Origem do afluente do sistema.....	115
5.3.2.3	– Renda Mensal.....	116
5.4 COMPARAÇÃO ENTRE CÂMARAS DOS TANQUES SÉPTICOS DE DUAS CÂMARAS EM SÉRIE (Grupo 3).....		
118		
5.5 – COMPARAÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS COM RESÍDUOS ESGOTADOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSA (Grupo 4).....		
128		
5.6 CARACTERÍSTICAS DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUE SÉPTICOS ANTES E APÓS MESES DO ESGOTAMENTO (Grupo 5).....		
140		
5.7 PROPOSTA DE ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE TANQUES SÉPTICOS E FOSSAS.....		
149		
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....		
157		
7 CONCLUSÕES		
176		
8 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS		
181		
ANEXOS		
194		

1 INTRODUÇÃO

No Brasil a precariedade do setor de saneamento é de fato um problema que atinge a maioria das regiões do país. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007), no ano de 2006 o número de domicílios beneficiados pelos serviços de saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, sistema de drenagem pluvial e coleta de lixo), identificou a região Norte com a menor porcentagem atendida por estes serviços (10,5%), seguida da região Nordeste (34,5%) e Centro-Oeste (37,2%), e por fim as regiões Sul e Sudeste, com 60,6% e 84,0%, respectivamente.

No cenário local, a cidade de Natal tem somente 32% da população atendida por rede coletora de esgotos (CAERN, 2008), sendo a maioria das disposições sanitárias realizadas através de fossas e tanques sépticos, seguido ou não de sumidouro.

Nas pesquisas do Censo Demográfico de 2000, a cidade de Natal, com 712.317 habitantes para o período, possuía somente 25,5% dos domicílios contemplados pela rede coletora de esgotos. Dos domicílios não esgotados, 46,4% utilizavam fossas sépticas como dispositivos de disposição dos efluentes gerados, 27% adotava outras formas de disposição (fossa rudimentar, vala, rio, mar, e outro escoadouro) e 1,1% não possuía nenhum tipo de instalação sanitária (IBGE, 2000).

Através desses dados, nota-se que, a região não dotada de sistema de esgotamento sanitário, a tecnologia mais empregada para a disposição dos dejetos domésticos é o sistema de tanques sépticos e as fossas.

O tanque séptico é uma unidade cilíndrica ou prismática, de fluxo horizontal e contínuo, que desempenha funções de sedimentação de sólidos e opera como digestor biológico na estabilização anaeróbia da matéria orgânica sem mecanismos de mistura artificiais (BUTLER e PAYNE, 1995; ANDRADE NETO, 1997; MENESES et al., 2001; PILLOTO e SANTOS, 2003; JORDÃO e PESSOA, 2005; SANTOS et al., 2006; FUNASA, 2006; LEITE et al., 2006).

Já a fossa é um dispositivo bem mais popular de disposição dos despejos domiciliares, construído sem nenhuma orientação técnica, geralmente com fundo de areia e laterais perfuradas, sem nenhum dispositivo especial de saída do efluente e estruturas de retenção de escumas e sobrenadantes.

Ambas as tecnologias exigem baixos custos de implantação e operação, quando comparadas aos demais tratamentos de esgoto, porém implica em sérios problemas de contaminação do lençol freático, pois tal utilização em larga escala compromete a qualidade da água do manancial subterrâneo utilizado como principal fonte de abastecimento de água da região Sul da capital potiguar.

A região metropolitana de Natal possui um total de nove empresas responsáveis pelo esgotamento dos tanques e fossas sépticas, porém somente três possuem sistema de tratamento dos resíduos esgotados. A obrigatoriedade da existência da ETE foi imposta pela Lei Ordinária Municipal Nº 4.867 de 27 de Agosto de 1997, no Artigo 1º (parágrafo único) na qual estabelece que: *Ficam obrigadas as empresas Imunizadoras que coletam despejos sanitários, residenciais ou comerciais, públicos ou particulares, a manterem sistema próprio de lagoas de estabilização.*

Caso a empresa não tenha possibilidades de possuir seu próprio sistema, terá que articular contatos com as empresas concorrentes providas do sistema de lagoas quer esta seja privada ou pública.

Diante da situação de Natal, percebem-se dois pontos relevantes: a predominância das fossas e tanques sépticos como sistemas de disposição de esgoto empregado pela grande massa da população e, a utilização exclusiva das lagoas de estabilização como unidades de tratamento aplicadas atualmente para tratar esses resíduos esgotados pelas empresas imunizadoras responsáveis pelo esgotamento e limpeza dos tanques sépticos e fossas.

O conhecimento aprofundado do conteúdo dos tanques sépticos e fossas, ou seja, a investigação de suas características quanto à qualidade, colabora para o avanço na elaboração de melhorias no tratamento desses resíduos no próprio domicílio, além de enriquecer as escassas informações acerca das características dos resíduos no interior desses sistemas em cenários distintos, de acordo com as particularidades de cada residência.

Para parâmetros e critérios de projeto de construção e operação de tanques sépticos, a caracterização do conteúdo esgotado no próprio tanque séptico ou fossa oferece um retrato mais representativo e confiável das características físicas, químicas e microbiológicas do que as características obtidas pela análise dos resíduos esgotados pelos carros limpa-fossa.

A busca por alternativas de tratamento dos resíduos esgotados por carros limpa-fossa poderá descobrir outros tratamentos mais apropriados e de baixo custo, bem como otimizar o tratamento já realizado por lagoas de estabilização.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o conteúdo do interior de fossas e tanques sépticos residenciais da cidade de Natal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as características físicas, químicas e microbiológicas dos conteúdos de 24 fossas e tanques sépticos residenciais, removidos através de amostrador de coluna;
- Desenvolver e fabricar um coletor (amostrador) de coluna capaz de coletar amostras proporcionais do esgoto, da espuma e do sedimento do fundo de fossas e tanques sépticos;
- Comparar a qualidade do conteúdo dos tanques sépticos com o das fossas;
- Avaliar a composição dos conteúdos amostrados em função das condições sócio-econômicas dos domicílios;
- Comparar a qualidade do conteúdo das duas câmaras de tanques sépticos de câmaras em série;
- Comparar as características do material contido nos tanques e fossas sépticas (amostra da coluna) com os resíduos coletados pelos carros responsáveis pelo esgotamento (carros limpa-fossas);
- Avaliar as características do conteúdo no interior dos tanques sépticos e fossas antes e decorridos meses após o esgotamento dos sistemas;

- Propor uma alternativa de tratamento composto por um decanto-digestor em série com filtro ascendente acoplado (sistema RN), seguido de filtros submersos anaeróbios e aerado para tratar os resíduos esgotados de fossas e tanques sépticos.

2.3 HIPÓTESES

- O conteúdo do interior de tanques sépticos apresenta características físico-químicas e microbiológicas diferentes do conteúdo das fossas.
- Há diferenças nas características do conteúdo e resíduos esgotados das residências pertencentes a classes sociais diferentes, número de moradores, origem do efluente e principalmente tempo de esgotamento.
- Há diferenças entre o conteúdo de fossas e tanques sépticos e o dos caminhões limpa-fossa despejado na estação de tratamento destes resíduos;
- A primeira câmara dos tanques sépticos de câmaras em série apresenta um conteúdo mais concentrado em relação à segunda câmara;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SITUAÇÃO DO SANEAMENTO A NÍVEL NACIONAL E LOCAL

Difícilmente uma cidade ou região dotada de um sistema de saneamento básico precário consegue se desenvolver com sucesso no âmbito social e econômico. Tal comentário pode ser confirmado pelas condições em que os países subdesenvolvidos se encontram em relação a maioria dos países da Europa.

O Brasil, classificado como país subdesenvolvido, apesar de suas riquezas naturais e economia possante, ainda apresenta características de países subdesenvolvidos sendo elas a cobertura de saneamento básico.

Em pleno ano 2006, o Brasil possuía somente 61,5% dos domicílios favorecidos por sistema de saneamento básico (IBGE, 2007).

A ausência de serviços de saneamento tem resultado em precárias condições de saúde de uma parte significativa da população brasileira com incidência de doenças, destacando-se as de veiculação hídrica, tais como diarreias, hepatite, cólera, parasitoses intestinais, febre tifóide, entre outras. (TEIXEIRA e GUILHERMINO, 2006).

Estudo estatístico realizado por Teixeira e Guilhermino (2006), avaliando a associação estatística entre condições de saneamento (cobertura populacional por redes de abastecimento de água, por sistemas de esgotamento sanitário e por serviços de coleta de lixo) e, indicadores epidemiológicos (taxa de mortalidade infantil, mortalidade proporcional por doença diarreica aguda, e doenças infecciosas e parasitárias) em todos os estados brasileiros, utilizando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003, afirmaram a hipótese de que a ampliação da infra-estrutura sanitária em estados com precárias condições de saneamento ambiental é um investimento capaz de melhorar a condição de saúde pública existente nos estados brasileiros e, portanto, contribuir para a contenção de gastos públicos e particulares com medicina curativa.

Rodrigues (2006) mostra a importância de uma simples ação sanitária (a construção de banheiros), como forma de promover uma substancial melhoria dos

índices de parasitoses em crianças moradoras de áreas carentes da cidade de Vitória – ES.

Se a precariedade do saneamento acontece nos grandes centros urbanos, é na zona rural que se agrava mesmo. Novaes et al., (2002) relatam que segundo as Nações Unidas para a Agricultura e o Abastecimento, a agricultura de base familiar reúne cerca de 14 milhões de pessoas no Brasil e é comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares (fossa “negra”, poço, buraco) que contaminam águas subterrâneas e, obviamente os poços de água (poços caipiras).

No cenário local, analisando os dados do sistema de informação da CAERN (2008), na região metropolitana de Natal, a capital do Rio Grande do Norte é a que possui maior porcentagem de regiões esgotadas, porém, conta com somente 32% (cerca de 45.785 ligações sendo 40.855 residenciais) da cidade beneficiada com rede coletora de esgotos. Isso corresponde a 240.000 habitantes

A rede coletora no total possui 130 Km de extensão e recolhe cerca de 52.000 m³/dia, dos quais apenas 40% (12.000 m³) são encaminhados para um das cinco sistemas de tratamento formado por lagoas de estabilização e uma lagoas aerada, distribuídos pela cidade (CAERN, 2008). É um fato alarmante, pois o esgoto restante é lançado em corpos d’água *in natura*, o que piora a qualidade dessas águas e afeta tanto o meio ambiente quanto à população.

Os dados do Censo Demográfico de 2000 levam a crer que 46,4% dos domicílios da cidade não eram atendidos por rede coletora de esgoto. Os moradores recorrem pela destinação dos despejos sanitários em fossas sépticas (IBGE, 2000). Logo, acredita-se que a falta de acesso à rede coletora de esgoto leva a adoção deste método. Todavia, em alguns casos isolados, mesmo quando a rede coletora passa nas ruas das residências, os moradores ainda se omitirem diante das ligações para não pagarem o valor referente à construção da simples estrutura que levará os efluentes da sua casa até a tubulação central de esgoto da rua.

Na cidade de Araguari em Minas Gerais o cenário é bastante diferente, além de pagarem a ligação na rede, as leis municipais, obrigam a construção do tanque séptico de acordo com a NBR 7229/93 (ABNT, 1993), e determina que seja uma pré-condição para a ligação do ramal predial de esgoto na respectiva rede coletora (BORGES, 2005).

Com tantas fossas e tanques sépticos predominantes na cidade, há a necessidade da realização de esgotamentos desses sistemas de forma esporádica. Esta função fica a cargo das empresas imunizadoras.

Atualmente na região metropolitana de Natal atuam nove empresas imunizadoras responsáveis pelo esgotamento dos tanques sépticos dessa região, e todas estão com a licença de operação válida perante o órgão ambiental para a atuação da atividade, entretanto somente três destas dispõem de sistemas próprios de tratamento dos resíduos esgotados (Quadro 1).

Empresa Imunizadora	Situação perante o Órgão Ambiental	Origem dos efluentes das fossas esgotadas	Sistema de Tratamento de Esgoto e Capacidade
POTIGUAR	Licenciada	Somente dos próprios caminhões	Lagoas de Estabilização - 300 m ³ /d
PARNAMIRIM		Próprios caminhões e de outras imunizadoras	Lagoas de Estabilização - 400 m ³ /d
RIO GRANDENSE			Lagoas de Estabilização - 375 m ³ /d

Quadro 1: Empresas Imunizadoras coletoras de conteúdo de tanques sépticos, fossas e sumidouros

As imunizadoras Parnamirim e Rio Grandense recebem também em seus sistemas de lagoas caminhões que não pertencem à sua frota, e são remunerados ao receber os despejos. O lado negativo é que a imunizadora tem dificuldade em selecionar os tipos de efluentes esgotados, ou seja, com o aumento da diversidade de resíduos o perigo do sistema receber efluentes industriais é maior, o que pode causar um colapso no sistema de lagoas, que por sua natureza é de fato um tratamento biológico.

Informações obtidas por Ratis (2009) sobre a caracterização dos resíduos esgotados de carros limpa-fossa, pelo projeto do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) Edital 5 Tema 6, desenvolvido na UFRN entre ao ano de 2007 a 2008, revelam que de 65 caminhões limpa-fossa entrevistados de uma imunizadora (Figura 1), 56% haviam esgotado sistemas conhecidos como fossas, 11% sumidouro e 8% foram de tanques sépticos. Os esgotamentos de mistos

ocorrem quando se esgota tanto o tanque séptico mais o sumidouro ou fossa mais o sumidouro (56% dos casos).

Os resultados apresentados consideraram que os sistemas com fundo de cimento foram classificados como tanques sépticos, pois de acordo com as informações obtidas pelos motoristas e ajudantes dos caminhões limpa-fossa responsáveis pelo esgotamento, a maioria destes sistemas supostamente possui as laterais revestidas e dispositivos de entrada e saída na maioria dos casos; e os demais sistemas com o fundo de areia foram classificados como fossas embora em algumas situações possuíam paredes revestidas ou não de cimento.

É válido ressaltar que essa metodologia utilizada baseou-se nas informações oferecidas pela experiência dos motoristas e ajudantes da empresa. Portanto, não é possível assumir com 100% de certeza que a classificação das fossas e tanques sépticos foi correta.

Sobretudo, esses dados estão sujeitos a uma porcentagem de erro devido à metodologia aplicada.

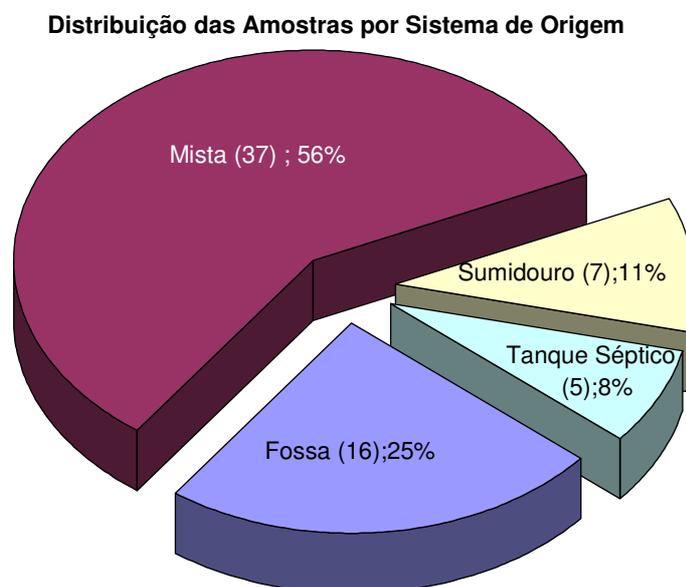


Figura 1: Tipos de sistemas esgotados por caminhões limpa-fossa (RATIS, 2009)

O mesmo projeto ainda revela que de um total de 125 caminhões analisados, cerca de 61,6% dos esgotamentos eram provenientes da zona Sul da cidade de Natal seguido de 19,2% da Região Metropolitana (município de Parnamirim), 11,2% da zona Norte, 3,2% zona Leste e por último 2,4% zona Oeste.

Percebe-se que a Zona Sul, que tem uma boa parte saneada, há uma predominância no número de esgotamentos; isso se dá pelo fato da região apresentar condições econômicas mais favoráveis que são capazes de arcar com os custos do serviço de esgotamento (em torno de R\$150,00) pela imunizadora mais bem sucedida da cidade, deixando de contratar serviços de empresas clandestinas que cobram um preço mais barato e popular.

Estes dados retratam a realidade do número de fossas e tanques sépticos é largamente utilizado na cidade, o que releva a importância do conhecimento de quais sistemas estão em atividade e a manutenção e operação dos mesmos, bem como da qualidade do conteúdo de cada sistema.

3.2 REATORES ANAERÓBIOS

A aplicação de sistemas de tratamento de águas residuárias por meio de reatores anaeróbios passou nos últimos anos a ocupar uma posição de destaque em nosso país.

Em linhas gerais os reatores anaeróbios operam em condições de ausência de oxigênio no meio onde ocorre a conversão da matéria orgânica pelos processos catabólicos e síntese de biomassa (lodo anaeróbio) gerando como produtos finais metano e gás carbônico, amplamente conhecido como biogás (KATO, et al., 1999).

Luostarinen et al., (2007) citando Lettinga, (1996); Hammes et al., (2000) coloca que o tratamento anaeróbio de águas residuárias é considerado um tratamento sustentável, e para Zeeman e Lettinga, (1999) é adequado para aplicações próximas à sua fonte geradora devido ao seu baixo consumo de energia, áreas pequenas de terreno e aspectos construtivos relativamente simples.

Os reatores anaeróbios são eficientes na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos quando aplicados em regiões de clima quente, precisando de pequenas áreas e produzindo poucas quantidades de lodo, estabilizado, quando comparados com os tratamentos aeróbios, contudo, são ineficazes quanto à remoção de microrganismos patogênicos (coliformes termotolerantes) e nutrientes eutrofizantes, exigindo em alguns casos a aplicação de um pós-tratamento (ANDRADE NETO, 2004).

Atualmente, a digestão anaeróbia é uma tecnologia consolidada e aplicada a uma ampla variedade de resíduos, tal como tem claras vantagens em relação a processos convencionais aeróbios. Como não necessita de oxigênio, economiza nos custos de operação da energia, produz o biogás (combustível em potencial), além da menor produção de lodo que está mais estabilizado e por último ainda operar com taxas elevadas de carga orgânica (até 40 kg DQO/m³.d) que lhe permite trabalhar com menor volume reatores (BRAVO et al., 2006).

Andrade Neto (2004), ao comentar sobre a aplicação de tratamento biológico anaeróbio, revela que os reatores anaeróbios prestam-se inclusive para anteceder os sistemas de lagoas de estabilização economizando em áreas de terrenos já que uma de suas vantagens se torna extremamente benéfica e proveitosa quando combinados com os demais tratamentos.

A divisão dos reatores pode ser feita através do tipo de biomassa aplicada nos sistemas. Esta pode ser suspensa como ocorre com os reatores do tipo manta de lodo, de leito granular expandido, tanques sépticos, lagoas anaeróbias, e os de leito fixo como os reatores de leito fixo e leito expandido fluidificado.

Nos reatores de leito fixo, a biomassa é retida através do uso de meios suportes inertes que acumulam nos seus interstícios material orgânico que servirá de alojamento para o crescimento dos microrganismos.

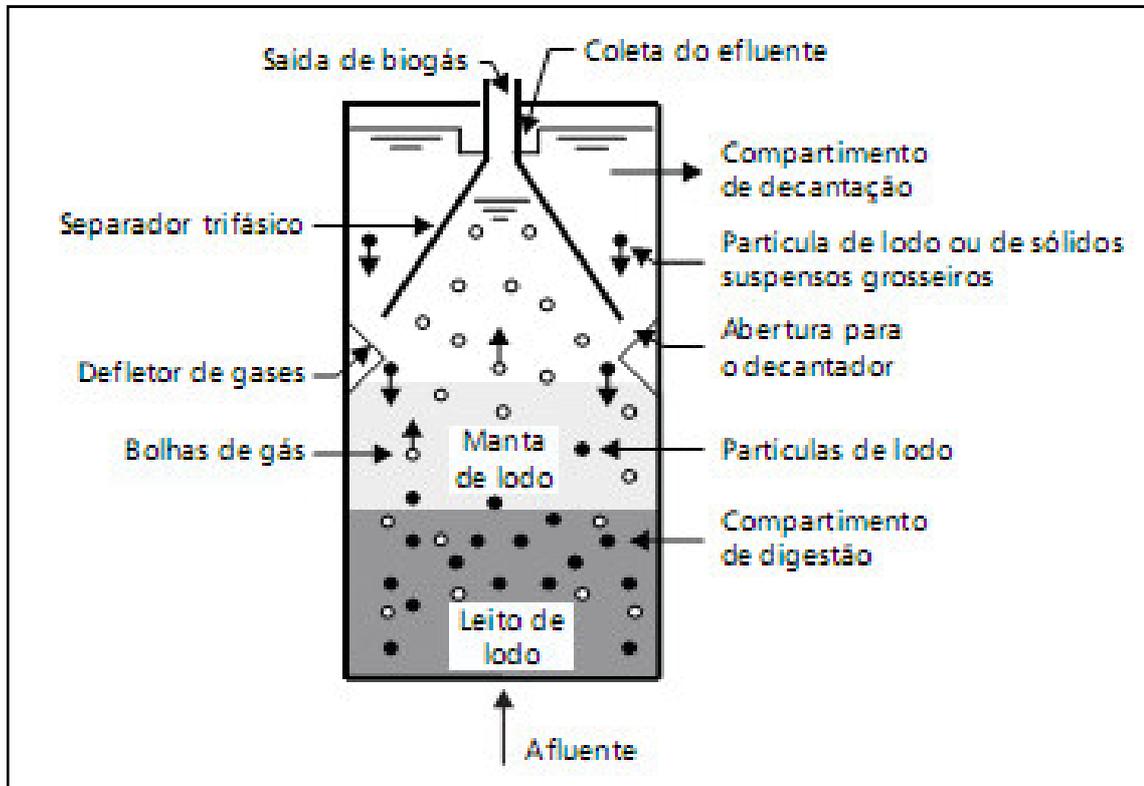
São muitos os artifícios de retenção da biomassa realizados com a utilização de meio de suportes, Ávila (2005) coloca que o mais usual é a brita n.º 4, mas podem ser utilizados outros materiais como anéis de plástico, bambu, escória de alto forno, etc.

Vários processos anaeróbios têm sido desenvolvidos e aplicados em todo mundo como os filtros anaeróbios, UASB e reator de leito expandido e fluidificado (VELA, 2006).

Dentre os reatores mais conhecidos destacam-se os filtros anaeróbios (com crescimento aderido) e os reatores de Manta de Lodo, comumente conhecido como UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou então Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo.

Embora inicialmente os reatores UASB (figura 2) fossem criados para tratar efluentes industriais, tratam tranquilamente efluentes domésticos capazes de aceitar altas taxas de carga orgânica, além da sua simplicidade construtiva e baixos custos operacionais, como também poder ser utilizados para esgotos com concentrações

mais baixas com tanto que algumas modificações como o menor da velocidade ascendente e diminuição da altura do reator (CHERNICHARO et al., 1999).



Fonte: CAMPOS et al., (1999).

Figura 2: Reator UASB e seus compartimentos

Quanto ao regime de alimentação, o reator anaeróbio pode ser realizado de forma contínua ou em batelada conforme opera a fonte geradora do efluente.

Como alternativa aos reatores anaeróbios de fluxo contínuo, o reator anaeróbio operado em batelada seqüencial vem recebendo atenção maior nos últimos anos, com pesquisas que visam sua aplicação prática no tratamento de águas residuárias em geral. O desenvolvimento desse reator anaeróbio é recente e os resultados obtidos indicam potencialidade destas unidades serem utilizadas no tratamento anaeróbio de diversos substratos. Sua aplicação em maior escala no tratamento de águas residuárias pode ser justificada em casos especiais. Por exemplo, para o tratamento de esgotos sanitários de pequenas comunidades, indústrias que lançam efluentes líquidos de forma descontínua, ou efluentes de atividades sazonais. (SARTI et al., 2006).

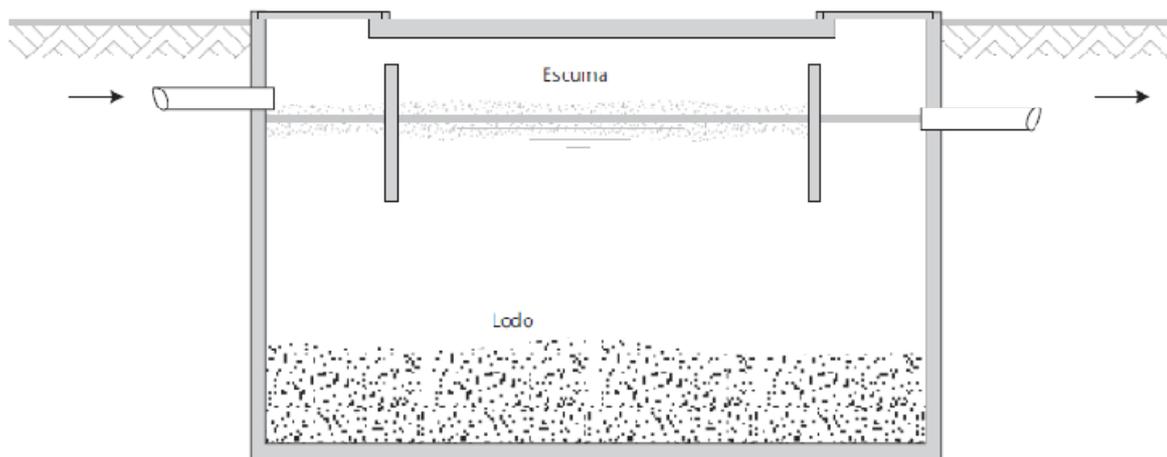
Para obter êxito no tratamento de determinada água residuária, pesquisadores investem na combinação dos diversos tipos de reatores anaeróbios

de acordo com fim desejado, de forma a sobrepor as vantagens de uma tecnologia sobre as desvantagens de outra.

3.2.1 Decanto-Digestores /Tanques Sépticos

O tanque séptico foi concebido por Jean Louis Mouras, na França por volta do ano de 1872, quando percebeu que o volume de sólidos acumulado por cerca de 12 anos em um tanque de alvenaria construído por ele para receber os esgotos de sua residência antes de jogá-los na fossa absorvente, era muito menor do que ele imaginara; contudo, é considerado uma das primeiras unidades de tratamento de esgotos inventadas e aplicadas nas décadas adentro (ANDRADE NETO, 1997).

Possuindo fácil construção e operação, os decanto-digestores, ou popularmente conhecido como “tanques sépticos” são estruturas simples que constituem de tanques divididos em compartimentos no sentido horizontal (câmaras em séries) ou vertical (sobrepostas) ou em tanques únicos que desempenham a função de reter por decantação sólidos presentes no efluente e favorecer a digestão desse material via metabolismo anaeróbio (BUTLER e PAYNE, 1995; ANDRADE NETO et al., 1999a) ver Figura 3.

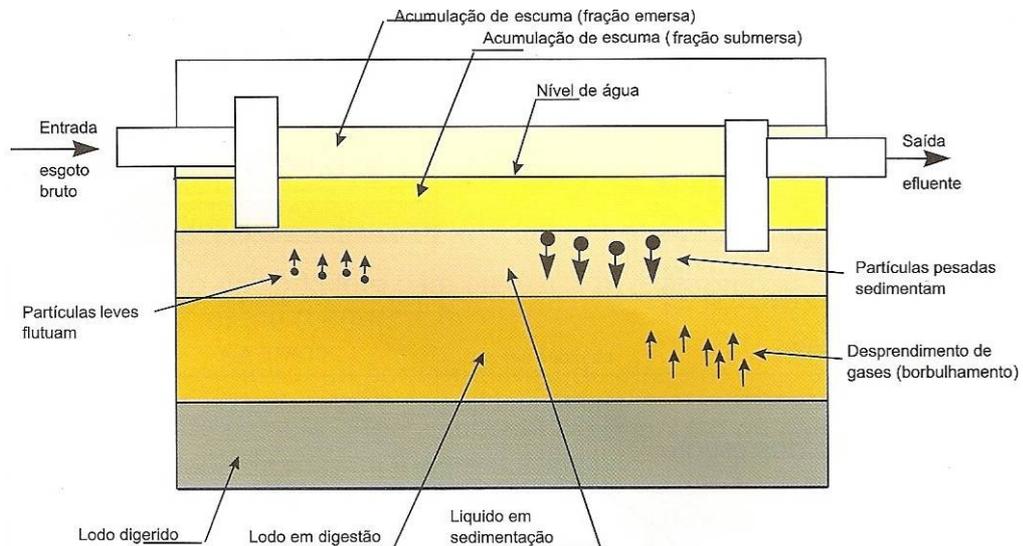


Fonte: Campos et al., (1999).

Figura 3: Tanque séptico de câmara única)detalhe em corte longitudinal)

Nestes sistemas verifica-se a retenção de 60 a 70% dos sólidos sedimentáveis responsáveis pela formação do leito de lodo no fundo do digestor e da espuma flotada para a superfície do líquido (ver Figura 4), esse ambiente propício, favorecerá a degradação ativa da matéria orgânica com baixa produção de

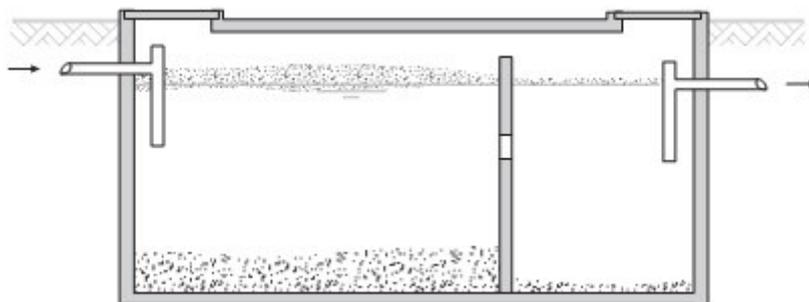
biomassa uma vez que, o processo anaeróbio utiliza a maior parte da energia para o metabolismo anabólico, mostrando-se extremamente eficiente nas atividades de degradação, obtendo como produtos finais metano e gás carbônico (CHERNICHARO, 1997).



Fonte: Manual da Funasa (2006) adaptado da ABNT-NBR 7229/1993

Figura 4: Tanque séptico de câmara única com divisão das fases no interior do tanque

Nos de câmaras em série (Figura 5), embora ocorra decantação e digestão nessas duas câmaras, a primeira favorece a digestão e a segunda a decantação, sequenciadamente. Nos de câmaras sobrepostas, a câmara superior, que é a primeira e também a última em relação ao fluxo, favorece apenas a decantação e a câmara inferior funciona como digestor e acumulador de resíduos (ANDRADE NETO et al., 2000).



Fonte: Campos et al., (1999).

Figura 5: Tanque séptico com câmaras em série

Os Tanques Sépticos são unidades muito empregadas em soluções individualizadas, e coletividades de pequeno porte em áreas desprovidas de sistema público de esgoto sanitário. O uso do TS no tratamento do esgoto é uma solução simples, convencional, normatizada e que envolve baixos custos de construção e operação (BARBOSA e NOLASCO, 2007).

Relativo aos custos de operação e manutenção, o importante fator levado em consideração na escolha do tipo de sistema é a simples e eventual operação, pois a remoção do lodo em excesso é realizada no tempo de esgotamento previsto pelo projeto, cerca de meses ou até mesmo anos (ANDRADE NETO et al., 1999b).

A limpeza desses tanques se faz necessária basicamente por dois motivos: evitar o transbordamento do esgoto e incomodo dos moradores e, renovar a biomassa do reator, pois de acordo com Borges (2005), com o passar do tempo, os tanques sépticos transformam-se numa caixa de passagem, devido a não obediência aos períodos de limpeza recomendados pela norma e dimensionamento.

Esse processo de estabilização do lodo acontece devido as quatro fases (ANDREOLLI, 2006):

- Retenção - período de estocagem de acordo com a vazão afluyente (8 a 24 horas);
- Decantação - processo de sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão e suspensão dos óleos, gorduras e graxas que forma a conhecida espuma;
- Digestão - tanto a fase líquida, mas principalmente a sólida (no fundo) são atacadas por bactéria anaeróbias que degradam a matéria orgânica e destroem parcialmente os microrganismos patogênicos;
- Redução do volume - conversão da matéria orgânica pela ação microbiana em gases como metano e gás carbônico que além de reduzir o volume do da massa sólida, oferece um lodo mais mineralizado.

Dependendo no número de câmaras em série, os volumes de lodo vão diminuindo bem como as concentrações de sólidos e matéria orgânica.

BARBOSA e NOLASCO, 2007 relatam que os decanto-digestores vem sendo estudados com o intuito de otimizar o tratamento dos esgotos sanitários e ainda manter os baixos custos de construção e operação que essa tecnologia apresenta. A operação dessas unidades isoladamente não consegue atender as melhores

condições de tratamento e de disposição do esgoto sanitário, deixando a desejar numa remoção mais eficiente de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e patógenos, elementos esses que podem vir a trazer graves problemas ambientais e de saúde pública.

No campo científico observam-se alguns estudos que avaliam o comportamento de tanques sépticos em escala de laboratório, como por exemplo, o experimento de Santos et al., (2006) e Barbosa et al., (2006) ao avaliar o desempenho de um tanque séptico de câmara única (escala de bancada com dimensões de 120 cm, 20 cm e 17 de comprimento, largura e altura respectivamente) tratando efluente sintético seguido de um biofiltro aerado submerso.

A relevância neste estudo está em pesquisar ensaios em escala reais, com a intenção de realmente aplicar a tecnologia testada quando oferece bons resultados no final do experimento.

Tal fato pode ser representado pelos estudos elaborados no âmbito do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em escala real, que estudou a operação do modelo da Figura 6 (Sistema RN) tratando esgotos sanitários oriundos da residência universitária, departamento de Educação Física e restaurante universitário, onde propiciou eficiência média da ordem de 60 a 70% de remoção de DQO e 55 a 80% de sólidos suspensos totais, submetidos à diferentes condições de carga orgânica, tempo de detenção hidráulica e condições de operação (ANDRADE NETO et al., 1999a).

Os tanques sépticos são geralmente utilizados para tratamentos de esgotos *in situ*, mas também podem ser utilizados em maiores escalas como, por exemplo, a nível condominial. Atualmente, é comum a associação com filtros anaeróbios, constituindo o popular sistema TS-FAN (Tanque Séptico - Filtro Anaeróbio) (VARGAS et al., 2000).

O sistema RN (ANDRADE NETO, et al., 1999a) conta com duas câmaras em série divididas por uma parede onde o líquido sem o material grosseiro nem espuma será transferido através de uma passagem (janela) localizada a 1/3 da profundidade do reator até chegar na segunda câmara (Figura 6).

O filtro instalado na saída das câmaras retém os possíveis sólidos em suspensão que insistem em sair junto com efluente, seu fluxo é ascendente e

geralmente têm como leito filtrante a pedra britada. Um das facilidades encontradas é que ao dar a descarga do lodo das câmaras antecedentes, através da rampa localizada abaixo do filtro é possível recolher o lodo em excesso contido nos interstícios do leito, sendo levado junto com o lodo presente nas demais unidades.

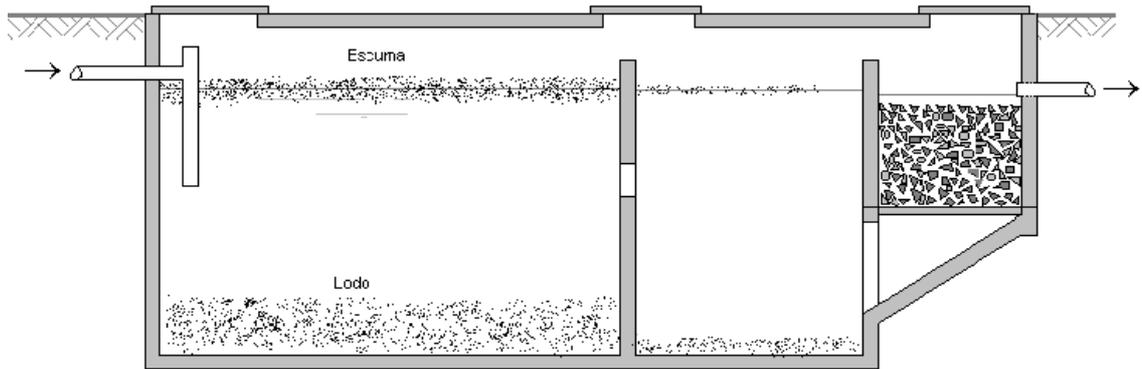


Figura 6: Tanques sépticos em série com filtro acoplado - Sistema RN (ANDRADE NETO et al., 1999a).

Embora se tenha a idéia de que o lodo acumulado no tanque séptico é um resíduo problemático, por outro lado pode ter aplicação satisfatória para outros fins além da utilização como adubo orgânico na agricultura.

Andrade Neto et al., (2000) publicou em seu estudo que analisou os conteúdos dos interiores das câmaras dos tanques sépticos utilizando o sistema RN que a primeira câmara do tanque séptico apresentou boa eficiência não só na remoção da DQO total e sólidos suspensos mas, sobretudo, revelou-se um reator biológico de destacada eficiência na remoção da parcela dissolvida dos esgotos (DQO filtrada) tratando esgoto bruto doméstico com DQO e sólidos suspensos em torno de 350 mgO₂/L e 130 mg/L respectivamente. As coletas se deram próximo a passagem a 2/3 de altura na parede divisória e próxima a passagem para o pequeno filtro. Os resultados de remoção em porcentagens e concentrações constam no Quadro 2:

Etapas	Critérios	DQO (bruta)		Sólidos Suspensos Totais	
		Câmara 1 ⁽¹⁾	Câmara 2 ⁽²⁾	Câmara 1	Câmara 2
Etapa 1	Concentração (mg/L)	209,7	118,7	77,8	35,4
	Remoção relativa (%)	31,4 ⁽³⁾	43,4 ⁽⁴⁾	36,1 ⁽¹⁾	54,4 ⁽²⁾
Etapa 2	Concentração (mg/L)	168,4	156,0	47,8	37,0
	Remoção relativa (%)	47,8 ⁽³⁾	7,4 ⁽⁴⁾	64,4 ⁽¹⁾	22,7 ⁽²⁾
Remoção relativa da Câmara 2 nas duas etapas		-	25,4% ⁽⁴⁾	-	38,6% ⁽⁴⁾

Fonte: Adaptado de Andrade Neto et al., (2000)

(1) Análise do conteúdo que passava na passagem de 2/3 da altura total

(2) Análise da saída da câmara 2

(3) Remoção relativa a concentração do afluente.

(4) Remoção relativa a concentração da primeira câmara.

Quadro 2: Resultados da pesquisa de Andrade Neto et al., (2000) avaliando o desempenho das duas câmaras de tanques sépticos quanto aos sólidos suspensos e DQO.

Conforme Castilho Júnior et al., (2002), ao estudar um digestor de resíduos sólidos orgânicos (RSO) urbanos misturados com lodo provenientes de caminhões responsáveis pela limpeza das fossas e pertencentes à empresas imunizadoras licenciadas da região da Grande Florianópolis, verificou que em cinco meses de operação obteve uma boa eficiência de remoção de DQO e sólidos no percolado bem como foi capaz de mineralizar os resíduos sólidos orgânicos de 2,58% para 17,58%.

Valencia et al., (2008) também misturando lodos de fossas com resíduo sólido otimizou o sistema de tal forma que obteve remoção de coliformes totais da ordem de 99%.

Já Silva et al., (2008) ao misturar diversas porcentagens de lodos de tanques sépticos com resíduos sólidos conseguiu ausência de ovos de helmintos em todas as proporções estudadas.

Valetim (2003) ao avaliar o desempenho de um tanque séptico modificado com três câmaras em série recebendo esgotos sanitários brutos (4.300 L/dia) e TDH de 11 horas, encontrou remoção de DQO, sólidos suspensos e sedimentáveis significativa (5%) em todos os compartimentos com exceção do nitrogênio amoniacal que só foi verificado neste compartimento inicial, ao contrário de nitrato e fósforo

total que foi reduzido na terceira e última câmara o qual associou ao fato da possibilidade das bactéria terem se alimentado desses nutrientes aumentando o tamanho do floco e sedimentando.

Kamel e Hgazy (2006) ao estudarem o comportamento do esgoto doméstico em 40 tanques sépticos modificados (com dois compartimentos em série seguidos de dois filtros anaeróbios ascendentes com disposição em sumidouro), em cinco vilarejos no Egito obteve remoção de 65% para sólidos suspensos totais e cerca e 99% para *E. coli*. em um tempo de detenção de 1 a 3 dias.

Acredita-se que a maioria dos chamados tanques sépticos, na verdade, não foram projetados e muito menos construídos de acordo com as normas indicadas para tal obra, muitas das residências simplesmente cavam uma vala no quintal das casas (escavação cilíndrica) sem ter seguido nenhum critério de dimensionamento nem aplicação de material de revestimento do fundo e das laterais, por isso existe a diferença entre tanques sépticos e fossas.

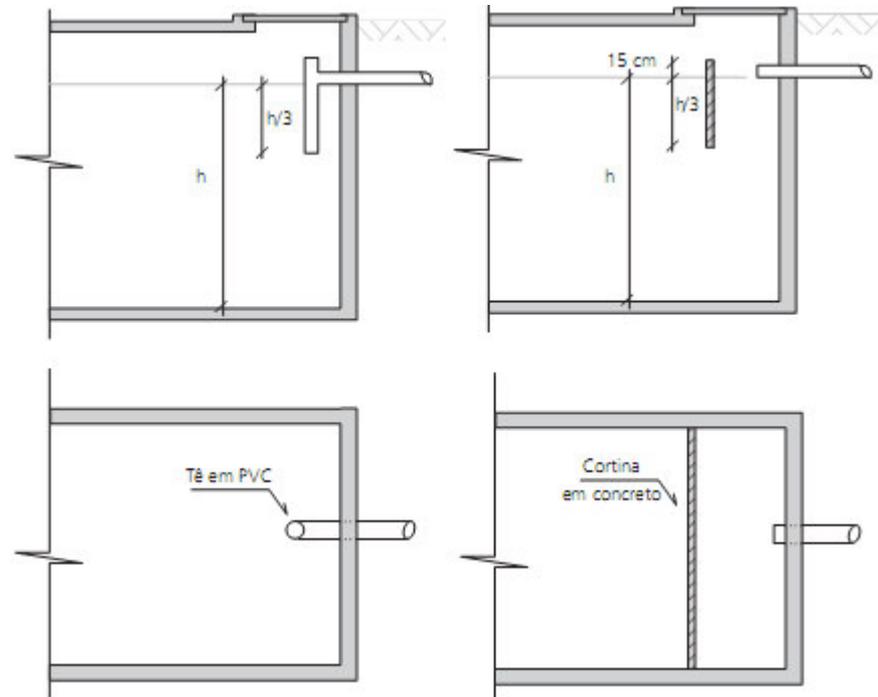
Segundo as definições da norma técnica NBR 7229/1993, tanque séptico é uma unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão. Sendo assim, ainda define os de câmara única e os de câmaras em série.

Há um certo conflito com a nomenclatura existente acerca dos tanques sépticos e as fossas. Neste trabalho é utilizada uma classificação acordada pelos pesquisadores do PROSAB 5 Tema 6 (Caracterização de Lodos de Fossas Sépticas em Andreoli et al., 2009) quanto as características de ambos os sistemas. Conforme apresentado anteriormente, o tanque séptico é uma unidade de tratamento que passa por uma série de dimensionamentos matemáticos envolvendo cálculos que vão desde o número de contribuintes até ao volume destinado para o lodo em digestão além de ser uma estrutura construída em alvenaria desde as paredes até o fundo.

Já para as fossas, esse tipo de projeto não existe, na maioria das vezes é feito uma cova com as paredes revestidas ou não de cimento, com o fundo de areia ou cascalho.

Portanto, com o objetivo de autenticar mais ainda as características do tanque séptico é que serão apresentados a seguir alguns dispositivos exclusivos desse sistema como, por exemplo, os dispositivos de entrada e saída do esgoto: Tês

(Figura 7 acima), ou Cortinas de concreto ou Chicanas que estão inseridas nesses sistemas (Figura 7 abaixo):



Fonte: CAMPOS et al., 1999

Figura 7: Dispositivos de saída em tanques sépticos em formato de Tê (a) e em cortinas de concreto

A tubulação de entrada do sistema em forma de Tê, com comprimento igual a $1/3$ da altura da lâmina, auxilia para que a camada escumosa não seja perturbada durante a entrada do esgoto, fazendo com que este adentre pela parte líquida da coluna no interior do tanque.

As cortinas de concreto já servem para agregar o material flutuante e espuma no centro e superfície do tanque de modo a não permitir que saia junto com o efluente.

Devido a essas características, acredita-se que haja diferenças tanto do efluente final como do próprio conteúdo do interior dos sistemas entre os tanques sépticos e fossas.

As diretrizes para a construção dos tanques sépticos existem desde 1963 quando foram padronizadas pela Associação de Normas Técnicas Brasileiras (ABNT) com a N-41 que tratava sobre a Construção e Instalação de Fossas Sépticas; logo após foi elaborada a 7229/1982 que além dos critérios de construção

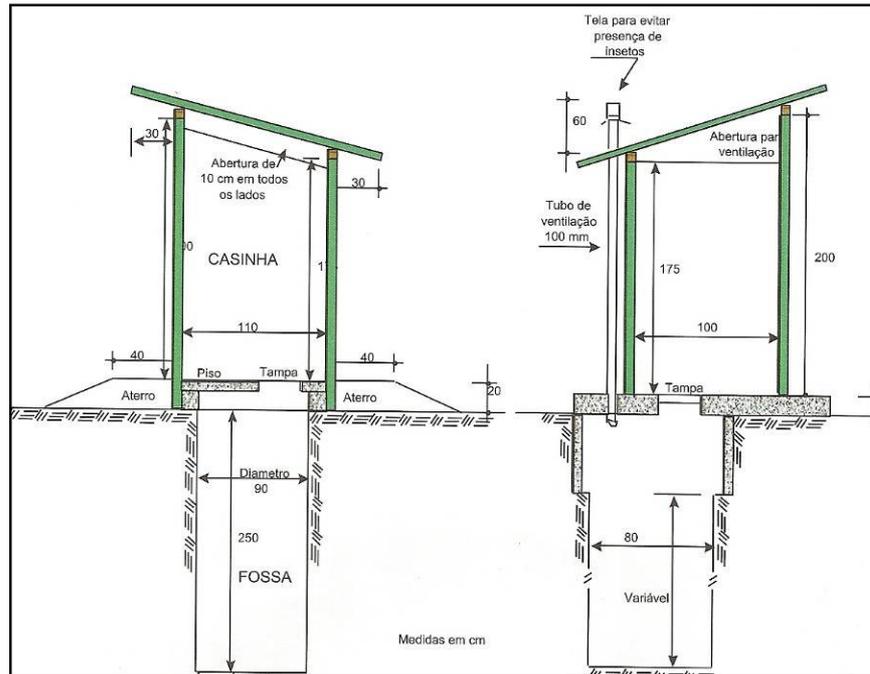
e operação abordava ainda os filtros anaeróbios como unidades de disposição final dos efluentes oriundos de tanques sépticos.

Anos mais tarde (1989), a 7229/82 foi revisada e dividida em três segmentos abordando separadamente o tanque séptico, pós-tratamento e a disposição do lodo. Logo, o Projeto, Construção e Operação de Tanque Séptico ficou sob a incumbência da NBR 7229/1993, e a Unidades de Tratamento dos Efluentes Líquidos de Tanques Sépticos da NBR 13969/1997. A terceira norma envolverá o tratamento e disposição dos sólidos gerados pelos tanques sépticos (ANDRADE NETO, 1997).

3.3 DISPOSIÇÃO FINAL DE ESGOTOS EM FOSSAS

De acordo com o dicionário a palavra Fossa vem do latim *Fossa* e, significa cova, cavidade subterrânea onde se despeja imundícies; depressão ou cavidade orgânica. A disposição final das excretas que a população utiliza há séculos, ao longo dos anos ganhou algumas variações, sendo assim relacionadas com ou sem transporte hídrico.

As fossas sem transporte hídrico recebem apenas os excretas (fezes) sendo estas, a fossa seca, conhecida popularmente como “casinha” (Figura 8), a estanque, a de fermentação e a química. Segundo Hartmann et al., (2009) estas soluções, que para a nossa realidade está ultrapassada, são comumente mais utilizadas nas regiões rurais.



Fonte: Manual da Funasa (2006)

Figura 8: Fossa conhecida como “Casinha” tradicional (esquerda) e com ventilação (direita).

Acredita-se que a partir do momento que se percebeu a necessidade de destinar todos os esgotos da residência (águas negras e servidas) para a mesma fossa das excretas, conseqüentemente o seu tamanho teve que aumentar, tornando-se mais profunda conseqüentemente. Essa fossa é conhecida atualmente como Fossa-Sumidouro ou Fossa Absorvente conforme falado anteriormente, que além de receber fezes e urina, armazena efluente proveniente da cozinha, banheiros, lavabos, e lavanderia. Suas variações vão desde paredes feitas de tijolos invertidos (Figura 9) e fundo com pedra britada a aquelas construídas com anéis de manilha, também com o fundo com pedra brita (Figura 10).



Figura 9: Construção de uma fossa-sumidouro ou Fossa Absorvente com tijolos invertidos



Figura 10: Fossa feita de anéis de manilha e o fundo com pedra britada

O Quadro 3 apresenta a reunião dos diversos tipos de fossas e descreve as suas principais características.

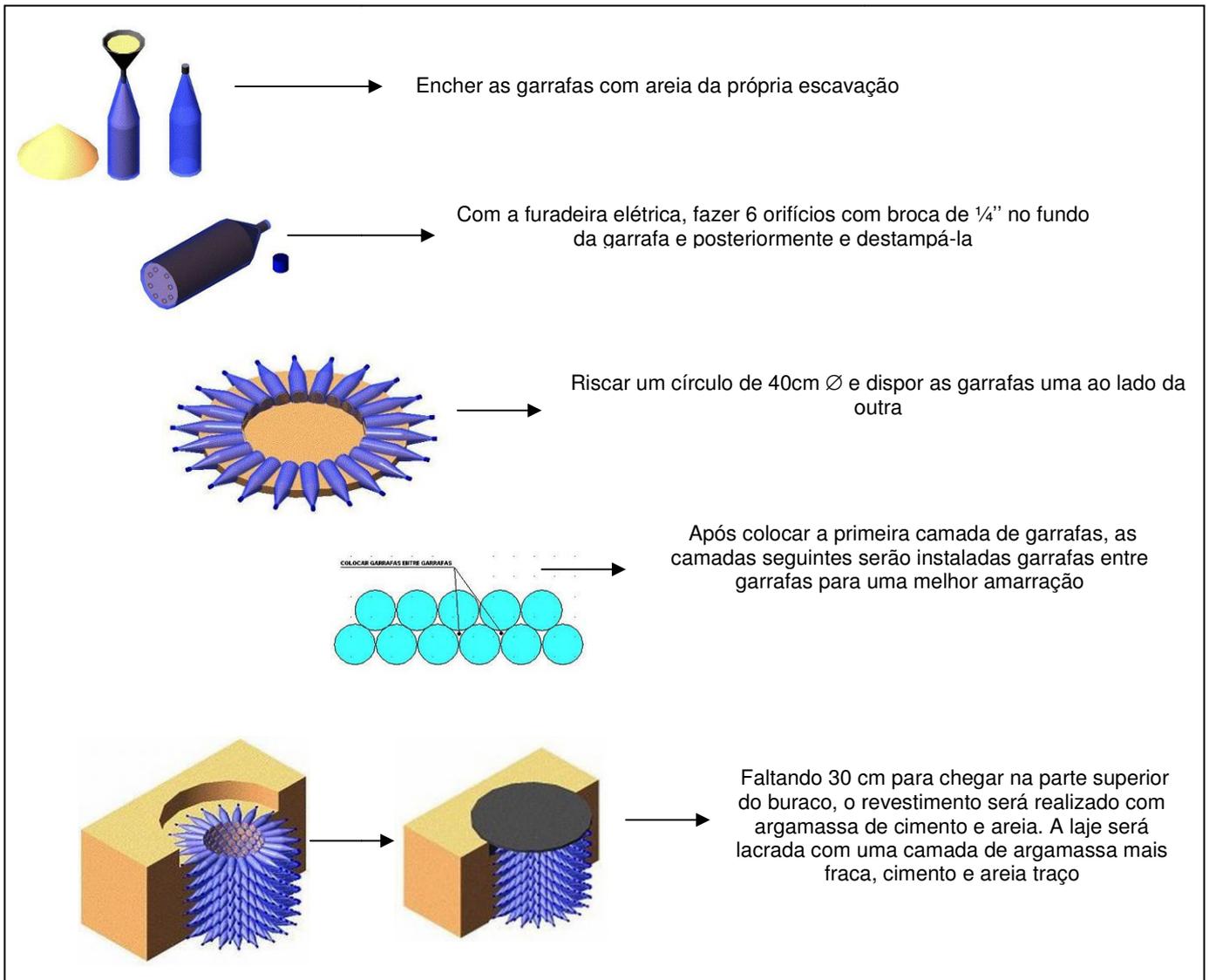
TIPOS DE DISPOSIÇÃO DE EXCRETAS	VARIAÇÕES	CARACTERÍSTICAS
Fossa seca de buraco	Simple	Construída por um buraco no solo e elementos acessórios, sendo que ao atingir um determinado nível estabelecido (de 0,50m a 1,0m abaixo da superfície do terreno), o espaço livre é protegido por terra e a fossa é desativada.
	Ventilada	É um tipo otimizado de fossa seca pela introdução de um tubo de ventilação vertical externo, com tela na extremidade, localizado até 50 cm acima do telhado. Esta tubulação de ventilação possibilita um controle melhor do odor e da presença de insetos.
Fossa seca tubular	Variante da fossa seca, porém com um buraco menor (40 cm de diâmetro)	
Fossa estanque	É um tanque impermeável onde são dispostas as excretas até a sua remoção.	
Fossa de fermentação / Privada de compostagem	Contínua	Instalação onde o usuário deposita os excretas que, em condições ambientais adequadas, propiciam a compostagem dos dejetos.
	Intermitente	O processo é o mesmo utilizado em fermentação contínua, porém realizado em lotes.
Fossa química	É uma fossa estanque onde é adicionado um produto químico para desinfecção dos dejetos.	
Privada com receptáculo móvel	Consiste em um recipiente metálico, colocado sob o assento, para receber dejetos que são retirados e esvaziados temporariamente.	
DISPOSIÇÃO DE ESGOTOS	CARACTERÍSTICAS	
Fossa absorvente / Poço absorvente	É uma escavação semelhante a um poço, onde são dispostos os esgotos, podendo ou não ter paredes de sustentação. Permite a infiltração do efluente no solo.	
Fossa estanque	Tanque impermeável que acumula esgoto até a sua freqüente remoção	
Fossa química	É uma fossa estanque onde é adicionado um produto químico para desinfecção dos dejetos.	

Fonte: Adaptado de Hartmann et al., (2009).

Quadro 3: Tipos de disposição de excretas e de esgoto em diversos tipos de fossas e suas principais características.

Algumas tecnologias de baixo custo foram adotadas pela população em situações em que não foi possível a construção de fossas com tijolos e etc por problemas financeiros, como por exemplo, as fossa-sumidouros feitas do empilhamento de pneus usados e de garrafas PETS conforme ilustra a Figura 11.

De certa forma a disposição por fossas se torna 'mais poluente do que as demais, pois, o líquido das águas servidas lava o material sólido presente no meio e carrega matéria orgânica, nutrientes e patógenos para o lençol freático trazendo sérios riscos de poluição.



Adaptado de Oliveira (2009) <http://www.saneamentodogato.xpg.com.br/Pet.html>

Figura 11: Fabricação da fossa-sumidouro construída de garrafas PET preenchidas com areia.

3.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS POR CARROS “LIMPA-FOSSAS”

O lodo séptico - material líquido ou sólido removido dos tanques sépticos (USEPA, 1993) - é composto por água, em sua maior parte, esgoto, material inorgânico, areia e matéria orgânica fecal (LEITE et al., 2006).

O termo “lodo” tem sido usado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgotos (VON SPERLING e ANDREOLI, 2001). Porém neste trabalho

o lodo fará parte do conteúdo estudado presente no interior dos sistemas tanque sépticos e fossas juntamente com a parcela líquida e sobrenadante.

O lodo primário removido em tanques sépticos permanece um tempo elevado o suficiente para proporcionar sua digestão anaeróbia, em condições controladas (tanques fechados) (ANDREOLI et al., 2001). Por isso dependendo do tempo de esgotamento em cada sistema, os tipos de contribuição e estrutura do sistema, o conteúdo se caracterizará de formas distintas.

Desde então algumas características acerca da qualidade do lodo podem ser levantadas mediante os estudos já conhecidos tratando esgotos por tanques sépticos como:

- Apresenta coloração escura e odor característico resultante da presença de gás sulfídrico e outros gases (MACINTYRE, 1985).
- Sua composição inclui água em sua maior parte, material inorgânico, como areia, e matéria orgânica fecal (LEITE et al., 2006).
- Devido ao potencial de sedimentação dos sólidos que os tanques sépticos têm, em consequência aumentam a retenção de microrganismos patogênicos, entre eles, os ovos de helmintos (SILVA et al., 2008) que são resistentes aos fatores ambientais, podem sobreviver em condições úmidas de dois até 10 anos (VILLE, WALKER E BARNES, 1998 apud SILVA et al., 2008) e atingem concentrações até 10 vezes maiores do que em águas residuárias (MONTANGERO et al., 2000).
- Apresenta baixos teores de metais, tendo suas origens ligadas às contribuições de produtos de limpeza, cosméticos, xampus, desinfetantes, combustíveis, medicamentos, amálgamas dentários, termômetros clínicos, produtos alimentícios, tintas, lubrificantes, agentes de polimento, pesticidas, produtos de jardinagem, preservadores de madeira, fezes, urina e água de abastecimento (EUROPEAN COMMISSION, 2001) quando se trata de esgoto preferencialmente domésticos.

É válido ressaltar que o estudo do lodo contempla todo o resíduo contido no interior dos tanques sépticos esgotados; e por questões de padronização na nomenclatura do termo no universo da pesquisa, os autores abaixo citados, no respectivo momento adotaram essa terminologia. Contudo, na presente dissertação,

julga-se mais apropriado o termo “resíduos esgotados” para denominar o conteúdo das fossas e tanques sépticos a serem caracterizados.

Segundo Forrest e Associates (2005) a gestão, tratamento e eliminação dos chamados internacionalmente de “septage” (são os resíduos esgotados dos sistemas de fossas e tanques sépticos pelos caminhões limpa-fossa – “suction trucks ou suction vacuum”) dependente de suas características químicas e físicas.

Diversos fatores determinam as propriedades físicas dos septage, incluindo o tamanho do sistema, hábitos dos usuários, frequência do esgotamento, resíduos orgânicos de cozinha, temperatura, desempenho de fossa e recebimento de águas residuárias cinzas e negras (HEINSS et al., 1999; FORREST e ASSOCIATES, 2005).

As características físicas dos resíduos esgotados tornam difíceis e o seu tratamento, pois este apresenta altos níveis de gordura, pedras e cabelo. Os resíduos esgotados são de natureza anaeróbia e libera gases odoríferos. O material também contém parasitas, vírus e bactérias que podem causar doença (FORREST e ASSOCIATES, 2005).

Conforme Meneses et al., (2001), no seu estudo de caracterização de resíduos esgotados por carros limpa-fossas, encontrou faixas de DBO_5 , sólidos totais, nitrogênio total, óleos e graxas, CTT e ovos de helmintos variando entre 1.020 a 4.800 mg/L; 2.280 a 39.238 mg/L; 54,24 a 179,60 mg/L; 6,20 a 8.533 mg/L; 10^5 a 10^8 UFC/100mL e 53 a 837 ovos/L respectivamente.

Castilho Júnior et al., (2002), encontrou a seguinte composição das amostras de tanques sépticos esgotados pelos caminhões da Grande Florianópolis, conforme apresentado no Quadro 4:

	DQO mg/L	DBO ₅ mg/L	pH	Alc. mg/L	NH ₃ mg/L	PT mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SST mg/L	SSV mg/L	O e G mg/L	Detergente mg/L	
Amostras	1	4224	3100	6,46	295	36,0	13,7	626	466	374	174	29,20	1,35
	2	528	300	7,45	504	62,0	17,8	820	280	350	280	20,80	0,15
	3	12280	2900	6,31	425	63,6	28,2	3051	1765	2307	1640	260	15,00
	4	580	360	7,46	257	41,3	65,4	516	224	145	79	18,20	3,40
	5	18410	3600	7,00	3854	75,6	380	31580	14780	3210	14570	1304	15,00
	6	1169	1080	5,98	504	69,3	33,5	6520	2960	6085	2890	-	20,00
Média	6208	1890	6,78	973	58	90	7186	3413	2064	3272	326	9,15	
DV	7470	1479	0,62	1415	15,8	143	12171	5671	2316	5643	556	8,50	

DV- Desvio padrão; PT- fósforo total; ST- sólidos totais; SV- sólidos voláteis; SST-sólidos suspensos; SSV- sólidos suspensos voláteis; OeG- óleos e graxas; NH₃-amônia; Alc.-alcalinidade.

Fonte: Adaptado de Castilho Júnior et al., (2002).

Quadro 4: Caracterização de resíduos esgotados da Grande Florianópolis

O Quadro 5 apresenta as faixas de concentração de algumas variáveis do lodo proveniente de decanto-digestores de acordo com USEPA (2002).

Variável	Concentração (mg/L)	
	Média	Faixa de variação
Sólidos totais	34106	1132 – 130475
Sólidos voláteis totais	23100	353 – 71402
Sólidos suspensos totais	12862	310 – 93378
Sólidos suspensos voláteis	9027	95 – 51500
DBO	6480	440 – 78600
DQO	31900	1500 – 703000
NTK	588	66 – 1060
Amônia	97	3 – 116
Fósforo total	210	20 – 760
Alcalinidade	970	522 – 4190

Fonte: USEPA (2002)

Quadro 5: Faixas de concentração de algumas variáveis do lodo oriundo de decanto-digestores.

Jordão e Pessoa (2005) revelam faixas típicas geralmente encontradas para os resíduos esgotados por carros limpa-fossas que chegam às estações de tratamento de esgoto (Quadro 6).

Parâmetro	Faixa típica	Concentração típica (mg/L)
DBO	2 000 a 3 000	6 000
SST	2 000 a 100 000	15 000
SSV	1 200 a 14 000	7 000
NTK	100 a 1 600	700
N amoniacal	100 a 800	400
Fósforo	50 a 800	250
Óleos e graxas	500 a 10 000	8 000

Fonte: Jordão e Pessoa (2005)

Quadro 6: Faixas típicas de concentração para os resíduos esgotados que chegam às ETEs.

Para Forrest e Associates (2005) a média das características químicas dos resíduos esgotados varia consideravelmente. A composição dos resíduos esgotados é brevemente semelhante à de lodo de esgoto; no entanto, os de origem doméstica tende a ter níveis mais baixos de DBO, nutrientes e metais pesados do que os lodos de esgoto. Salieta-se novamente que, em muitos países existe uma grande discrepância entre os valores médios e as características reais dos resíduos esgotados (septage). Os quadros abaixo contêm dados comparativos sobre os resíduos esgotados e características do lodo provenientes de diferentes fontes (Quadro 7, resíduos esgotados e esgotos das regiões tropicais (Quadro 8).

Parâmetros	Septage (mg/L)	Lodo de esgoto (mg/L)
Sólidos Suspensos Totais	15.000	30.000
Sólidos Suspensos Voláteis	10.000	23.100
DBO5	7.000	18.500
Nitrogênio Total	700	750
Fósforo Total	250	480
Gorduras	8.000	-
pH	6	-
Arsênio	4	10
Cádmio	3	7
Cromo	14	120
Cobre	140	740
Chumbo	35	130
Mercúrio	0,15	5
Molibdênio	-	4
Níquel	15	43
Selênio	2	5
Zinco	290	1.200

Fonte: Adaptado de Forrest e Associates (2005).

Quadro 7: Concentrações típicas de resíduos esgotados (Septage) e do lodo de esgoto de ETE oriundas de diferentes fontes.

Tipo de Amostra	Septage	Esgotos em países tropicais
Carbono Orgânico (mg/L)	<10.000	500 – 2.500
Relação COT/DBO	5:1 – 10:1	2:1
NH ₄ -N (mg/L)	<1.000	30 – 70
Sólidos Totais (mg/L)	<3%	<1%
Sólidos Suspensos (mg/L)	≈7.000	200 – 700
Ovos de Helmintos (ovos/L)	≈4.000	300 – 2.000

Fonte: Adaptado de Forrest e Associates (2005).

Quadro 8: Comparação da qualidade do septage com os esgotos em países tropicais

Tachini et al., (2006), ao caracterizar lodos de tanques sépticos da cidade de Blumenau – SC, de 12 carros limpa-fossa, encontrou concentrações bem mais elevadas em relação ao estudo anterior, para a maioria das variáveis. Independentemente disto, ainda é verificada a discrepância entre valores mínimos e máximos, exceto para o pH (Quadro 9).

Parâmetros	Concentrações			
	máxima	mínima	média	desvio padrão
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	990	4	579	423
Sólidos Totais (mg/L)	162660	655	49593	54778
Sólidos em Suspensão (mg/L)	134000	215	37731	43146
Sólidos Voláteis (mg/L)	106960	300	29685	31574
pH	8,71	5,65	6,81	0,84
Alc. Bicarb. (mg/LCaCO ₃)	3293,5	263,3	1015	971
DQO (mg/L)	56000	474	23835	18267
DBO (mg/L)	47200	230	11424	14426
DQO Filtrada (mg/L)	3530	231	1263	876
DBO Filtrada (mg/L)	3000	63,5	610	821

Fonte: TACHINI et al., (2006).

Quadro 9: Caracterização do lodo de tanques sépticos provenientes de carros limpa-fossa.

Leite et al., (2006a) reuniu em um quadro características relativas ao teor das frações de sólidos (Quadro 10) DBO e DQO (Quadro 11) feita por vários pesquisadores que estudaram o lodo de decanto-digestores, além das concentrações típicas de microrganismos patogênicos em lodo bruto e digerido e amostras de tanques sépticos (Quadro 12).

Parâmetros (mg/l)	USEPA, 1977	Brandes, 1978	Edeline, 1983	Sabatier, 1983	Dérangère, 1988	Philip, 1992	Cassini, 2003	Fiúza, 2003	Média
ST	40.000	2.800	27.900	24.000	45.600	33.400	9.550	3.000	23.281
SV	-	-	-	17.200	31.000	24.150	6.172	2.250	16.154
SF	-	-	-	6.800	14.600	9.250	3.378	750	13.184

Fonte: LEITE et al., (2006).

Quadro 10: Concentrações médias de sólidos em resíduos sépticos

Parâmetros (mg/l)	Brandes, 1978	USEPA, 1977	Edeline, 1983	Sabatier, 1983	Cassini, 2003	Rocha e Sant'Anna, 2005	Curitiba, 2005	Média
DQO	8.640	45.000	30.300	32.000	10.383	7.911	9.419	20.522
DBO ₅	2.300	5.000	-	-	2.808	2.829	1.863	2.960
DQO/ DBO ₅	3,76	9,00	-	-	3,70	2,80	5,06	4,86

Fonte: LEITE et al., (2006).

Quadro 11: Concentrações médias de DBO e DQO em resíduos sépticos

Patógeno	Lodo bruto	Lodo digerido
Coliformes totais (NMP/100ml)	4,3.10 ⁹ a 5,0 . 10 ⁹	3,0.10 ⁴ a 7,0.10 ⁷
Coliformes fecais (NMP/100ml)	1,4.10 ⁹ a 10 ⁹	ND a 7,8.10 ⁶
Ovos de helmintos (ovos/100ml)	20 a 700	30 a 70

Fonte: LEITE et al., (2006).

Quadro 12: Faixas de concentração de patógenos em lodos de decanto-digestores de idades diferentes.

A caracterização de LEITE et al., (2006b) realizada em 19 amostras de resíduos sépticos da cidade de Curitiba-PR e região metropolitana em 2005, encontrou para as variáveis físicas e pH entorno da neutralidade, presença de sólidos sedimentáveis e temperatura média de 17,1°C na amostra. As demais variáveis estão apresentadas no Quadro 13.

AMOSTRA	DBO	DQO	ST	STF	STV	ÓLEOS E GRAXAS	SSed
unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/l
Mínimo	499,00	1.363,00	745,00	366,00	304,00	23,90	1,50
Média	1.862,65	9.419,40	9.266,70	4.398,55	4.868,15	587,64	209,23
σ	976,55	7.820,78	10.742,63	5.308,80	5.752,20	899,83	207,51
Máximo	4.104,00	25.488,00	44.472,00	23.027,00	21.445,00	3.638,69	700,00

Quadro 13: Caracterização de resíduos de carros limpa-fossa na cidade de Curitiba - PR

Um estudo realizado por Machado Júnior et al., (2008) na cidade de Tubarão - SC analisando amostras provenientes de carregamentos distintos de resíduos sépticos por caminhões limpa-fossa de cinco empresas coletoras da região, encontrou as seguintes características dos lodos coletados de tanques sépticos (Quadro 14).

Parâmetro	Unidade/ atributo	N	n	Média	Mediana	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
pH	-	21	21	6,30	6,30	1,14	4,50	9,32
Alcalinidade Total	mgCaCO ₃ / L	21	21	311,89	197,14	257,56	0,00	968,79
Condutividade	µS/cm	21	21	1,20	1,18	0,65	0,42	2,35
DQO	mg/L	21	21	19.603	2.865	21.078	312	54.325
DBO ₅	mg/L	21	21	3.500	1725	4.441	129	16.990
N – amoniacal	mg/L	21	21	63,19	72,83	35,49	6,92	128,34
N – nitrato	mg/L	21	21	6,73	2,45	8,77	0,18	32,00
N – total	mg/L	21	21	114,84	122,10	61,98	14,39	251,12
Ortofosfato	mg/L	21	21	70,12	42,90	58,10	10,64	217,20
Teor de Óleos e Graxas	mg/L	21	21	5,208	0,241	8,847	0,001	30,983
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	21	21	228,39	82,50	293,58	28,0	975,0
Sólidos Totais	mg/L	21	21	24.902	8.016	34.985	377	126.995
Sólidos Fixos	mg/L	21	21	12.867	1.151	25.466	245	96.647
Sólidos Voláteis	mg/L	21	21	12.036	3.839	14.562	105	40.320
Sólidos Suspensos	mg/L	21	21	16.854	5.080	24.166	215	80.090
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	21	21	9.147	793	18.295	87	68.680
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	21	21	7.707	1.253	9.573	87	31.098
Cromo	mg/L	21	20	3,5564	0,759	4,9969	0,1676	13,2667
Manganês	mg/L	21	21	5,6692	0,5369	11,4787	0,0949	50,9293
Cobre	mg/L	21	8	3,8245	2,6513	3,3921	0,8571	10,429
Zinco	mg/L	21	16	3,4371	0,4933	7,3475	0,0024	27,6881
Coliformes Totais	NMP/100m L	21	12	4,56 x10 ⁷	1,86x10 ⁷	5,83x10 ⁷	7,4x10 ⁴	1,99x10 ⁸
<i>E. coli</i>	NMP/100m L	21	18	1,82x10 ⁷	4,31x10 ⁶	4,67x10 ⁷	1,35x10 ⁴	1,99x10 ⁸
Presença de helminthos	positivo/ negativo	21	21	Positivo em 5 amostras				

Fonte: Machado Júnior et al., (2008)

Quadro 14: Características dos resíduos sépticos coletado por carros limpa-fossa na cidade de Tubarão -SC

Dados do projeto de Caracterização e Estudo de Alternativas de Tratamento de Lodos de Fossa Séptica (Andreoli et al., 2009), no âmbito do PROSAB realizado em cinco cidades brasileiras em parceria com as universidades federais (UFRN, UNB, UFPA, EESC-USP e FAE-SANEPAR, no período de julho de 2007 a abril de 2009, encontrou as seguintes características para os resíduos esgotados pelos carros limpa-fossa na cidade de Natal (Quadro 15), e em São Paulo e Paraná, tanto em tanques sépticos como em fossa.

Variáveis	Resíduos esgotados de Fossas e Tanques Sépticos* por carros limpa-fossa						
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	Coefficiente de Variação	Nº dados
pH	6,69	6,7	4,24	7,98	0,77	8,69	42
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1348	1075	261	7680	1201	1,12	42
Sólidos Totais (mg/L)	10129	5561	938	43563	9915	1,02	41
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	305	188	5	990	288	1,05	42
Óleos e Graxas (mg/L)	1071	291	11	17480	2853	0,38	40
Alcalinidade Total (mg/L)	702	487	97	3828	779	0,90	42
NTK (mgN/L)	191	129	32	1009	179	1,06	42
NH ₃ (mgN/L)	107	80	10	594	105	1,01	41
Fósforo Total (mg/L)	95	73	12	204	65	1,47	20
DBO (mgO ₂ /L)	3514	2305	264	18196	3923	0,90	23
DQO (mgO ₂ /L)	8063	4247	379	33846	8820	0,91	40
CTT (UFC/100mL)	1,91E+07**	1,75E+07	4,00E+06	1,7E+06	-	0,41	24
Ovos Helmintos (nº de ovos /L)	156	11	0	1781	391	0,40	25
Viabilidade (%)	-	-	0	12	-	-	25

Fonte: Adaptado de Ratis (2009)

*Os tanques sépticos foram classificados como as unidades que tinham fundo de cimento; e que supostamente apresentavam as paredes revestidas e dispositivos de entrada e saída; sobretudo, há uma margem susceptível a erros em relação a essa metodologia de classificação.

** Calculada a Média Geométrica para os coliformes termotolerantes.

Quadro 15: Resultados da caracterização de resíduos esgotados de tanques sépticos e fossas residenciais unifamiliar por Ratis (2009) na cidade de Natal-RN no período de julho de 2007 a abril de 2008.

A metodologia de coleta das amostras pela UFRN contemplou uma amostragem composta no momento da descarga do caminhão com coletas em baldes de 5L em cinco momentos do descarte, de forma a reunir 10L de amostra final para a partir daí serem retirados as alíquotas para a análise dos devidos variáveis.

		pH	Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	Condutividade (µS/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	N amoniacal (mgN/L)	NTK (mgN/L)	Fósforo total (mgP/L)	Óleos e graxas (mg/L)	ST ¹ (mg/L)	STV ² (mg/L)	SST ³ (mg/L)	SSV ⁴ (mg/L)	S Sed ⁵ (mL/L)
FAE	N	12,0	12	12	11	12	12	12	12	11	12	12	10	10	12
	Mínimo	5,5	271	403	288	1.500	18	70	18	1.120	1.723	950	200	98	12
	Máximo	7,9	5.684	3.810	6.050	137.600	1.176	2.496	960	8.330	147.637	104.048	32.700	19.500	925
	Média	6,9	1.393	1.828	3.206	35.748	254	757	341	3.536	40.747	23.289	10.202	5.081	272
	Mediana	7,0	848	1.560	2.961	21.290	179	606	281	2.370	20.645	13.355	7.150	3.845	253
	DP	0,7	1.662	1.147	1.843	39.627	319	746	243	2.451	48.225	29.650	10.616	5.904	246
	CV	9,8	119	63	57	111	126	98	71	69	118	127	104	116	90
UFRN	N	33,0	33	33	-	32	32	33	32	20	29	30	30	30	33
	Mínimo	6,1	231	224	-	82	23	73	10	5	537	149	198	143	5
	Máximo	8,1	2.516	1.841	-	63.900	240	719	260	288	93.333	47.836	43.367	26.880	1.000
	Média	6,9	909	811	-	12.929	106	284	53	91	15.662	10.478	11.903	7.524	323
	Mediana	6,7	679	716	-	8.631	97	205	29	93	7.964	6.107	6.509	5.603	150
	DP	0,5	594	436	-	15.026	55	187	56	81	19.337	11.383	11.900	7.170	317
	CV	7,2	65	54	-	116	51	66	107	88	123	109	100	95	98
USP	N	7,0	7	-	-	7	6	7	7	7	7	7	6	6	7
	Mínimo	6,6	184	-	-	1.988	87	132	7	183	1.700	1.179	1.129	848	4
	Máximo	7,6	1.221	-	-	22.372	261	1.994	215	2.257	21.420	10.209	15.178	8.960	325
	Média	7,1	662	-	-	9.536	177	591	73	955	7.573	4.845	5.509	3.487	98
	Mediana	7,1	599	-	-	4.715	173	351	49	375	2.561	1.934	2.030	1.540	12
	DP	0,4	359	-	-	8.450	74	659	80	908	7.458	4.229	6.102	3.594	141
	CV	5,3	54	-	-	89	41	111	110	95	98	87	111	103	143

⁽¹⁾ST – Sólidos Totais; ⁽²⁾STV - Sólidos Totais Voláteis; ⁽³⁾SST - Sólidos Suspensos Totais; ⁽⁴⁾SSV - Sólidos Suspensos Voláteis; ⁽⁵⁾S Sed – Sólidos Sedimentáveis.

Fonte: ANDREOLI et al., (2009)

Quadro 16: Estatística descritiva dos resultados da caracterização *in loco* dos Sistemas de Disposição de esgotos, referentes a primeira coleta (Fase I)

A amostragem utilizada pela UNIFAE/SANEPAR foi realizada pelo amostrador construído para tal fim. As amostras eram compostas por 10 de alíquotas de 500 mL cada, totalizando uma amostra composta com 5.000 mL e encaminhada para análise.

Para a USP a amostragem foi feita reunindo o conteúdo do caminhão em um tanque de 15.000 litros onde as amostras foram retiradas proporcionalmente entre as diferentes alturas formando assim uma amostra representativa.

Koottatep et al., (2009) no período de dois anos (agosto/1997 a setembro/1999) encontrou características para amostras de resíduos esgotados na cidade de Bangkok na Tailândia (Tabela 1).

Tabela 1: Características das amostras de *Septage* de Bangkok.

Parâmetros	Faixas	Média	Desvio Padrão
pH	6,7-8,0	7,5	0,6
ST (mg/L)	5.700-28.000	16.400	6.000
STV (mg/L)	4.000-21.800	12.170	4.600
SS (mg/L)	2.150-21.600	13.600	5.800
DBO (mg/L)	600-5.500	2.800	1.400
COT (mg/L)	5.400-35.500	18.200	7.600
NTK (mg/L)	370-1.500	1.060	360
NH ₄ (mg/L)	200-590	390	110
NO ₃ ⁻ (mg/L)	8-20	12	3
Ovos de Helminthos (nº ovos /g de amostra)	0-14	5	1

Fonte: Adaptado de Koottatep et al., (2009).

HEINSS et al., (1999) reuniu características dos resíduos esgotados de diferentes localidades, sendo que os dados das colunas 1 e 2 (Accra) representam análise de mais de 60 fossas com 3-5 m³ de volume e de banheiros públicos com tempo de esgotamento mínimo de 1 ano e 1,5 semanas, respectivamente; a coluna 3 e 4 são médias de análises de 15 amostras cada, conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Características dos *septages* e lodos de localidades diferentes cidades do continente Africano e Asiático.

Localidade	Accra *		Bangkok**	Manila***
	<i>Septage</i>	Lodo de sanitários públicos	<i>Septage</i>	<i>Septage</i>
COT (mg/L)	7.800	49.000	14.000	37.000
DBO (mg/L)	600-1.500	7.600	-	3.800
ST (mg/L)	11.900	52.500	16.600	72.000
STV (%)	60	69	69	76
pH	7,.	7,9	7,7	7,3
COT/DBO	6-12	6,4	-	9,7
COD/ST	0,7	0,9	0,9	0,5
N° ovos Helmintos /L	4.000	25.000	-	-

*Accra é a capital e principal cidade de Gana

**Bangkok ou Bancoc é a capital e maior cidade da Tailândia

***Manila é a capital e a segunda maior cidade da Filipinas em números de habitantes

Fonte: Adaptado de HEINSS et al., (1999)

3.5 EMBASAMENTO TEÓRICO PARA A PROPOSTA DA ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSA

3.5.1 Filtros Anaeróbios

Os filtros anaeróbios são reatores nos quais a matéria orgânica é estabilizada pela ação dos microrganismos que ficam retidos nos interstícios ou aderidos ao material suporte inerte ou estacionário, como biofilme (VON SPERLING, 1997; SHOW e TAY, 1999; ZANELLA, 1999; PEREIRA-RAMIREZ et al., 2001).

Estes podem ser de fluxo ascendente ou descendente dependendo do tipo de afluente a ser tratado e das condições operacionais.

Os de fluxo ascendente apresentam maior retenção de lodo em excesso, porém está mais vulnerável ao processo de entupimento e surgimento de caminhos preferenciais e, os de fluxo descendentes apresentam como vantagem a facilidade de remoção do lodo em excesso que é gradativamente arrastado com o efluente (ANDRADE NETO et al., 1999c).

Uma das principais diferenças entre esses fluxos se encontra na fixação dos microrganismos, pois, no fluxo descendente os sólidos biológicos encontram-se retidos principalmente na forma de biofilme, fazendo com que a remoção da matéria

orgânica seja praticamente constante ao longo de sua altura; mas por outro lado, no fluxo ascendente, grande parte dos sólidos biológicos encontram-se em suspensão nos interstícios do meio suporte, em forma de flocos e grânulos (CAVALCANTI, 2005).

Em relação ao meio suporte, estes podem ser de diversas origens como anéis de polipropileno (COUTO, 1993), areia (TONETTI, 2004; OLIVEIRA et al., 2006), mangueira de polietileno (STETS, 2008), pedra britada (COUTO, 1993; VARGAS et al., 2000; MAZOLLA, 2003; FLECK, 2003; MANARIOTIS e FASCE, 2006; BUSATO e PAWLOWSKY, 2006), pedra pomes (LAPA, 2003), espuma de poliuretano (STETS, 2008; OLIVEIRA et al., 2009), anéis de bambu (COUTO, 1993; CAMARGO, 2000), banda de rodagem de pneu triturada (NICIURA, 2005), tijolo de argila (ANDRADE NETO et al., 2002; STETS, 2008), serragem de couro (FRANCHINI, 2006) e anéis e eletroduto corrugado (conduíte).

Para fazer a seleção do meio suporte, Ávila (2005) recomenda que deve-se levar em consideração a disponibilidade local de material adequado, seus custos de transporte e montagem e as propriedades físicas do material, listadas a seguir:

- Peso unitário – devem ser leves e estruturalmente resistentes;
- Superfície específica alta;
- Elevado índice de vazios;
- Não devem apresentar formato achatado ou que propicie encaixe ou superposição.

Andrade Neto (2004 e 2006) e Cavalcante (2007) utilizaram anéis de eletroduto cortados com 2,5 cm de diâmetro e 3,0 cm de comprimento como meio suporte em filtros anaeróbios tratando efluente doméstico devido ao seu preço de compra barato em relação ao comercializados no mercado e, ao seu volume de espaço vazio que pode chegar até 89 %.

Os filtros anaeróbios além de complementar o tratamento, sua capacidade de reter os sólidos e de recuperar-se de sobrecargas, tanto qualitativas como quantitativas (hidráulicas e orgânicas), confere ao sistema uma estabilidade operacional com manutenções esporádicas (COREA et al., 1998; CAVALCANTI, 2005).

A combinação tanque séptico seguido de filtros anaeróbios submersos é um modelo clássico de combinação de tratamentos no que tange a aplicação da digestão anaeróbia (CAMPOS et al., 1999). O tanque séptico tem por finalidade a remoção de sólidos sedimentáveis de natureza orgânica e inorgânica, e a fração solúvel encontrada no efluente do tanque será removida pelo filtro anaeróbio, pois este recebendo esgoto bruto iria apresentar em curto tempo, a colmatação do leito filtrante.

A parceria dos sistemas acima pode alcançar cerca de 80% de eficiência na remoção de DBO e SST (ANDRADE NETO, 2006).

Corea et al., (1998) em estudo no Sri Lanka, onde implantou vários filtros anaeróbios recebendo efluente de tanque séptico, localizados em residências e comércio da cidade, obteve resultados satisfatórios quanto a redução do grau de poluição que o efluente de tanque séptico estava causando no aquífero da cidade, produzindo efluente final com sólidos suspensos totais menores que 30 mg/L.

Vela (2006) operando um ASBBR (Reator Anaeróbio operado em batelada seqüencial com biomassa imobilizada) atingiu remoções de até 61% para matéria orgânica, 62% para sólidos suspensos totais e 65% para sólidos suspensos voláteis.

Fleck (2003) tratando lixiviado de aterro sanitário com DQO de 5345 – 14.670 mg/L em filtros anaeróbios de baixa taxa contendo brita nº5 como meio suporte e com 56 dias de tempo de detenção, obteve remoções de até 77,70%.

Pesquisa feita com filtros anaeróbios preenchido com eletroduto corrugado, recebendo efluente de UASB em pequenas comunidades, alcançou eficiência de remoção de 80% para DQO, 83% sólidos suspensos voláteis e produziu efluente com menos de 1 ovo de helminto por litro (CAVALCANTI, 2005).

Sob análise do trabalho de Busato e Pawlowsky (2006) que avaliava os fluxos hidráulicos em filtros recebendo efluente de UASB, os filtros anaeróbios não possuem remoção microbiológica satisfatória atingindo no máximo uma unidade log de remoção, tal fato é observado também em pesquisas de Cavalcante et al., (2008). Por outro lado, a autora acima no mesmo estudo com o sistema RN (figura 5) seguido de filtros anaeróbios descendentes com meios suportes diversos, verificou remoções de ovos de helmintos por volta de 99% (com média afluente de 12,90 ovos/L) produzindo efluente com concentração < 1 ovo de helminto/L.

Embora o tratamento anaeróbio ofereça vantagens como: baixos custos de implantação em relação aos outros tratamentos aeróbios e fácil operação como

referenciado anteriormente, há a preocupação com os teores de nitrogênio amoniacal gerado durante o processo.

Bezerra e Silva (2008) ao estudarem 3 sistemas tanque séptico + filtro anaeróbio lançando seus efluentes finais em corpos receptores, embora obtiveram 70%, 53% e 37% de eficiência de remoção de DBO, DQO e sólidos suspensos totais respectivamente, verificou um aumento de 33% na amônia total no efluente final (35,8 mg/L). Visto a necessidade de se preservar os corpos aquáticos, pois, sabe-se que a amônia além de consumir o oxigênio dissolvido presente na água (SAWYER e McCARTHY, 1978), o seu estado livre (como NH_3) é tóxica aos peixes (ESTEVES, 1998).

Logo, enxerga-se a importância de se aplicar um tratamento aerado no efluente desses sistemas para que o nitrogênio amoniacal seja convertido à outros estados capazes de serem removidos do esgoto.

3.5.2 Filtros Aerados Submersos

Trata-se de uma modalidade de tratamento cujas principais características são a existência de um leito suporte para a adesão de microorganismos, que pode ser estruturado ou granulado, e de um sistema de aeração por ar difuso (HIRAKAWA et al., 2002).

Os biofiltros aerados submersos com meios granulares, doravante neste texto denominados BFs, realizam, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão presentes no esgoto. Além de servir de meio suporte para os microorganismos, o material granular constitui-se num eficaz meio filtrante (GONÇALVES, 2001).

Os BFs são capazes de atingir diferentes objetivos de qualidade: oxidação de matéria orgânica (PUJOL et al., 1992), nitrificação secundária ou terciária (CARRAND et al., 1990; TSCHUI et al., 1993), desnitrificação (LACAMP et al., 1992), e a desfosfatação físico-química (GONÇALVES et al., 1992). (GONÇALVES et al., 2001).

A intenção em aplicar a fase de filtros aerados antecedido pelo tratamento anaeróbio (decanto-digestor e filtro anaeróbio) é o fato de que a etapa aeróbia, responsável pelo polimento do efluente, necessitará de uma quantidade menor

oxigênio devido à menor quantidade de substrato. A redução da necessidade de aeração traz economia tanto no projeto de dimensionamento quanto na operação com redução do consumo de energia elétrica e da quantidade de lodo gerado, podendo se tornar competitiva a sua aplicação (BARBOSA et al., 2006).

Os biofiltros são comumente associados como pós-tratamento de unidades anaeróbias, por exemplo, no tratamento de efluentes de UASB (MATOS et al., 2002; FONTANA, 2007; GODOY, 2007; YENDO, 2003; MATSUMOTO e PEREIRA, 2006; como também os efluentes oriundos de tratamentos aeróbios como o das lagoas facultativas e de maturação (OLIVEIRA e GONÇALVES, 1996).

Alguns critérios são fundamentais para a aplicação desses filtros como:

- Fluxo hidráulico e alta carga orgânica:

O sentido do fluxo influencia diretamente em alguns fatores, em destaque, a eliminação de sólidos suspensos no efluente final. Contudo, de acordo com a escolha do meio suporte correto, a vazão e o tipo de efluente, esse problema não poderá vir a acontecer, fato é que Yendo (2003) tratou efluente antecedido por um UASB com DBO e DQO média de 351 e 1502 mg/L; Pereira (2008) lançou em um biofiltro aerado submerso um esgoto pré-tratado com coagulantes e UASB, um afluente de DBO = 930 mg/L e DQO = 2373 mg/L, ambos os trabalhos tratando efluentes da indústria do curtume e, Fleck (2003) aplicou efluente de lixiviado de aterro sanitário antecedido por filtro anaeróbio e DBO e DQO afluente ao filtro aerado de 1875 e 5002 mg/L respectivamente.

- Material suporte

Nos BFs, o meio suporte deve cumprir as seguintes funções: servir de suporte para fixação dos microrganismos e reter fisicamente os sólidos suspensos presentes no esgoto. Quanto menor for a superfície específica disponível para fixação das colônias de microrganismos, menor será também a capacidade de retenção de sólidos suspensos por filtração. Entretanto, materiais com elevada superfície específica favorecem a rápida evolução da perda de carga, ocasionando aumento na frequência na lavagem do BF (GONÇALVES et al., 2001).

O diâmetro do meio suporte afeta substancialmente a eficiência do filtro: diâmetros menores elevam a área total do biofilme ou interface líquido-ar, incrementando a demanda de oxigênio para estabilização dos substratos absorvidos, ao mesmo tempo dificultam a oxigenação: diâmetros maiores favorecem a aeração, porém diminuem a área total de filme biológico com substrato absorvido, de modo que é preciso balancear os efeitos para a otimização (PASTANA FILHO et al., 1973).

Pesquisa realizada por Araújo et al., (2009) utilizando dois filtros submersos com anéis de eletroduto como meio suporte e aeração rudimentar (vazão mínima de 0,01m³ ar/ min), e afluente com DQO e amônia máxima igual a 126mgO₂/L e 52,5 mgN/L respectivamente, mostraram satisfatória estabilidade física da biomassa ao apresentar baixa concentração de turbidez nos filtros aerados, em torno de 1,5 NTU no efluente final e concentrações de DQO e SST, em torno de, respectivamente, 10 mg/L e 2,0 mg/L ainda testaram filtros aerados no fluxo ascendentes e descendentes, mas não apresentaram diferença operacional em termos da evolução da perda de carga decorrente da colmatação durante os nove meses de pesquisa.

- Sistemas de aeração e demanda de oxigênio

De acordo com von Sperling (1996b), existem duas formas principais de se produzir aeração artificial. A primeira é por meio da aeração por ar difuso, que ocorre com a introdução de ar ou oxigênio no meio líquido. A segunda, por meio da aeração superficial ou mecânica, ocorre com a formação de um grande turbilhonamento, expondo o líquido ao ar, na forma de gotículas, ocasionando a entrada do ar atmosférico no meio líquido.

O sistema de aeração por ar difuso é composto por difusores submersos no líquido, tubulações distribuidoras de ar, tubulações de transporte de ar, sopradores ou outras unidades por onde o ar passa. O ar é introduzido próximo ao fundo do tanque a ser aerado, e o oxigênio é transferido ao meio líquido à medida que as bolhas se elevam à superfície (PEREIRA, 2008).

Sitônio (2001) não obteve sucesso no seu sistema de aeração com difusão de ar através de pedras porosas, pois constatou que favoreceu a formação de caminhos preferenciais e zonas mortas.

Em geral, quanto menor o tamanho da bolha de ar, maior a área superficial disponível para a transferência de gases, ou seja, maior a eficiência de oxigenação. Por isso, os sistemas de aeração com bolhas finas são os mais eficientes (PEREIRA, 2008).

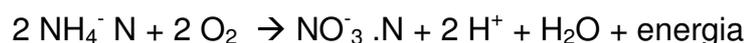
Fontana (2007) acoplou pedra porosa na extremidade da mangueira de aeração com o intuito de diminuir o diâmetro das bolhas de ar, entretanto, durante o experimento obteve problemas de entupimento e redução de OD no efluente final do filtro submerso, tendo que fazer manutenção periódica para evitar tal prejuízo.

3.5.3 Nitrificação

O processo de nitrificação convencional é realizado pela ação de um conjunto de diversos microrganismos, principalmente bactérias, sendo grande parte delas pertencentes a dois gêneros mais freqüentes, o gênero Nitrosomonas, responsável pela passagem da amônia a nitrito (ou seja, bactérias que oxidam amônia - BOA), e o gênero Nitrobacter responsável pela conversão de nitrito a nitrato (ou seja, as bactérias que oxidam nitrito - BON) (SILVA FILHO, 2009).

A reação global é dada pela seguinte (Equação 1):

(Equação 1): Reação global da nitrificação



Os fatores que influenciam na nitrificação são:

- Relação C/N:

A concentração de organismos nitrificantes decresce à medida que a relação C/N cresce. Em reatores que combinam oxidação carbonácea e nitrogenada a relação DBO/N ideal é maior que 5; em sistemas onde a nitrificação ocorre em separado a relação ideal é entre 1 e 3 (METCALF e EDDY, 1991).

Van Loosdrecht et al., (2000) afirmam que a relação DQO/N nestes reatores deve se manter baixa (em torno de 1) para se garantir a máxima atividade dos microrganismos nitrificantes. Em seu estudo, para uma relação DQO/N = 5 a atividade nitrificante se tornou praticamente nula. Eles demonstram que, à medida

que a relação C/N cresce, há um aumento na atividade dos microrganismos heterotróficos, formando camadas extras de biofilme, encobrendo camadas de microrganismos nitrificantes e dificultando sua atividade. Porém, a atividade é restabelecida quando a relação decresce.

- pH:

O pH tem importante efeito sobre a taxa de nitrificação, sendo recomendados valores dentro da faixa ótima de 7,0 a 8,5, dependendo da formação de amônia livre e do ácido nitroso livre (Anthonisen et al., 1976). Para valores de pH abaixo de 8,0 a velocidade de nitrificação diminui, sendo completamente inibida para pH abaixo de 5,0, mesmo que as bactérias nitrificantes tenham sido aclimatadas para valores de pH ligeiramente inferiores a 5,0 (USEPA, 1993). Segundo Grunditz e Dalhammar (2001) o pH ótimo para as bactérias *Nitrosomonas* é de 8,1 e para as *Nitrobacter* de 7,9, mostrando que os valores do pH menores que 7,0 ou maiores que 9,0 diminuem as atividades dessas bactérias. Para Downing (1978) a taxa de nitrificação é constante entre 7,2 e 8,0.

- Alcalinidade:

O controle da alcalinidade está intimamente ligado ao controle do pH. A nitrificação gera íons H^+ , que reagem com os compostos formadores de alcalinidade no meio. O decréscimo nos valores da alcalinidade e, em decorrência, o decréscimo da capacidade tampão do sistema, pode levar a reduções no pH e na taxa de nitrificação (DOMINGUES, 2005). Estequiometricamente, 1 mg de nitrogênio amoniacal oxidado a nitrato consome 7,14 mg de alcalinidade, como $CaCO_3$. Dependendo da alcalinidade presente no esgoto a ser tratado e da carga de matéria nitrogenada a ser convertida, haverá a necessidade de se adicionar algum composto químico formador de alcalinidade, usualmente, cal hidratada (VON SPERLING, 1997).

- Temperatura:

Em geral considera-se que a temperatura ótima para o crescimento de bactérias nitrificantes encontra-se na faixa de 25 a 36° C. Entre 7 e 35° C existe resposta linear para a nitrificação, mas os limites diminuem para a nitratação. Logo, a temperatura ótima para a nitratação é maior que a da nitrificação (Marchetto, 2001).

Segundo Von Sperling (1997) para cada acréscimo de 7° C a taxa de crescimento das bactérias nitrificantes dobra.

- Oxigênio Dissolvido (OD):

O valor de OD para o qual a nitrificação é limitada pode ser de 0,5 a 2,5 mg/L, tanto em sistemas de crescimento de lodo suspenso como sistemas de meio fixo. Podemos concluir que a taxa de crescimento das bactérias nitrificantes não está limitada em níveis de OD acima de 1,0 mg/L, mas na prática, é requerido um OD maior do que 2,0 mg/L (FERREIRA, 2000, DERKS, 2007 apud SILVA FILHO, 2009).

- Presença de substâncias tóxicas ou inibidoras:

O crescimento das bactérias nitrificantes pode ser drasticamente afetado por diversos compostos químicos. Este fator tem maior relevância em sistemas de tratamento de efluentes industriais. Em esgoto sanitário, no entanto, a única substância inibidora presente que requer atenção é a amônia livre ou não ionizada (NH_4). Sua concentração é dependente do pH e da temperatura. Em faixas de pH próximas da neutralidade praticamente toda amônia se mantém na forma ionizada (NH_4^+), não tóxica (DOMINGUES, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ELABORAÇÃO DO AMOSTRADOR DE COLUNA PARA COLETA DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS

Para a realização da presente pesquisa, foi necessário o desenvolvimento de um amostrador de coluna capaz de coletar as três fases de esgoto do interior de fossas e tanques sépticos residenciais, que fosse de fácil utilização, manejo, transporte, eficaz e de baixo custo.

O amostrador aqui apresentado foi concebido (idealizado) por Cícero Onofre de Andrade Neto e desenvolvido com a participação da autora deste trabalho e demais bolsistas do projeto, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte de pesquisa desenvolvida no âmbito do PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, (FINEP/CNPq/CAIXA) no qual se insere esta dissertação.

O amostrador de coluna foi idealizado e desenvolvido utilizando-se materiais como tubos e peças de PVC, peças metálicas e de borracha, e também colas sintéticas, com a finalidade de vedação, na garantia da segurança e estanqueidade do equipamento de coleta.

O instrumento foi feito com tubos de PVC de diâmetro externo de 75 mm, que são os mesmos que se faz uso em instalações prediais de esgoto. Cada tubo apresenta comprimento de 1,0 m (Figura 12). Quanto à profundidade da unidade de coleta, o amostrador de coluna é facilmente adaptável à mesma.



Figura 12: Amostrador de coluna com uma e duas extensões

Através do ajuste de conexões do tipo união dupla (em PVC) em cada extremidade do tubo (Figura 13), o amostrador de coluna pode se adequar às diversas circunstâncias de profundidades, acoplando-se as demais extensões (até três extensões foram utilizadas nas pesquisas) alcançando uma profundidade de até 3,0 m e volume máximo de até 13 litros.



Figura 13: Conexões do tipo união dupla.

No primeiro tubo de PVC, em sua extremidade inferior, posiciona-se uma abraçadeira de aço (Figura 14), com diâmetro nominal de 75 mm, que serve de trava para o fechamento da tampa.

O dispositivo de vedação - a tampa (Figura 14), instalado na mesma extremidade onde se encontra a braçadeira, é formado por uma tampa de ferro fundido com diâmetro de 75 mm, soldada a 4 (quatro) aspas de aço galvanizado. Cada aspa possui um comprimento total de 19,5 cm e 1,5 cm de largura.

São efetuadas duas dobras, uma em cada ponta, de forma que a dobra superior foi determinada para ser de 0,5 cm, cuja função é servir de presilha junto à abraçadeira para não permitir que a tampa desça com o peso do esgoto coletado. A dobra inferior, de 3,0 cm, é necessária para a soldagem das aspas à tampa de ferro. Assim, a aspa passa a apresentar uma altura final de 16,0 cm. Posteriormente a tampa passou a ter três aspas.



Figura 14: Primeira tampa desenvolvida para o amostrador contendo 4 asas de ferro e com anel de borracha colado no fundo da tampa.



Figura 15: Segunda e definitiva tampa na extremidade do amostrador contendo três asas de ferro com anel de borracha parafusado a base da tampa.

Por fim, na tampa de ferro fundido foi fixado um disco de borracha de 1,0cm de espessura, para prover a vedação completa do sistema, garantindo até amostragens em água limpa sem vazamento, conforme testado em tanque com água, com 1,0 m de profundidade. De forma para otimizar o processo de vedação, o disco de borracha, fixado com cola especial, foi posteriormente preso com um parafuso e um disco de metal (de 6,0 cm de diâmetro) para garantir que a borracha não saia do fundo da tampa (Figura 16 B).

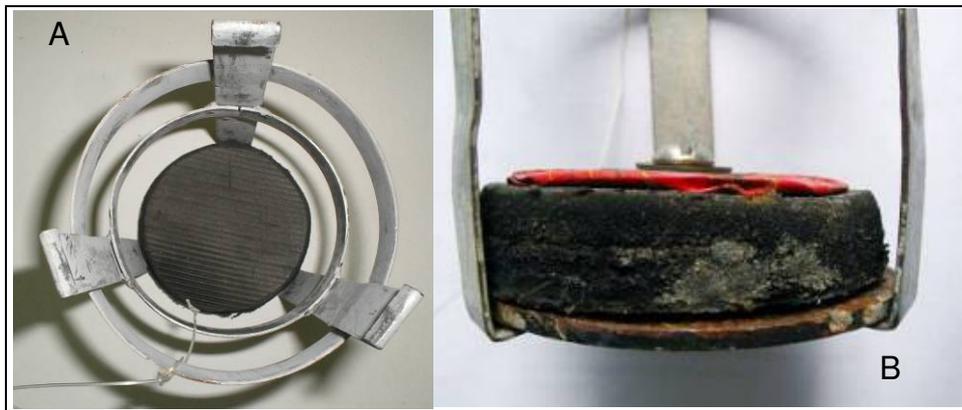


Figura 16: Segunda tampa desenvolvida (A) e tampa nova (B) com o disco de borracha parafusado com o disco de metal.

O segundo amostrador desenvolvido (com a tampa de 3 asas e tubo de PVC branco (Figura 15) foi utilizado na primeira fase das coletas nas residências. Contudo, dois problemas foram verificados: 1º- os tubos de PVC para esgoto, quando eram unidas pelo menos duas extensões de 1,0m cada, mais as conexões do tipo união dupla, também de PVC, tornava o instrumento muito pesado e, mais ainda no momento da retirada do amostrador de dentro do sistema com a amostra no seu interior; 2º - a conexão tipo união dupla impedia que o amostrador entrasse na abertura da fossa ou tanque séptico, tendo que, desta forma, aumentar esta abertura, quebrando mais ainda a estrutura da tampa, ou até mesmo não podendo realizar a coleta, pois, em alguns sistemas (com tampas tubulares), o amostrador nem se quer entrava por inteiro para atingir o fundo do sistema.

Foi construído um terceiro amostrador tomando as mesmas dimensões dos anteriores (75mm Ø), e também a mesma tampa. Ao invés de tubos para esgoto foram utilizados tubos para irrigação com 6,0 m de comprimento total, possuindo em sua extremidade uma boca rosqueável, possibilitando o acoplamento na extremidade de outro tubo.

Para que o amostrador não ficasse muito alongado, com 6,0m de comprimento total, passou a ter 2,0m depois de serrado, ficando em uma extremidade a tampa de três aspás (parte serrada), responsável pela vedação, e a outra ponta com a extremidade rosqueável.



Figura 17: Amostrador de coluna feito com tubulações para irrigação.

Como forma de precaução, outro tubo inteiro (6,0m) foi serrado para os casos em que o tanque séptico ou fossa amostrada tivesse profundidade maior que 2,0m esta nova extensão serrada (também de 2,0m de comprimento) pudesse ser acoplada no primeiro tubo com a tampa no final.

4.1.2 Utilização do amostrador de coluna

No momento da coleta, o amostrador com a tampa abaixada até a metade de sua altura foi introduzido lentamente para que o esgoto de cada nível do tanque séptico entrasse na tubulação (Figura 18 A). Ao chegar ao fundo do tanque séptico, com o amostrador alinhado, pressionou-se a tubulação para que a tampa em contato com o fundo subisse até alcançar a abraçadeira e travasse. Posteriormente retirou-se o amostrador lentamente, verificando se o nível de amostra dentro da tubulação não descia, confirmando a vedação da tampa e a estanqueidade.



Figura 18: Etapas da utilização do amostrador de coluna em uma câmara de tanque séptico.

A retirada da amostra coletada pode ser feita por ambas as extremidades, sendo mais recomendado em casos de esgotos com muito material sólido, a extremidade da abertura da tampa de ferro, pois garante que toda espécie grosseira presente no fundo do amostrador seja carregada pelo restante da amostra ao ser despejada.

Em tanques sépticos ou fossas com longos períodos sem ter sofrido esgotamento, o material sobrenadante que se acumula na superfície do esgoto

forma uma camada bastante espessa, dificultando assim a entrada do amostrador. Para resolver este problema, fez-se uma amostragem breve, com a ajuda de outra tubulação em PVC, de menor comprimento e mesmo diâmetro (75 mm), que permite a retirada da espuma (Figura 19A). Esta operação foi realizada para abrir passagem para o amostrador (Figura 19C). Posteriormente, as amostras do sobrenadante (Figura 19B) e do restante da coluna deverão ser misturadas, pois o sobrenadante removido é integrante da coluna amostrada e não pode ser descartado.

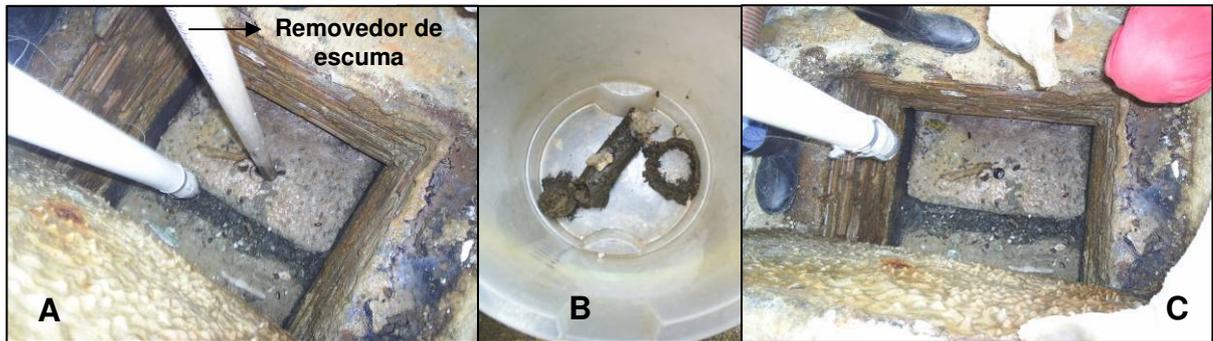


Figura 19: Retirada prévia da espuma em um tanque séptico.

4.2 COLETAS DO CONTEÚDO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS RESIDENCIAIS

A pesquisa foi dividida em dois momentos: antes e decorridos no mínimo seis meses após o esgotamento realizado por caminhões limpa-fossa. A coleta anterior ao esgotamento será identificada como Fase 1 e a coleta realizada após o esgotamento de Fase 2.

Fase 1

A Fase 1 aconteceu no período de 9 de abril a 10 de setembro de 2008 e contemplou a seleção das residências participantes, visita às residências selecionadas, o conhecimento dos sistemas de tratamento individual, a 1ª amostragem do conteúdo no interior dos sistemas e a aplicação do questionário contendo informações sócio-econômicas e aspectos estruturais do sistema.

No momento inicial da Fase 1, cinco residências de moradores conhecidos foram pré-selecionadas para fazerem parte do universo de amostras. Das cinco residências pré-selecionadas, três se encontram na zona sul da cidade e adotavam o tanque séptico de duas câmaras como sistema de disposição, uma na zona norte e uma outra no município vizinho pertencente a região metropolitana (Parnamirim), que utilizavam a fossa como unidade de disposição final.

Posteriormente, ao longo da semana, a equipe de coleta ao entrar em contato com as atendentes das duas imunizadoras parceiras, era informada dos pedidos de esgotamento em residências exclusivamente unifamiliar, seguido de informações como data, endereço do local e hora do serviço de esgotamento. Logo, a equipe se deslocava até a residência no dia marcado e efetuava a amostragem antes do caminhão realizar o esgotamento. Portanto, com exceção das cinco residências pré-selecionadas, o restante das casas foi escolhido aleatoriamente, podendo utilizar tanto tanques sépticos e fossas.

Na primeira fase foram visitadas 28 casas no total, sendo que quatro (R10, R11, R12 e R13) tiveram que ser excluídas por problemas técnicos de logística e análises. E para facilitar a manipulação dos dados, os números das casas permaneceram os mesmos.

A Tabela 3 apresenta as coordenadas geográficas, data, hora e os locais das 24 residências amostradas.

Tabela 3: Coordenadas geográficas das residências participantes da pesquisa em Natal e região metropolitana.

Residências	Fase 1 – antes do esgotamento		Fase 2 – após esgotamento		Bairro	Município	Latitude/Longitude	
	Data (2008)	Hora	Data (2009)	Hora				
R1	9/4	14:00	26/1	10:25	Pirangi	Natal	5°52'16,69"	35°12'26,86"
R2	10/4	10:00		09:30	Bom Pastor		5°45'49,89"	35°16'02,50"
R3	15/4	11:30	19/1	10:00	Ponta Negra		5°52'43,9"	35°10'57,5"
R4	16/4	09:30	11-f	09:35	Panatis III		5°45'57"	35°11'35,77"
R5		10:30	30/1	11:45	Capim Macio		5°50'47,7'	35°11'57,7"
R6		15:15	23/1	09:20	Nova Parnamirim	Parnamirim	5°37'23"	35°11'50"
R7		16:00		10:00	Satélite		5°52'9,4"	35°13'59,7"
R8	17/4	15:30	26/1	09:35	Capim Macio	Natal	5°50'46,9"	35°12'19,8"
R9	22/4	10:15	30/1	09:40	Potengi		5°45'25"	35°14'30"
R14	29/4	15:40	-	-	Satélite		5°43'32,1"	35°12'24,6"
R15	13/5	17:00	30/1	11:00	Nova Parnamirim	Parnamirim	5°53'32,1"	35°12'24,7"
R16	12/6	09:40	5/2	-	Pajuçara II	Natal	5°49'55"	35°13'09"
R17	18/6	11:00	9/2	08:30	Lagoa Nova		5°48'45,3"	35°13'14,7"
R18	26/6	10:20		10:30	Lagoa Nova		5°52'16,42"	35°11'57,78"
R19	3/7	10:30	5/3	09:15	Neópolis		5°52'25"	35°12'18,4
R20	8/7	11:20	10/3	10:00	Neópolis		5°55'36,7"	35°15'14,5'
R21	9/7	14:20	5/2	09:00	Centro	Parnamirim	5°51'52,6"	35°14'12"
R22	27/8	10:15	3/3	09:30	Satélite	Natal	5°44'44,71"	35°11'57,89"
R23	3/9	09:15	-	-	Capim Macio		5°51'489"	35°12'555"
R24		10:30	3/3	11:00	Neópolis		5°43'935"	35°15'465"
R25	4/9	10:15	18/3	09:30	Nova Natal		5°43'935"	35°15'465"
R26		11:15		09:00	Nova Natal		5°43'924"	35°15'461'
R27		15:00	5/3	08:40	Satélite		5°50'35,29"	35°12'17,63"
R28	10/9	11:00	10/3	11:30	Capim Macio		5°52'16,69"	35°12'26,86"

Das 24 residências amostradas 12 eram tanques sépticos de duas câmaras em série (TSC), 10 eram fossas (F) e duas casas com tanque único (TU - com parede e fundo revestidos). Das 12 casas que continham tanque séptico de duas câmaras, somente seis tiveram o conteúdo das duas câmaras coletados, 4 casas somente o 1º tanque e duas casas somente o 2º tanque por dificuldades de acesso (Figura 20).

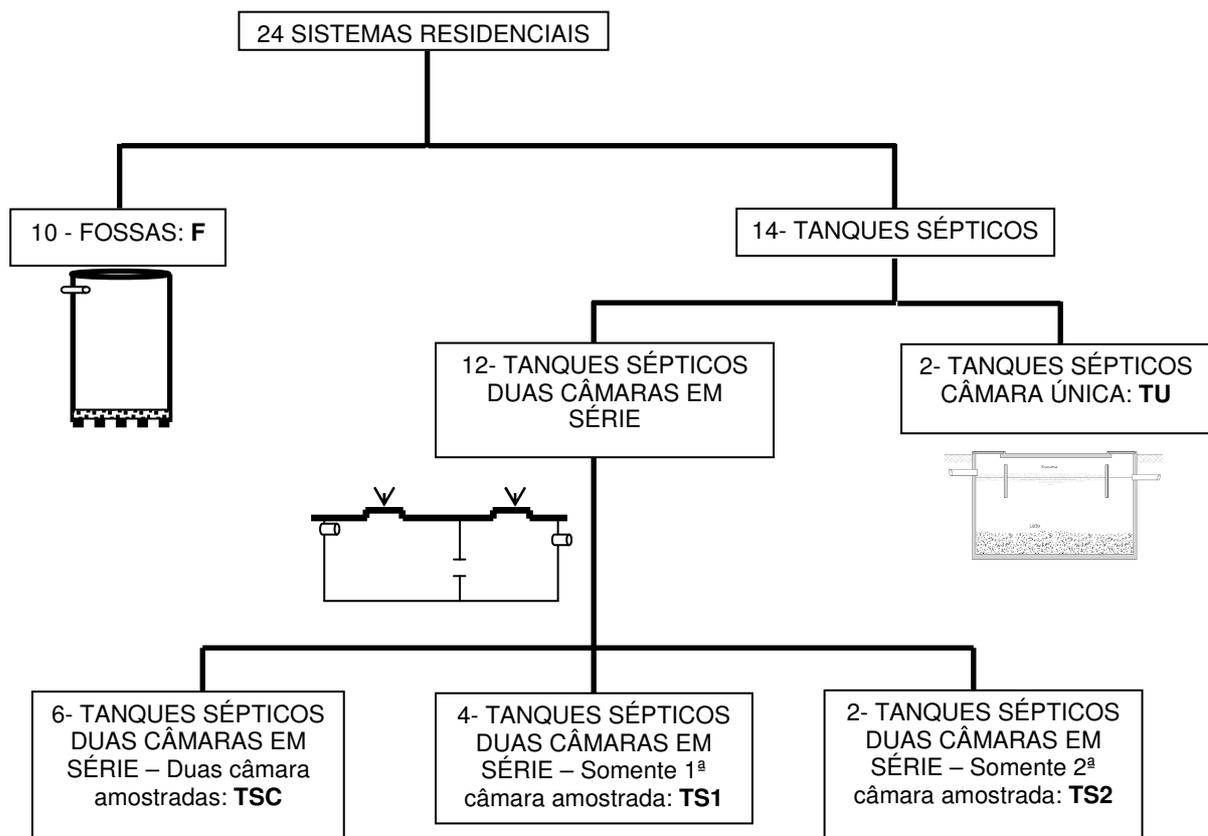


Figura 20: Tipos de sistemas amostrados nas 24 residências

A coleta das amostras foi realizada nos locais onde havia uma tampa de inspeção, através da retirada da tampa inteira do sistema ou quando era quebrada uma pequena abertura suficiente para a entrada da mangueira do caminhão limpa-fossa e do amostrador.

Quando não havia tampa de inspeção de alvenaria convencional (60 cm x 60 cm), a coleta era feita por um acesso feito por tubulação em PVC com 150 mm de diâmetro (Figura 21).



Figura 21: Tampas de inspeção feitas com tubulação em PVC com 150 mm Ø

Algumas casas tinham seus sistemas tão enterrados que foi preciso cavar cerca de 30 cm de profundidade para se ter acesso a tampa de visita (Figura 22).



Figura 22: Exemplos de sistemas enterrados profundamente

Se tratando do local específico de amostragem dentro dos tanques sépticos e fossas, não houve um local definido para a introdução do amostrador, pois os acessos eram diversos e particulares de cada sistema.

Os tanques sépticos de duas câmaras em série por sua vez tiveram locais diferentes de amostragens variando desde a parte rente a parede divisória (Figura 23) quanto nas proximidades da entrada ou saída de cada câmara.



Figura 23: Um dos locais de amostragem – rente a parede divisória

A fossa e o tanque de câmara única, também tiveram pontos de coletas variado de acordo com a posição da tampa de inspeção, ou então quando toda a tampa era removida, procurava-se coletar bem no centro da fossa (Figura 24).



Figura 24: Sistema (fossa) com toda sua tampa retirada

A Figura 25 mostra os possíveis pontos de amostragens realizados para tanque sépticos de duas câmaras e série para tanque único e fossas.

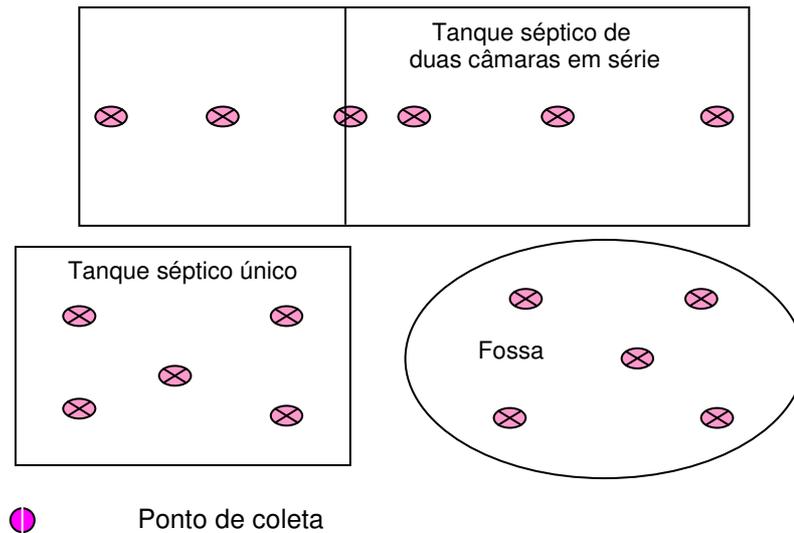


Figura 25: Vista de cima de cada sistema e variados locais de amostragem

Quando se viu necessário quebrar parte da estrutura vedante do sistema, a equipe arcou com os custos de conserto da tampa de visita, tanto para tanques sépticos quanto para fossas (Figura 26).



Figura 26: Tanque séptico com duas câmaras em série antes e depois das tampas custeadas pelo projeto

Em determinadas casas foi feito coleta em apenas uma das câmaras dos TS com câmaras em série, pois o sistema não apresentava abertura que desse acesso ao local para que fosse possível a entrada do amostrador. Portanto, somente a câmara que tinha tal acesso foi amostrada.

A questão das tampas de inspeção desses sistemas nas residências se verificarem somente em uma das câmaras está relacionada ao fato de que geralmente uma tampa apenas é suficiente para que o trabalho de esgotamento seja efetuado trazendo certa eficiência na remoção de todo conteúdo do sistema inteiro, principalmente para as residências que possuem a passagem de uma câmara para

a outra na parte inferior da parede divisória e não a 2/3 de altura conforme mostram a Figura 27 e Figura 28.

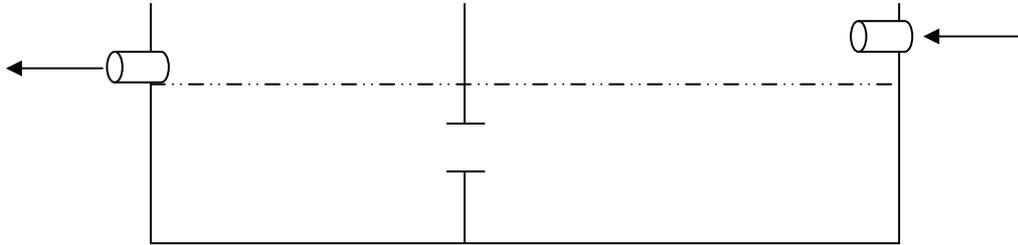


Figura 27: Tanque séptico de duas câmaras com passagem a 2/3 de altura total da parede divisória

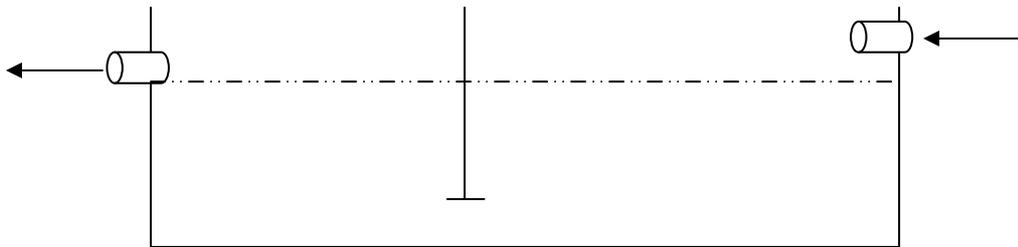


Figura 28: Tanque séptico de duas câmaras com passagem na parte inferior da parede divisória

As seis residências que tiveram ambas as câmaras amostradas apresentavam tampa de inspeção em cima de cada câmara ou em cima da parede divisória (Figura 29 e Figura 30).

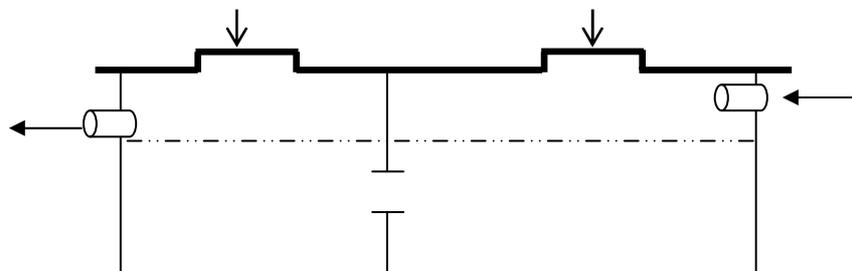


Figura 29: Ponto de amostragem dos tanques sépticos de duas câmaras em série com acessos exclusivo para cada câmara

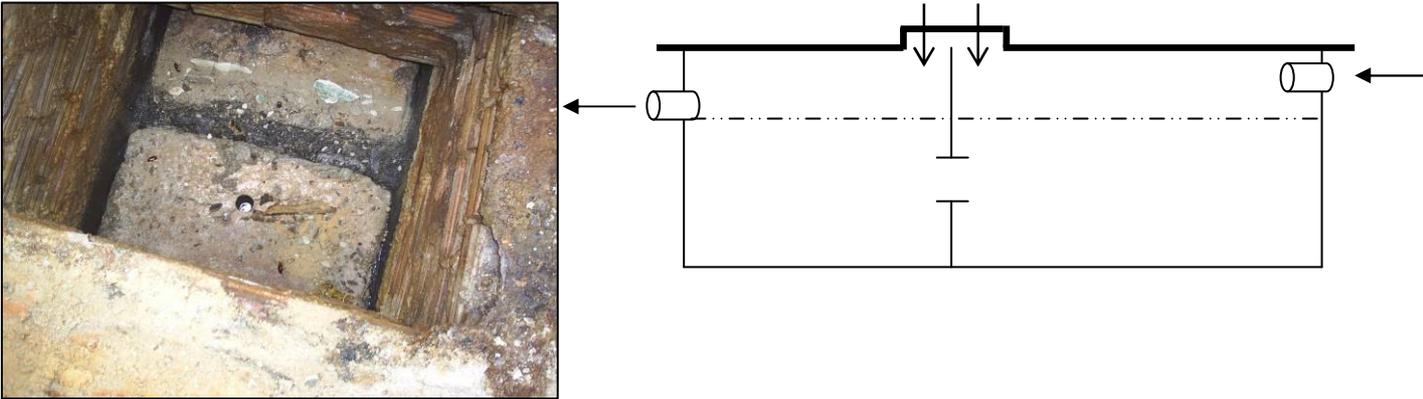


Figura 30: Pontos de amostragem dos tanques sépticos de duas câmaras em série com único acesso a ambas as câmaras

Após a coleta, a amostra foi colocada em um recipiente de 20L, onde foram medidos imediatamente as variáveis pH, temperatura e condutividade elétrica com a Sonda Multiparâmetros Marca Hach modelo Sesion. Uma alíquota foi retirada para análise de óleos e graxas em frasco de vidro boca larga com capacidade para 500 mL. Em seguida, o conteúdo do balde era homogeneizado e transferido para uma garrafa de plástico com capacidade para 3,5L (para as análises físico-químicas e viabilidade de helmintos) e um frasco estéril de plástico de 100mL(para análise de coliformes termotolerantes) e transportados em isopor preenchido de gelo até a chegada em laboratório.

O Quadro 17 apresenta os tipos de recipientes utilizados nos procedimentos de amostragem e o Quadro 18 as metodologias seguidas de suas referências.

Análise	Recipiente	Volume
Coliformes Termotolerantes	Plástico autoclavável	100 mL
Óleos e Graxas	Vidro	500 mL
Físico-Químicas e Viabilidade de Ovos de Helmintos	Plástico	3,5 L

Quadro 17: Frascos e volumes coletados da amostra composta

VARIÁVEIS	MÉTODOS	REFERÊNCIAS
VARIÁVEIS FÍSICAS DETERMINADAS <i>in loco</i>		AWWA/APHA/W EF, 1998
Temperatura (°C)	Sensor de temperatura do potenciômetro	
pH	Potenciométrico	
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	Condutivímétrico	

Quadro 18: Variáveis medidas *in loco* nas amostras coletadas no interior dos sistemas individuais

Durante a 1ª coleta do conteúdo (Fase 1 antes do esgotamento), um questionário (ver em anexo) foi aplicado de forma a obter informações sócio-econômicas da família, como renda mensal total, número de moradores, tempo de habitação, número de banheiros, possuía máquina de lavar roupas ou não, além de informações estruturais do sistema (dimensionamento, tipo de sistema – tanque séptico ou fossa, estado de conservação), dados do esgotamento (tempo sem esgotamento, volume do caminhão da imunizadora) e dados de localização da casa e pessoais, como contato telefônico e e-mail.

Fase 2

Após um intervalo mínimo de seis meses desde o esgotamento, deu-se início a Fase 2 que ocorreu no período de janeiro a março de 2009. O procedimento de coleta com o amostrador de coluna foi realizado novamente para as mesmas residências já amostradas na primeira fase. Foi traçado um período de seis meses, pois seria, aparentemente, o tempo mínimo necessário para que os sistemas pudessem apresentar características distintas, serem preenchidos com esgoto e acumular lodo, além de correrem menos risco de o proprietário solicitar o serviço de esgotamento, o que não seria de modo algum interessante para a pesquisa.

Pode-se observar no Quadro 19 que todas as residências, com exceção da R17, obedeceram ao intervalo mínimo de seis meses. A R17 esgotou seu sistema um dia antes do dia da 2ª visita. No mesmo quadro estão listadas as casas com a data do último esgotamento realizado até o momento da 1ª visita (1ª fase) e o último esgotamento feito até 2ª visita (segunda fase).

Residências	Tempo sem esgotamento antes da 1ª coleta ⁽¹⁾	Tempo decorrido entre a Fase 1 e a Fase 2 ⁽²⁾
R1	2 anos	9 meses
R2	7 anos	
R3	20 anos	
R4	2 anos	8 meses
R5	1,3 anos	
R6	20 anos	9 meses
R7	5 anos	
R8	4 anos	
R9	10 anos	
R14	3 anos	-*
R15	1 ano	9 meses
R16	2 anos	-*
R17**	3 meses	1 mês**
R18	3 anos	8 meses
R19	2 anos	7 meses
R20	6 meses	8 meses
R21	8 anos	6 meses
R22	1,5 anos	7 meses
R23	6 anos	-*
R24	2 anos	6 meses
R25	1 anos	6 meses
R26	7 meses	6 meses
R27	3 anos	6 meses
R28	10 anos	6 meses

-* Residências que não foram amostradas na Fase 2.

** R17 esgotou seu sistema no dia anterior a segunda visita (Fase 2).

(1) Informado pelo morador.

(2) Tempo real esperado pelo projeto.

Quadro 19: Tempo de esgotamento dos sistemas individuais de tratamento residenciais e intervalos entre as fases de coleta.

Nesta segunda fase do experimento, foi utilizado o amostrador de coluna feito de tubos de PVC para irrigação, e aplicado um novo questionário (ver em anexo) a fim de saber se houve esgotamentos após a 1ª visita.

Nem todas as casas se mostraram disponíveis para participar desta segunda fase. Das 24 casas participantes na primeira fase, três foram eliminadas da segunda, pois situações como mudança da família para outro local, reforma no piso em que o sistema se localizava (Figura 31) e motivo de doença do morador impediram que a equipe de coleta tivesse acesso aos sistemas.



Figura 31: Localização da fossa na 1ª e 2ª visita na residência 14.

4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS E ADAPTAÇÕES PARA ANÁLISE DAS AMOSTRAS

Além dos parâmetros mensurados em campo, outras variáveis foram analisadas. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas corretamente nos recipientes, refrigeradas em caixa térmica, e seguiram para o laboratório. As variáveis e metodologias utilizadas constam no Quadro 20, seguida de suas respectivas referências.

VARIÁVEIS	MÉTODOS	REFERÊNCIAS
VARIÁVEIS FÍSICAS		
Sólidos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Secagem a 103 - 105°C	AWWA/APHA/WEF, 1998
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45 µm de porosidade – Secagem a 103°C – 105°C	
Sólidos Suspensos Voláteis e Fixos (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45 µm de porosidade – Secagem a 103°C – 105°C seguida de Ignição a 550°C	
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	Visualização em Cone de Imhoff	
VARIÁVEIS QUÍMICAS		
DQO (mgO ₂ /L)	Titulométrico - Digestão por refluxação fechada	AWWA/APHA/WEF, 1992.
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	Titulométrico com Potenciômetro - Neutralização com Ácido Sulfúrico	
Nitrito (mgN/L)	Espectrofotométrico – Diazotação Sulfanilamida – NED	
Fósforo Total (mgP/L)	Espectrofotométrico – Digestão ácida com Cloreto Estanhoso	
Nitrogênio Orgânico (mgN/L)	Espectrofotométrico - Digestão e destilação seguida de Nesslerização	
Amônia Total (mgN/L)	Espectrofotométrico - Destilação em Micro-Kjeldahl seguida de Nesslerização	AWWA/APHA/WEF, 1992.
Óleos e Graxas (mg/L)	Gravimétrico -Extração em sohxlet com Éter de Petróleo	RODIER, 1975.
Nitrato (mgN/L)	Espectrofotométrico – Salicilato de Sódio	
VARIÁVEIS BIOLÓGICAS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Técnica da Membrana Filtrante com 0,45 µm de poro.	APHA <i>et al</i> , 1998
Viabilidade de Ovos de Helmintos (nº de ovos/L)	USEPA (2003) recomendado pela Resolução CONAMA N° 375/2006	

Quadro 20: Metodologias analíticas e referências das variáveis analisadas

Através da pesquisa bibliográfica das características dos resíduos provenientes de tanque sépticos e fossas, pressupôs-se que as amostras coletadas no interior dos sistemas analisados têm altas concentrações de algumas variáveis, principalmente para fração de sólidos, óleos e graxas, DQO, nitrogênio orgânico e fósforo (considerando a parte orgânica com o principal contribuinte). Portanto, tomando como base essa percepção primitiva, adotou-se a prática de diluições muito elevadas e diante disso alguns cuidados tiveram que ser tomados para que os resultados se aproximassem ao máximo do seu valor exato.

4.3.1 Sólidos Suspensos Totais

A determinação dos sólidos suspensos totais (SST) é uma das principais frações no que diz respeito ao tratamento de esgoto, se sobrepondo inclusive dos

teores de sólidos totais. Entretanto, quando é realizada com amostras suspeitas de alta concentração de sólidos totais, essa variável pode perder sua credibilidade, pois, o resultado tenderá a extrapolação do valor exato devido as elevadas diluições que serão aplicadas.

As amostras não receberam qualquer tipo de pré-tratamento envolvendo a remoção de material sobrenadante, sólidos flutuantes, cabelo e sólidos grosseiros. A amostra foi analisada bruta, contando somente com o processo de homogeneização, pois se tem como objetivo representar as condições reais que a amostra se encontra no interior dos sistemas. Ver metodologia em anexo.

4.3.2 – Óleos e Graxas

Após um tempo de repouso da amostra despejada no balde de 20L, com um recipiente de 500 mL de vidro e de boca larga, foi retirada uma alíquota da amostra na superfície do líquido já que o material gorduroso (sobrenadante) tendencia ficar na parte superficial da amostra. Portanto buscou-se abranger a maior área superficial para recolher aproximadamente 500 mL de amostra.

Como as amostras apresentavam muito material sólido, não era possível a filtração de altos volumes no papel filtro (com 10 cm de diâmetro e maioria dos poros com 14 μm) revestido com uma camada de caulim e celite, pois rapidamente entupia. A adaptação da análise foi a não homogeneização do frasco, e filtração somente do material sobrenadante até sair todo conteúdo líquido, e deixando sólidos como areia, caroços de frutas e sementes no fundo do frasco. Posteriormente foi passado um algodão embebido com o solvente (éter de petróleo) nas bordas, laterais e tampa do frasco para remover aquela gordura aderida no vidro. Ver metodologia em anexo.

4.3.3 – Alcalinidade total

Foi escolhido o método titulométrico com a ajuda da potenciometria para a análise da alcalinidade total, pois as amostras apresentam coloração muito escura, não sendo possível perceber o ponto de “virada” (ponto de equilíbrio químico)

visualmente. Foi utilizada uma alíquota de 50 mL da amostra, pois as concentrações preliminares se mostraram elevadas e com alto gasto de reagente, além de demora no tempo da titulação, logo, o uso dos 50 mL além de ter oferecido resultados confiáveis tornou a análise mais eficiente.

4.3.4 – Viabilidade de ovos de Helmintos

O método da USEPA (2003) utilizado nesta pesquisa teve que sofrer algumas adaptações devido às condições das amostras. A análise de viabilidade de helmintos consiste em uma série de lavagens com reagentes (detergentes) de diversas densidades que retiram as impurezas e isolam o sedimento contendo os ovos de helmintos. No entanto, devido a alta concentração de sólidos sedimentáveis na amostra, foi necessário acrescentar uma nova etapa de remoção das impurezas, citada por Zerbini e Chernicharo (2001) através da adição de uma solução tampão aceto-acética (mistura de acetato de sódio cristalino e ácido acético) que potencializa a remoção de sobrenadantes isentos dos ovos de helmintos com a formação de três fases após centrifugação (Figura 32).



Figura 32: Fase acrescida na metodologia de contagem e viabilidade de ovos de helmintos para remoção de impurezas

Esta prática facilitou bastante na diminuição do volume final de sedimento gerado no tubo de centrifuga (15 mL), que futuramente seria transferido para a

câmara Mac Master a fim de se realizar a varredura no microscópio para contagem do número de ovos encontrados.

Durante as análises, devido a limitações estruturais (equipamentos) do laboratório, ao invés de utilizar tubos de centrífuga de 50 mL foram usados vários de 15 mL para comportar na centrífuga disponível.

4.4 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram agrupados da seguinte maneira:

- **Grupo 1** – esse grupo considerou todas as residências amostradas (24 casas) na fase 1 da pesquisa imediatamente antes do sistema ser esgotado. Foi realizada a média aritmética das duas câmaras dos tanques sépticos de duas câmaras em série (TSC) para se chegar a um valor único e poder agrupá-los com os demais. O objetivo é determinar as características físicas, químicas e microbiológicas dos conteúdos provenientes do interior de 24 fossas e tanques sépticos residenciais.
- **Grupo 2** – esse grupo considerou 22 residências sendo: fossas (F- 10 fossas); tanques sépticos de duas câmaras em série (TSC – 6 sistemas), 1ª câmara de tanques sépticos de duas câmaras em série (TS1 – 4 sistemas) e tanques de câmara única (TU – 2) relativos a fase 1 da pesquisa (Tabela 4). Foi realizada a média aritmética das duas câmaras dos tanques sépticos de duas câmaras em série (TSC) para se chegar a um valor único e poder agrupá-los com os demais. As residências R8 e R27 não foram incluídas por apenas a segunda câmara do tanque séptico amostrada. A intenção desse agrupamento é de verificar se existe diferença estatística significativa entre os grupos de tanques sépticos e fossas.

Tabela 4: 22 residências do grupo 2.

Sistema	Residências	Sistema	Residências
TS-1	R1	TS-único	R17
FOSSA	R2	FOSSA	R18
TSC	R3	TS-1	R19
TS-1	R4	FOSSA	R20
TSC	R5	FOSSA	R21
FOSSA	R6	TSC	R22
TSC	R7	FOSSA	R23
FOSSA	R9	FOSSA	R24
FOSSA	R14	FOSSA	R25
TS-1	R15	FOSSA	R26
TSC	R16	TSC	R28

- **Grupo 3** – esse grupo de dados contemplou exclusivamente os tanques sépticos de duas câmaras em série - TSC (R3, R5, R7, R16, R22 e R28), totalizando seis sistemas. Foi realizada a média aritmética das duas câmaras, para se chegar a um valor único, e poder agrupá-los com os demais. Os valores utilizados diz respeito a fase 1 e 2 da pesquisa. O objetivo é comparar o conteúdo das duas câmaras.
- **Grupo 4** - contemplou todas as residências amostradas, totalizando 22 sistemas amostrados na fase 1 da pesquisa, mais 42 amostras de caminhões limpa-fossa exclusivamente residenciais extraídos do trabalho de Ratis (2009) para verificar se existe diferenças estatísticas significativas entre estes dois grupos. Foi realizada a média aritmética das duas câmaras dos tanques sépticos de duas câmaras em série (TSC) para se chegar a um valor único e poder agrupá-los com os demais.
- **Grupo 5** – reuniu 19 sistemas, dentre eles 11 tanques sépticos e 8 fossas, que tiveram amostras coletadas nas duas fases da pesquisa com o objetivo de avaliar as características do conteúdo antes, e decorrido seis meses após o esgotamento dos sistemas. Foi realizada a média aritmética das duas câmaras dos tanques sépticos de duas câmaras em série (TSC) para se chegar a um valor único e poder agrupá-los com os demais.

- **Grupo 6** – reunião das informações de caráter sócioeconômico através da organização dos questionários.

Para os grupos 1, 2, 4 e 5, envolvendo todas as variáveis, foram realizados testes de normalidade a nível de 5% para conferir se os dados tinham ou não distribuição normal através do teste de Shapiro-Wilks com 10 números de intervalo e de histogramas de distribuição. O grupo de dados que não apresentou distribuição, foi logaritimizado na tentativa de normalizá-los.

Também fez-se a estatística descritiva para posterior aplicação da estatística indutiva. Para tanto foi utilizado o software estatístico apropriado subsidiado pela planilha eletrônica.

Para a análise de variância foram realizados os testes:

- **Paramétricos:** testes de Tukey HSD (que compara as médias entre os dados), Fisher LSD, Unequal N HSD, Bonferroni, Scheffé, além da ANOVA gráfica e;
- **Não-Paramétrico:** (Kruskal-Wallis) que trabalha com dados que não possuem distribuição normalizada de forma a verificar a diferença ou não entre grupos propostos por cada objetivo.

Os testes de variância foram aplicados para os seguintes grupos:

- Grupo 1 – com as 24 residências amostradas;
- Grupo 2 – comparação do grupo das fossas com o do tanque séptico;
- Grupo 4 – comparação do conteúdo de 22 residências amostradas com o resíduo de 42 caminhões limpa-fossa de origem residencial estudada por Ratis (2009);
- Grupo 5 – com as residências que tiveram amostras analisadas antes e após o esgotamento.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CONTEÚDO

5.1.1 Considerações iniciais sobre os dados (grupo 1)

Já era esperado que os dados coletados fossem bastante diferentes pois, cada amostra era um caso a parte, com tempos de esgotamentos, sistemas e moradores diferentes. Contudo, essas diferenças complicam no momento de tratar os resultados, pois este banco de dados não apresenta distribuição normal, de acordo com o tratamento estatístico. Como forma de verificar a distribuição, foi feito histogramas com 10 números de intervalos e a nível de 5%.

O teste de normalidade para as 24 residências amostradas na 1ª fase apresentou dados muito dispersos para todas as variáveis analisadas. A Figura 33 mostra a verificação de normalidade através dos histogramas, realizada com ST, DQO, NTK e CTT, que representa o comportamento geral das demais variáveis, com exceção da temperatura, pH e condutividade elétrica, que obtiveram distribuição normal.

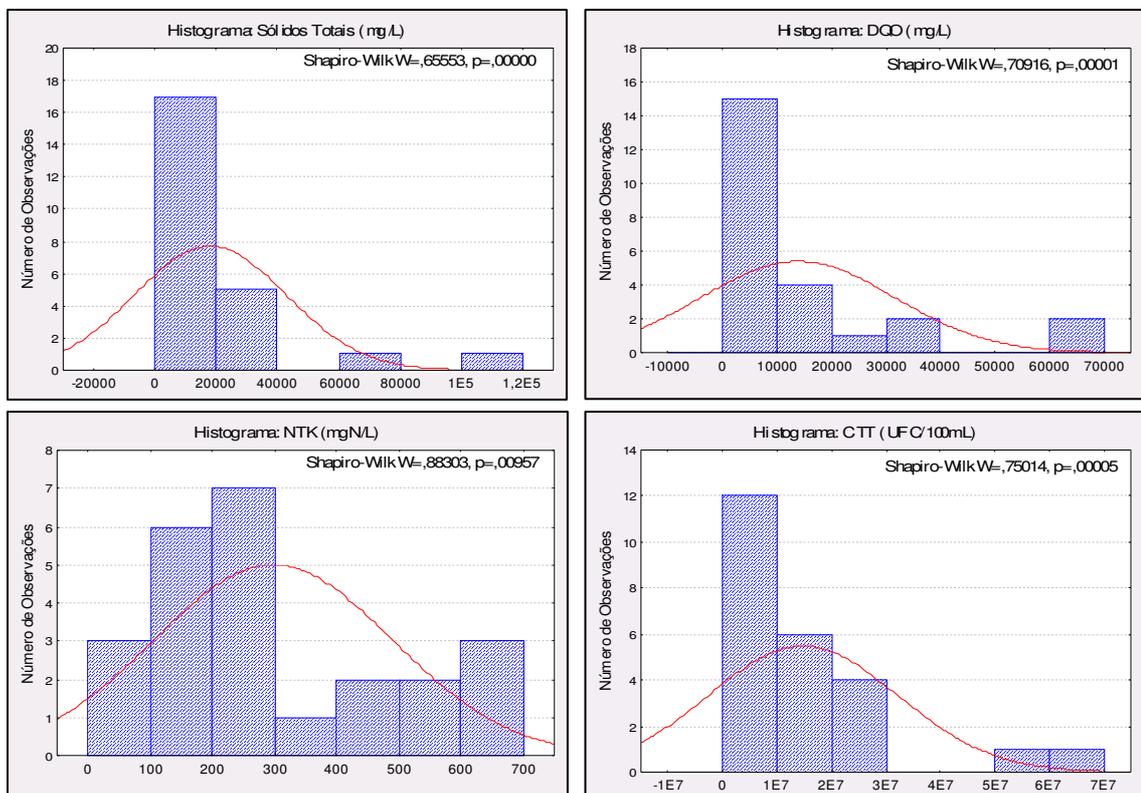


Figura 33: Teste de normalidade (Shapiro-Wilks) com variáveis brutas

Contudo, quando os dados foram logaritimizados, os histogramas passaram a apresentar uma tendência maior de distribuição normal conforme pode ser visto na Figura 34.

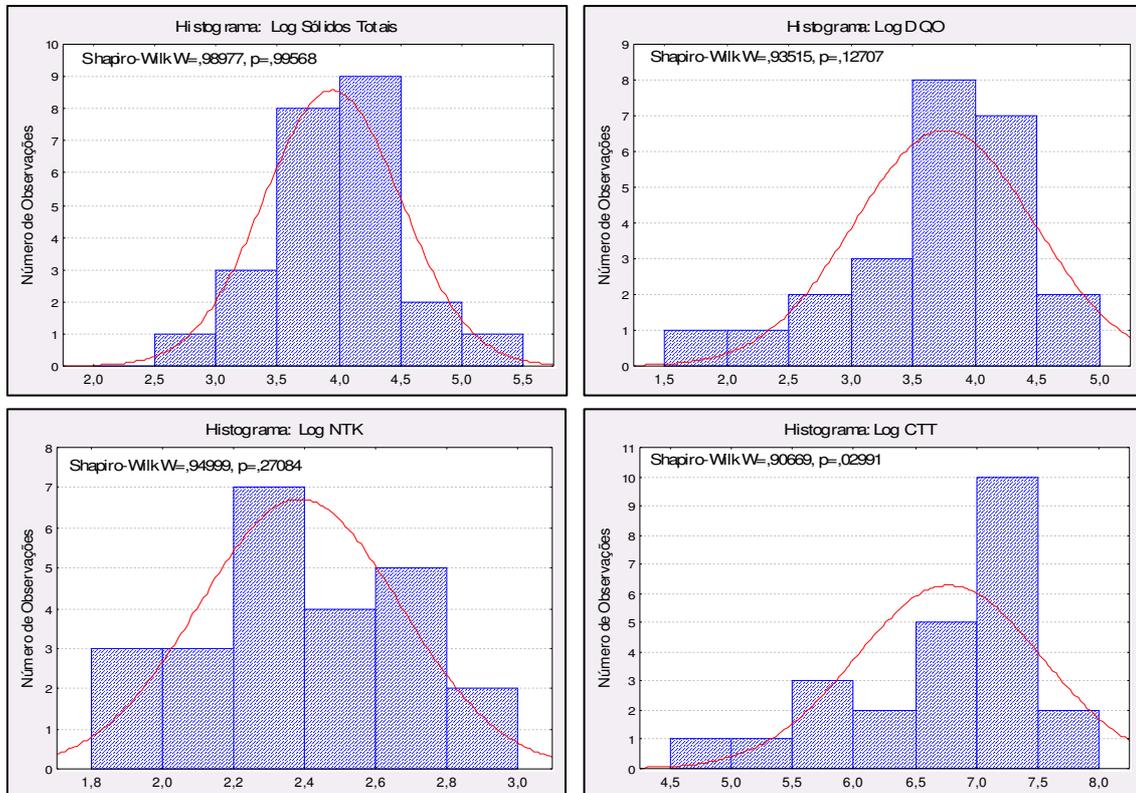


Figura 34: Teste de normalidade (Shapiro-Wilks) com variáveis logaritimizadas

Conforme observado nas Figura 33 e Figura 34, houve mudança considerável nos valores de W (confiança) e p (significância) quando comparados os dados brutos e logaritimizados. A análise dessas variáveis serviu de exemplo para as demais variáveis utilizadas na pesquisa, com exceção dos coliformes termotolerantes. Tal diferença pode ser vista na Tabela 5:

Tabela 5: Nível de confiança e significância dos dados brutos e logaritimizados no teste de normalidade através dos histogramas.

Variáveis	Dados Brutos		Dados Logaritimizados	
	W	p	W	p
ST	0,65553	0,0000	0,98794	0,13306
DQO	0,70916	0,0001	0,93515	0,12707
NTK	0,88303	0,00957	0,94999	0,27084
CTT	0,75014	0,00005	0,90669	0,02991

Diante do exposto, e ressaltando que esse comportamento se mostrou unânime com todas as variáveis, com exceção do pH, temperatura e condutividade elétrica, adotou-se como medida central a mediana, pois os dados apresentaram uma dispersão muito alta e a utilização da média aritmética se mostra pouco consistente, ou seja, é muito influenciada por valores ou “muito grandes” ou “muito pequenos”, mesmo que estes valores surjam em pequeno número na amostra.

5.1.2 – Características Físicas, Químicas e Biológicas

5.1.2.1 – pH, Alcalinidade Total e Temperatura

A Tabela 6 traz a estatística descritiva das variáveis temperatura, pH e alcalinidade total.

Tabela 6: Estatística descritiva da temperatura, pH e da alcalinidade total dos 24 sistemas.

Estatística descritiva	Temperatura	pH	Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)
n	24	24	24
Média	28,0	6,95	963,5
Mediana	28,0	6,78	709,0
Média Geométrica	27,9	6,94	806,7
Máximo	31,3	8,14	2516
Mínimo	23,6	6,11	309
DP*	1,64	0,52	615,7
%CV**	5,9	7,4	63,9

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

A temperatura e o pH foram as variáveis que menos variaram, tanto é que a média e mediana foram iguais para temperatura, e muito próximas para o pH 6,95 e 6,78, respectivamente.

Para alcalinidade total, a média aritmética, geométrica e mediana até que foram bastante próximas, contudo, o coeficiente de variação e desvio padrão mostram que houve diferença na maioria dos dados. A concentração máxima e mínima foi de 2.516 e 309 mgCaCO₃/L, respectivamente. A variação da alcalinidade pode ser vista na Figura 35 através do gráfico Box-plot com percentis de 10% e 90%.

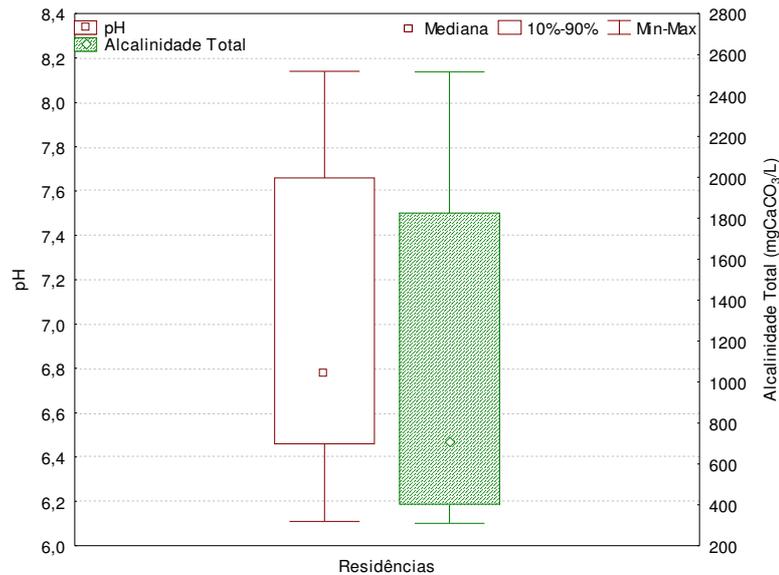


Figura 35: Box-plot com percentis de 10% e 90% da alcalinidade total e pH para as 24 amostras.

5.1.2.2 – Óleos e Graxas

A Tabela 7 apresenta a estatística descritiva da variável óleos e graxas das 24 amostras coletadas.

Tabela 7: Estatística descritiva de óleos e graxas dos 24 sistemas.

Estatística descritiva	Óleos e Graxas (mg/L)
n	14
Média	91,5
Mediana	75,2
Média Geométrica	14
Máximo	288
Mínimo	5,25
DP*	80,5
%CV**	88,0

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

Primeiramente não foi possível analisar todas as amostras de óleos e graxas, devido a alguns contratempos laboratoriais, bem como da própria situação em que a amostra se encontrava, como por exemplo, o R9 que apresentou sólidos sedimentáveis da ordem de 1000 mL/L, não sendo possível a sua filtração. Os valores para essa variável foram bem discrepantes, com concentração máxima de 286 mg/L, e mínima de 5,25 mg/L. O desvio padrão e o CV foram elevados, confirmando tal discrepância.

5.1.2.3 – Sólidos

A Tabela 8 apresenta a estatística descritiva da série de sólidos nas 24 amostras.

Tabela 8: Estatística descritiva da série de sólidos dos 24 sistemas amostrados.

Estatística Descritiva	ST (mg/L)	STV (mg/L)	STF (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)	SSed (mL/L)
n	24	24	24	24	24	24	24
Média	18.027	10.089	7.950	11.299	7.489	3.818	301
Mediana	10.169	6.107	2.743	6.509	5.603	1.287	175
Média Geométrica	8.838	5.439	2.974	5.993	4.119	1.533	160
Máximo	111.360	47.836	63.524	32.324	26.880	17.784	1.000
Mínimo	537	149	388	198	143	54	5
DP*	24.828	11.081	14.369	10.523	7.199	4.828	310
%CV**	138	110	181	93	96	126	103

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

A Figura 36 mostra a variação das 24 amostras através do gráfico Box-plot com percentis de 10% e 90% dos sólidos totais, suspensos totais e sólidos sedimentáveis.

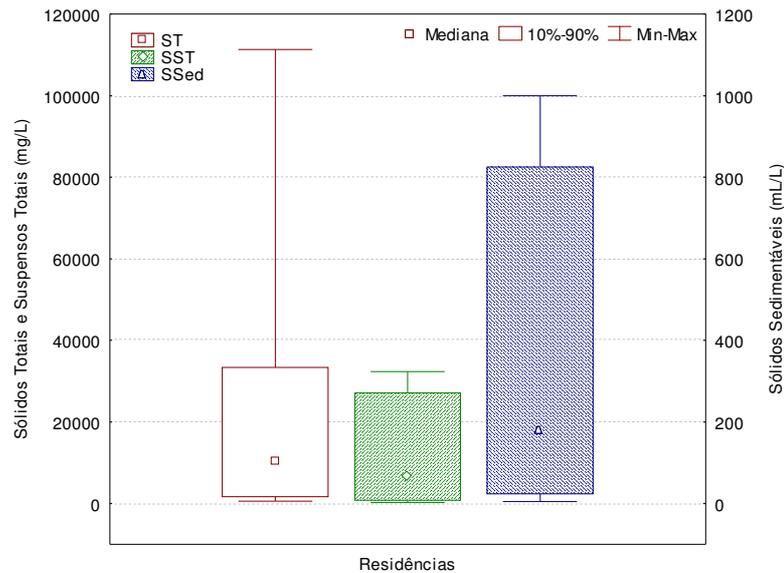


Figura 36: Box-plot com percentis de 10% e 90% dos sólidos totais, suspensos totais e sólidos sedimentáveis nas 24 amostras.

As frações de sólidos foram as variáveis que mais tiveram variação entre os 24 sistemas amostrados. Os ST atingiram concentração máxima de 111.360 mg/L, os SST 32.324 mg/L e SSed com 1000 mL/L. Tais concentrações revelam a grande dificuldade em quantificar essa variável, principalmente no que tange aos sólidos suspensos, para os quais grandes diluições foram utilizadas.

As concentrações mínimas (ST= 537mg/L, SST = 198, SSed = 5ml/L) são devidos ao sistema da residência R17 que realizou esgotamento três meses antes do dia da amostragem, diferentemente das demais casas com tempo mínimo de um ano.

O teor de material dissolvido, obtido pela subtração dos sólidos suspensos pelos totais, também é bem expressivo, concomitantemente a condutividade elétrica, com mediana de 762,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Acredita-se que tenha ocorrido intensa interferência de material sólido nos eletrodos do condutímetro. E os resultados de condutividade poderiam ser até maiores. Contudo, a condutividade elevada observada pode ser relacionada com o alto teor de sais dissolvidos no esgoto de origem doméstica.

A média e mediana da fração volátil tanto para os sólidos totais (STV – 10.089 e 6.107mg/L) quanto para os suspensos (SSV – 7.489 e 5.603mg/L) se mostraram superiores em relação a fração fixa (STF – 7.950 e 2.743mg/L; SSF – 3.818 e 1.287 mg/L). O gráfico da Figura 37 foi gerado a partir da estatística descritiva encontrada na Tabela 8.

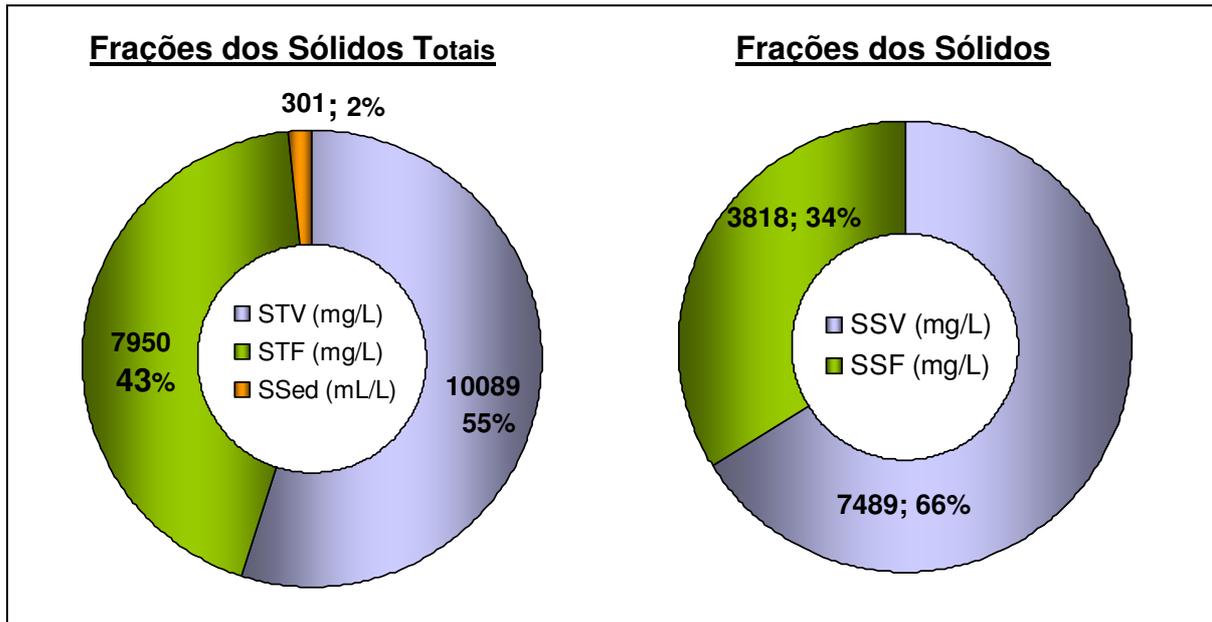


Figura 37: Frações de sólidos fixos e voláteis considerando a mediana das 24 amostras.

5.1.2.4 – Nitrogênio

A Tabela 9 apresenta a estatística descritiva das frações nitrogenadas das 24 amostras.

Tabela 9: Estatística descritiva da série de nitrogênio dos 24 sistemas amostrados

Estatística Descritiva	Amônia (mgN/L)	N.Org (mgN/L)	NTK (mgN/L)	Nitrito (mgN/L)	Nitrato (mgN/L)	N TOTAL (mgN/L)
n	24	24	24	21	22	24
Média	127	172,1	297,7	2,6	0,5	300,4
Mediana	111	130,5	221,8	0,2	0,4	222,7
Média Geométrica	106	106,0	243,5	0,3	0,4	245,4
Máximo	403	516,3	690,1	48	1,235	690,1
Mínimo	23,0	1,81	85,7	0,06	0,08	85,99
DP	80,69	147,16	191,38	10,41	0,37	193,24
%CV	64,26	85,50	64,29	398,57	74,67	64,32

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

A Figura 38 mostra a variação de amônia, nitrogênio orgânico, NTK e nitrogênio total considerando as formas de nitrato e nitrito das 24 amostras.

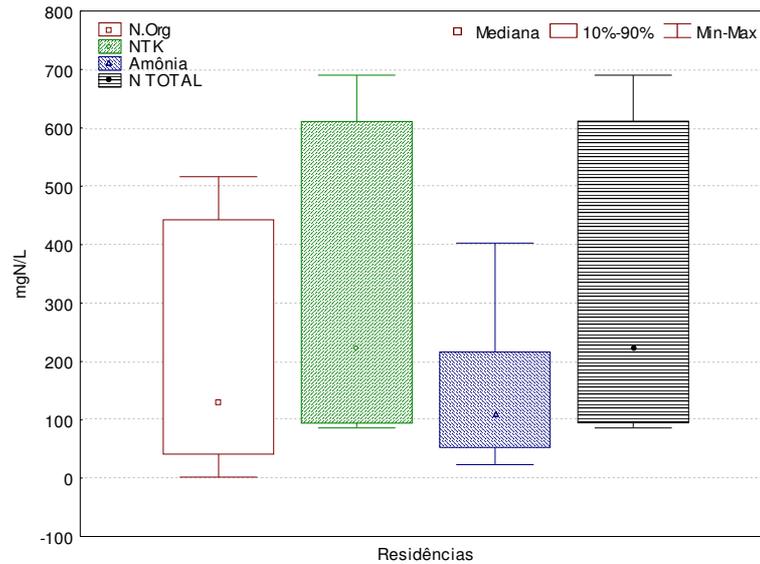


Figura 38: Box-plot com percentis de 10% e 90% de amônia, nitrogênio orgânico, NTK e nitrogênio total nas 24 amostras.

De uma forma geral as medianas foram elevadas para as frações nitrogenadas, com exceção para o nitrito e nitrato. A amônia apresentou mediana na ordem de 111 mgN/L, correspondente a 46% no nitrogênio total, e máximo e mínimo de 403 e 23 mgN/L, respectivamente. A parte orgânica (referente a 54% do total de nitrogênio) também foi bastante participativa com mediana (131 mgN/L) e máximo (516 mgN/L). O valor mínimo de N. Org (1,81 mgN/L) se deu também para a residência R17 que apresentou visualmente um resíduo fraco e diluído em relação as demais amostras.

Tratando-se do nitrato, com apenas 0,4% do total de nitrogênio, esperava-se concentrações mais elevadas desse íon, devido a água distribuída na cidade de Natal ter como característica concentrações significativas de nitrato. Mas não foi o que revelaram as análises. Pelo contrário, as concentrações foram mínimas, variando entre 1,235 a 0,08 mgN/L. O nitrito, com porcentagem próxima a zero, apresentou um dado díspar (48 mgN/L) causado pela amostra da residência R26.

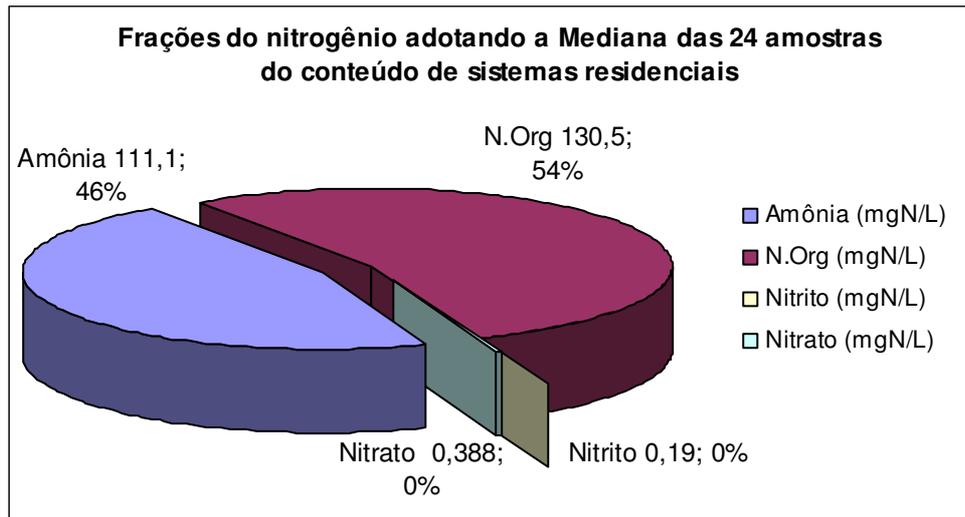


Figura 39: Porcentagem e distribuição das frações nitrogenadas das 24 residências amostradas

5.1.2.5 – DQO e Fósforo Total

A Tabela 10 apresenta a estatística descritiva da variável DQO e do fósforo total nas 24 amostras coletadas.

Tabela 10: Estatística descritiva da DQO e do fósforo total das 24 residências amostradas

Estatística Descritiva	DQO (mgO ₂ /L)	PT (mgP/L)
n	24	24
Média	13854	71,2
Mediana	8935	29,2
Média Geométrica	5643	37,6
Máximo	64568	548
Mínimo	82	10
DP*	17708	115
%CV**	128	161

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

A Figura 40 apresenta a variação da DQO e fósforo total através do gráfico Box-plot com percentis de 10% e 90%.

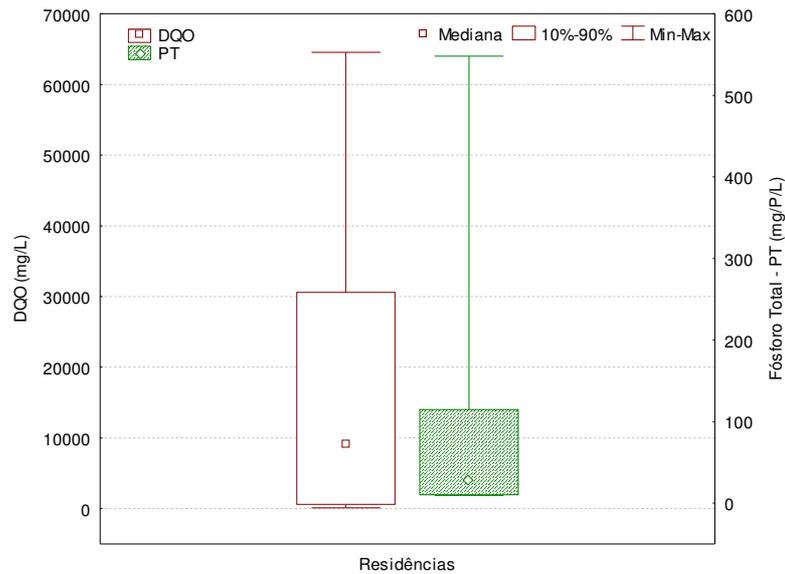


Figura 40: Box-plot com percentis de 10% e 90% da DQO e fósforo total nas 24 amostras.

A DQO teve sua média muito influenciada pelo valor da amostra R3, da ordem de 64.568 mgO₂/L, enquanto que a mediana representou de forma mais satisfatória a tendência central desses dados, com 8.935 mgO₂/L. A concentração mínima de 82 mgO₂/L foi referente a R18. A amostra R3 estava com cerca de 20 anos sem sofrer esgotamento, e a maior parte do conteúdo do sistema era de lodo.

A média para fósforo (71,2 mgP/L) foi influenciada pelo valor máximo (548 mgP/L) referente à residência R9 (fossa) diferente da mediana (29,2 mgP/L). Confirma-se a grande variabilidade através do coeficiente de variação elevado (161,3%). A amostra R9 obteve 1000 mL/L de sólidos sedimentáveis e 63.900 mg/L de DQO o que poderia influenciar na concentração de fósforo total.

5.1.2.6 – Coliformes Termotolerantes (CTT) e Ovos de Helminhos

A Tabela 11 apresenta os dados com a estatística descritiva para os coliformes termotolerantes, ovos de helmintos e viabilidade dos ovos das 24 amostras coletadas e a Figura 41 apresenta a variação através do gráfico Box-plot com percentis de 10% e 90%.

Tabela 11: Estatística descritiva para CTT, Ovos de helmintos e viabilidade dos ovos das 24 residências coletadas

Estatística Descritiva	CTT (UFC/100mL)	Helmintos (Nº ovos/L)	Viabilidade (%)
n	24	24	24
Média	1,48E+07	72,7	1,9
Mediana	9,95E+06	9,2	0,0
Média Geométrica	5,94E+06	-	-
Máximo	6,95E+07	688	46
Mínimo	1,00E+05	0	0
DP*	17478024,5	172,4	9,4
%CV**	118,3	237,2	489,9

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

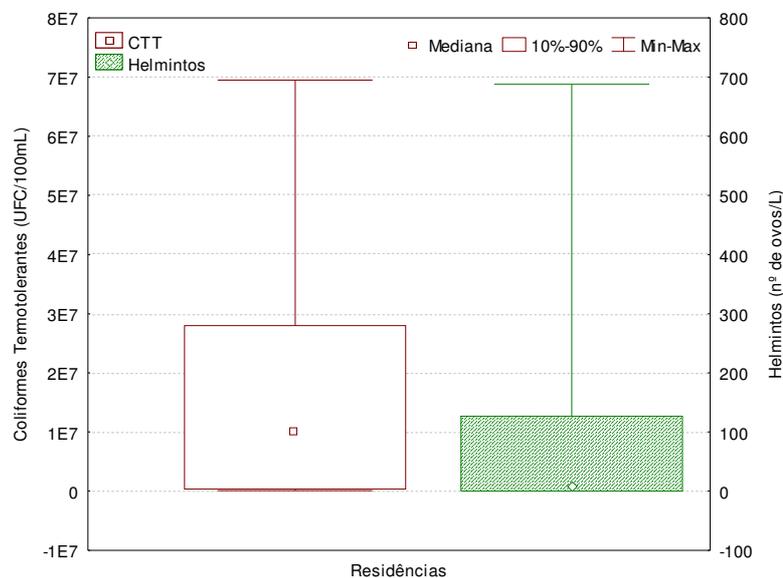


Figura 41: Box-plot com percentis de 10% e 90% dos coliformes termotolerantes e de ovos de helmintos nas 24 amostras.

A média geométrica para coliformes foi de $5,94E+06$ UFC/100mL, valor mínimo de $1,00E+05$ UFC/100mL e máximo ($6,95E+07$ UFC/100mL). O desvio padrão e o coeficiente de variação foram bem elevados.

O número de ovos de helmintos apresentou grande variabilidade (CV – 118,3 e DP – 172,4), pois seus valores variaram de 688 ovos/L até zero, ou seja. A mediana ficou em torno de 9,2 ovos/L, enquanto que a média foi igual a 72,7 ovos/L. Os casos de viabilidade não se aplicam para a estatística descritiva, pois a porcentagem de ovos viáveis diz respeito exclusivamente a cada amostra em particular. Porém, de uma forma geral, a % de ovos viáveis foi baixa, pois como a

maioria das residências estavam cerca de 2 anos sem esgotar seus sistemas. Esperava-se que a viabilidade desses ovos fosse maior.

5.2 COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS: TANQUES SÉPTICOS X FOSSAS (Grupo 2).

5.2.1 – Percepção inicial dos sistemas

Visualmente há muitas diferenças entre os tanques sépticos e fossas residenciais. Geralmente os tanques sépticos seguidos de sumidouro são colocados pela empresa responsável da construção da casa, ou seja, são comuns em um conjunto habitacional. Por outro lado, as demais casas quando não são beneficiadas pelos sistemas, contratam serviços de pessoa física para construir uma fossa de forma bem artesanal e simples, conforme explicado na revisão de literatura.

Estruturalmente os sistemas são bem distintos, portanto, esperava-se que o material contido no interior de cada sistema também fosse diferente, uma vez que a fossa funciona mais como um sistema de infiltração e o tanque séptico com separação de fases, e acumulação de material sólido.

A Tabela 12 apresenta a estatística descritiva do grupo de tanque sépticos (TS) formados a partir dos TSC+TS1+TU totalizando 12 casos e, o grupo das 10 fossas (F), do total de 22 sistemas amostrados.

Os óleos e graxas tiveram medianas de 71 mg/L para o grupo das fossas e 53 mg/L para tanques. O grupo dos tanques sépticos teve um valor tão discrepante (valor máximo de 286 mg/L) que desajustou o gráfico Box-plot.

Tabela 12: Estatística descritiva dos grupos de tanques sépticos e das fossas.

Estatística Descritiva / Variáveis	TANQUES SÉPTICOS (TSC+TS1+TU)								FOSSAS							
	N	Média	Mediana	Média Geométrica	Máximo	Mínimo	DP	%CV	n	Média	Mediana	Média Geométrica	Máximo	Mínimo	DP	%CV
Temp. (°C)	12	27,6	27,8	27,6	31,3	23,6	1,9	6,8	10	28,4	28,1	28,3	30,0	26,8	1,1	4,0
pH	12	6,78	6,69	6,77	7,55	6,11	0,4	6,2	10	7,2	7,2	7,2	8,1	6,7	0,5	7,5
CE (µS/cm)	12	775	761	700	7674	265	366,80	47,3	10	1060	934	894	1841	224	575,4	54,3
O e G mg/L	9	97	53	59	286	5,3	93	96,2	4	66	71	39	116	5,3	54	82,7
ST (mg/L)	12	14542	4708	7030	67354	537	19028	130,9	10	22360	12706	12488	111360	1627	32216	144,1
STV (mg/L)	12	8616	3399	4388	29398	149	9162	106,3	10	11481	7415	7659	47836	1111	13280	115,7
STF (mg/L)	12	5951	1309	2319,0	38256	388	10669	179,3	10	10879	3570	4165	63524	516	19162	176,1
SST (mg/L)	12	10052	3307	4594	27135	198	10462	104,1	10	11743	7649	8531	31020	1139	9249	78,8
SSV (mg/L)	12	6001	2718	2977	18550	143	6112	102	10	8420	6382	6310	26880	957	7116	84,5
SSF (mg/L)	12	4051	937	1350	17784	54	5738	141,7	10	3344	1680	1766	10187	183	3777	113,0
SSed (mL/L)	12	246	105	126	825	4,5	280	114,0	10	350	263	224	1000	24	334	95,2
Alc. T. (mg/L)	12	770	637	670	1826	351	481	62,4	10	1293	1190	1133	2516	403	677	52,3
DQO (mg/L)	12	13367	7543	5709	64568	266	18388	137,6	10	14101	8935	5681	63900	81,94	18415	130,6
Amônia (mgN/L)	12	101	106	87,8	217	23	51	51,0	10	166	152	142	403	61	101	60,7
N.Org (mgN/L)	12	133	79	69	516	1,81	145	109,0	10	220	162	171	450	47	148	67,6
NTK (mgN/L)	12	216	183	181	671	86	158	73,4	10	385	370	334	390	117	201	52,0
Nitrito (mgN/L)	11	0,19	0,18	0,17	0,47	0,08	0,11	57,5	9	5,62	0,31	0,40	48	0,06	16	282,9
Nitrato (mgN/L)	12	0,55	0,50	0,41	1,24	0,10	0,38	69,7	9	0,41	0,32	0,28	1,09	0,08	0,4	93,3
N. Total (mgN/L)	12	216	184	182	673	86	159	73,3	10	391	394	338	690	117	203	51,8
PT (mgP/L)	12	50	23	28	260	10	72	145,1	10	102	57	57	548	9,5	159	155,0
CTT UFC/100mL	12	1.62E+07	1.23E+07	8.49E+06	5.99E+07	3.61E+05	1.61E+07	99,68	10	9.11E+06	6.89E+06	4.56E+06	2.19E+07	2.00E+05	8.29E+06	91,0
Helmintos (Nº ovos/L)	12	23,7	5	-	126,4	0	42,1	177,5	10	77,14	12,8	-	544	0	167,1	216,6
Viabilidade(%)	12	0,0	0	-	0	0	0,0	-	10	4,59	0	-	45,9	0	14,5	316,2

As variáveis medidas em campo além de apresentarem pouca variação dentro do próprio grupo, obtiveram as médias e medianas bem aproximadas.

A Figura 42 mostra o gráfico Box-plot da temperatura, com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos.

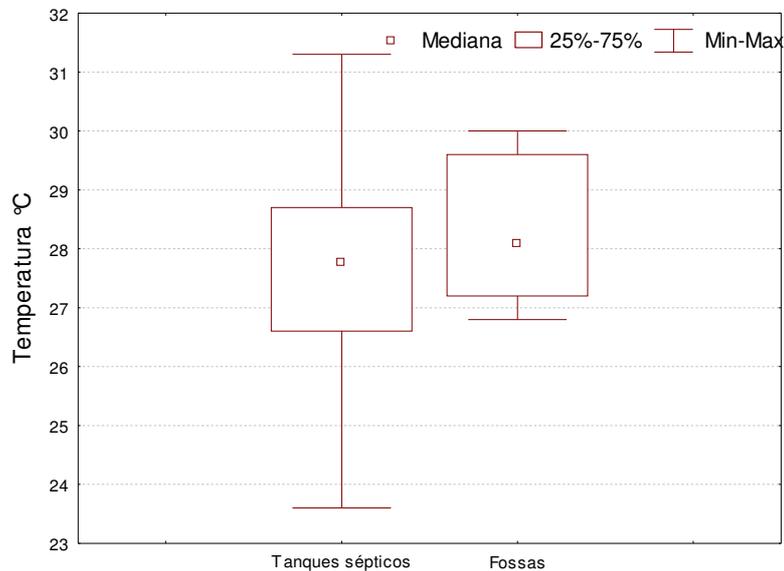


Figura 42: Box-plot da comparação da temperatura entre o grupo de tanques sépticos e fossas

A temperatura apresentou média de 27,6° e 28,4°; e mediana de 27,8°C e 28,1°C para TS e F respectivamente e variação máxima e mínima de 31,3°C a 23,6°C e; 30,0°C a 26,8°C.

A Figura 43 mostra o gráfico Box-plot do pH, com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos.

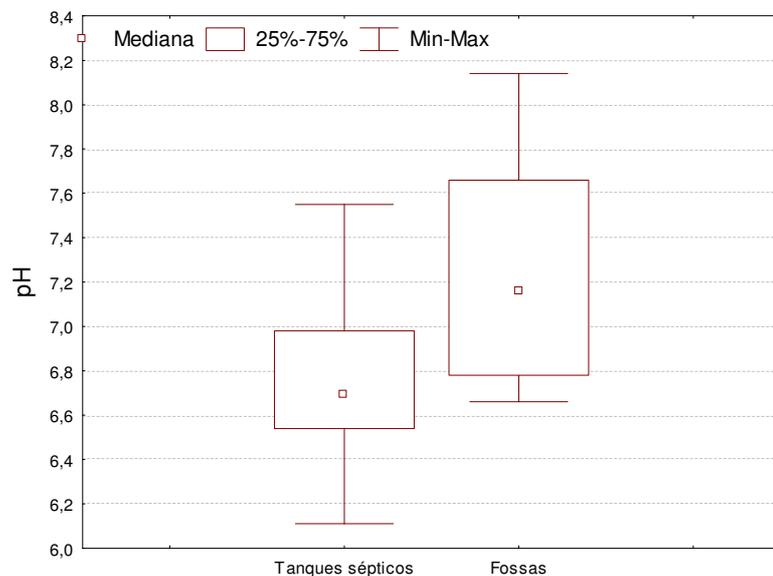


Figura 43: Box-plot da comparação do pH entre o grupo de tanques sépticos e fossas

Para o pH a mediana do grupo do TS foi de 6,79 variando de 7,55 a 6,11 enquanto que para o grupo das fossas a mediana foi 7,20 e variação entre 8,1 a 6,7. Neste caso já se percebe uma tendência do grupo das fossas em ter o pH um pouco mais elevado.

A Figura 44 mostra o gráfico Box-plot da condutividade, com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos.

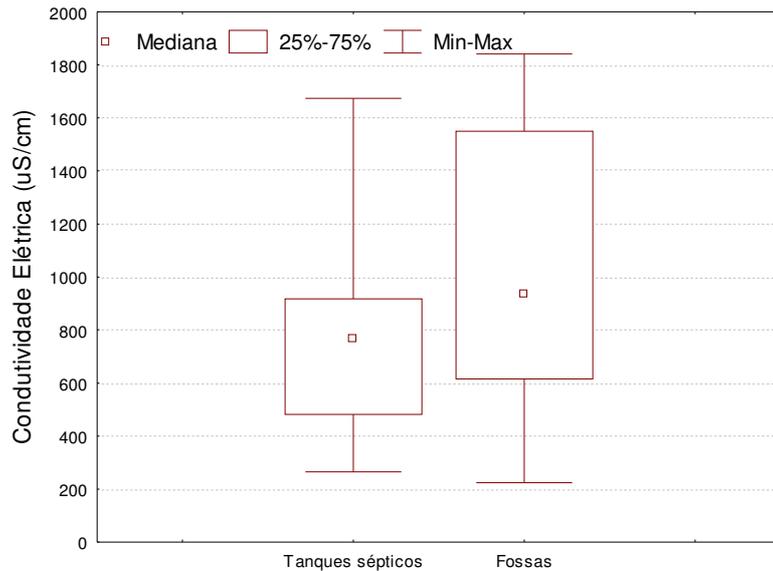


Figura 44: Box-plot da comparação da CE entre o grupo de tanques sépticos e fossas

O grupo das fossas, para condutividade elétrica, obteve mediana (934 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aproximada da mediana dos TS (761 $\mu\text{S}/\text{cm}$), entretanto quando se observa os quartis, percebe-se que a maioria dos valores de CE para fossas são bem mais elevados do que o grupo dos TS.

No que tange aos sólidos, a Figura 45 mostra o gráfico Box-plot com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos para as demais frações. A retrata as medianas das frações dos sólidos nos grupos de tanques e fossas.

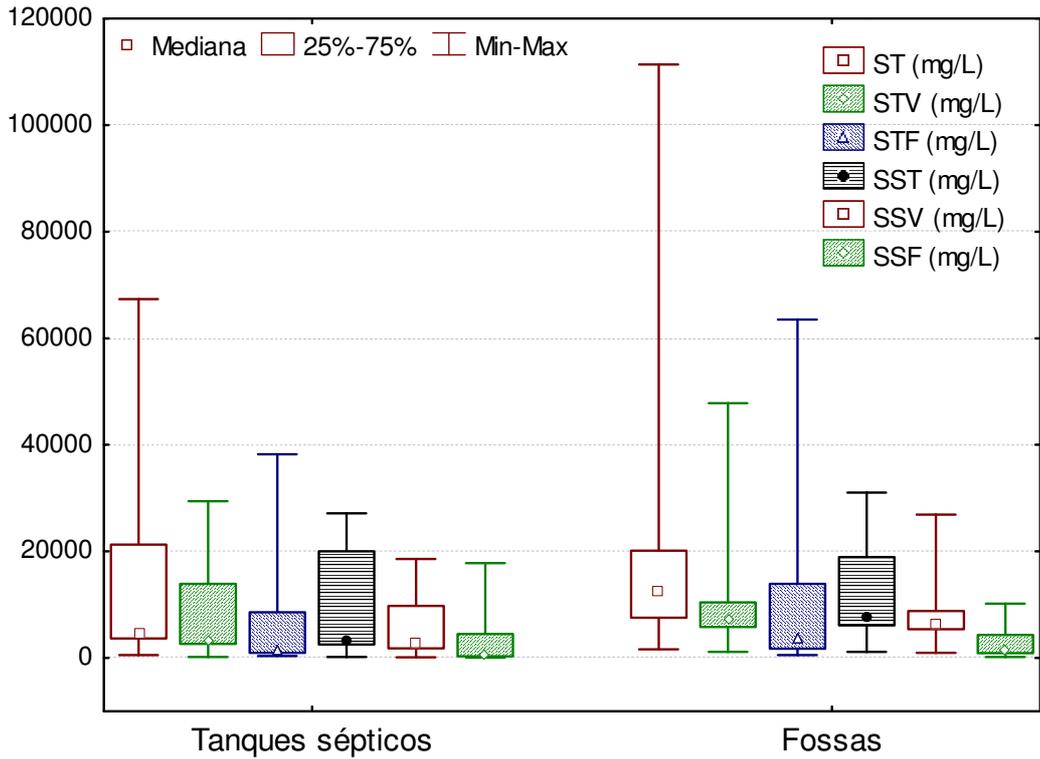


Figura 45: Box-plot da comparação das frações de sólidos entre o grupo de tanques sépticos e fossas.

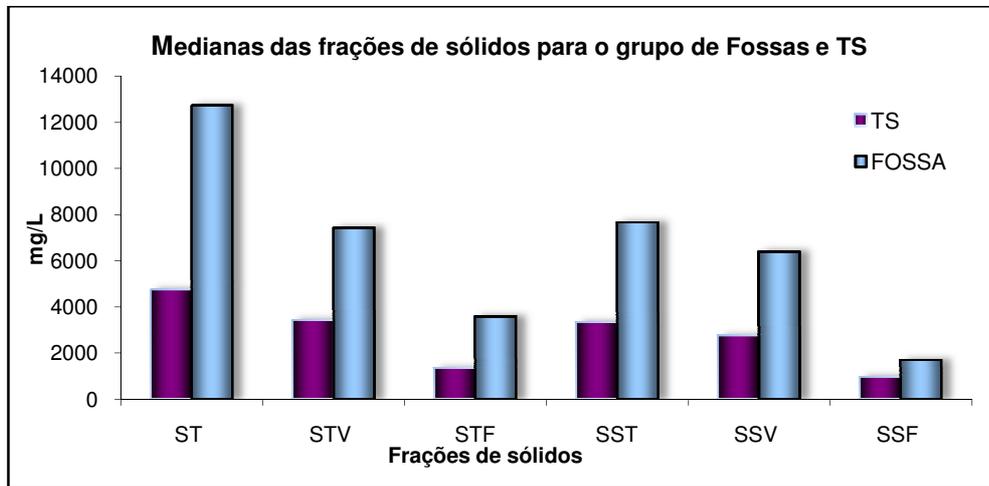


Figura 46: Medianas das frações de sólidos dos grupos dos tanques sépticos e fossas.

De acordo com as medianas dos resultados gerais (Tabela 12), o grupo das fossas mostrou concentrações das frações de sólidos maiores do que o grupo dos tanques sépticos. Essas medianas foram superiores em todas as frações quando comparadas ao TS, com destaque para ST (12.706 mg/L) e SST (7.649 mg/L) contra a ST (4.708 mg/L) e SST (3.307 mg/L), como também no que diz respeito aos

sólidos sedimentáveis, a mediana das fossas foi de 263 e do TS de 105mL/L (Figura 46).

Os dados foram marcados por uma série de valores extremos para ambos os grupos, com variação de 111.360 (R9) a 1.267mg/L de ST e 31.020 (R9) a 1.139mg/L de SST para as fossas, e 67.354 a 537mg/L de ST e 27.135 a 198mg/L de SST para os tanque sépticos.

A fração volátil foi predominante em ambos os grupos com mediana dos STV e STF igual a 3.399 e 1.309 mg/L para TS e 7.415 e 3.570mg/L para o grupo das fossas. No tocante aos sólidos suspensos a parte volátil também foi superior a fixa com SSV e SSF igual a 2.718 e 937mg/L respectivamente para TS e 6.382 e 1.680 mg/L para as fossas. Ratificando os comentários anteriores, o grupo das fossas também superou no quesito da fração volátil as concentrações encontradas no grupo dos TS.

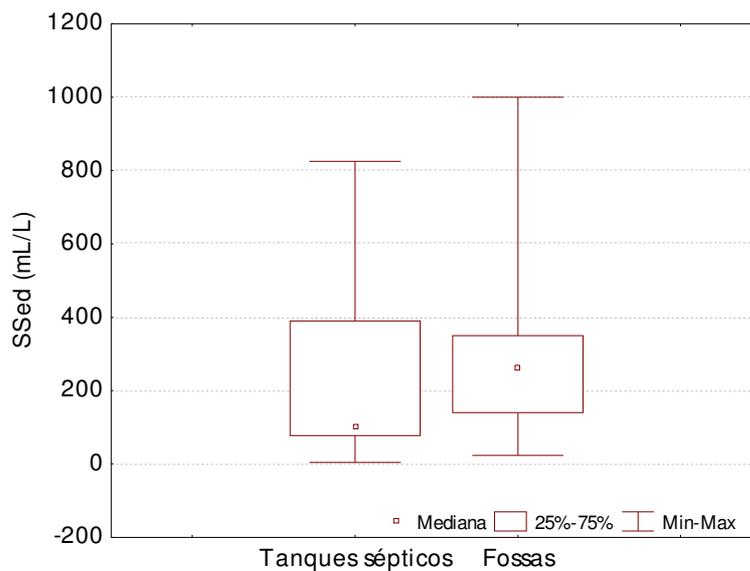


Figura 47: Box-plot da comparação dos sólidos sedimentáveis entre o grupo de tanques sépticos e fossas.

A Figura 48 mostra o gráfico Box-plot com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos para a alcalinidade total.

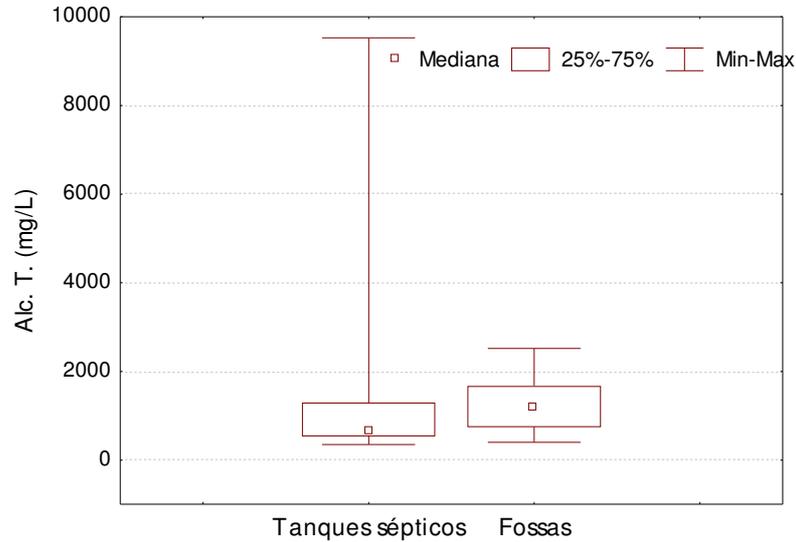


Figura 48: Box-plot da comparação da alcalinidade total entre o grupo de tanques sépticos e fossas.

Observando a Figura 48, percebe-se que 50% dos dados de ambos os grupos ficaram próximos do mesmo patamar. Entretanto, a mediana do grupo das fossas se sobressaiu em relação ao TS no que diz respeito a mediana que foi igual a 1.190 mgCaCO₃/L, enquanto que o TS foi 637 mgCaCO₃/L. O valor máximo atingido pelo grupo de TS de 1.826 mgCaCO₃/L foi referente a casa R19.

A Figura 49 mostra o gráfico Box-plot com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos para a DQO.

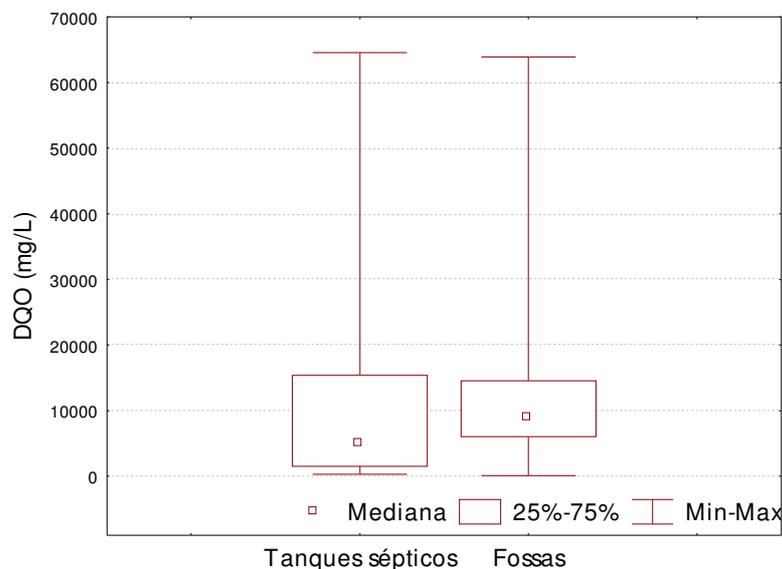


Figura 49: Box-plot da comparação da DQO entre o grupo de tanques sépticos e fossas

A DQO por sua vez acompanhou a tendência das demais variáveis. O grupo das fossas apresentou mediana maior (8.935 mgO₂/L) do que o TS (7.543 mgO₂/L).

Neste caso, até os valores máximos foram aproximados, com 63.900 (R9) e 64.568 mgO₂/L (média das duas câmaras do TS da casa R3) para fossa e tanque respectivamente.

A Figura 50 mostra o gráfico Box-plot com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos para o fósforo total.

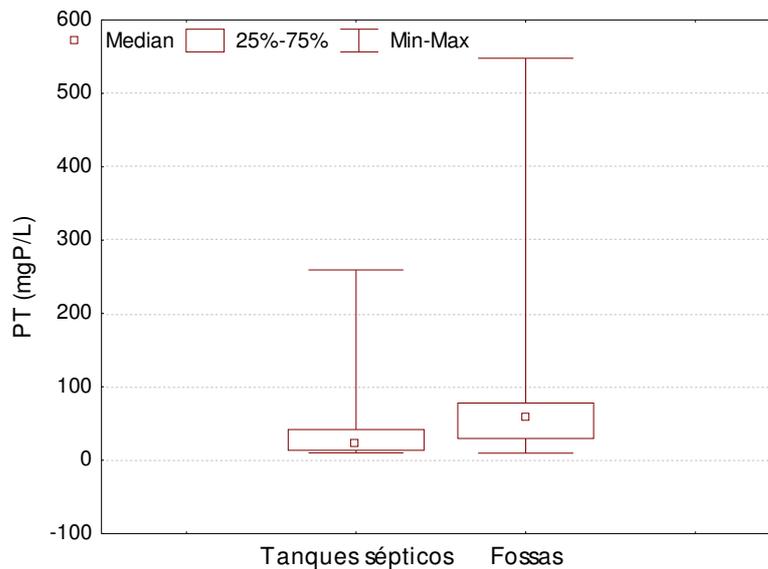


Figura 50: Box-plot da comparação do fósforo total entre o grupo de tanques sépticos e fossas

A mediana do fósforo total para o grupo das fossas foi maior que o dobro da mediana do grupo dos TS com 57 mgP/L contra 23 mgP/L, assim como os valores máximos 548 mgP/L e 260 mgP/L.

Apenas na concentração mínima foi que os TS superaram as fossa com concentrações de 10 contra 9,5 mgP/L. O pico da concentração de fósforo atingido pelas fossas também foi responsável pela amostra da residência R9.

A Figura 51 mostra o gráfico Box-plot com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos para coliformes termotolerantes.

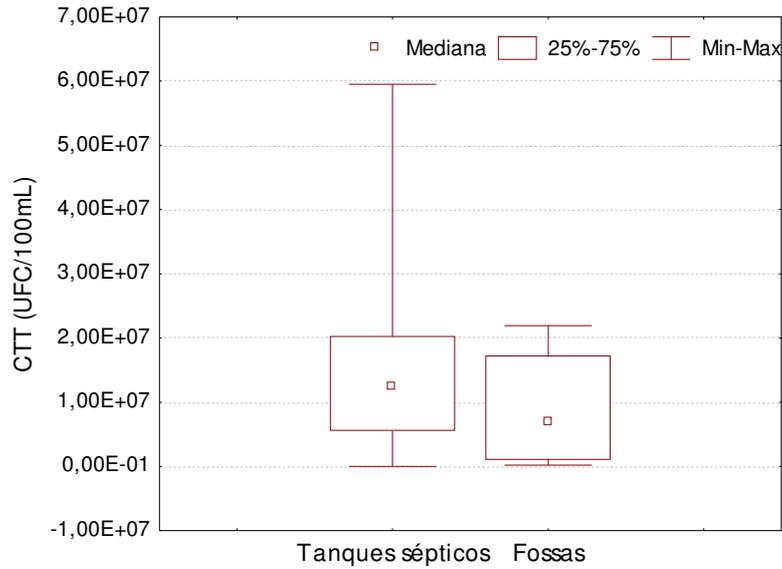


Figura 51: Box-plot da comparação de CTT entre o grupo de tanques sépticos e fossas.

A variável que apresentou caráter diferente do comportamento das demais foi a concentração de coliformes termotolerantes. Neste caso, a mediana do grupo dos TS ($1,23E+07$ UFC/100mL) foi que superou a mediana das fossas ($6,85E+06$ UFC/100mL) ao contrário do que havia se percebido nas demais variáveis. A concentração máxima atingida de $5,95E+07$ UFC/100mL foi da casa R19.

A Figura 52 mostra o gráfico Box-plot com mediana, máximo e mínimo nos dois grupos para ovos de helmintos.

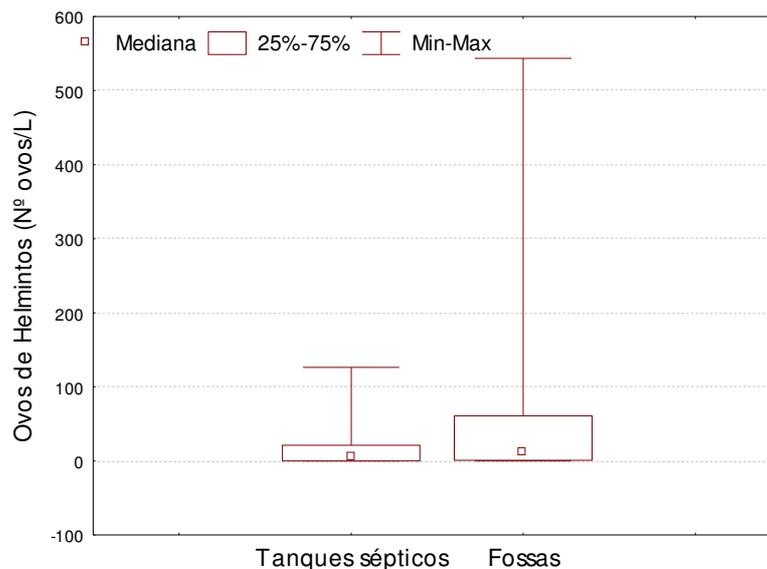


Figura 52: Box-plot da comparação de ovos de helmintos entre o grupo de tanques sépticos e fossas.

Para ovos de helmintos as fossas foi o grupo que apresentou maior número de casas que apontaram pelo menos 1 ovo observado. De 10 casas do grupo das fossas, somente em duas delas tiveram zero ovo encontrado, enquanto que no grupo de 12 casas do TS, 5 casas não tiveram nenhum ovo observado.

A mediana do TS foi de 5 ovos/L, enquanto que a das fossas foi 12,8 ovos/L. Quando avaliados as médias, esses valores sobem para 23,7 e 77,14 ovos/L, justificando este último valor, devido ao pico causado pela residência R26 (544 ovos/L). Ou seja, apesar de ambos os grupos terem residências com concentrações semelhantes, os picos de cada grupo (TS – 126,4 e F – 544 ovos/L) foram quem divergiram as suas medianas. Entretanto, as fossas se tornam ligeiramente mais contaminada por ovos de helmintos do que os TS.

Quanto a viabilidade desses ovos, no grupo TS não foi verificado nenhum ovo viável após 45 dias passados conforme metodologia analítica. Entretanto, no grupo das fossas apenas uma residência R18 apresentou ovos viáveis com 45,9% de viabilidade nos ovos encubados.

5.2.2 – Análise estatística não paramétrica e paramétrica

A análise de variância Não-paramétrica adotou o teste de Kruskal-Wallis que, segundo Triola (2005), é um teste não-paramétrico para testar a hipótese nula de que três ou mais amostras independentes provêm de populações idênticas, além de não exigir distribuição normal das observações das amostras; ou seja, é o mais indicado para esse caso.

Tal teste mostrou que não há diferenças entre o grupo de TS e fossas para todas as variáveis, com exceção do NTK e Nitrogênio Total devido a similaridade da participação das baixas concentrações de nitrito e nitrato.

A Tabela 13 mostra os valores de p no teste de Kruskal-Wallis ao comparar o grupo TS com Fossa.

Tabela 13: Análise de variância com os dados brutos utilizando o Teste de Kruskal-Wallis para os grupos de Tanques Sépticos (TS) e Fossas (F).

Variáveis	Valores de p na comparação de TS x Fossa
O e G	0,671373
ST	0,235273
STV	0,262311
STF	0,262311
SST	0,291421
SSV	0,166145
SSF	0,355938
SSed	0,373378
Alc. T.	0,121251
DQO	0,644392
Amônia	0,086457
N.Org	0,099260
NTK	0,0479*
Nitrito	0,210000
Nitrato	0,102146
N. Total	0,0479*
PT	0,064854
CTT	0,291421
Helminhos	0,291421

* Medianas estatisticamente diferentes onde $p < 0,05$

De forma a fortificar tal semelhança dos grupos ou não, ainda foram feitos testes paramétricos como ANOVA (gráfica) e Tukey para saber como esses grupos se comportavam, utilizando tanto os dados logaritimizados com os dados brutos.

Como resultado, não houve diferença de médias para nenhuma variável na comparação entre o grupo de TS e F, nem mesmo o Nitrogênio Total e NTK que apresentaram diferenças no teste anterior. Foi verificado também que com os dados brutos, todos os testes realizados anteriormente também obtiveram igualdade de suas médias em todas as variáveis.

Como exemplo de tal resultado, a Figura 53 mostra a ANOVA das frações de N. Total com os dados logaritimizados, e o gráfico Box-plots de cada variável comparando os dois grupos.

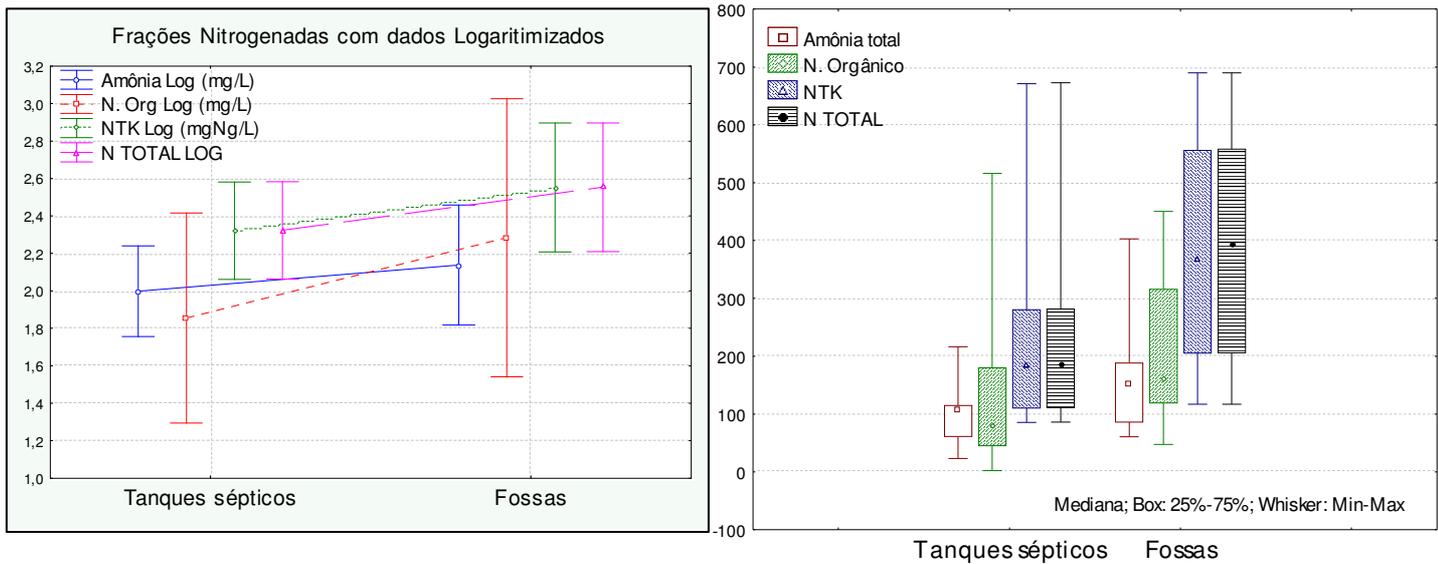


Figura 53: ANOVA das frações nitrogenadas com os dados logaritimizados de tanques sépticos e de fossas, e gráfico Box-plot das frações nitrogenadas com mediana, máximo e mínimo

Contudo, quando se observa o gráfico Box-plot vê-se nitidamente a diferença das concentrações de nitrogênio em ambos os grupos mesmo com a análise de variância ter apontado igualdade entre os grupos.

A Figura 53 revela que as medianas de todas as frações do grupo das fossas foram superiores a do TS com teores de amônia, nitrogênio orgânico e N total igual a 152, 162, 370 mgN/L respectivamente contra a 106, 79 e 183 mgN/L dos TS. As concentrações máximas do grupo F foram 403 mgN/L para NH₃, 450 mgN/L para N. Org e 690 mgN/L para NTK e; 217, 516 e 671 mgN/L respectivamente para o grupo TS.

5.3 AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DOS ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS

A aplicação dos questionários (ver anexo) gerou uma série de informações a respeito das condições sócio-econômicas das famílias. Buscou-se conciliar os seguintes aspectos:

- Econômicos – baseado na renda mensal da residência considerando o número aproximado de salários mínimos (tomando como R\$ 400,00 o valor de um salário mínimo);

- Estruturais – investigado a origem dos afluentes (exclusivamente sanitários, cozinha e lavanderia) dos tanques sépticos e fossas;

A reunião desses aspectos gerou três aspectos principais: Tempo de esgotamento, Origem do afluente do tanque séptico e fossa e Renda. Em cada aspecto foi estabelecido classes divididas por letras de A a D.

Primeiramente foi realizada uma avaliação somente com um grupo de 12 casas que têm tanques sépticos. Em seguida, a mesma avaliação valeu para as casas que utilizam fossas (10 casas).

É válido ressaltar que os dados utilizados foram referentes a primeira amostragem da pesquisa.

5.3.1 Análise do grupo dos tanques sépticos

5.3.1.1 – Tempo de Esgotamento

A Tabela 14 apresenta os dados reunidos e tratados, que foram obtidos pelos questionários, referente ao tempo de esgotamento dos tanques sépticos.

Tabela 14: Médias das classes de tempo de esgotamento dos 12 sistemas amostrados.

Variáveis	Anos sem esgotar o sistema			
	A: até 2 anos	B: 2,1 a 5 anos	C: 6 a 10 anos	D: 11 a 20 anos
Nº de casas utilizado no cálculo da média	7	2	2	1
Residências	R1, R4, R5, R15, R16, R19 e R22	R7 e R17	R20 e R28	R3
O e G (mg/L)	120 ⁽¹⁾	29 ⁽²⁾	-(³⁾)	97 ⁽⁴⁾
Alc. T. (mg/L)	777	543	524	1666
ST (mg/L)	8779	13692	9156	67354
SST (mg/L)	7542	12482	7867	27135
SSed (mL/L)	215	187	124	825
STV (mg/L)	6668	7879	5779	29398
STF (mg/L)	2111	5814	3377	38256
Amônia total (mgN/L)	113	70	62	155
N. Orgânico (mgN/L)	91	40	178	516
DQO (mg/L)	10139	5420	7015	64568
PT (mgP/L)	52	32	27	115
CTT (UFC/100mL)*	1,57E+07	1,38E+07	2,98E+06	3,61E+05
Helmintos (nº ovos/L)	21	6	0	126
Viabilidade %	0	0	0	0

*Para CTT foi utilizado a média geométrica

(1) Usado 6 valores para o cálculo da média

(2) Usado 2 valores para o cálculo da média

(3) Sem valores para cálculo

(4) Concentração referente a apenas uma residência

De acordo com a Tabela 14, como se esperava, há uma tendência de maiores concentrações de sólidos e frações, nitrogênio orgânico, DQO, fósforo total e número de ovos de helmintos na classe 2. Todas essas variáveis apresentaram-se maiores na classe referente ao maior tempo sem o sistema sofrer esgotamento (11 a 20 anos).

A fração volátil dos sólidos totais se comportou sempre maior nas classes A, B e C, porém quando atinge mais de 11 anos de esgotamento (classe D), a parte fixa passa do papel de coadjuvante para o principal com 38.256 mg/L para STF contra 29.398 mg/L para STV.

As maiores diferenças são percebidas quando se compara as classes com TDE (tempo de esgotamento) de 2 anos (A) com a classe D. As classes B e C apresentam uma certa instabilidade quanto as concentrações. Deve levar em consideração também que essas classes apresentam poucos casos relatados bem como a classe D.

A quantidade de dados é pequena para cada classe, portanto a avaliação prévia dada aqui são somente estimativas, uma vez que a classe D apresenta somente uma residência e a B e C apenas duas.

Os coliformes termotolerantes pelo contrário, já tiveram um decréscimo na concentração, de $1,57E+07$ passou por $1,38E+07$, $2,98E+06$ até chegar em $3,61E+05$ UFC/100mL. Acredita-se que ao longo dos dias há morte dessas bactérias, porém é válido lembrar que o constantemente o sistema é alimentado contribuindo para a manutenção dessa comunidade de bactérias.

Os ovos de helmintos tiveram sua maior concentração na classe D (126 ovos/L), entretanto, esse resultado não é tão expressivo quanto a classe A devido ao número da amostragem. Isolando esse detalhe, ao longo do tempo os ovos tendem a se depositarem no fundo do reator, com isso, durante a amostragem, é bem mais fácil coletar os ovos quando estes estão presentes no lodo do que quando eles estão dispersos na coluna líquida. Quanto a viabilidade dos ovos, esperava-se que a classe D fosse absoluta com 0% de viabilidade dos ovos mas, as análises não indicaram nenhuma ovo viável nas outras classes.

5.3.1.2 – Origem do afluente do sistema

A Tabela 15 apresenta os dados reunidos e tratados, que foram obtidos pelos questionários sobre a origem do afluente dos tanques sépticos.

Tabela 15: Médias das classes da origem do afluente dos 12 sistemas amostrados.

Variáveis	Origem do afluente ao sistema			
	A: Sanitário	B: Sanitário + Cozinha	C: Todos os efluentes da casa	D: Todos os efluentes da casa *
Nº de casas utilizado no cálculo da média	4	2	5	1
Residências	R3, R16, R17 e R19	R5 e R20	R1, R4, R7, R22 e R28	R15
O e G (mg/L)	62	210 ⁽¹⁾	43 ⁽²⁾	286
Alc. T. (mg/L)	1223	493	544	638
ST (mg/L)	27605	3916	10572	3396
STV (mg/L)	15634	2896	6514	2492
STF (mg/L)	12046	1020	4058	904
SST (mg/L)	16871	2506	9004	3111
SSed (mL/L)	467	78	165	100
DQO (mg/L)	28888	3295	6541	5563
Amônia total (mgN/L)	144	77	74	112
N. Orgânico (mgN/L)	220	61	104	72
PT (mgP/L)	103	19	25	18
CTT (UFC/100mL)**	8,63E+06	5,82E+06	7,68E+06	2,80E+07
Helmintos (nº ovos/L)	36,2	15,4	21,8	0,0
Viabilidade %	0	0	0	0

*Todos os efluentes da casa com exceção dos efluentes da lavanderia

**Para CTT foi utilizado a média geométrica

(1) Concentração referente a apenas uma residência; (2) Média obtida da concentração de 3 valores

Os óleos e graxas tiveram concentração maior nas classes B e D (210 e 286 mg/L) que eram respectivas aos afluentes com contribuição de matéria gorduroso (cozinha) e afluente menos diluído (quando não há contribuição das águas provenientes da lavanderia).

A alcalinidade é mais significativa (1.223 mgCaCO₃/L) somente quando recebe contribuição de efluente sanitário porque provavelmente tem matéria orgânica para degradar e gerar subprodutos da digestão que contribuem para a alcalinidade.

Os sólidos foram mais elevados nas classes A responsável talvez pela maior contribuição de sólidos para o sistema, que são as fezes com ST, SST e SSed igual a 27.605, 16.871 mg/L e 467 mL/L.

A DQO embora represente também a matéria orgânica não biodegradável, é mais concentrada quando recebe exclusivamente afluentes sanitários (fezes) com 28.888 mgO₂/L. A amônia se encontra mais bem distribuída ao longo das classes variando de 144 a 74 mgN/L enquanto que o nitrogênio orgânico dispara na classe A.

Acredita-se que a amônia permaneça no interior do sistema por muitos anos, não que seja a mesma amônia, pois esta é sempre renovada pelo afluente do sistema, e como o meio se encontra em anaerobiose, a nitrificação não ocorre de forma eficaz. Tal desempenho também ocorre com o nitrogênio na forma orgânica, que tende a se acumular ao longo do tempo principalmente quando recebe um afluente riquíssimo em matéria orgânica (no caso novamente as fezes).

O fósforo também respeitou o comportamento das demais variáveis apresentando maior concentração na classe A com 103 mgP/L. Através desse resultado, embora não tenha sido realizado as demais frações dos fósforo (ortofosfato, polifostato e fósforo orgânico) associa-se que a predominância do fósforo seja realmente na forma orgânica. Contudo, não se pode afirmar com toda precisão que os sistemas da classe B e C tenham uma contribuição significativa de polifosfato que se imagina ser oriundo dos detergentes e sabões provenientes da lavagem de roupa e de louças.

Os coliformes foram todos muito semelhantes com exceção da classe D com 2,80E+07 UFC/100mL correspondente a casa R15. Os ovos de helmintos apresentaram concentração maior na classe A na qual ocorria a maior possibilidade de encontrar os ovos dos vermes devido a contribuição assídua de fezes.

5.3.1.3 – Renda Mensal

A Tabela 16 apresenta os dados reunidos e tratados, que foram obtidos pelos questionários a respeito da renda mensal (renda mensal em reais, obtida por toda a família).

Tabela 16: Médias das classes sociais de acordo com a renda mensal das 12 residências amostradas.

Variáveis	Classes Sociais IBGE 2007			
	A: >R\$ 7600,00	B: R\$ 3800,00- 7600,00	C: R\$ 1900,00- 3800,00	D: R\$ 760,00- 1900,00
Nº de casas utilizado no cálculo da média	1	5	6	-
Residências	R5	R3, R15, R17, R19 e R22	R4, R7, R16, R20 e R21, R28	-
O e G mg/L	210,5	107,1 ⁽¹⁾	58	-
Alc. T. (mg/L)	351	1054	602	-
ST (mg/L)	3978	20469	11364	-
STV (mg/L)	3005	11214	7386	-
STF (mg/L)	973,5	9315	3978	-
SST (mg/L)	2281	11773	9914	-
SSed (mL/L)	108	364	170	-
DQO (mg/L)	2083	20560	9254	-
Amônia total (mgN/L)	53	139	77	-
N. Orgânico (mgN/L)	42	170	117	-
PT (mgP/L)	12	84	28	-
CTT (UFC/100mL)*	3,08E+06	9,83E+06	8,90E+06	-
Helmintos (nº ovos/L)	30,8	46,4	3,6	-
Viabilidade %	0	0	0	-

*Para CTT foi utilizado a média geométrica

(1) Média obtida da concentração de 4 valores

A classe B da Tabela 16 que propositalmente é respectiva a classe B da classificação proposta pelo IBGE no ano de 2007, apresentou maiores concentrações da maioria das variáveis como alcalinidade (1054 mgCaCO₃/L), ST (20.469 mg/L), SST (11.773 mg/L), SSed (364 mL/L), DQO (20.560 mgO₂/L), amônia e orgânico com 139 e 170 mg N/L, PT (84 mgP/L) e coliformes termotolerantes igual a 9,83E+06 UFC/100mL seguido dos 46,4 ovos de helmintos /L.

Provavelmente a origem do efluente influenciou na classificação social, uma vez que, a classe B contém três residências que possuem efluente exclusivamente de origem sanitária, o que favorece o aumento dessas diversas variáveis relacionadas direta e indiretamente com a matéria orgânica.

5.3.2 – Análise do grupo das fossas

5.3.2.1 – Tempo de Esgotamento

A Tabela 17 apresenta os dados reunidos e tratados, que foram obtidos pelos questionários a respeito do tempo de esgotamento das fossas.

Tabela 17: Médias das classes de tempo de esgotamento das 10 fossas amostradas.

Variáveis	Anos sem esgotar a fossa			
	A: até 2 anos	B: 2,1 a 5 anos	C: 6 a 10 anos	D: 11 a 20 anos
Nº de casas utilizado no cálculo da média	2	2	5	1
Residências	R24 e R25	R14 e R18	R2, R9, R21, R23 e R26	R6
O e G mg/L	-(¹)	112(²)	5(³)	35(⁴)
Alc. T. (mg/L)	827	1098	1665	753
ST (mg/L)	7000	7164	35034	20105
STV (mg/L)	4977	5556	17508	6205
STF (mg/L)	2023	1609	17526	13900
SST (mg/L)	4860	6197	15272	18960
SSed (mL/L)	82	188	528	325
DQO (mg/L)	4845	4296	20683	19310
Amônia total (mgN/L)	125	127	219	61
N. Orgânico (mgN/L)	186	281	219	170
PT (mgP/L)	27	50	163	58
CTT (UFC/100mL)*	3,28E+06	2,06E+06	5,47E+06	1,72E+07
Helmintos (Nº ovos/L)	0	67	125	12
Viabilidade(%)	0	23	0	0

*Para CTT foi utilizado a média geométrica

(1) Sem valores para cálculo

(2) Usado 2 valores para o cálculo da média

(3) e (4) Valor referente a uma residência

Embora a classe D tenha sido fracamente representada, de um modo geral, ao longo do tempo há uma tendência no aumento da concentração de sólidos e matéria orgânica representada pela DQO, material nitrogenado orgânico e fosfatado, bem como no número de ovos de helmintos. A concentração de coliformes se manteve na potência de 10^6 menos a classe D com $1,72E+07$ UFC/100mL.

As classes C e D se comportaram de forma semelhante para a maioria das variáveis. A classe D obteve um caso exclusivo de uma residência somente, que fazia cerca de 20 anos que não era esgotada, sendo este o seu primeiro

esgotamento. A classe C obteve concentrações maiores para as variáveis ST (35.034 mg/L), SSed (528mL/L), amônia e nitrogênio orgânico coincidentemente com 219 mgN/L e fósforo total (163 mgP/L).

5.3.2.2 – Origem do afluente do sistema

A Tabela 18 apresenta os dados reunidos e tratados, que foram obtidos pelos questionários a respeito da origem do afluente das fossas.

Tabela 18: Médias das classes da origem do afluente das 10 fossas amostradas

Variáveis	Origem do afluente da fossa			
	A: Sanitário	B: Sanitário + Cozinha	C: Todos os efluentes da casa	D: Todos os efluentes da casa*
Nº de casas utilizado no cálculo da média	5	5	0	0
Residências	R2, R14, R18, R25 e R26	R6 ⁽²⁾ , R9, R21, R23 e R24	-	-
O e G mg/L	76 ⁽¹⁾	35 ⁽²⁾	-	-
Alc. T. (mg/L)	1461	1125	-	-
ST (mg/L)	13980	30740	-	-
STV (mg/L)	9039	13923	-	-
STF (mg/L)	4941	16817	-	-
SST (mg/L)	9879	13607	-	-
SSed (mL/L)	233	468	-	-
DQO (mg/L)	7664	20537	-	-
Amônia total (mgN/L)	198	133	-	-
N. Orgânico (mgN/L)	266	173	-	-
PT (mgP/L)	65	140	-	-
CTT (UFC/100mL)**	4,53E+06	4,58E+06	-	-
Helmintos (Nº ovos/L)	138	16	-	-
Viabilidade(%)	9	0	-	-

*Todos os efluentes da casa com exceção do efluente da lavanderia

**Para CTT foi utilizado a média geométrica

(1) Usado 3 valores para o cálculo da média

(2) Valor referente a uma residência

A classe B apresentou concentrações mais elevadas de ST (30.740 mg/L), STV (13.923 mg/L), STF (16.817 mg/L), SST (13.607 mg/L), DQO (20.537 mgO₂/L),

PT (140 mgP/L). Ao contrário do que se constatou com o TS, os efluentes sanitário mais os efluentes da cozinha, no caso da fossa foram bem mais concentrados. Na classe B, das 5 casas amostradas, 4 tinham o maior tempo de esgotamento do grupo das fossas, portanto, acredita-se que esse maior tempo de contribuição tenha participado substancialmente dos teres de matéria orgânica e sólidos, bem como das outras variáveis.

A alcalinidade foi aproximada para ambas as classes (A – 1461 e B – 1125 mgCaCO₃/L) bem como os coliformes com 4,53E+06 e 4,58E+06 UFC/100mL. Entretanto, como se esperava, a maior concentração de ovos de helmintos se deu na classe A que recebia somente esgotos sanitários e deste modo concentrava mais o conteúdo no interior da fossa.

Para O e G esperava-se que a classe B apresentasse maior concentração, contudo, essa classe foi representada somente por uma casa (R6). Esta casa por sua vez, apresentava caixa de gordura a qual julga-se que trabalhava de forma satisfatória favorecendo assim a diminuição do teor dos óleos e gorduras dentro da fossa.

5.3.2.3 – Renda Mensal

A Tabela 19 apresenta os dados reunidos e tratados, que foram obtidos pelos questionários a respeito da origem do afluente das fossas.

Tabela 19: Variáveis de acordo com a renda mensal das 24 residências amostradas.

Variáveis	Classes Sociais IBGE 2007			
	A: >R\$ 7600,00	B: R\$ 3800,00- 7600,00	C: R\$ 1900,00- 3800,00	D: R\$ 760,00- 1900,00
Nº de casas utilizado no cálculo da média	1	4	4	1
Residências	R18	R9, R14, R26 e R23	R2, R6, R24 e R25	R21
O e G mg/L	116 ⁽¹⁾	107,0 ⁽¹⁾	19,9 ⁽³⁾	- ⁽⁴⁾
ST (mg/L)	6365	40388	12028	7571
STV (mg/L)	5103	19328	6639	5840
STF (mg/L)	1262	21061	5389	1731
SST (mg/L)	6094	17582	8849	5616
SSed (mL/L)	150	606	210	90
Alc. T. (mg/L)	1456	1511	1152	822
DQO (mg/L)	81,94	24282	8762	8750
Amônia total (mgN/L)	169	156	179	153
N. Orgânico (mgN/L)	443	252,9	174	48
PT (mgP/L)	72,48	183	47	30
CTT (UFC/100mL)*	2,13E+07	1,66E+06	5,74E+06	2,19E+07
Helmintos (Nº ovos/L)	38,7	176,6	6,4	0,9
Viabilidade(%)	45,9	0,0	0,0	0,0

*Para CTT foi utilizado a média geométrica

(1) Valor referente a uma residência

(3) Usado 2 valores para o cálculo da média

(4) Sem valores para cálculo

A classe B foi quem se sobressaiu com concentrações de O e G, ST, SST, SSed, DQO, PT e ovos de helmintos iguais a 107 mg/L, 40.388 mg/L, 17.582 mg/L, 606 mL/L, 24.282 mgO₂/L, 183 mgP/L e 176,6 ovos/L. Assim como o grupo dos tanques sépticos, a classe B foi quem se mostrou mais concentrada na maioria das variáveis. Até mesmo porque das quatro residências que representaram a classe B, três destas têm o tempo de esgotamento maior do que as demais fossas pesquisadas.

A alcalinidade foi aproximada em todas as classes variando de 822 a 1511 mgCaCO₃/L.

As frações nitrogenadas se mostraram mais elevadas na classe A com 169 e 443 mgN/L para amônia e nitrogênio orgânico, respectivamente.

Os coliformes não variaram muito, porém a classe C apresentou maior concentração com $2,19E+07$ UFC/100mL/L. Observou-se viabilidade de 45,9% para a classe A referente a residência R18.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE CÂMARAS DOS TANQUES SÉPTICOS DE DUAS CÂMARAS EM SÉRIE (Grupo 3)

Das 24 residências visitadas, apenas seis (R3, R5, R7, R16, R22 e R28) utilizavam tanques sépticos de duas câmaras em série de disposição e tratamento. Na 1ª fase os seis sistemas foram amostrados, e na 2ª fase apenas cinco casas (R3, R5, R7, R22 e R28).

Todos os gráficos ilustrados pelas figuras a seguir representam o valor de cada variável encontrada em cada uma das câmaras nas duas fases estipuladas.

A partir deste ponto, as câmaras 1 e 2 serão nomeadas como C1 e C2, respectivamente.

Verificou-se que a temperatura foi pouco superior na 1ª câmara do que na segunda em ambas as fases (Figura 54). As medidas de pH (Figura 54) foram bastante homogêneas com diferença máxima de uma câmara para outra na residência R3 na 1ª fase (C1 – 6,2 e C2 - 7,2) e 2ª fase (C1 – 6,5 e C2 – 7,2).

Já para a condutividade elétrica (Figura 56) as diferenças mais bruscas aconteceram nas casas R3 na 2ª fase (C1 – 1.003 C2 – 3.390 μ S/cm), 1ª fase do R7 (C1 - 285 e C2 - 613 μ S/cm) e 1ª fase do R16 (C1 - 1.096 e C2 - 747 μ S/cm).

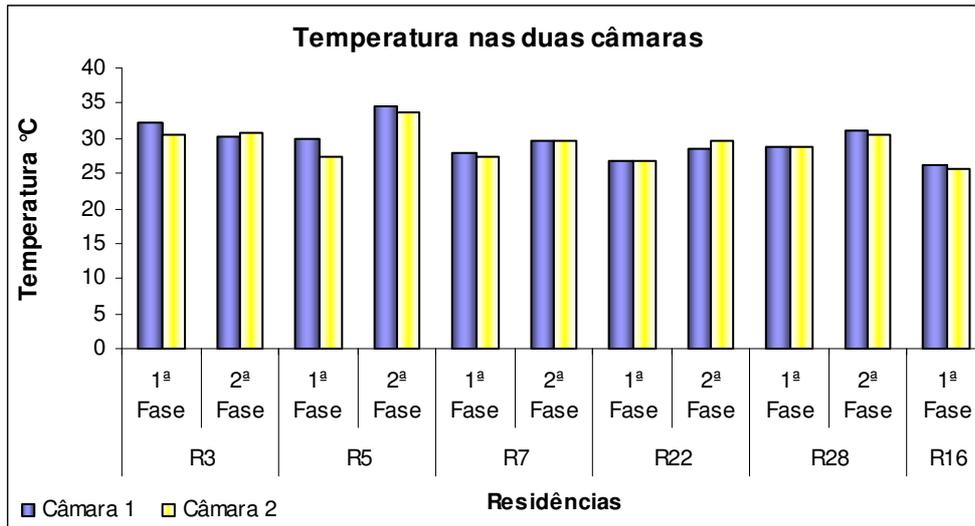


Figura 54: Gráfico da temperatura nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

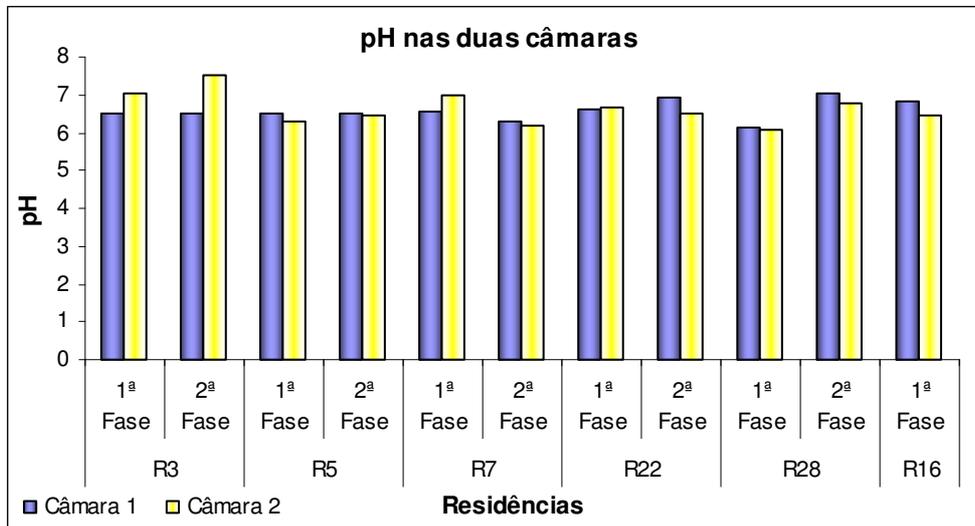


Figura 55: Gráfico do pH nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

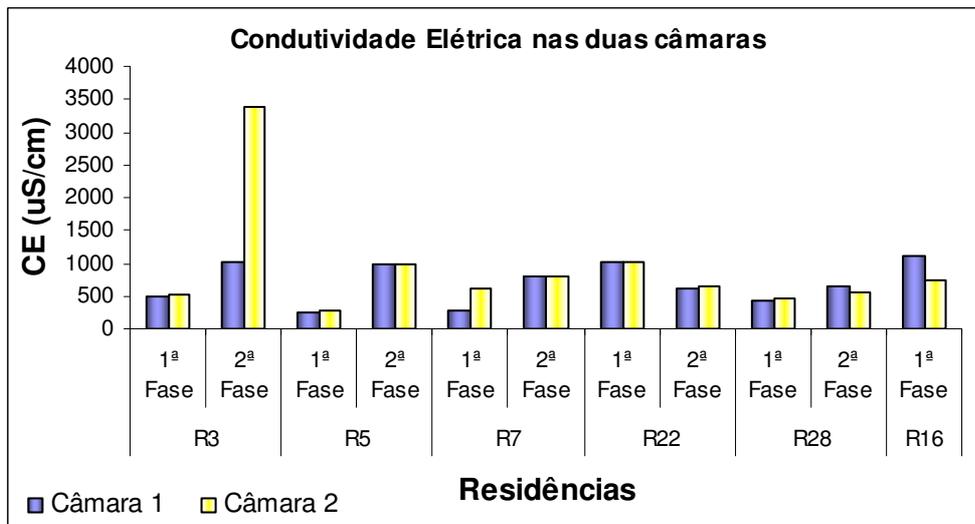


Figura 56: Gráfico dos valores de condutividade elétrica nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

Na primeira fase não foi possível analisar óleos e graxas em algumas amostras por terem muito material sólido não sendo possível a filtração. Por isso o gráfico da Figura 57 não apresenta tais valores.

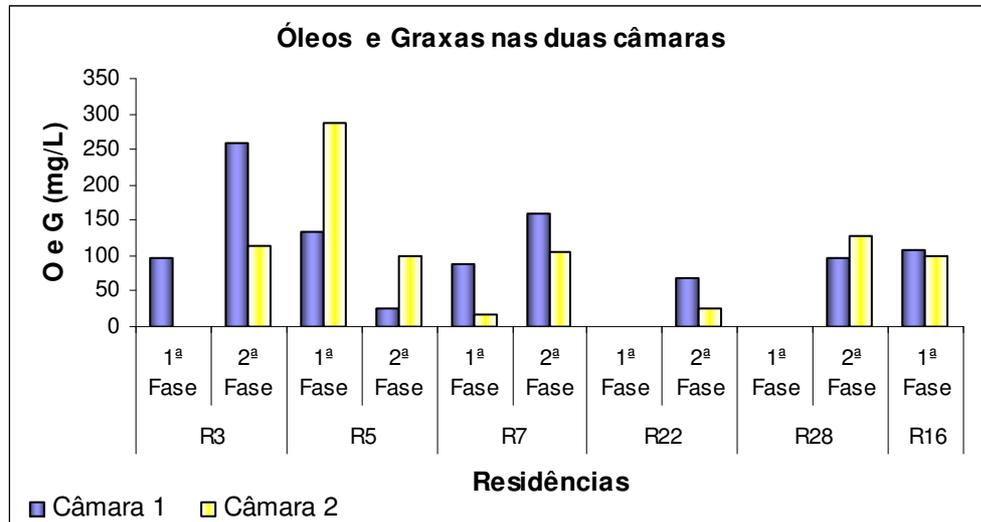


Figura 57: Gráfico dos valores de óleos e graxas nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

A maioria dos sistemas apresentou maior teor de óleos e graxas na C1 do que na C2 com exceção da R5 que respondeu de forma contrária tanto na 1ª fase (C1 – 133 e C2 -288 mg/L) quanto na segunda (C1 – 27 e 101 mg/L). Pode-se associar esse comportamento ao fato do rompimento parcial da parede divisória do tanque até a passagem a 2/3 de altura, logo, acredita-se que o material gorduroso tenha sido carregado para a segunda câmara sendo levado pelo sentido do fluxo.

A Figura 58 apresenta a comparação da alcalinidade total nas duas câmaras.

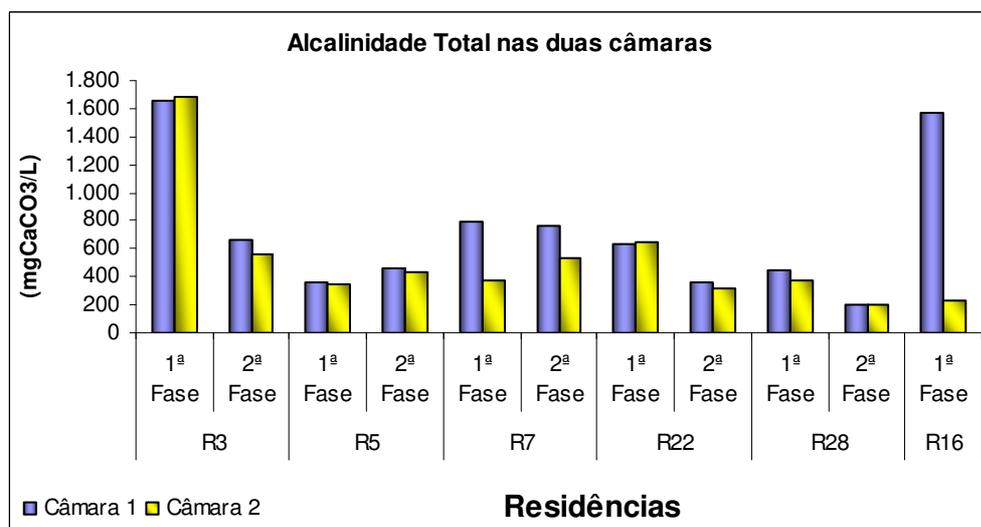


Figura 58: Gráfico dos valores de alcalinidade total nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

Aparentemente as primeiras câmaras tiveram maior alcalinidade do que as segundas, senão, com resultados iguais ou opostos como na casa R3 (C1 – 1.651 e C2 – 2.680 mgCaCO₃/L). A maior discrepância verificada aconteceu com a casa R16 (somente com a 1ª fase) com C1 e C2 iguais a 1.568 e 231 mgCaCO₃/L respectivamente.

No que diz respeito aos sólidos, as Figuras 56 e 60 mostram a comparação entre as câmaras quanto às frações volátil e fixa dos sólidos totais e suspensos totais, respectivamente.

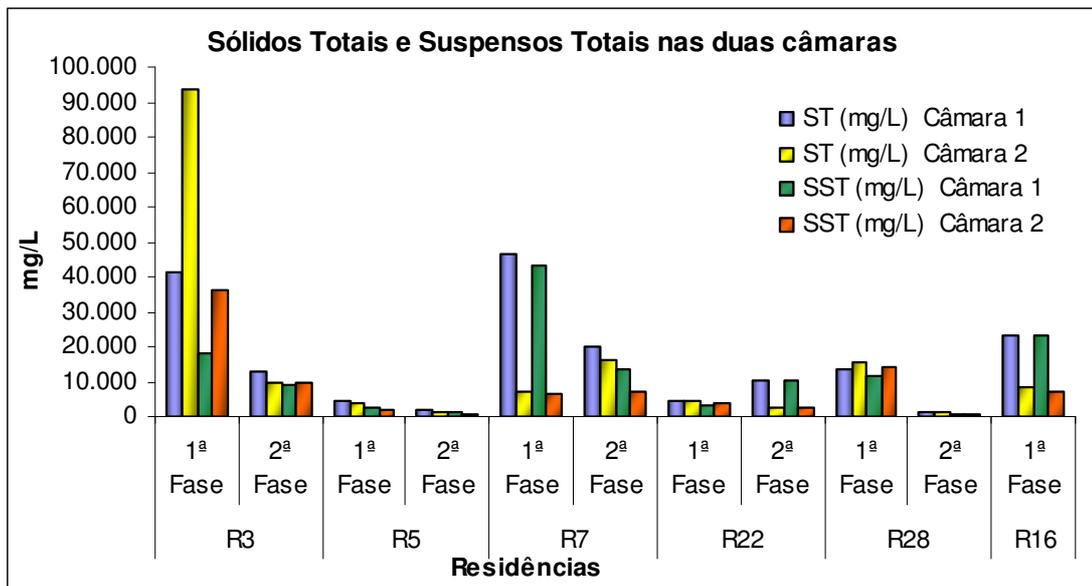


Figura 59: Gráfico dos valores de sólidos total e sólidos suspensos nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

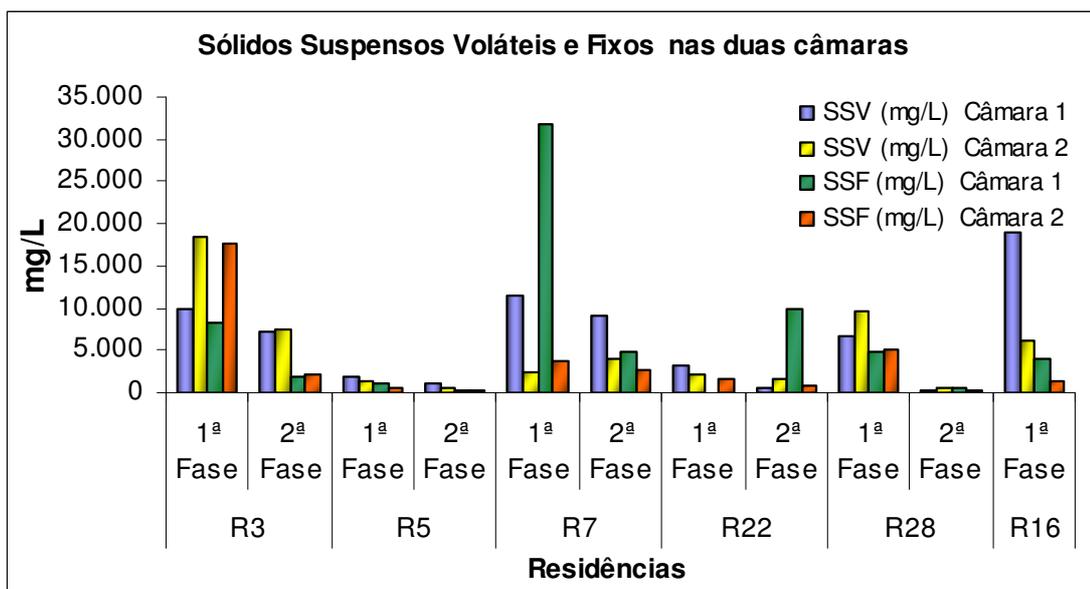


Figura 60: Gráfico dos valores das frações fixa e volátil dos sólidos suspensos nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

Com exceção da R3, o restante das casas apresentou nas duas fases concentrações de ST maiores na primeira câmara do que na segunda.

A R3 encontrava-se há 20 anos sem esgotamento, com material sólido e escumoso extrapolando o nível do tubo de saída do tanque, portanto, acredita-se que o local de amostragem nas duas câmaras, bem como a transposição da amostra dentro do amostrador para o recipiente de homogeneização tenham influenciado nas concentrações de ST e SST, e demais variáveis conforme será revelado nos próximos gráficos. Ademais, observa-se que na 2ª fase as concentrações são mais proporcionais.

A maior discrepância encontrada foi na R7 com 46.668 mg/L e 7.027 mg/L de ST na C1 e C2 respectivamente, e para SST de 2.762 mg/L e 1.800 mg/L.

Quanto às frações fixa e volátil dos sólidos suspensos, de uma forma geral houve uma leve predominância da fração volátil nas primeiras câmaras, em ambas as fases. Na R7 verificou-se concentração máxima de SSF (C1 - 31.767 e C2 - 3.800 mg/L), bem mais elevados do que os STV (C1 – 11.600 e 2.364 mg/L) aderindo a idéia de que a maior parte dos sólidos são retidos na primeira câmara, principalmente aqueles mais pesados com no caso a areia.

Os sólidos sedimentáveis foram cruciais para avaliação de desempenho das duas câmaras e encontram-se na Figura 61.

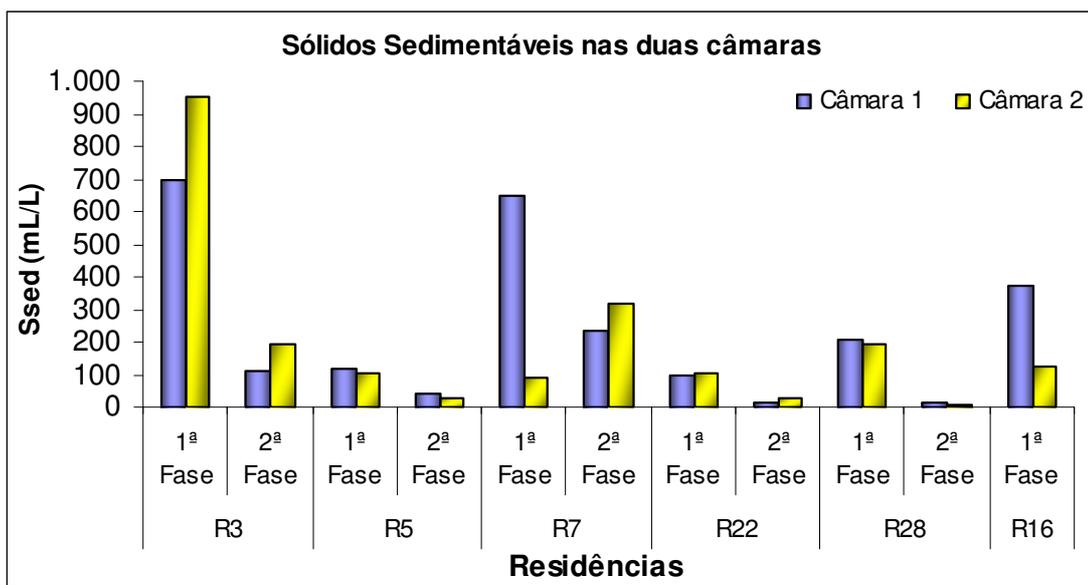


Figura 61: Gráfico dos valores dos sólidos sedimentáveis nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

Verifica-se que, com exceção do caso atípico R3, em quase todas as casas houve superioridade nos teores de SSed na primeira câmara do que na segunda, com maiores concentrações na 1ª fase do que na segunda, obviamente devido ao tempo de contribuição de sólidos para o sistema sem sofre esgotamento. Destaca-se a 1ª fase da R7 (C1 - 648 e C2 – 91 mL/L), R16 (C1 - 375 e C2 – 125 mL/L) e R28 (C1 – 210 e C2 – 190 mL/L).

As demais situações, apesar de não ter seguido o mesmo comportamento, não sabe-se ao certo se o local de amostragem prejudicou a colheita da amostra de coluna, principalmente o fundo, pois tentou-se coletar no local mais preciso possível da primeira amostragem, além de a abertura de cada sistema oferecer limitações quanto ao acesso.

Para a família do nitrogênio, a Figura 62 e Figura 63 mostram as câmaras comparadas quanto as variáveis amônia e nitrogênio orgânico, respectivamente.

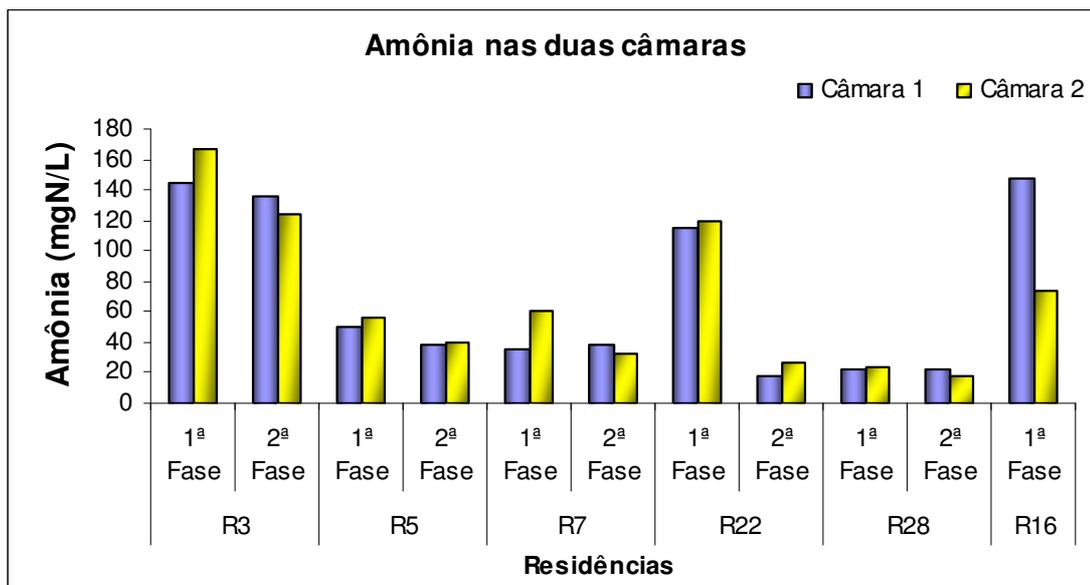


Figura 62: Gráfico dos valores do nitrogênio amoniacal nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

A amônia na maioria dos casos, teve concentrações ligeiramente iguais nas duas câmaras em ambas as fases com exceção da R7 (C1 – 36 e C2 – 60 mgN/L), e R16 que obteve teores na ordem de C1 – 148 e C2 – 73 mgN/L as duas casas na primeira fase.

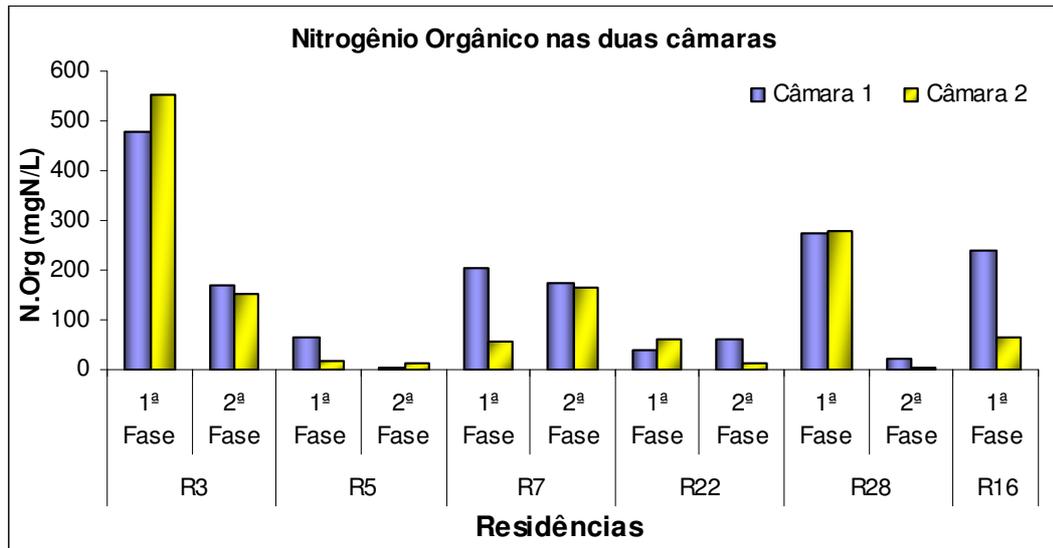


Figura 63: Gráfico dos valores de nitrogênio orgânico nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

A parte orgânica do nitrogênio já se mostrou maior na câmara 1 do que na 2, ou quando não era superior, atingia concentrações bem aproximadas. Na 1ª fase da residência R28, com apenas duas moradoras, o sistema contava com um conteúdo bem fraco em relação aos demais sistemas amostrados (C1 – 276 e C2 - 277 mgN/L). Os conteúdos das duas câmaras eram bastante semelhantes, e acredita-se que esse nitrogênio orgânico estava presente principalmente suspenso na coluna líquida e bem distribuído, pois as concentrações foram muito próximas com diferenças nas casas decimais.

A Figura 64 e Figura 65 apresentam em forma de gráficos de barras a comparação entre as câmaras quanto ao nitrito e nitrato.

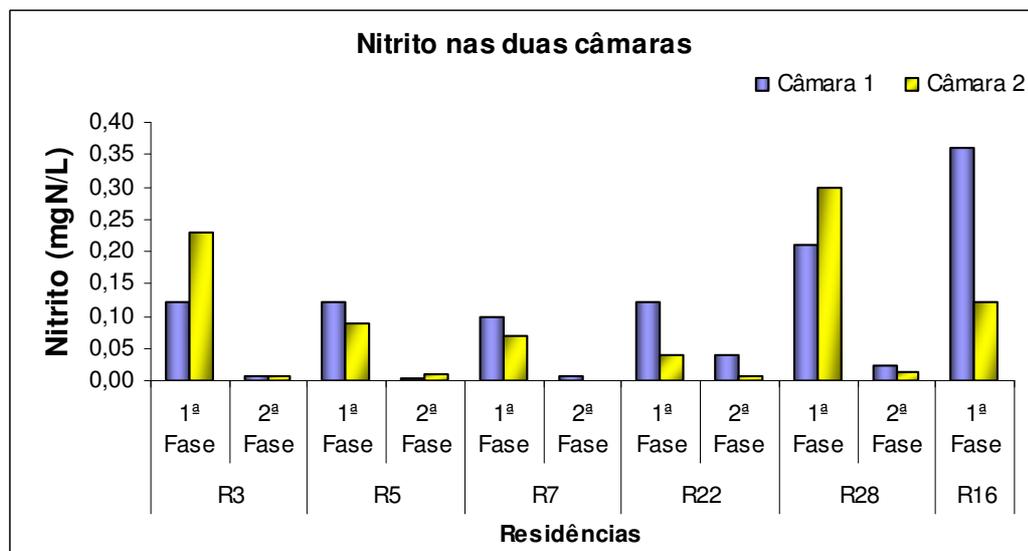


Figura 64: Gráfico dos valores de nitrito nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

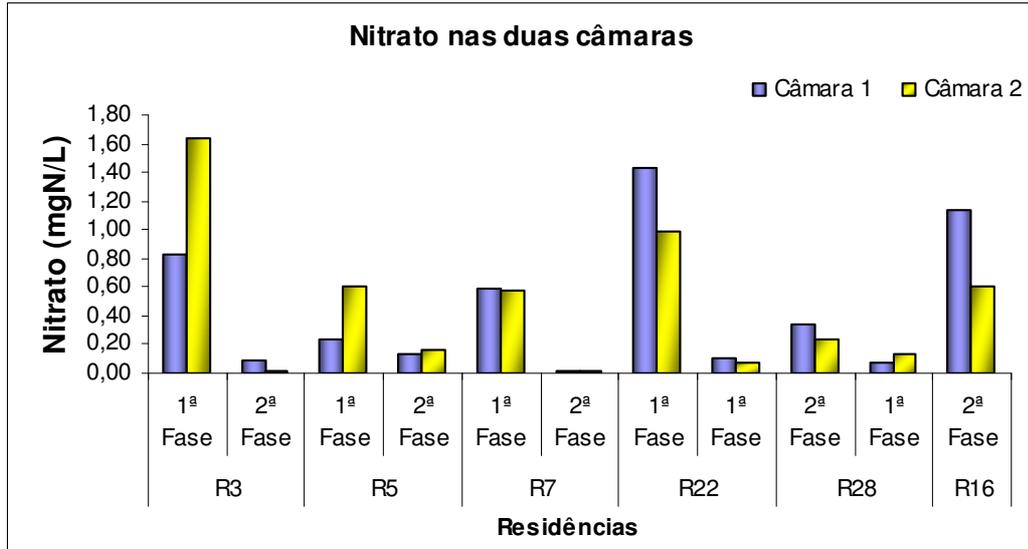


Figura 65: Gráfico dos valores de nitrato nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

O nitrito e nitrato nas duas câmaras alcançaram níveis bem reduzidos. Para nitrito, na 1ª fase, as residências que tiveram maiores níveis de nitrito na C1 do que na C2 foram: R5 (0,12 e 0,09 mgN/L), R7 (0,10 e 0,07 mgN/L), R16 (0,36 e 0,12 mgN/L) e R22 (0,12 e 0,04 mgN/L). Na segunda fase, R5 agiu de forma contrária (C1 – 0,002 e C2 – 0,01 mgN/L). Para nitrato, sob um aspecto geral, C1 obteve concentrações maiores do que em C2. Vale destacar R16 com 1,43 e 1,0 mgN/L.

A Figura 66 mostra a comparação dos valores de DQO nas duas câmaras.

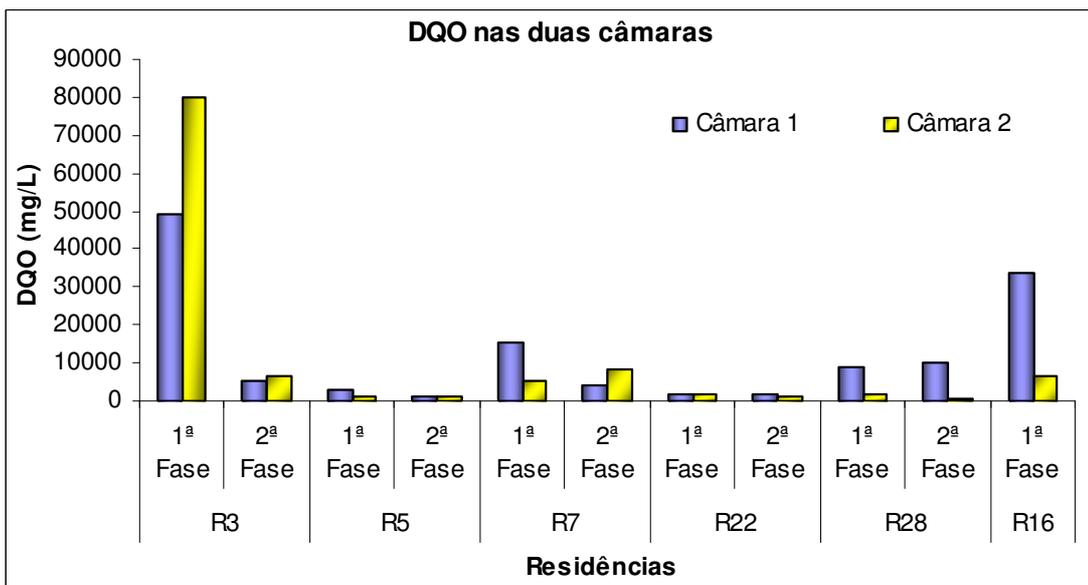


Figura 66: Gráfico dos valores de DQO nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

A DQO se mostrou superior na primeira câmara do que na segunda, os resultados mais expressivos foram as R5 (C1 – 2.759 e 1.408 mgO₂/L), R7 (C1 – 15.632 e 5.517 mgO₂/L), R16 (C1 – 33.777 e 6.518 mgO₂/L) e R28 (C1 – 10.000 e 814 mgO₂/L).

Percebe-se que as concentrações de DQO entre as câmaras são mais nítidas na primeira fase do que na segunda, devido ao maior tempo de contribuição corrido antes do esgotamento da pesquisa do que o tempo de contribuição de esgoto do obtido em seis meses. Ou seja, quanto maior o tempo do sistema sem sofrer esgotamento, proporcionalmente será o acúmulo de matéria orgânica (DQO). Mas por outro lado, o efluente produzido pelo sistema recém-esgotado provavelmente deve ser sair melhor tratado, pois o volume para decantação nos tanque fica bem maior. Essa diferença entre as fases nas duas câmaras também é válida para algumas das demais variáveis investigadas como nitrogênio orgânico, sólidos sedimentáveis.

A Figura 67 traz a comparação gráfica do fósforo total nas duas câmaras.

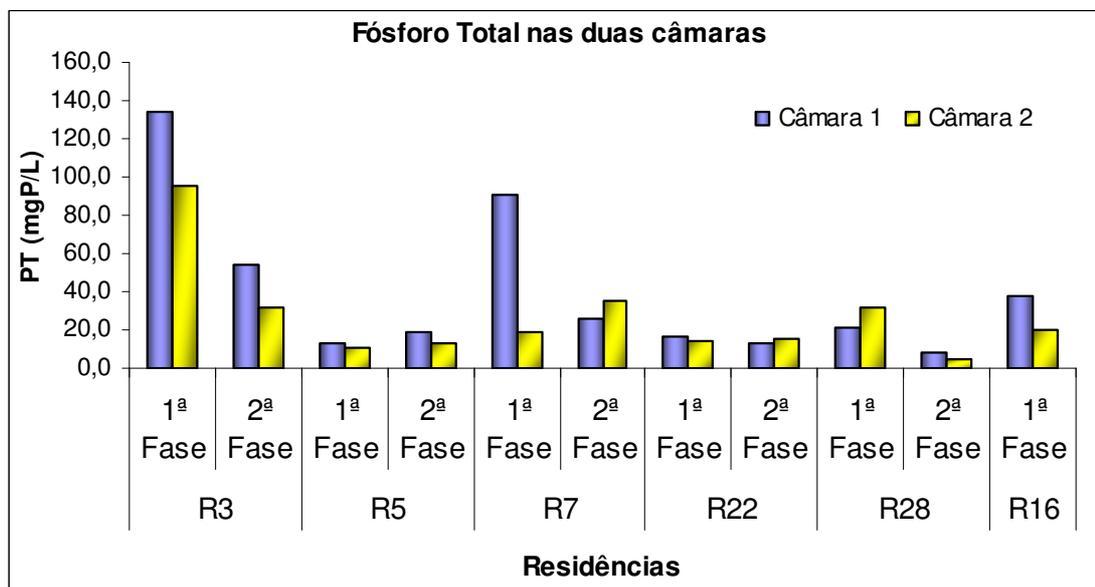


Figura 67: Gráfico dos valores de fósforo total nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta

Apenas as residências R3 (que pela primeira vez apresentou o valor de uma variável maior na C1 do que na C2 – 134 e 95 mgP/L, respectivamente), R7 (C1 - 91 e C2 - 18 mgP/L), R16 (C1 – 37 e C2 - 21 mgP/L) e R22 (C1 – 16 e C2 - 15mgP/L) tiveram concentrações maiores no primeiro compartimento do que no segundo.

Acredita-se que o fósforo presente tem a maior parcela de fósforo orgânico, além de presente na coluna líquida ele é bastante intenso no lodo do fundo do reator também. Por isso, como a tendência é de acumular maior matéria sedimentável, ou seja, uma boa parte dos sólidos, dentre eles o orgânico, o fósforo acaba sedimentando juntamente com esses componentes do esgoto.

No quesito biológico, a Figura 68 e Figura 69 trazem a comparação das concentrações de coliformes termotolerantes e o número de ovos de helmintos nas duas câmaras.

Devido a um pico de concentração alcançado pela residência R3 $4,50E+08$ UFC/100mL, os demais valores ficaram muito abaixo da escala proposta pelo gráfico, no entanto, os dados foram logaritizados para gerar um gráfico de melhor interpretação.

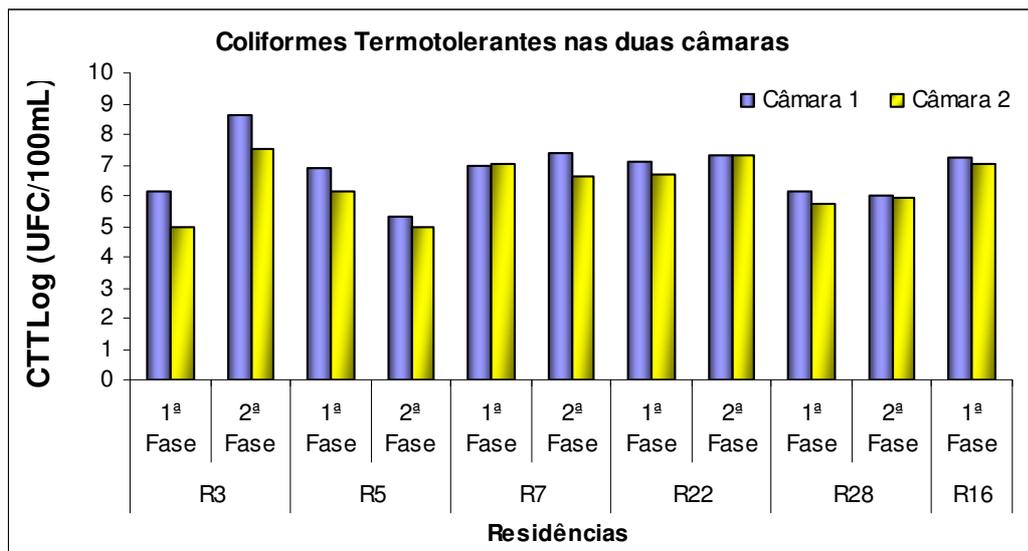


Figura 68: Gráfico dos valores de coliformes termotolerantes logaritizados, nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta.

Os CTT se comportaram de uma forma bem uniforme em grande parte dos sistemas amostrados. Com exceção da R7 na 1ª fase, todos os sistemas, em ambas as fases, mostraram que sua primeira câmara continha um número pouquíssimo maior de coliformes do que na segunda câmara, principalmente as residências R16, R22, R28. A maior diferença identificada aconteceu na casa R3 na 2ª fase com $4,50E+08$ e $3,55E+07$ UFC/100mL em C1 e C2 respectivamente. A menor concentração encontrada foi de $2,00E+05$ e $1,00E+05$ UFC/100mL respectiva a R7 na segunda fase.

Quanto aos ovos de helmintos (Figura 69), tanto a primeira câmara quanto a segunda identificaram ovos presentes.

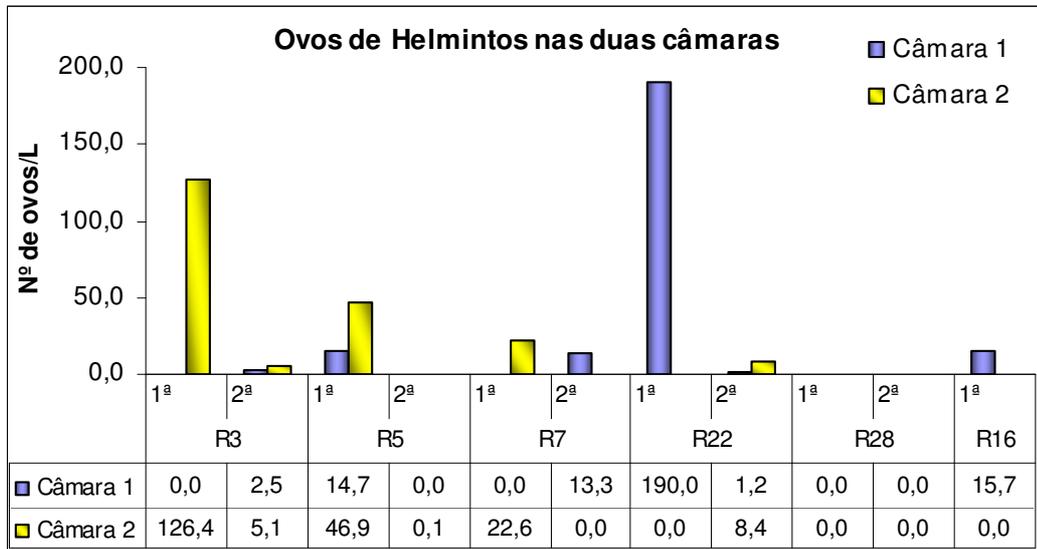


Figura 69: Gráfico dos valores de ovos de helmintos nas duas câmaras dos tanques sépticos residenciais nas duas fases de coleta

Não foi verificado nenhum ovo na R28 em nenhuma das fases. A R5 obteve na C1 e C2 14,7 e 46,9 ovos/L na 1ª fase e 0,0 e 0,133 ovos/L na segunda respectivamente. Na casa R22, verificou-se a maior concentração de ovos com C1 – 190,0 e C2 – 0,0 ovos/L (1ª fase) e 1,167 e 8,4 ovos/L (2ª fase).

Somando todos os ovos das primeiras câmaras considerando as duas fases de amostragem, e separadamente todos os valores encontrados na segunda câmara (também nas duas fases) depara-se com o total de 237,3 ovos e 209,6 ovos. Diante dessa análise pouco profunda, a primeira câmara obteve maior concentração de ovos na C1 de um ponto de vista geral.

5.5 – COMPARAÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS COM RESÍDUOS ESGOTADOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSA (Grupo 4)

Foi utilizada a mesma estatística descritiva das 66 amostras ao total analisadas do Grupo 1 da pesquisa (grupo exclusivo dos 24 sistemas) como também dos 42 caminhões limpa-fossa (Tabela 20).

Tabela 20: Estatística descritiva do grupo das 42 amostras de caminhões limpa-fossa.

Variáveis	n	Média	Mediana	Média Geométrica	Mínimo	Máximo	DV	CV %
Temperatura (°C)	42	29	29	28	23	32	2	0,07
pH	42	7	7	7	4	8	1	0,12
Condutividade (µS/cm)	42	1348	1075	1117	261	7680	1202	0,89
O e G mg/L	40	1071	291	248	11	17480	2853	2,66
ST (mg/L)	41	10129	5561	6641	938	43563	9915	0,98
STV (mg/L)	41	7297	3786	4629	530	37077	7592	1,04
STF (mg/L)	41	2425	1243	1649	209	11414	2531	1,04
SST (mg/L)	39	6992	3500	4367	560	28960	7033	1,01
SSV (mg/L)	39	4808	2638	2917	364	24640	5393	1,12
SSF (mg/L)	39	2185	910	1147	104	17655	3216	1,47
SSed (mL/L)	42	305	188	172	5	990	288	0,94
Alc. T. (mg/L)	42	702	487	519	96	3828	779	1,11
DQO (mg/L)	40	8063	4246	4723	379	33846	8820	1,09
Amônia (mgN/L)	41	107	80	77	10	594	105	0,99
N.Org (mgN/L)	41	86	45	38	0	487	108	1,27
NTK (mgN/L)	42	191	129	145	32	1009	179	0,94
Nitrito (mgN/L)*	0	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mgN/L)*	0	-	-	-	-	-	-	-
N TOTAL (mgN/L)*	0	-	-	-	-	-	-	-
PT (mgP/L)	20	95	73	72	12	204	65	0,68
CTT (UFC/100mL)	25	3,43E+07	1,70E+07	1,18E+07	1,01E+02	1,69E+08	4,66E+07	1,36
Helmintos (Nº ovos/L)	25	156	11	-	0	1781	391	2,52
Viabilidade(%)	25	1	0	-	0	12	2	3,78

DV – desvio padrão; CV- coeficiente de variação

*Essas variáveis não foram analisadas, ou então não tinham dados disponíveis.

A comparação foi realizada utilizando dados de temperatura, pH, condutividade elétrica, alcalinidade total, série de sólidos, DQO, nitrogênio amoniacal e orgânico, fósforo total, coliformes termotolerantes e contagem e viabilidade de ovos de helmintos; do conteúdo de 24 sistemas (considerando tanques sépticos e fossas referentes a 1ª fase) de residências amostradas com o grupo de 42 amostras compostas de caminhões limpa-fossa oriundos de esgotamentos residenciais unifamiliares estudado no trabalho de Ratis (2009).

Como era de se esperar o teste de normalidade para as 64 amostras agrupadas apresentaram dados muito dispersos para todas as variáveis analisadas, com exceção da temperatura e pH, que por sua natureza apresentaram distribuição

normal com os dados brutos. Ratis (2009) realizou testes de normalidade nas variáveis analisadas e verificou que as dados brutos não apresentaram histogramas com distribuição normalizada. Portanto, a autora logaritmicou os dados na tentativa de se buscar a distribuição normalizada.

A análise de variância através do teste de Kruskal-Wallis mostrou que de todas as variáveis analisadas, os caminhões se diferenciavam das casas apenas com óleos e graxas, alcalinidade total, nitrogênio orgânico, NTK e fósforo total conforme se verifica na Tabela 21:

Tabela 21: Análise de variância com dados brutos utilizando o Teste de Kruskal-Wallis para os grupos de Tanques Sépticos (TS) e Fossas (F) com o grupo dos caminhões limpa-fossa.

Variáveis	Valores de p na comparação de carros limpa-fossa x residências – Teste de Kruskal-Wallis
O e G	0,006076*
ST	0,253526
STV	0,314466
STF	0,118002
SST	0,174231
SSV	0,129919
SSF	0,357586
SSed	0,764238
Alc. T.	0,002890*
DQO	0,217125
Amônia	0,081872
N.Org	0,001769*
NTK	0,004522*
PT	0,0255145*
CTT	0,096914
Helmintos	0,204085

* Medianas estatisticamente diferentes onde $p < 0,05$

A ANOVA gráfica, tomando os dados logaritmicados, apontou as variáveis alcalinidade total e NTK como as que obtiveram as médias estatisticamente diferentes, ou seja, caminhões e residências não fazem parte de um mesmo grupo, conforme pode ser visto na Figura 70 e Figura 71.

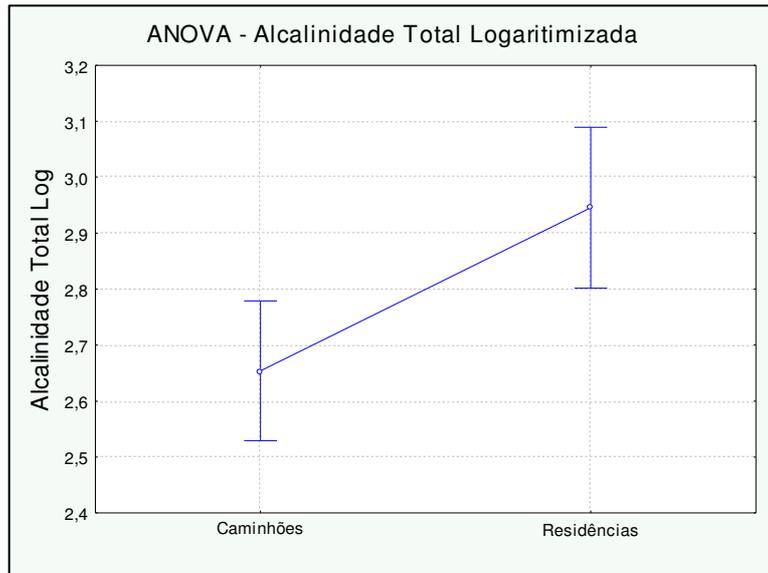


Figura 70: ANOVA gráfica da alcalinidade total com os dados logaritimizados dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.

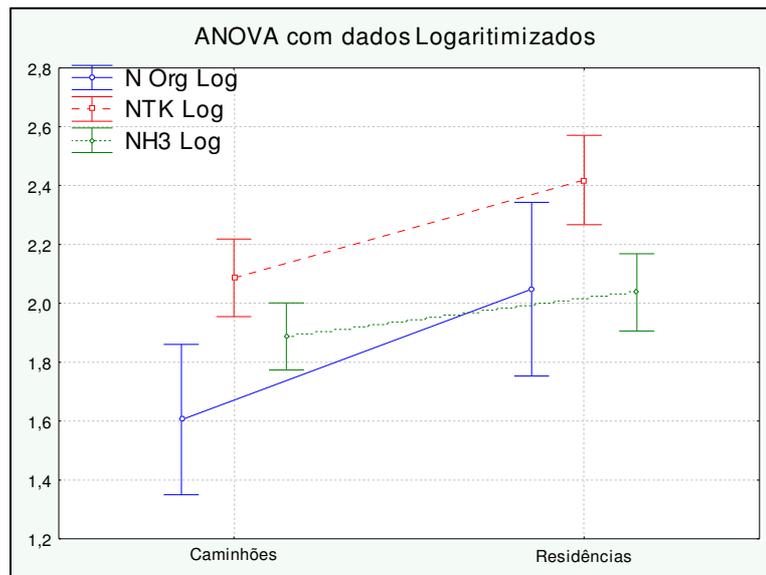


Figura 71: ANOVA gráfica das frações nitrogenadas com os dados logaritimizados dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.

Porém o Teste de Tukey (Tabela 22), quando analisou os dados logaritimizados apontou as variáveis condutividade, óleos e graxas, STF, alcalinidade total, N. Orgânico, NTK e fósforo com as médias estatisticamente diferentes, ou seja, seus valores de p foram:

Tabela 22: Teste paramétrico (Turkey) para os dados logaritimizados dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.

Variáveis	Valores de p na comparação de carros limpa-fossa x residências – Teste de Tukey
CE	0,0099*
OeG	0,0044*
STF	0,0357*
Alc. T.	0,0120*
N.Org	0,013*
NTK	0,0046*
PT	0,0323*

*Médias estatisticamente diferentes onde $p < 0,05$

Embora a variável de STF tenha tido valor de p menor que 0,05, o gráfico da ANOVA não classificou esta variável como tendo suas médias estatisticamente diferentes (Figura 72).

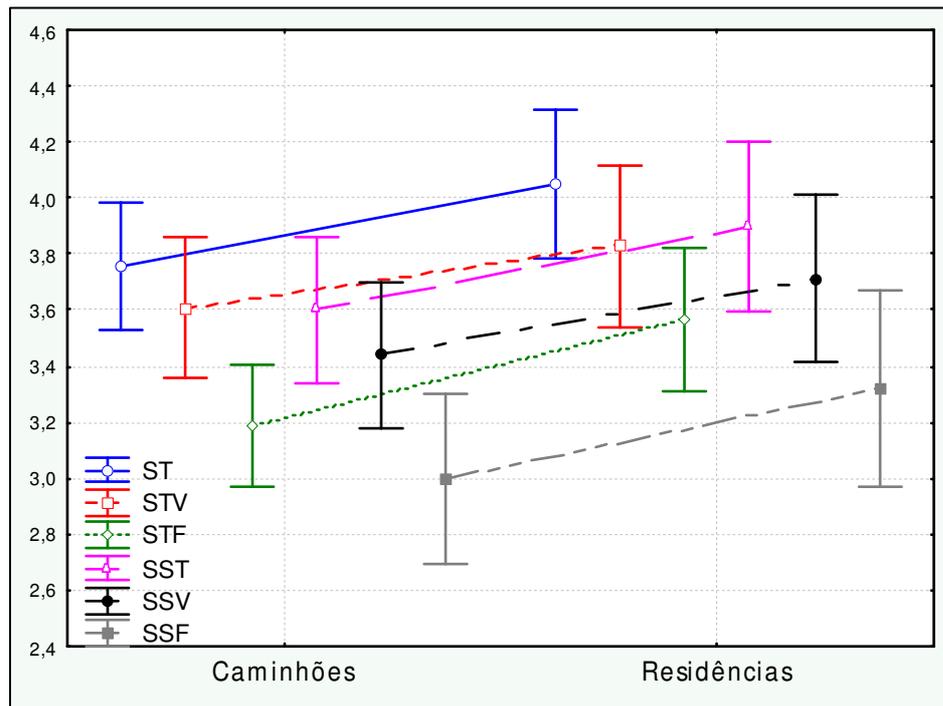


Figura 72: ANOVA da série de sólidos para os dados logaritimizados dos 24 sistemas e 42 amostras de caminhões limpa-fossa.

Analisando essas variáveis apontadas pelos gráficos e testes, por apresentarem médias e medianas estatisticamente diferentes (O e G, Alc.T, N.Org , NTK e PT), percebe-se realmente a diferença entre os grupos quando se visualiza os gráficos Box-plots ilustrados a seguir.

O Box-plot de óleos e graxas teve que ter seus valores logaritimizados com objetivo de melhorar a visualização (Figura 73), uma vez que devido ao valor máximo do grupo dos caminhões (17.480 mg/L) o gráfico foi desconfigurado.

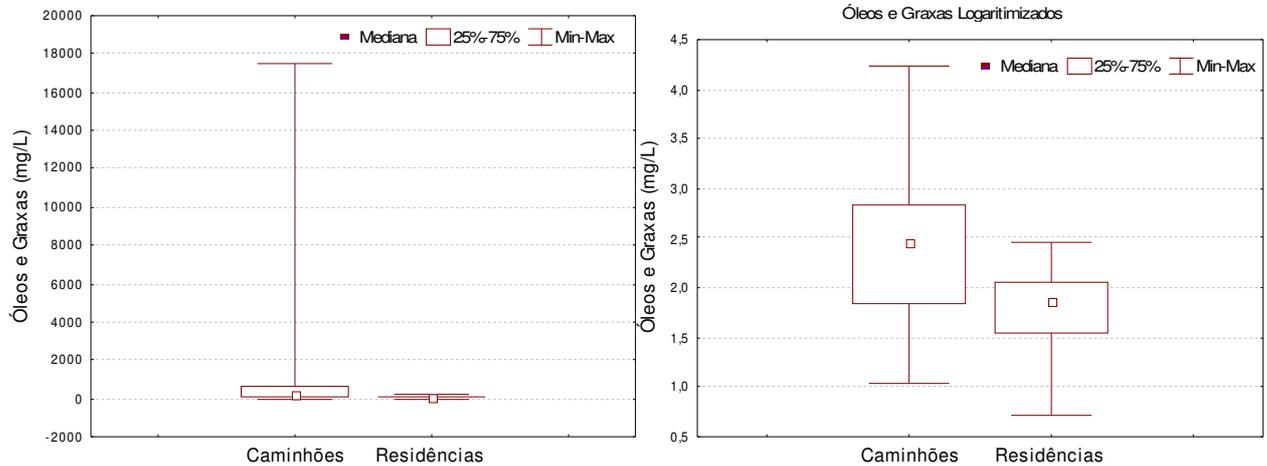


Figura 73: Gráficos box-plots dos dados brutos de óleos e graxas das 14 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões (esquerda) e dados logaritimizados (direita).

A concentração máxima e mínima para o grupo dos caminhões foram 17.480 e 11 mg/L e mediana 291 mg/L. Para o grupo das residências, a mediana foi 75 mg/L e máximo e mínimo 286 e 5 mg/L. Acredita-se que como o caminhão coleta todo o resíduo presente no sistema, suas concentrações proporcionalmente aumentam.

A Figura 74 mostra a variação da alcalinidade total entre os grupos.

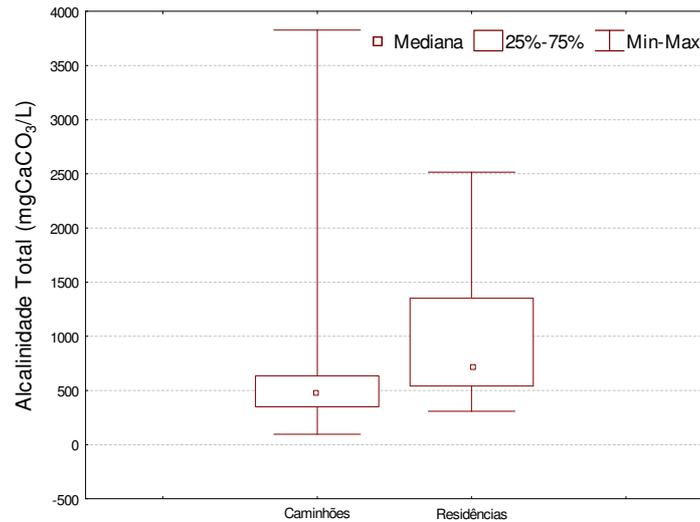


Figura 74: Gráfico box-plots dos dados brutos da alcalinidade total 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões

A alcalinidade nas residências se mostrou superior a dos caminhões quando se trata dos valores medianos 709 e 487 mgCaCO₃/L respectivamente. O grupo dos caminhões atingiu um pico máximo de 3.828 mgCaCO₃/L e obtiveram mínimo de 309 e máximo de 2.516 mgCaCO₃/L além de terem 50% de seus resultados maiores do que o grupo dos caminhões.

Quanto aos sólidos totais e frações, a Figura 75 e a Figura 76, apresentam a variação através dos gráficos Box-plot.

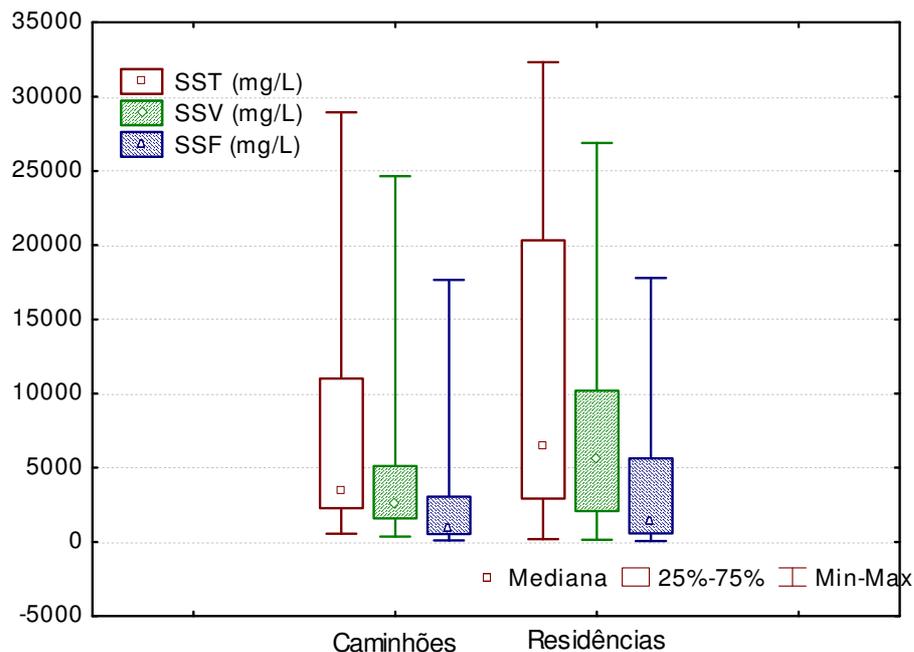


Figura 75: Gráfico box-plots dos dados brutos dos sólidos totais e frações fixa e volátil das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

O grupo das residências mostrou superioridade em todas as medianas (ST – 10.169, STV – 6.107 e STF – 2.743 mg/L). O grupo dos caminhões tiveram medianas de 5.561, 3.786 e 1.243 mg/L para ST, STV e STF, respectivamente.

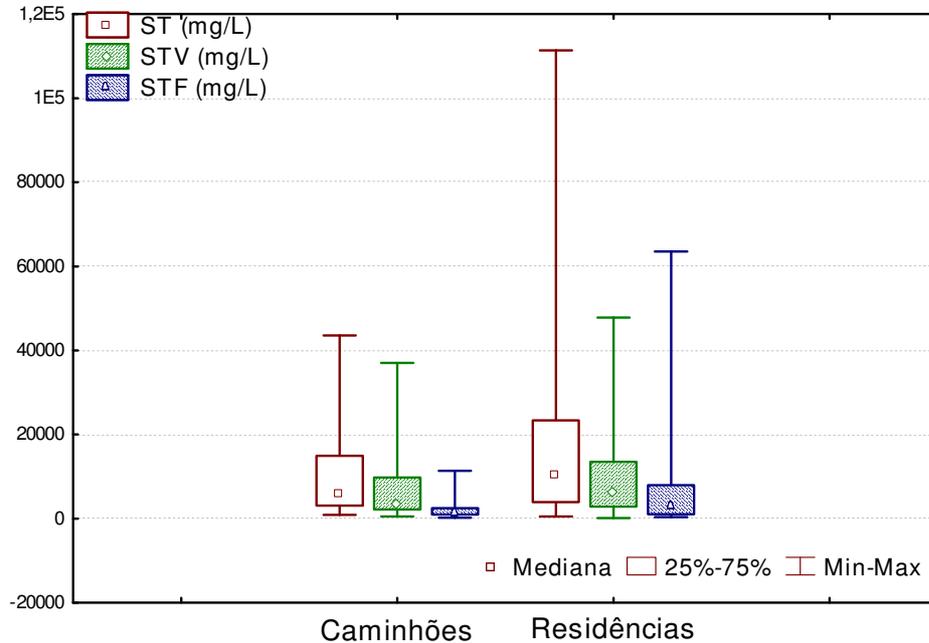


Figura 76: Gráfico box-plots dos dados brutos dos sólidos suspensos e frações fixa e volátil das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

A parte suspensa também acompanhou o comportamento dos totais, com o grupo das residências liderando nas concentrações das medianas (SST – 6.509, SSV – 5.603 e SSF – 1.287 mg/L) ao contrário dos caminhões com SST – 3.500, SSV – 2.638 e SSF – 910 mg/L.

E por último, os sólidos sedimentáveis (Figura 77) foi a variável dos sólidos que menos apresentou discrepâncias.

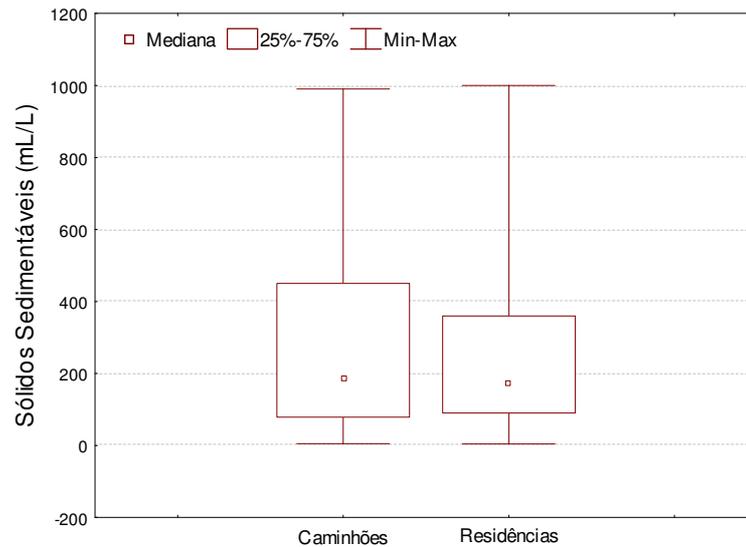


Figura 77: Gráfico box-plots dos dados brutos dos sólidos sedimentáveis das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

As concentrações de ambos os grupos foram e semelhantes com as medianas de 188 e 175 mL/L para os caminhões e residências, respectivamente. Até os valores máximo e mínimo foram próximos de 990 a 5 (caminhões) e 1.000 a 5 mL/L (residências).

No tocante as frações nitrogenadas, a Figura 78 mostra no gráfico Box-plot que as medianas tanto do nitrogênio amoniacal, quanto o orgânico, foram maiores no grupo das residências do que nos caminhões.

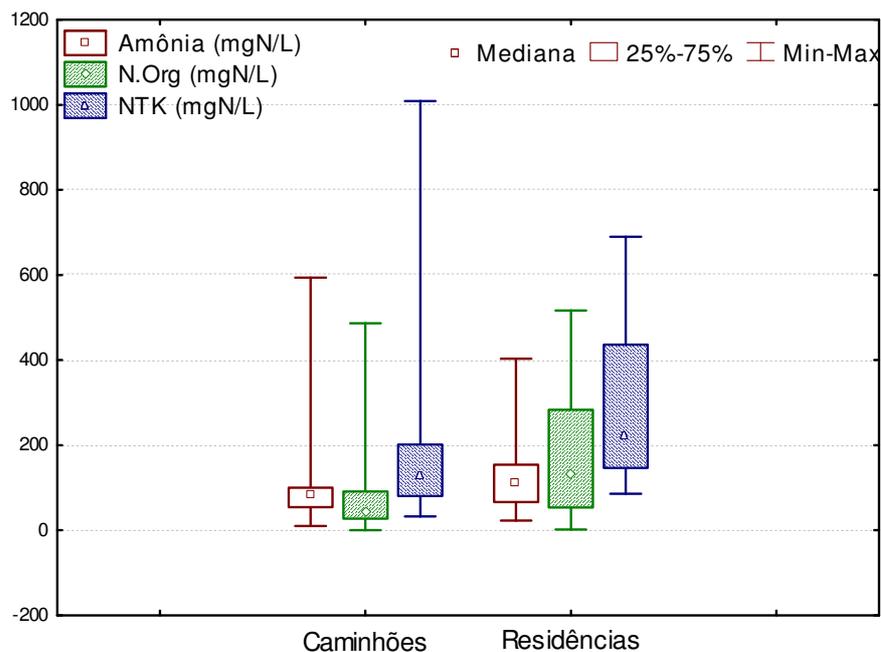


Figura 78: Gráfico box-plots dos dados brutos das frações nitrogenadas das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

As medianas obtidas foram iguais a NH_3 – 111, N.Org – 130 e NTK – 222 mgN/L (residências) e NH_3 – 80, N.Org – 45 e NTK – 129 mgN/L (caminhões). Verificou-se ainda uma concentração máxima de NTK (1.009 mgN/L) referente ao grupo dos caminhões. Observando a Figura 78, nota-se que 50% dos dados dessas frações nitrogenadas no grupo das residências foram mais distribuídos na escala do gráfico em relação ao outro grupo comparado.

A Figura 79 mostra a variação entre os grupos para a DQO através do gráfico Box-plot.

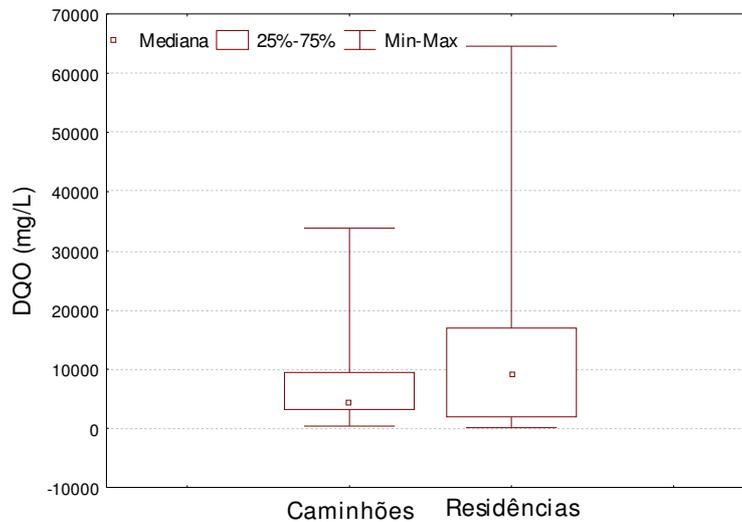


Figura 79: Gráfico box-plots dos dados brutos da DQO das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

A DQO seguiu o comportamento das demais variáveis, sendo a mediana das residências iguais a 8.935 mgO_2/L , mínimo e máximo 64.568 e 82 mgO_2/L e dos caminhões a 4.246 mgO_2/L , 379 e 3.3846 mgO_2/L , respectivamente.

A Figura 80 representa a variação e comparação do fósforo total entre os grupos estudados.

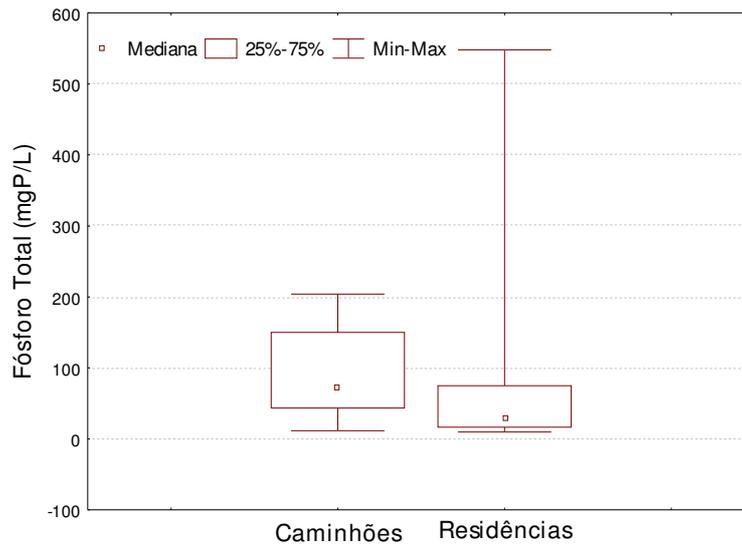


Figura 80: Gráficos box-plots dos dados brutos de fósforo total das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

No caso do fósforo, esta variável apresentou comportamento atípico até o momento, sendo o grupo dos caminhões aquele com as maiores concentrações. Sua mediana foi 73 mgP/L, mínimo e máximo 12 e 204 mgP/L além de a maioria dos seus valores (50%) abrangerem maior espaço da escala do gráfico.

As residências tiveram mediana igual a 29 mgP/L, mínimo e máximo 10 e 548 mgP/L. Este pico foi referente a residência R9 que encontrava-se com muito material sólido e cerca de 10 anos sem sofrer esgotamento.

Conforme esperado, os coliformes tiveram comportamento semelhante (Figura 81).

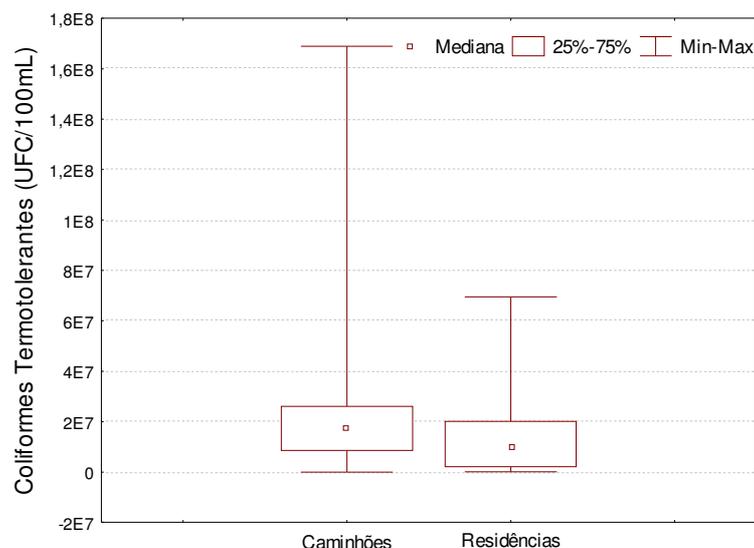


Figura 81: Gráfico box-plots dos dados brutos coliformes termotolerantes das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

As medianas encontradas foram $1,70E+07$ e $9,95E+06$ UFC/100mL para caminhões e casas respectivamente. As concentrações mínimas foram $1,01E+02$ para caminhões e $1,00E+05$ UFC/100mL para casas; e máximas $1,69E+08$ e $6,95E+07$ UFC/100mL.

Os ovos de helmintos apresentaram medianas, mínimo e máximo de 11, 0,0 e 1.781 ovos/L para caminhões e 9; 0,0 e 688 ovos/L para residências conforme pode ser visto na Figura 82.

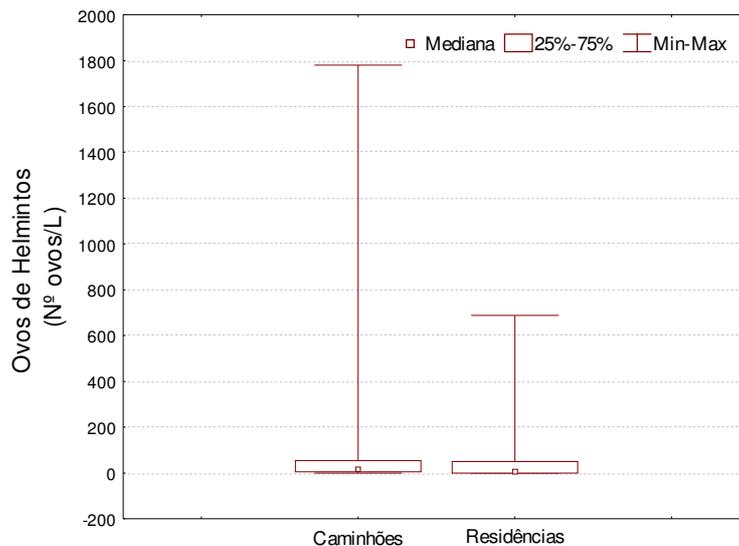


Figura 82: Gráfico box-plots dos dados brutos de ovos de helmintos das 24 amostras de sistemas residenciais e 42 amostras de caminhões.

Considerando a soma de todos os ovos encontrados nos 24 sistemas residenciais amostrados, houve um total de 1.744 ovos enquanto que no universo de 42 amostras de caminhões limpa-fossa observou-se 3.891 ovos, isso resulta em uma razão de 72,7 e 92,6, respectivamente.

Quanto à viabilidade, no grupo das residências apenas a amostra R18 identificou ovos viáveis, ou seja, de 38,7 ovos/L contados, cerca de 45,9% dos ovos eram viáveis. No caso do grupo dos caminhões, se destacaram duas amostras em particular, uma com 9,53 ovos/L sendo 11,5% eram viáveis e a outra com 53,6 ovos/L apenas 3,7% eram viáveis.

5.6 CARACTERÍSTICAS DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUE SÉPTICOS ANTES E APÓS MESES DO ESGOTAMENTO (Grupo 5)

De forma a facilitar a apresentação dos resultados, o momento antes do sistema ser esgotado será identificada como fase 1 (F1) e o momento após alguns meses do esgotamento, de fase 2 (F2). Para cada grupo foram considerados 11 tanques sépticos e 10 fossas. Para determinadas variáveis houve limitações quanto ao número de amostras que será divulgado quando couber.

A Temperatura, pH (Figura 83) e condutividade elétrica (Figura 84) tiveram todas maiores medianas na 1ª fase. Ambos os sistemas se mostraram diferentes nas duas amostragens.

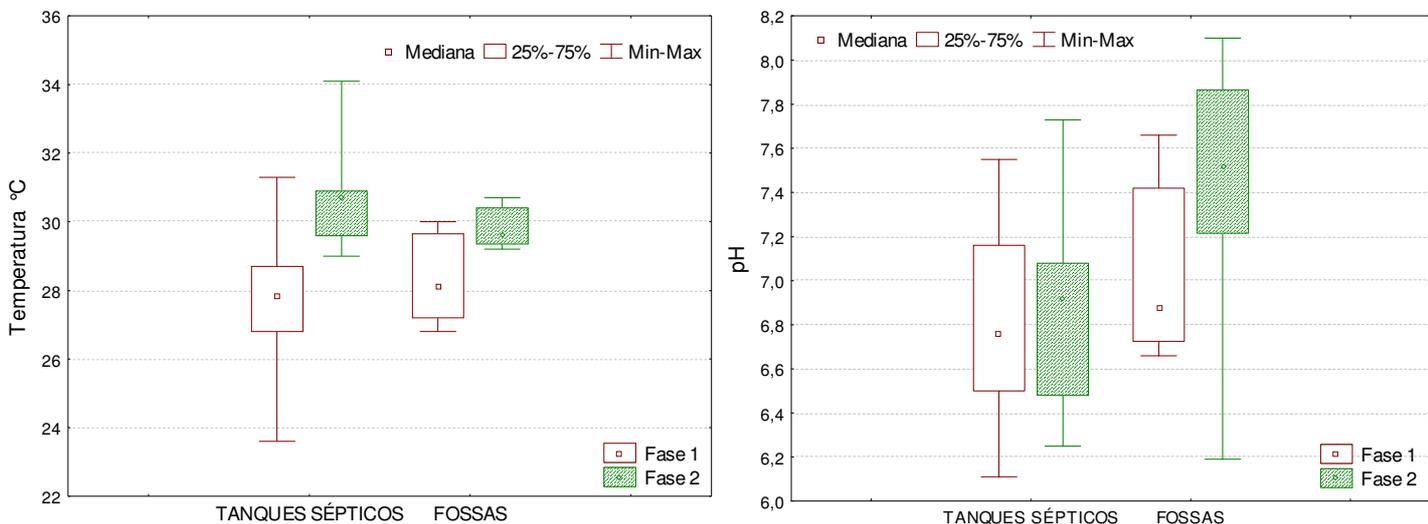


Figura 83: Box-plot da variação da temperatura e do pH nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

Para temperatura as medianas foram F1 - 27,8 e F2 - 30,7°C para tanques e F1 - 28,1 e F2 - 29,7°C para fossas.

Se tratando do pH as medianas dos dois sistemas foram maiores em F1 no que F2, sendo que para os sistemas de tanques, a diferença foi menor (F1 – 6,76 e F2 - 6,92) enquanto que para fossa, essa discrepância foi bem mais significativa (F1 – 6,88 e F2 – 7,52).

Além das medianas, o grupo dos TS mostrou mais homogeneidade na maioria de seus dados (3º e 4º quartil), bem diferente do que aconteceu no grupo das fossas. As fossas mesmo tendo o maior valor de pH na 2ª fase (7,66), ainda

obteve valor mínimo bem distante de sua mediana e do seu valor mínimo da coleta anterior (6,66).

Para a condutividade elétrica (Figura 84) as medianas para TS foram 716 e 981 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e para as fossas 1.113 e 1.164 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores máximos aconteceram na segunda fase com 3.390 e 3.420 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

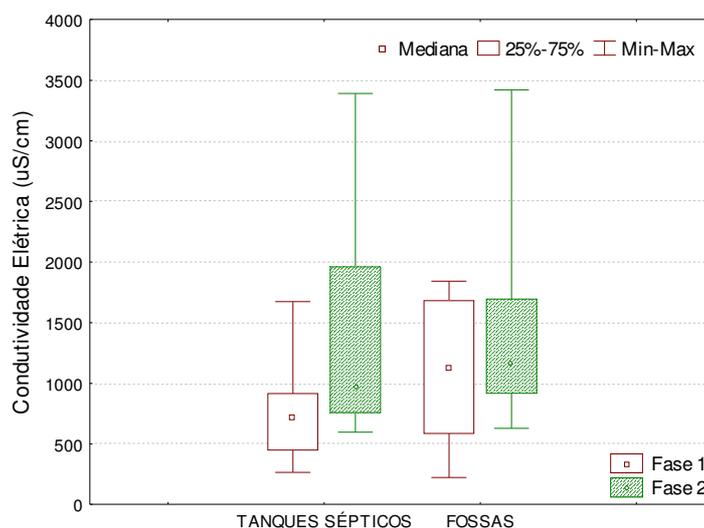


Figura 84: Box-plot da variação da condutividade elétrica nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

A variação de óleos e graxas (Figura 86) é válido ressaltar que na primeira fase participaram apenas 8 tanques sépticos e 3 fossas. Na segunda o n passou a ser 11 e 6.

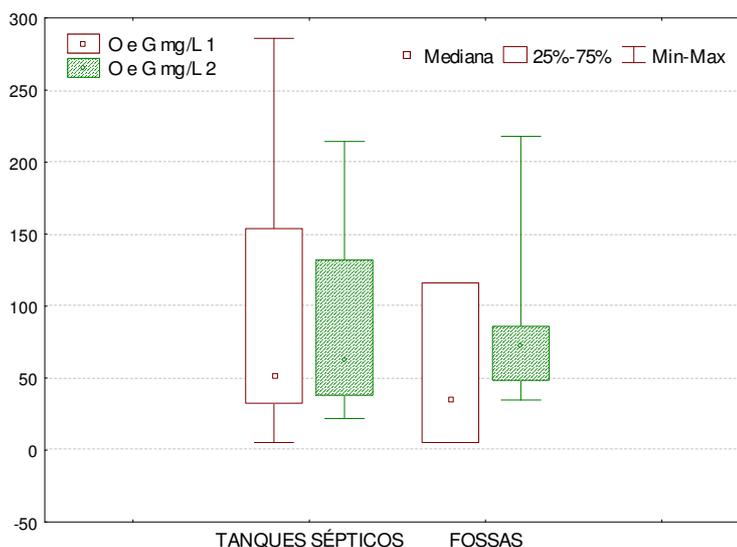


Figura 85: Box-plot da variação de óleos e graxas nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

As medianas calculadas para óleos e graxas foram 52,1 e 63,6 mg/L (fases 1 e 2 respectivamente) para tanque séptico e 34,5 e 70,0 mg/L para fossas considerando as duas fases. Embora as medianas tenham obedecido uma ordem crescente de concentração ao passar das fases, a maioria dos dados incluídos no 3º e 4º quartil foram menos amplos do que na 1ª fase. Acredita-se que o material gorduroso fique mais espalhado na coluna líquida quando o sistema está recém esgotado, tornando mais fácil a sua amostragem.

Os sólidos totais (Figura 86) se mostraram bem reduzidos na segunda fase do que na primeira, conforme se esperava, pois o tempo de intervalo foi bem curto em relação ao tempo sem esgotamento que o sistema se encontrava na 1ª visita as casas, logo, não deu tempo de acumular material sólido suficiente.

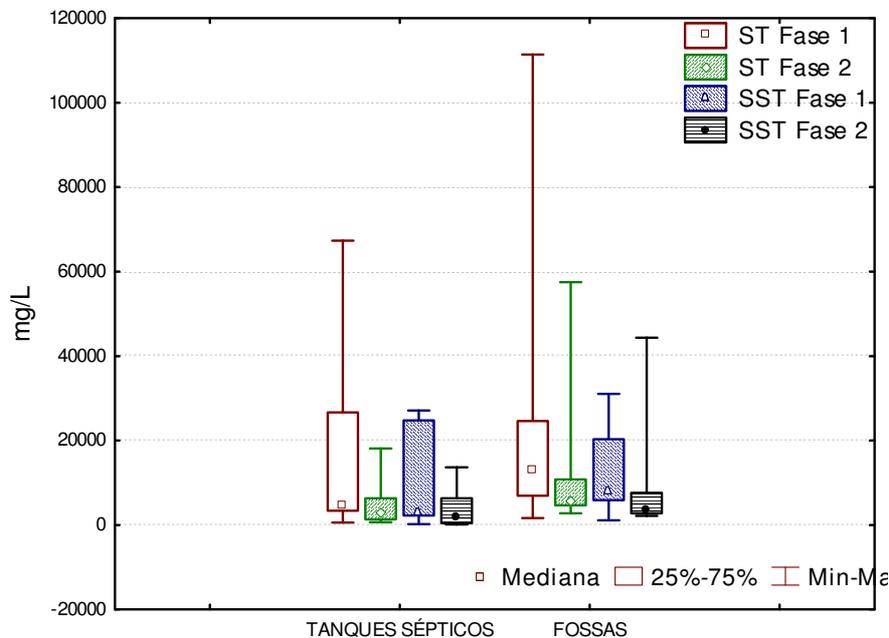


Figura 86: Box-plot da variação de sólidos totais e suspensos nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

Para os tanques sépticos as medianas de ST foram iguais a 4.395 e 2.801 mg/L (F1 e F2 respectivamente) e SST 3.118 e 1.582 mg/L também F1 e F2 respectivamente.

Para a fração volátil e fixa, considerando os sólidos suspensos (Figura 87), também houve um decaimento de ambas as frações entre as duas fases.

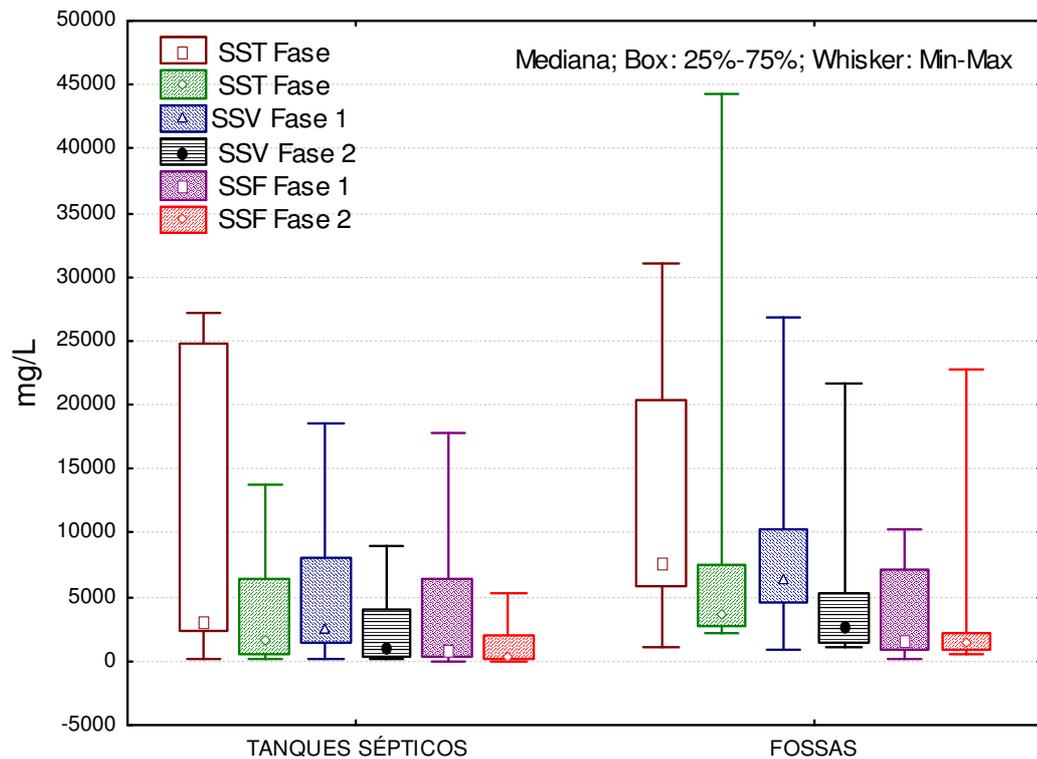


Figura 87: Box-plot da variação das frações volátil e fixa dos sólidos suspensos totais nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

É válido ressaltar que a parte volátil, predominou nos dois grupos em ambas as fases tanto pelos valores das medianas quanto pela amplitude dos 3º e 4º quartil. Para o grupo de tanques as medianas para SSV e SSF em F1 e F2 foram 2.622 e 1.082 mg/L e 874 e 375 mg/L; e para as fossas, seguindo o mesmo raciocínio os valores foram SSV (F1- 6.382 e F2 - 2.734 mg/L) e SSF (F1 – 1.680 e F2 - 1.535 mg/L).

Por fim, os sólidos sedimentáveis (Figura 88) tiveram suas medianas para tanques foram F1 – 102 e F2 - 34 mL/L e nas fossas F1 – 255 e F2 – 122 mL/L.

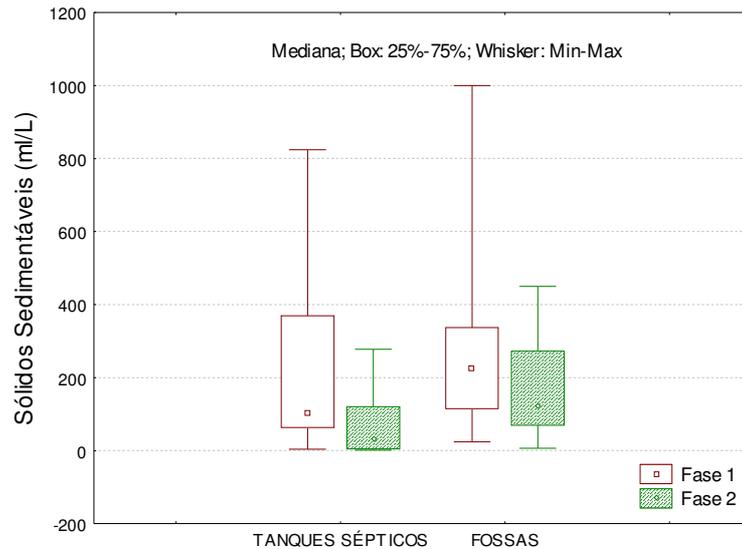


Figura 88: Box-plot da variação dos sólidos sedimentáveis nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

As medianas obtidas no parâmetro da alcalinidade total (Figura 89) diminuiram moderadamente no grupo dos tanques (F1 – 636 e F2 - 449 mgCaCO₃/L) enquanto que nas fossas essa diferença foi maior (F1 – 1.353 e F2 – 824 mgCaCO₃/L).

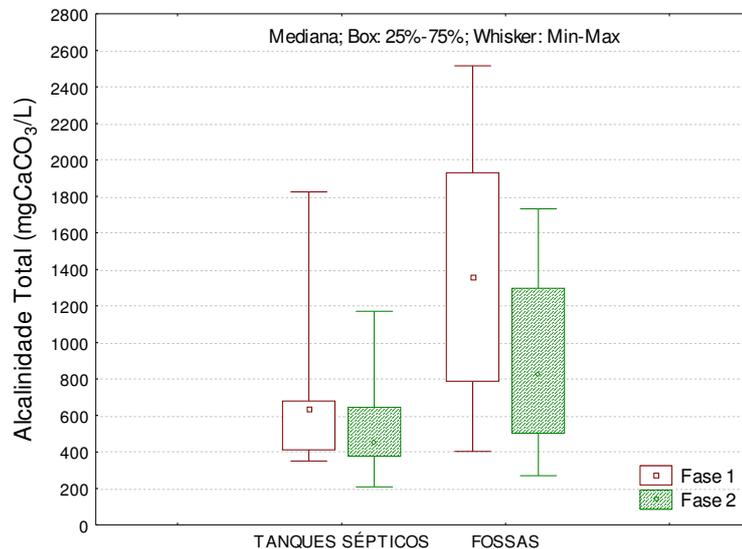


Figura 89: Box-plot da variação da alcalinidade total nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

Para DQO, verifica-se na Figura 90 que houve uma pequena redução entre as fases bem como dos 3º e 4º quartil. Essas reduções chegaram a ser cerca de 26,1% e 36,6% para tanques e fossas respectivamente.

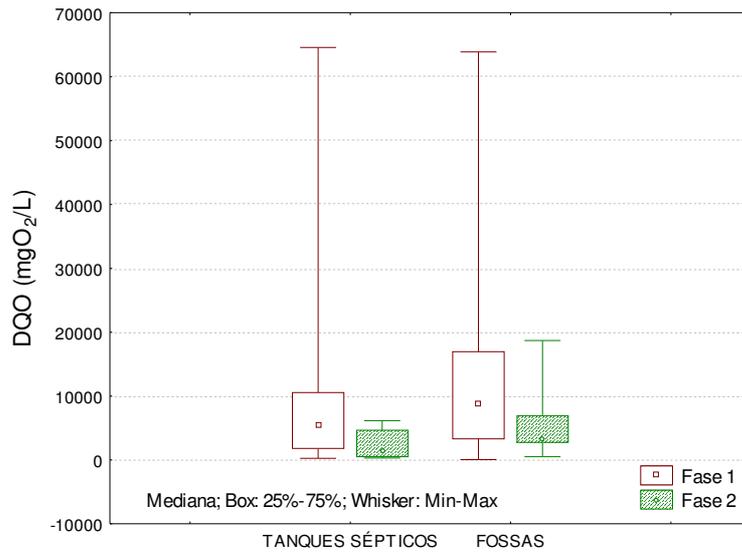


Figura 90: Box-plot da variação da DQO nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

As medianas obtidas para os tanques foram F1 – 5.563 e F2 – 1.457mgO₂/L e para o grupo das fossas F1 – 8.935 e F2 – 3.270 mgO₂/L. Observou-se também que os picos ocorridos na primeira fase (TS – 64.568 mgO₂/L e Fossa – 63.900 mgO₂/L), passaram a ser bem menores na segunda com 6.179 e 18.704 mgO₂/L para tanques e fossas respectivamente.

Para o grupo das frações nitrogenadas (Figura 92) houve reduções significativas das medianas em relação às duas fases do projeto.

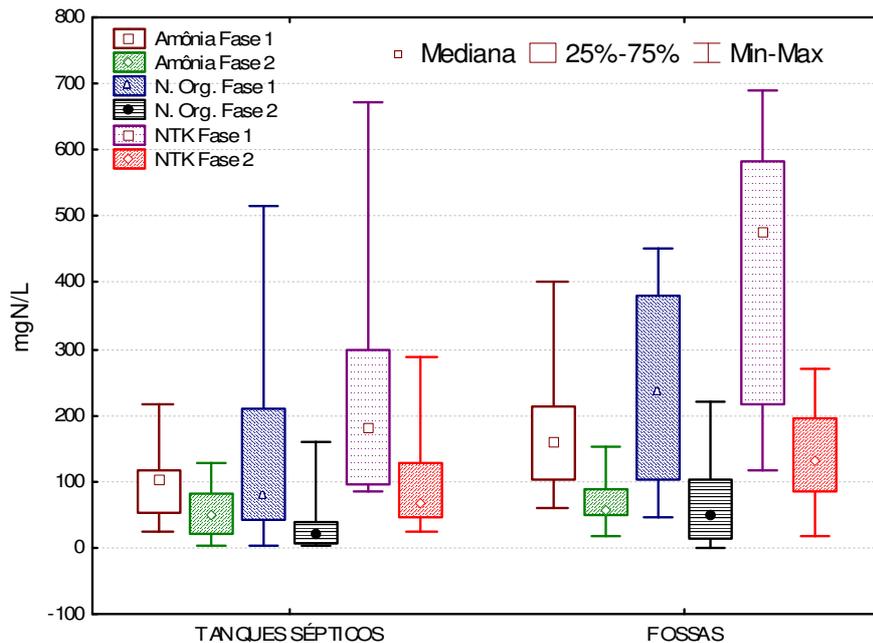


Figura 91: Box-plot da variação das frações nitrogenadas (amônia, nitrogênio orgânico e nitrogênio total) nos sistemas tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

A amônia embora tenha mostrado que não é removida dentro dos sistemas com muito êxito, quando analisado o intervalo de seis meses observa-se que ela diminui (TS: F1 - 102 e F2 - 48 mgN/L; e Fossas: F1 – 161 e F2 – 56 mgN/L). Essas reduções significaram até 53% para tanques e 35% para o grupo das fossas. No tocante a fração orgânica as medianas diminuíram cerca de 74 e 79%, (para tanque: F1 - 78 e F2 – 20 mgN/L e fossa: F1 – 236 e F2 – 48 mgN/L).

O nitrogênio total considerou além da amônia e o nitrogênio orgânico, as concentrações de nitrito e nitrato, sendo as duas primeiras, as formas mais participativas quase que na sua totalidade.

Os valores de nitrito e nitrato foram muito baixos, representados em até três casas decimais e de baixa importância.

A respeito do fósforo total, a Figura 92 mostra a variação no gráfico Box-plot do fósforo total nas duas fases considerando os dois grupos.

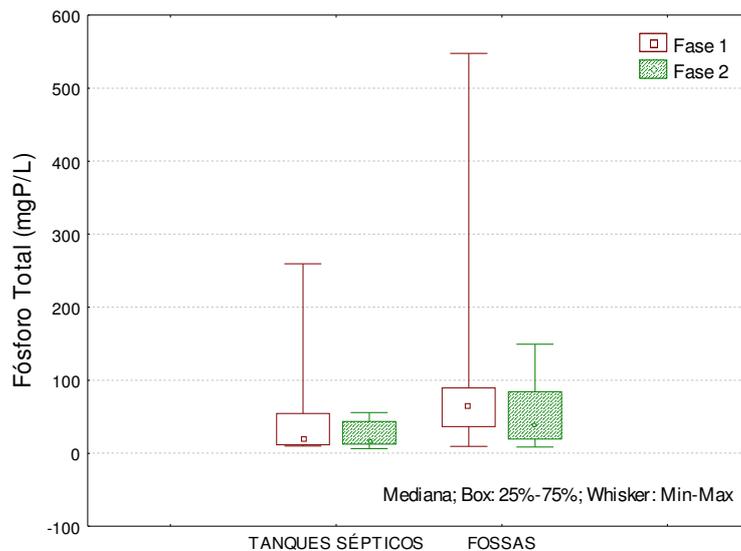


Figura 92: Box-plot da variação do fósforo total nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem

Para o grupo dos tanques, estes se comportaram de forma decrescente tanto nas medianas (F1- 20 e F2 – 17 mgP/L) quanto que suavemente na amplitude do Box além do valor máximo (F1 – 260 e F2 – 56 mgP/L). No grupo das fossas a mediana também foi menor na segunda fase (F1 – 65 e F2 – 37 mgP/L) como do valor máximo (F1 – 548 e F2 – 150 mgP/L).

Referindo-se a parte microbiológica, os coliformes termotolerantes, as medianas permaneceram não muito diferentes no grupo dos tanques sépticos com

concentração de $1,10E+07$ UFC/100mL mas, um pico máximo de $5,95E+07$ UFC/100mL foi identificado. As medianas no grupo das fossas foram F1 – $8,83E+06$ e $8,25E+06$ UFC/100mL (Figura 93).

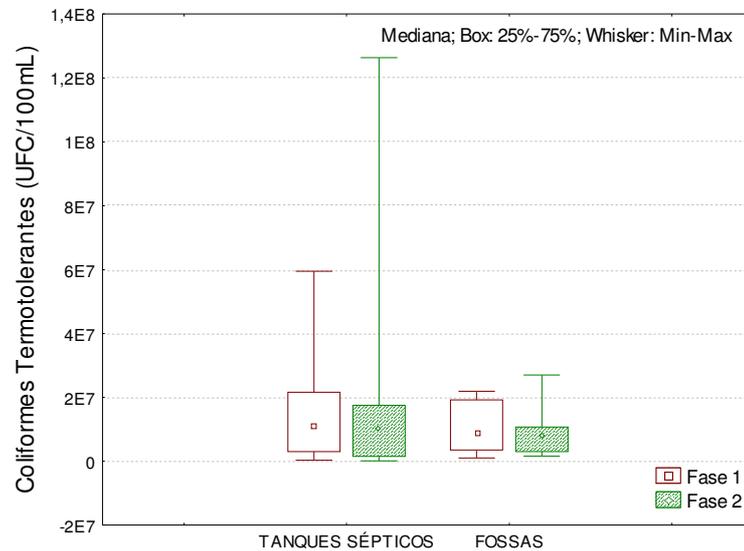


Figura 93: Box-plot da variação de coliformes termotolerantes nos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

Se tratando dos ovos de helmintos (Figura 94), nos sistemas de tanques sépticos na 1ª fase somou-se cerca de 277 ovos/L considerando que em apenas sete casas das 11 amostradas foram identificados ovos. Porém, na segunda fase, esse número caiu para cinco casas amostradas, totalizando 16 ovos/L.

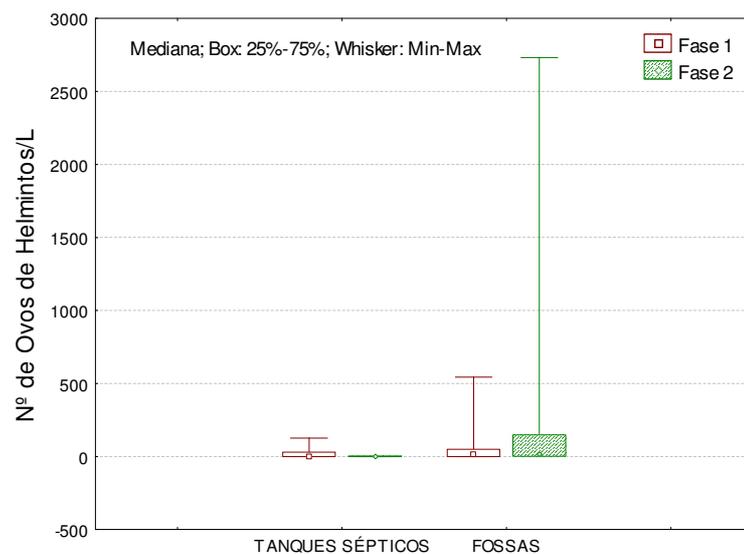


Figura 94: Box-plot da variação de ovos de helmintos tanques sépticos e fossas nas duas fases de amostragem.

Para as fossas, de oito casas amostradas, seis delas apresentaram presença de ovos (670 ovos/L no total). Posteriormente na segunda fase, oito casas, também continham ovos na sua amostra, com total de 3.083 ovos/L. Esse aumento se deu por causa da influência sofrida pelo conjunto da casa R21 na qual foram encontrados 2.733 ovos/L. Logo, somente por causa deste valor elevado de apenas uma única residência, a segunda fase do grupo das fossas foi tendenciada a aparentemente conter mais ovos do que a primeira.

Como em muitas amostras não foram encontradas nenhum ovo, o gráfico Box-plot gerado deixou com que os Box e valores mínimos ficassem rente ao eixo x agravado mais ainda pelo valor máximo de 2.733 ovos/L da R21.

Na segunda fase, a viabilidade foi 0% para os tanques sépticos, porém para as fossas, foi verificada em três residências sendo estas R2 com 3,167 ovos/L e 9,091% de viabilidade; R6 com 65,6 ovos/L e 2,703% e R26 com 233,200 ovos/L e 5,932% viáveis.

A análise de variância com a estatística paramétrica e não-paramétrica destacou as seguintes variáveis:

Tabela 23: Análise de variância com a estatística paramétrica e não-paramétrica entre as fases.

Tipo de Sistema	Testes		Variáveis estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)	Valor de p
Tanque séptico	Não-paramétrico	Kruskal-Wallis	Temperatura	0,0008
			NH ₃	0,0328
			N.Org	0,0389
			N.Total	0,0052
	Paramétrico	Tukey	Temperatura	0,0008
			Condutividade	0,0389
			SSed	0,0433
			NH ₃	0,0450
			N.Total	0,0057
		ANOVA gráfica	-*	-*
Fossas	Não-paramétrico	Kruskal-Wallis	Temperatura	0,0466
			NH ₃	0,0086
			N.Org	0,0157
			N.Total	0,0086
	Paramétrico	Tukey	Temperatura	0,0091
			NH ₃	0,0123
			N.Org	0,029
			N.Total	0,0073
		ANOVA gráfica	-*	-*

-* Todas as variáveis apresentaram $p > 0,05$.

5.7 PROPOSTA DE ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ESGOTADOS DE TANQUES SÉPTICOS E FOSSAS

Conforme visto inicialmente na revisão bibliográfica desta dissertação, os resíduos esgotados ou conhecidos internacionalmente como septages são efluentes de elevada concentração no quesito de matéria orgânica, sólidos, material graxo, nutrientes e microrganismos.

A tecnologia comumente utilizada para tratar esses resíduos, tanto no Brasil como internacionalmente é por sistemas de lagoas de estabilização (ARAÚJO et al., 2006; CAMPOS et al., 2006; NAVAL e SANTOS, 2000).

As lagoas de estabilização, como opção no tratamento dos resíduos esgotados de fossa séptica, são indicadas para as condições brasileiras, considerando-se a disponibilidade de área em um grande número de localidades, o clima favorável (temperatura e insolação elevadas), a operação simples e a pouca necessidade de equipamento, acarretando uma redução no custo final (MEDEIROS, 2009).

A EPA (1995) sugere como opções de tratamento a aplicação no solo, disposição em lagoas e leito de secagem. Porém. Quando aplicado em lagoas de estabilização o lodo deve ser aplicado no centro e parte inferior da lagoa para que ocorra sua digestão e para que o efluente retirado na parte superior da lagoa esteja degradado (EPA, 1995).

Forrest e Associates (2005) revela que na Jamaica o tratamento é realizado por lagoas de estabilização, mas que o efluente antes passa por decantadores. Contudo, as lagoas não foram projetadas para receber tal carga conforme recebia na época do estudo e apresentava problemas operacionais por conta disso.

Além das disposições ilegais em rios, córregos e em terreno impróprio, alguns carros limpas-fossa despejam em ETEs como no caso da região metropolitana de Curitiba, especificamente a ETE Belém que recebe cerca de 462 caminhões/mês correspondente 3.309m³/mês (LEITE et al., 2006). Sendo que essas estações acabam que tendo um custo muito elevado no tratamento destes resíduos devido a sua alta carga orgânica aumentando os gastos de operação e manutenção bem como prejudicando o funcionamento normal da estação projetada para tratar esgotos domésticos

A alternativa proposta consiste em uma estação compacta de caráter ainda piloto, com perspectivas experimentais composta por fases anaeróbias e aeróbias. A planta apresentada na Figura 95, foi elaborada para fins de pesquisa na UFRN (faz parte do projeto PROSAB 5 - Tema 6 que busca alternativas de otimização no tratamento dos resíduos esgotados por carros limpa-fossas) infelizmente não pode ser construída e operada. A ETE piloto ainda apresenta uma parte destinada ao tratamento por lagoas de estabilização (uma anaeróbia seguida de facultativa e duas de maturação). Entretanto, a atenção será dada especialmente para o tratamento através do decanto-digestor seguido por uma série de filtros submersos anaeróbio e aerado, respectivamente, e ambos de fluxo ascendente. Adiante serão apresentadas as etapas da estação piloto.

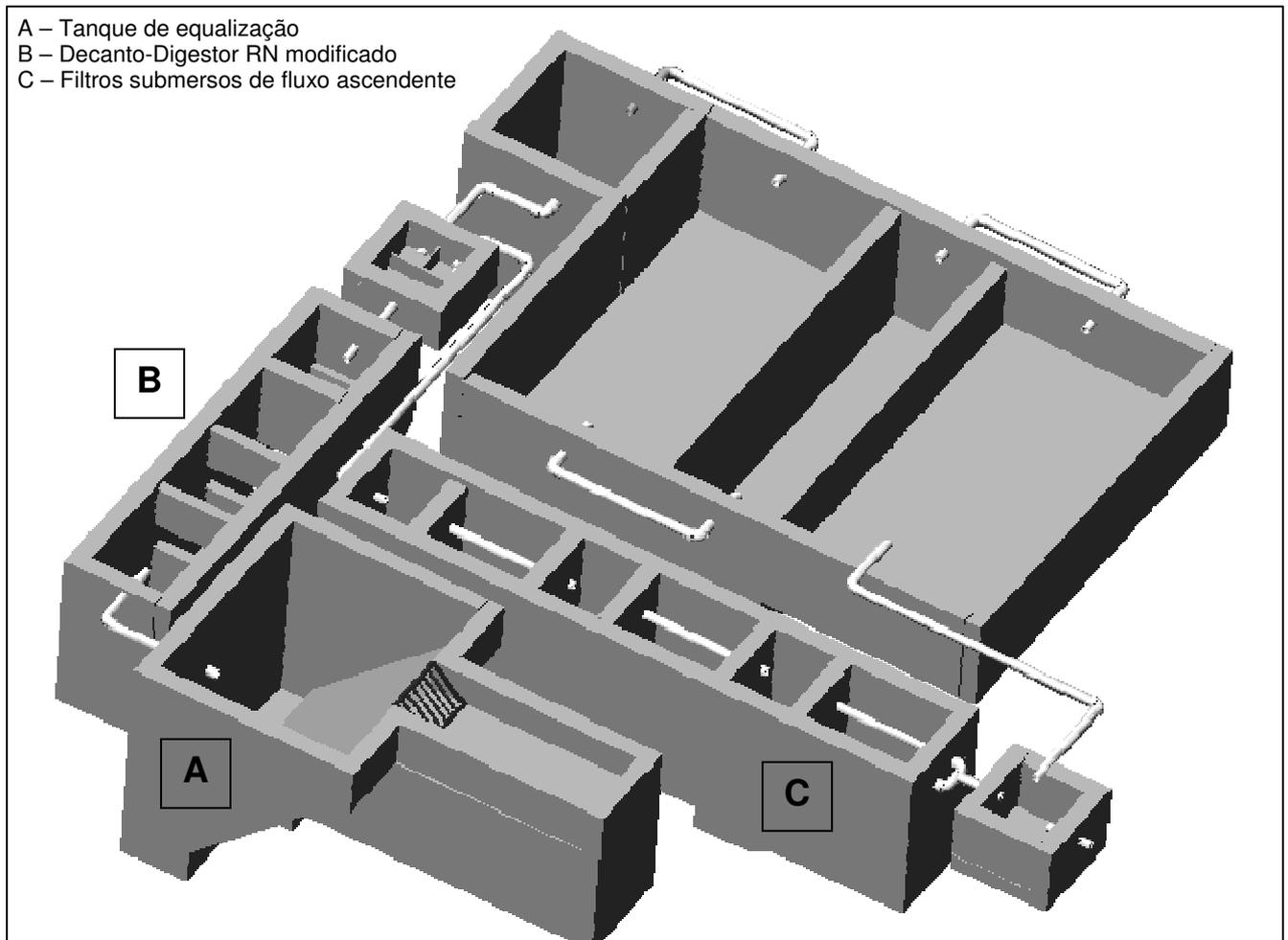


Figura 95: Estação Piloto para tratamento de resíduos de caminhão limpa-fossa.

5.7.1 - Tanque de Equalização (A)

A primeira unidade do sistema piloto é um tanque de equalização (Figura 96) que será abastecido pelos caminhões limpa-fossa pelo menos uma vez ao dia. A alimentação do tanque seria realizada por regime de batelada com volumes iguais que seriam modificados futuramente. Seu formato de cunha foi idealizado para que a bomba tenha acesso ao material sedimentável tornando a parcela de esgoto afluyente ao decanto bem representativa.

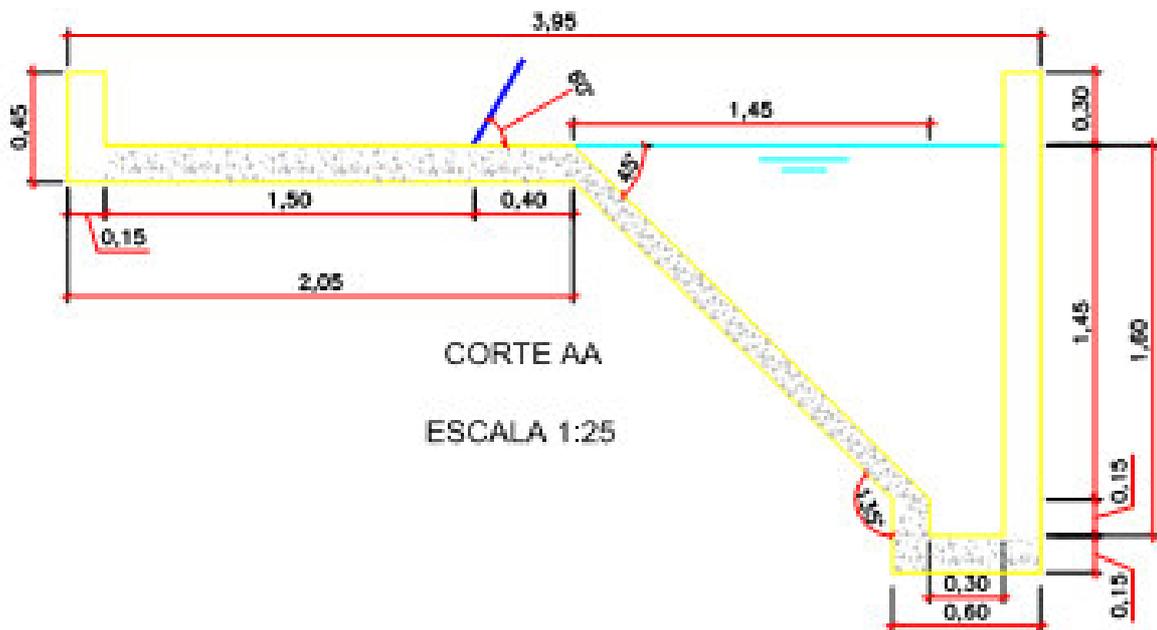


Figura 96: Perfil do tanque de equalização.

5.7.2- Decanto-Digestor com filtro acoplado (Sistema RN modificado) B

A utilização do decanto-digestor é freqüentemente observada nas pesquisas científicas e nas aplicações domésticas, industriais e comerciais (SANTOS, 2006; VARGAS et al., 2000; BARBOSA et al., 2006; ANDRAE NETO et al., 2000; AL-SHAYAH e MAHMOUD, 2008; CASTILHO JÚNIOR et al., 2002; VALENTIM et al., 2003; OLIVEIRA e VON SPERLING, 2005; BEZERRA e SILVA, 2008) e na maioria das vezes atende as necessidades de quem o adota como alternativa. Além de sua

fácil manutenção e operação, esse sistema suporta afluentes de alta carga ideal para a situação do tratamento

O sistema RN modificado é composto por três câmaras em série (Figura 97) e não com duas, conforme foi testado por muitos anos na UFRN em participações de vários editais do PROSAB, com passagem do efluente a 2/3 de altura seguido de um filtro anaeróbio submerso acoplado na própria estrutura.

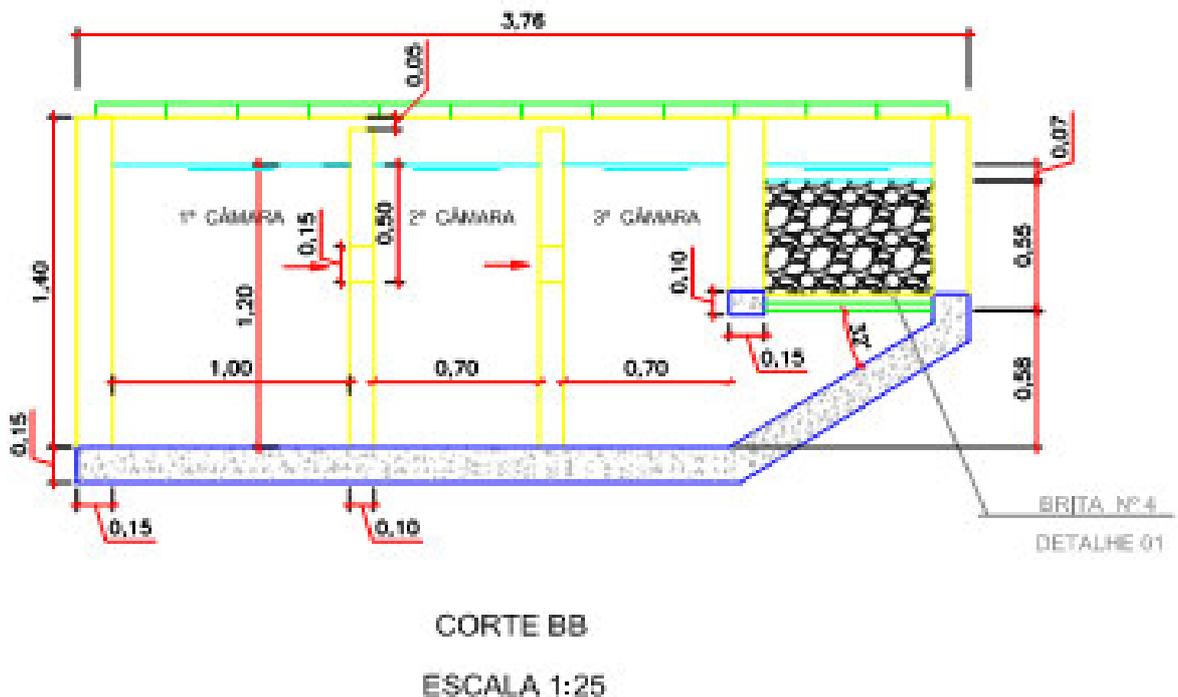


Figura 97: Corte do decanto-digestor com 3 câmaras em série e filtro acoplado.

No decanto-digestor de câmaras em série, ocorre a decantação e digestão nas duas câmaras, a primeira favorece a digestão e a segunda a decantação, sequenciadamente. (ANDRADE NETO et al., 2000). Portanto, a decisão de inserir mais uma câmara partiu da necessidade de reter o máximo possível de material sedimentável e escumoso ademais, sabe-se que os resíduos por caminhões são muito concentrados nesses quesitos.

5.7.3 - Seqüência de Filtros Submersos

5.7.3.1 – Filtros anaeróbios submersos

O efluente do decanto-digestor passa diretamente para a seqüência de filtros submersos preenchidos com anéis de eletroduto corrugado com 2,5 cm de comprimento e 2,0 cm de diâmetro, sendo o primeiro anaeróbio. Acredita-se que após os resíduos terem passado pelas 3 câmaras do decanto, esteja em condições suficientes para permitir a degradação da matéria orgânica dissolvida.

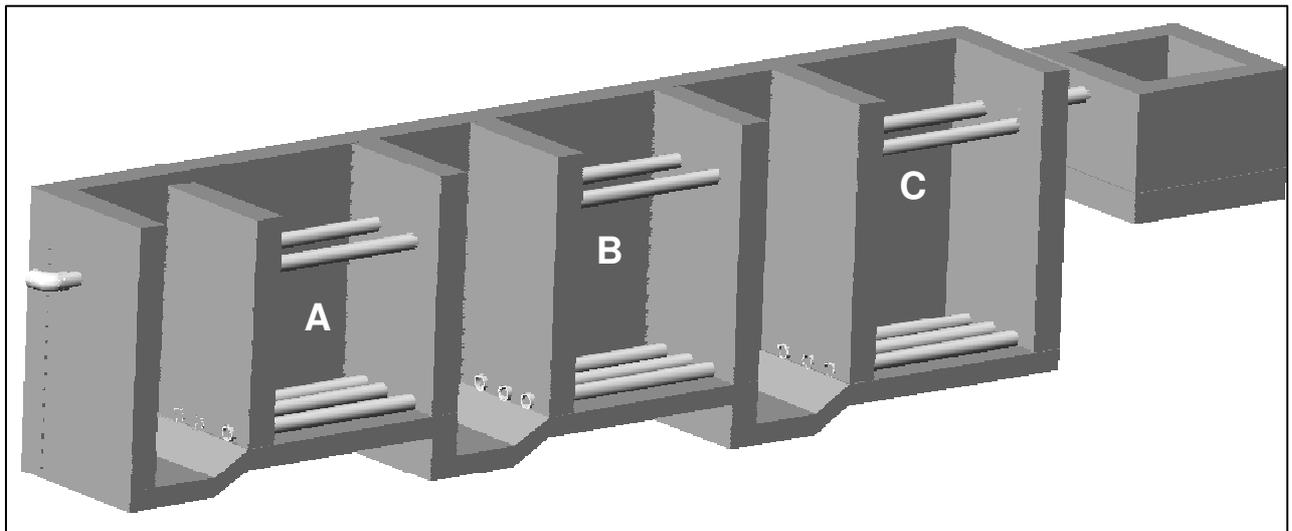


Figura 98: Corte da série de filtros anaeróbios e aeróbio onde A é anaeróbios e B e C aerados.

5.7.3.2 – Biofiltros aerados submersos

Acredita-se que a aplicação de dois biofiltros aerados sejam capazes de degradar a matéria orgânica dissolvida e podem até atingir realmente a nitrificação pois, foi apresentado na revisão estudos que trataram efluentes da indústria de curtume e lixiviado de aterros sanitário, ambos com elevadas concentrações de DBO e DQO.

Os filtros aerados com mesma dimensão dos demais também serão preenchidos com anéis de eletroduto.

Para a determinação da vazão de ar necessária para aerar e alcançar a nitrificação do afluente que chegaria ao filtro aerado precisou ser feita toda uma revisão e uma série de cálculos de eficiências nas demais etapas da estação para se estimar a carga de DBO na entrada do filtro aerado.

As eficiências adotadas para o cálculo e estimativa das DBOs efluentes das unidades de decanto-digestor e filtro anaeróbio foram retiradas do projeto PROSAB (Tema 2- Esgoto) realizado no campus da UFRN que monitorou um sistema RN seguido de filtros submersos todos anaeróbios por cerca de sete anos. Os valores citados são referentes ao período de nov-06 a set-07, totalizando um monitoramento de 40 dados (Quadro 21).

Parâmetro	Esgoto bruto	Filtro anaeróbio ascendente	Filtro Anaeróbio com eletrodutos
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	36,3	33,4	34
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	6	5	3,9
DBO (mg/L)	421,7	197	61,4
Temp. (°C)	28,7	28,6	28,5
SSV (mg/L)	141,7	48,8	23,2

Fonte: Monitoramento LEAQ

¹Eficiência observada nos filtros anaeróbios da UFRN – Valor estimado somente para os filtros anaeróbios testados pelo PROSAB tema 2.

²Eficiência desejada para o sistema como um todo.

Quadro 21: Características do tratamento da UFRN (PROSAB).

De forma a verificar todas as situações possíveis para o cálculo da quantidade de ar necessária para atingir a nitrificação, foi calculado, em paralelo, a DBO média e a máxima dos resíduos esgotados pelos caminhões limpa-fossa entre os meses de julho-07 a fev-08, totalizando 67 dados. Antes de usar a DBO nas fórmulas, esta teve que passar por uma correção para que o seu valor se ajuste à temperatura do meio. Para tanto, a temperatura utilizada foi a temperatura média do efluente do filtro anaeróbio do sistema da UFRN (28,5°C) (Tabela 24).

Tabela 24: Correção da DBO de acordo com a temperatura.

Tipo	Esgoto .BRUTO mg/L	DBO Saída em mg/L		Eficiência FAR %	DBO Removida Filtro Aerado (mg/L)	Efluente FINAL (95% eficiência ²)
		Decanto-Digestor	Filtro. Anaeróbio			
Média	2566,0	1026,4	769,8	83,3	641,5	128,3
Máxima	18196,0	7278,4	5458,8	83,3	4549,0	909,8

Tabela 25: Eficiências das unidades decanto-digestor e filtro anaeróbio e cálculos da estimativa de remoção da DBO pelo filtro aerado.

Correção da DBO						
FAN UFRN	Tipo	DBO 20° Removida FAR	Temp. de 40 dados	DBO Corrigida	DBO Aplicada	DBO Aplicada Corrigida
	Média	641,5	28,5	947,9	769,8	1137,4
	Máxima	4549,0	28,5	6721,4	5458,8	8065,7
					Para Cálculo de JORDÃO (2005)	
Temp. Média Caminhões	Tipo	DBO 20° Removida FAR	Temp. de dados	DBO Corrigida	DBO Aplicada	DBO Aplicada Corrigida
	Média	641,5	29,2	977,2	769,8	1172,7
	Máxima	4549,0	29,2	6929,7	5458,8	8315,6

Posteriormente, com as porcentagens de remoção das etapas anaeróbias como decanto-digestor e filtro anaeróbio em mãos, é estimado qual seria a eficiência ideal para o filtro aerado, de forma que o tratamento completo atingisse 95% de eficiência. Os cálculos estão disponíveis na Tabela 25.

Com todas essas informações em mãos e com os dados de dimensionamento dos filtros, foram calculados de acordo com TOPRACK (2007), NUVOLARI (2003), VON SPERLING (2002), VON SPERLING et al., 2001, JORDÃO (2005) e GONÇALVES (2001) para saber as demandas de ar necessárias para atingir a nitrificação. A Tabela 26 apresenta as demandas de ar em m³ AR /min e pés³ AR /min calculadas.

Tabela 26: Resumo das demandas de ar necessária para a nitrificação nos filtros aerados.

RESUMO DEMANDA DE AR				
Métodos	Demanda de ar - (m ³ AR /min)		Demanda de ar - (pés ³ AR /min)	
	Média*	Máxima*	Média*	Máxima*
TOPRACK (2007)	0,151	1,074	5,346	37,913
NUVOLARI (2003)	0,003	0,021	0,105	0,746
VON SPERLING (2002)	0,001		0,020	
VON SPERLING et al., 2001	0,0005		0,018	
JORDÃO (2005)	0,911	6,459	32,168	228,111
GONÇALVES (2001)	0,039	0,280	1,395	9,890

*Média e máxima se referem a concentração de DBO máxima e média dos resíduos esgotados por caminhões limpa-fossa.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CONTEÚDO DOS 24 SISTEMAS RESIDENCIAIS E COMPARAÇÃO COM ESGOTOS DOMÉSTICOS E RESÍDUOS ESGOTADOS

Conforme visto nos resultados, as amostras de coluna retiradas do interior dos sistemas de tanques sépticos e fossas apresentaram concentrações bem mais elevadas quando comparadas com o esgoto sanitário doméstico, com exceção do pH, que apresentou valor médio de 6,95 dentro da faixa estabelecida Von Sperling (1997). O Quadro 22 apresenta as concentrações típicas de esgoto doméstico feita por Von Sperling (1997):

Parâmetro	Concentração		
	Unidade	Faixa	Típico
Sólidos Totais	mg/L	700-1350	1100
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	200-450	350
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	40-100	80
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	165-350	320
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	10-20	15
DQO	mgO ₂ /L	450-800	600
Nitrogênio orgânico	mgN/L	15-25	20
Amônia	mgN/L	20-35	25
Nitrito	mgN/L	≈ 0	≈ 0
Nitrato	mgN/L	0-1	≈ 0
Fósforo Total	mgP/L	4-15	7
pH	-	6,7-8,0	7,0
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	100-250	200

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1997) baseando-se em valores de vários autores e experiência própria do autor.

Quadro 22: Características físico-químicas dos esgotos sanitários.

As variáveis estudadas foram tão superiores que chegaram a ser 16 vezes maior (para SSV), 14,5 (SST), 12,9 (SSF), 11 (DQO), 8,8 (SSed), 7,5 (ST), 2,8 (alcalinidade) e 2 vezes (PT) do que o valor máximo da faixa proposta por Von Sperling (1997).

A temperatura média verificada dentro dos tanques e fossas de 28° foi bem aproximada do valor médio encontrado por Andrade Neto et al., (2000) de 29°C no interior das câmaras de um tanque séptico de duas câmaras em série.

Apesar dos elevados teores de nitrato encontrados na água de abastecimento da cidade, essa concentração não foi encontrada no conteúdo. O nitrato da água que abastece as casas e presente nos efluentes, ao encontrar um ambiente anaeróbio, sofre desnitrificação no interior dos sistemas transformando-se em nitrogênio gasoso. Já a amônia, devido à falta de oxigênio abundante no meio, não é nitrificada, cessando generosamente a produção de nitrito e conseqüentemente nitrato.

Quanto aos coliformes, os teores (mediana igual a $9,95E+06$ UFC/100mL) são típicos dos esgotos sanitários, que varia de 10^6 a 10^9 UFC/100mL (OLIVEIRA et al., 2005) por isso, já se esperava altas concentrações.

Por outro lado, há uma enorme concentração de ovos de helmintos uma vez que estes sedimentam no sistema e permanecem no fundo com o lodo, além de estar presente também na coluna líquida.

Esse resíduo não é um esgoto qualquer a ser tratado e, portanto, merece atenção especial, por apresentar concentrações elevadíssimas de matéria orgânica.

Quando se compara ao lodo gerado em ETE que trata esgoto doméstico, esse resíduo já é um pouco menos concentrado, pois apresenta mais água em sua composição do que um lodo propriamente dito.

No entanto, os resultados mostraram um maior grau de semelhança com os resíduos apresentado na revisão como septage, quando analisada as faixas de concentração exibidas por cada autor listado, de modo a se ter melhor confiança do que analisar exclusivamente a média uma vez que nem todos os autores utilizaram mediana.

De um aspecto geral, as características encontradas para o conteúdo do interior dos sistemas atenderam e se mostraram dentro das faixas estabelecidas por Castilho Júnior et al., (2002); USEPA (2002); Jordão e Pessoa (2005); Forrest e Associates (2005); Tachine et al., (2006); LEITE et al., (2006b); Machado Júnior et al., (2008); Andreoli et al., (2009); Kootatep et al., (2009) e Heinss et al., (1999). Esses valores comparativos podem ser vistos na Tabela 29.

É válido ressaltar que as amostragens dos diversos autores foram diferentes entre si, e principalmente a diversidade da origem de cada carro limpa-fossa podendo ter esgotado tanto domicílios unifamiliares ou multifamiliares (condomínios e edifícios) quanto restaurantes, hospitais e clínicas dentre outros.

Tabela 27: comparação dos resultados obtidos com a literatura pesquisada.

Parâmetros	FAIXA TÍPICA DE CONCENTRAÇÃO											RESULTADOS DESTA PESQUISA
	CASTILHO JÚNIOR et al., (2002)	USEPA (2002)	JORDÃO E PESSOA (2005)	FORREST e ASSOCIATES (2005) ⁽²⁾	TACHINE et al., (2006).	LEITE et al., (2006b)	MACHADO JÚNIOR et al., (2008)	Andreoli et al., (2009) UNIFAE	Andreoli et al., (2009) USP	KOOTTATEP et al., (1999)	HEINSS et al. (1999) ⁽³⁾	
pH	5,98-7,46	-	-	6	5,65-8,71	-	4,50-9,32	5,5-7,9	6,6-7,6	6,7-8,0	-	6,11-8,14
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	403-3.810	-	-	-	224-1.841
Alc. T. (mg/L)	257-3.854	522-4190	-	-	263,3-3293,5 ⁽¹⁾	-	-	271-5.684	184-1.221	-	-	309-2.516
ST (mg/L)	516-31.580	1132-130.475	-	-	655-162.660	745-44.472	377-126.320	1.723-147.637	1700-21.240	5.700-28.000	11.900	537-111.360
STV (mg/L)	224-14.780	353-71.402	-	-	300-106.960	-	105-40.320	950-104.048	1.179-10.209	4.000-21.800	-	149-47.836
STF (mg/L)	-	-	-	-	-	-	245-96.647	-	-	-	-	388-63.524
SST (mg/L)	145-6.085	310-93.378	2.000-100.000	15.000	215-134.000	-	215-80.090	200-32.700	1.129-15.178	2.150-21.600	-	198-32.324
SSV (mg/L)	79-14.510	95-51.500	1.200	10.000	-	-	87-31.098	98-19.500	848-8.960	-	-	143-26.880
SSF (mg/L)	-	-	-	-	-	-	87-68.680	-	-	-	-	54-17.784
SSed (mL/L)	-	-	-	-	4-990	1,50-700	28-975	12-925	4-325	-	-	5-1000
DQO (mg/L)	528-18.410	1.500-703.000	-	-	474-56.000	1.363-25.488	312-54.325	1.500-137.600	1.988-22.372	-	-	82.64.568
Amônia total (mgN/L)	36-75,6	3-116	100-800	-	-	-	6,92-128,34	18-1.176	87-261	200-590	-	23-403
NTK (mgN/L)	-	66-1.060	100-1.600	700 ⁽⁴⁾	-	-	-	70-2.496	132-1.994	370-1.500	-	85,7-690
Nitrato (mgN/L)	-	-	-	-	-	-	0,18-32	-	-	8-20	-	0,08-1.235
PT (mgP/L)	13,7-380	20-706	50-800	250	-	-	-	18-960	7-215	-	-	10-548
Helmintos (nºovos/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-14 ⁽⁵⁾	4.000	0-688

(1) Alcalinidade de bicarbonato; (2) e (3) Valores médios; (4) Nitrogênio Total; (5) N° de ovos/g de amostra

Tratando-se da comparação do conteúdo estudado com os resíduos esgotados por caminhões limpa-fossa pesquisadas Ratis (2009), esperava-se que houvesse uma diferença significativa entre os dois grupos. Porém, os testes estatísticos mostraram que algumas das variáveis não apontou diferença entre si, com exceção dos óleos e graxas, alcalinidade total, nitrogênio orgânico, NTK e fósforo total (no teste não paramétrico), e condutividade, óleos e graxas, alcalinidade total, nitrogênio orgânico, NTK, fósforo total e sólidos totais fixos (teste paramétrico – com os dados logaritmizados) se mostraram estatisticamente diferentes.

Além das diferenças estatísticas encontradas, quando se observa os gráficos box-plot (a partir da Figura 73 até a Figura 82), se vê nitidamente que há sim uma diferença razoável entre esses grupos, principalmente naquelas variáveis que foram apontadas como “diferentes”, considerando as medianas e mais ainda quando avaliado os 3º e 4º quartis.

O grupo dos caminhões somente se mostrou superior (tomando como parâmetro a mediana) para os valores de fósforo total, óleos e graxas e levemente para coliformes termotolerantes. É previsível que as gorduras sejam realmente mais elevadas, pois na maioria das vezes os moradores pedem para esgotarem também a caixa de gordura, logo, acredita-se que essa limpeza contribuiu para o aumento do material graxo dentro do caminhão limpa-fossa.

E o fósforo, pode ter sido influenciado pelo esgoto presente contido no sumidouro, que recebe efluente do tanque séptico, ou em alguns casos, efluentes diretos da cozinha e lavanderia, uma vez que o caminhão esgota todos os sistemas da casa. A fração polifosfatada presente nos detergentes e sabões somariam nessa concentração. Acredita-se também que a maior parte do fósforo esteja disperso na coluna líquida e não no lodo do fundo (pelo menos o fósforo solúvel), já que a infiltração é lenta e favorece a permanência do líquido no interior.

Para o restante das variáveis, o conteúdo das residências obteve medianas superiores as encontradas nos caminhões.

Os sólidos sedimentáveis, coliformes e ovos de helmintos foram muito próximos e, por fim, a série de sólidos totais, suspensos, alcalinidade total, série de nitrogênio e DQO tiveram tanto as medianas quanto os quartis maiores para as residências do que para o caminhões.

A série de sólidos é bem mais participativa na amostragem de coluna do sistema do que no caminhão. Associa-se o fato de as amostras dos caminhões

serem mais diluídas por causa da água de lavagem que é lançada durante a limpeza dos sistemas ao longo do esgotamento, seja diretamente no sistema, ou através de descargas dos vasos sanitários dos banheiros. Contando que um caminhão apenas conta com resíduos de mais de residências. Essa participação também foi observada para a série de nitrogênio e DQO.

6.2 DIFERENÇAS ENTRE O CONTEÚDO DOS TANQUES SÉPTICOS E DE FOSSAS

Conforme comentado nos resultados, tanto na pesquisa bibliográfica quanto no trabalho de campo percebem-se diferenças visuais nos sistemas de tanques e fossas embora algumas pessoas acreditem que ambos são iguais e desempenham o mesmo trabalho.

Os tanques foram comumente encontrados em casa que pertenciam a conjuntos habitacionais, construído através de uma estrutura padrão, com estimativa em uma família de cinco pessoas. Geralmente esse tanque é formado por duas câmaras em série com passagem de fluxo a 2/3 da altura na parede divisória tanto por dois retângulos paralelos ou uma fresta que vai de uma lateral a outra do tanque. Foram identificados tanques com passagens localizadas no fundo do sistema. De certa forma essa estrutura até que facilita o momento do esgotamento, mas por outro lado dificulta e atrapalha o processo de tratamento que o sistema de tanque séptico com câmaras em série propõe, uma vez que os sólidos que sedimentam inicialmente não são retidos e a parte líquida, mais clarificada (que se encontra principalmente a 2/3 da altura útil) não é levada para a segunda câmara.

As fossas eram construídas muitas vezes pelos próprios moradores ou então por pedreiros contratados que construíram a fossa com dimensionamentos e estrutura precária e diferenciada, que não beneficia o tratamento do conteúdo, mas apenas a disposição dos efluentes domésticos.

Estatisticamente somente o NTK e nitrogênio total foram apontados pelo teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico) como estatisticamente diferentes. Contudo, quando observado os gráficos Box-plots (Figura 53), as fossas se diferenciam dos tanques de acordo com as suas medianas que foram superiores nas frações nitrogenadas do que os tanques.

A amônia não consegue ser oxidada devido a escassez de oxigênio (logo, está explicado as baixas concentrações de nitrito e nitrato) bem como o nitrogênio orgânico; quando estes chegam ao fundo se deparam com uma camada já compactada (na maioria dos casos, pois não amostramos nenhuma fossa recentemente construída) e então não conseguem sair do sistema. É claro que uma parte da amônia sai dissolvida no efluente filtrado e penetra no solo, bem como uma parte da DQO particulada e solúvel, de ortofosfato e nitrogênio orgânico, mas a quantidade não se compara com o teor que permanece dentro do sistema, diferentemente do tanque no qual há constante renovação do afluente e baixo tempo de detenção quando comparada a fossa.

O grupo das fossas mostrou concentrações das frações de sólidos maiores do que o grupo dos tanques sépticos e grande variabilidade entre os dados. Essas medianas foram superiores em todas as frações quando comparadas ao TS, com destaque para ST (12.706 mg/L) e SST (7.649 mg/L) contra a ST (4.708 mg/L) e SST (3.307 mg/L), como também no que diz respeito aos sólidos sedimentáveis, a mediana das fossas foi de 263 e do TS de 105mL/L.

No tocante a parte fixa, o tempo de digestão do lodo no interior da fossa é mais prolongado em relação ao tanque séptico, pois, como o esgoto vai infiltrando no solo ao longo dos anos, o esgotamento da fossa é prorrogado, enquanto que no tanque, ele tem que ser feito de forma mais periódica. Portanto, quanto maior o tempo de digestão, maiores são as chances de encontrar material mineralizado. Outro fator que pode colaborar, é a composição do fundo da fossa, geralmente composta por areia, que poderá aumentar o teor de sólidos fixos, uma vez que o amostrador era empurrado até que a tampa fechasse a tubulação, então não necessariamente atingiu-se o verdadeiro fundo da fossa, e sim a camada mais compactada de areia misturada com lodo.

A DQO por sua vez acompanhou a tendência das demais variáveis. O grupo das fossas apresentou mediana maior (8.935 mgO₂/L) do que o TS (7.543 mgO₂/L). Neste caso, até os valores máximos foram aproximados, com 63.900 (residência de número 9) e 64.568 mgO₂/L (residência de número 3) para fossa e tanque, respectivamente. É válido lembrar que a residência nº3 estava cerca de 20 anos sem ser esgotada, e recebia efluentes exclusivamente sanitários. E a residência 9 estava há 10 anos sem sofrer esgotamento e recebia esgotos provenientes da cozinha e sanitários.

O comportamento dos sólidos totais e sedimentáveis também é válido para a DQO que permanece retida (pelo menos uma boa parte da fração particulada) dentro da fossa e sendo a parte solúvel a principal forma de saída desses compostos no esgoto filtrado pelo fundo da fossa, e paredes vazadas. Já no tanque séptico, a tendência da DQO é de sair no efluente final, tanto a fração particulada como a solúvel, sendo o material que sedimentou bem menor do que aquele que fica retido quando se trata da fossa. Outra característica comum foi a variação dos dados com valores máximos e mínimos distantes, além da diferença das medianas.

O fato da média de óleos e graxas (97 mg/L) para tanques ter sido maior do que a das fossas (66 mg/L) pode ser associado com a baixa probabilidade de coletar o material sobrenadante nas fossas que são diluídos com o restante da coluna líquida uma vez que as fossas são geralmente mais profundas (alturas variando de 1,80 a 2,5 m) além de que no tanque séptico o sobrenadante é acumulado na superfície principalmente na primeira câmara e isso pode ser potencializado quando o sistema contém os dispositivos de retenção de espuma (tês, chicanas) mas que não foram verificados nos sistemas visitados.

Contudo, seguindo o mesmo raciocínio e baseado agora nas medianas calculadas (53 mg/L para TS e 71 mg/L para fossas) em uma visão mais generalizada, pode-se dizer que as fossas acumulam mais material gorduroso (quando estas recebem efluentes da cozinha) do que o tanque séptico uma vez que o efluente das fossas é infiltrado e no tanque séptico este sai do sistema podendo carregar uma quantidade de material graxo principalmente quando não se verifica os dispositivos de remoção de espuma.

A diferença de profundidade entre os tanques sépticos e fossas pode chegar a interferir na deposição dos ovos de helmintos no fundo da fossa além das condições sócio-econômicas. Os resultados mostraram que foram encontrados ovos em mais casas do que aquela que tinham tanque séptico. Outro fator que influencia diretamente é o fato de que a infiltração retém os ovos dentro das fossas.

Em resumo, embora considerando que cada sistema possui características próprias quanto ao tipo de afluente, número de moradores dentre outros critérios, o fundo da fossa e as paredes que atuam como meios de infiltração, ao longo do tempo retarda a vazão de saída, concentrando cada vez mais nutrientes, sólidos e matéria orgânica e inorgânica, apresentando, desta forma, um conteúdo bem mais concentrado do que os encontrados nos tanque sépticos.

6.3 CRITÉRIOS SÓCIOECONÔMICOS E INTERAÇÃO COM OS TANQUES SÉPTICOS E FOSSAS

Antes de qualquer comentário, vale a pena informar que as inferências e suposições feitas a seguir não podem ser tomadas como 100% verdadeiras, pois, o número de casos analisados é pequeno. Portanto, o que será apresentado tem a intenção de mostrar a tendência que esses poucos dados revelaram.

Tanto o grupo dos tanques como das fossas mostraram comportamento semelhantes quando submetidos a análise dos aspectos sócioeconômicos.

6.3.1 – Tempo de esgotamento

O tempo de esgotamento foi o fator que mais atendeu as perspectivas das hipóteses. As classes correspondentes ao maior tempo sem o sistema sofrer esgotamento foram as que tiveram as concentrações mais expressivas na maioria das variáveis, que foram a classe D (de 11 a 20 anos), para tanque séptico, e C e D (de 6 a 10 anos, e 20 anos respectivamente) para as fossas.

As concentrações de sólidos são parâmetros fundamentais para o conhecimento do tempo de esgotamento. Observou-se inclusive que mesmo com a predominância da fração volátil sobre a fixa na maioria das classes, na classe D dos tanques sépticos percebeu-se que a maior parcela foi de sólidos fixos, o que demonstra um possível estado de mineralização da matéria orgânica devido ao longo tempo de armazenamento do lodo.

A amônia se encontrou mais distribuída, devido ao fato desta não ser oxidada, e ser transformada a partir do nitrogênio e fósforo orgânico que entra no sistema, logo, permanece no conteúdo até que seja levada pelo afluente novo. Portanto, a tendência é da amônia aumentar um pouco, mas não tanto a ponto de ser significativa ao longo dos anos. Ao contrário é claro do nitrogênio orgânico e DQO, fósforo que tende a se acumular cada vez mais.

Os ovos de helmintos também foram mais concentrados na classe correspondente ao maior tempo sem ser esgotado. No grupo do tanque séptico foram encontrados 126 ovos/L e nas fossas 125 para a classe C e 12 na classe D. A viabilidade foi de 0% para ambas as classes em ambos os grupos, uma vez que as condições inóspitas do tanque séptico, bem como da fossa, e o demorado tempo de

armazenamento são capazes de inviabilizar a sobrevivência desses ovos. Este episódio é confirmado por Veerannan (1977), que diz que a taxa de fertilidade de ovos de *Ascaris lumbricoides* retidos em lodos de ETEs varia entre 50, 25 e 12% depois de decorridos 1, 1,5 e 2 anos, respectivamente. Após três anos a fertilidade é praticamente nula. Heinss et al (1999) encontrou em fossas e sanitários públicos com tempo mínimo sem ser esgotado de um ano e 1,5 semanas respectivamente 4.000 e 25.000 ovos/L. O que se distancia e muito dos dados obtidos por esta pesquisa. Provavelmente o maior número e a maior diversidade de pessoas contribuíram para esse valor tão elevado.

Já os coliformes termotolerantes, verificou-se que embora o tempo de esgotamento seja longo, não afeta na comunidade dessas bactérias já que os tanques sépticos e fossas são alimentados continuamente.

6.3.2 Origem do afluyente

Os efluentes sanitários têm maior influência nas variáveis da alcalinidade, DQO, nitrogênio orgânico, fósforo e ovos de helmintos obviamente. Quando o sistema ou a fossa recebem esgotos de outras fontes, estas só diluem esses poluentes e colaboram pouco com matéria orgânica e nitrogenada, menos com óleos e graxas.

Observou-se que o efluente da cozinha contribui para o aumento do teor de gordura dentro do tanque séptico. Isso não ocorreu no grupo das fossas, pois, o resultado de óleos e graxas foi respectivo a apenas uma residência, que inclusive possuía uma caixa de gordura.

A aplicação do questionário possibilitou saber que as casas com fossas costumam dispor seus efluentes provenientes da lavanderia em outros lugares que não sejam as fossas. Conforme visto, nenhuma casa com fossa apresentou a destinação de todos os efluentes para um mesmo local. Essa iniciativa dos moradores se dá pelo fato de que quanto menos “esgoto” eles despejarem na fossa, maior será a vida útil dela. Sendo assim, as águas cinza da lavanderia e em alguns casos até a da cozinha são disposto diretamente no sumidouro ou então no quintal.

6.3.3 – Renda Mensal

A avaliação da renda mensal apontou a classe social B (com salários entre 3.800 a 7.600 reais) como a classe que apresentou as maiores concentrações na maioria das variáveis para os dois grupos estudados. Destacando-se a quantidade de ovos de helmintos que no grupo de tanques sépticos, teve média de 46 ovos/L com 0% de viabilidade, e as fossas com média de 176,6 ovos/L também com 0% de viabilidade. Esperava-se que as classes menos privilegiadas obtivessem maior concentração de ovos, é claro que o tempo de esgotamento é crucial para a concentração desses ovos, porém, os dados apontaram que foram encontrados mais ovos nas classes com salários mais elevados.

Os sólidos e DQO foram extremamente superiores nesta classe B tanto para as fossas quanto para os tanques. Isso reflete o potencial de contribuição seja de fezes ou pelo efluente da cozinha.

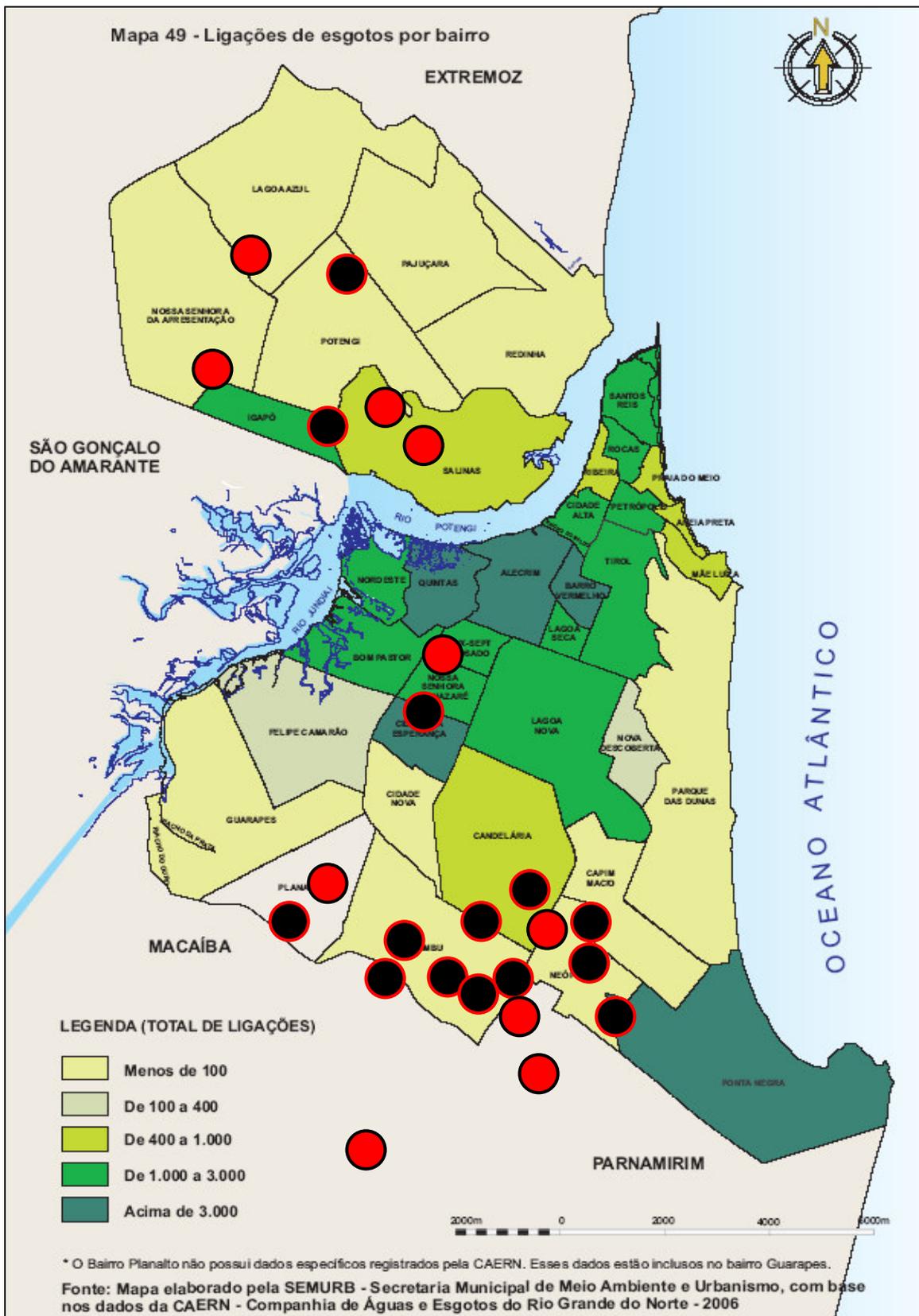
Quanto ao número de moradores, este critério não se tornou muito importante, pois os dados foram bem semelhantes para ambos os grupos. A classe com seis moradores foi ligeiramente superior as demais para o grupo dos tanques sépticos. Fica evidente que os demais critérios analisados anteriormente têm participação muito mais efetiva a ponto de interferir na dedução de contribuição por morador e interpretação desses resultados. Além de que cada residência possui hábitos particulares que somente em uma amostragem mais expansiva poderia perceber alguma tendência.

Sobrepondo os pontos de cada residência, é possível observar na Figura 101 que o universo da amostra concentrou as residências em regiões que ainda não são dotadas de rede de esgotamento sanitário. Mesmo assim, ainda há casas que são situadas em áreas de interface que não foram privilegiadas, e obrigatoriamente tem que recorrer a métodos alternativos de disposição de efluentes.

Conforme visto que a classe B se destacou por apresentar concentrações mais elevadas do que as demais, de acordo com a Figura 102, a amostragem realizada se concentrou nas regiões com maiores índices de números de salários mínimos, com exceção dos pontos localizados na zona norte. Por isso que a quantidade de relatos com residências com renda mensal baixa foram poucas.

Outra informação interessante é que houve uma determinada predominância no número de tanques sépticos na região melhor assalariada da cidade (região sul). Pode associar este episódio ao fato dos custos da construção de fossas sejam bem mais em conta para essas famílias mais humildes do que a de um tanque séptico.

Além de que nesta região, existem muitos conjuntos habitacionais que já constroem o tanque séptico de duas câmaras em série juntamente com a casa. Vale lembrar também que a imunizadora parceira do projeto é a empresa com o serviço mais caro da cidade, logo, a população mais humilde pode recorrer as outras empresas clandestinas que cobram um preço mais barato.



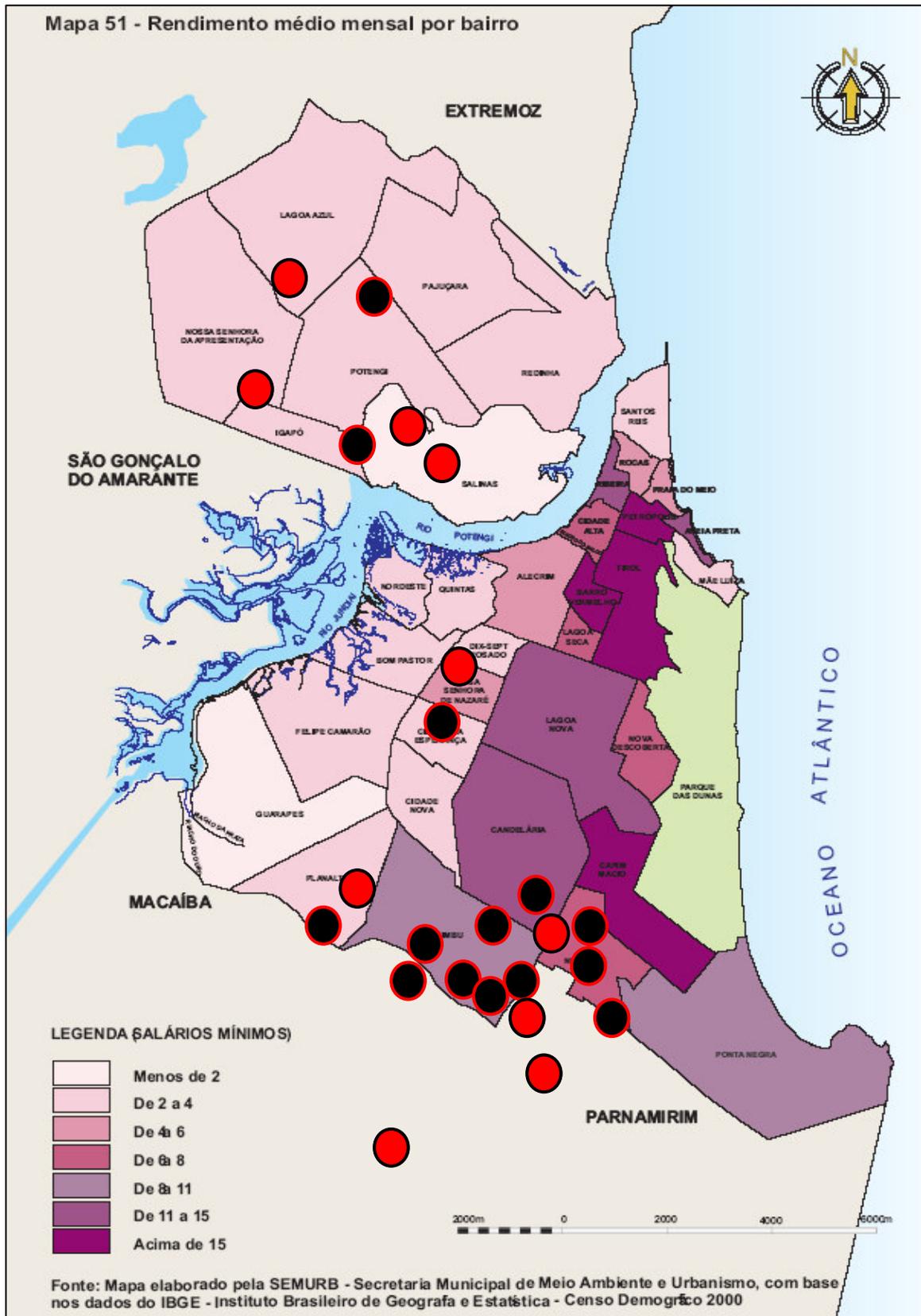
Fonte: SEMURB (2008).

A, B, C, D – Classes Sociais

● - Tanque séptico

● - Fossa

Figura 99: Sobreposição da localização das residências de acordo com o tipo de disposição (fossa ou tanque séptico) e classe social no mapa de número de ligações na rede de esgoto em Natal.



Fonte: SEMURB (2008).

A, B, C, D – Classes Sociais

● - Tanque séptico

● - Fossa

Figura 100: Sobreposição da localização das residências de acordo com o tipo de disposição (fossa ou tanque séptico) e classe social no mapa de rendimento mensal médio em Natal.

6.4 COMPARAÇÃO DAS CÂMARAS DOS TANQUES SÉPTICOS

Poucas variáveis como temperatura, pH e amônia não tiveram muita diferença entre uma câmara e outra. Por outro lado, a alcalinidade já se apresentou mais elevada na C1 e não decaiu muito na C2, o que mostra perfeitas condições de tamponamento do sistema com um todo, evitando assim o risco de azedamento dentro do reator.

Para os óleos e graxas, cerca de 60% dos casos estudados tiveram maiores teores de gordura na C1. Exceções aconteceram como o caso da residência 5 que estava com a parede divisória parcialmente quebrada e da R28 que por dificuldades de coleta não sabe-se porque a segunda câmara se sobressaiu.

Se os dispositivos de retenção de espuma estivessem presentes nesses sistemas, conseqüentemente o conteúdo analisado seria bem mais rico em óleos e graxas, pois haveria uma retenção mais efetiva do material sobrenadante. Um caso especial foi verificado durante a visita a residência 16, que recebia esgoto exclusivamente dos banheiros e cozinha, a espessura da camada sobrenadante encontrada foi bastante espessa (42 cm). Não se sabe ao certo porque essa camada foi tão espessa, uma vez que fazia apenas dois anos que o sistema não era esgotado, sendo que já havia sofrido cerca de uns 10 esgotamentos anteriores. É evidente que os hábitos dos moradores influenciam diretamente na composição do conteúdo, mas com certeza há uma ação ainda desconhecida que potencializa esse fenômeno e que infelizmente não pôde ser investigada nesta pesquisa.

No que tange aos sólidos suspensos, a fração volátil se sobressaiu na C1, em relação a fixa, bem como os sólidos sedimentáveis, na maioria dos casos, principalmente na 1ª fase. Foram verificadas remoções de uma câmara para outra, diferenças de 34,0; 68,3 e 85,8% sólidos suspensos totais (referente as amostras R5, R16 e R7, respectivamente) e de 12,2; 86; 66,7 e 9,5% (R5, R7, R16 e R28) quando se trata de sólidos sedimentáveis. Já para a DQO, essas diferenças foram de 49% (R5), 64,7% (R7), 80,8% (R16), 18,3% (R22) e 82,9% (R28).

Andrade Neto et al., (2000) obteve remoção média de uma câmara para a outra por volta de 38,6% para sólidos suspensos e 25,4% para DQO . É válido ressaltar que o autor não coletou uma amostra da coluna e sim apenas o material que se encontrava a 2/3 de altura.

Além do autor não ter contemplado na amostragem toda a coluna do conteúdo dentro do sistema, os tempos de esgotamentos entre os experimentos eram muito diferentes.

Conforme visto na caracterização, o teor de sólidos sedimentáveis é muito expressivo de forma que acentua o processo de sedimentação já que a presença de partículas de maiores dimensões arrasta com mais facilidade o restante das partículas, inclusive a matéria orgânica, obtendo deste modo porcentagens de remoção maiores do que as encontradas pelo autor.

Suspeita-se que a maior parcela presente do fósforo total seja a orgânica pela procedência do esgoto, logo, assim como nitrogênio orgânico são carreados juntamente com o material sedimentável, e a parte que permanece na coluna líquida é degradada aos poucos até ser transportada para a câmara seguinte.

A concentração de coliformes pelo visto é extremamente constante. Percebem-se diferenças em relação a uma residência ou outra devido aos hábitos pessoais e até mesmo o momento da coleta, além dos tipos de afluentes recebidos. Mas em geral, os coliformes tendem a se manter dentro do sistema até uma parte morrerem ou saírem no efluente, todavia a concentração é mantida pela entrada do novo afluente.

Ademais já era de se esperar concentrações próximas nas duas câmaras, uma vez que os sistemas anaeróbios não são eficientes para remover grandes unidades logarítmicas de microrganismos (CHERNICHARO, 1997, 2001).

Von Sperling e Chernicharo (2002), revelam que o tratamento anaeróbio não remove de forma significativa coliformes fecais e que os únicos processos de tratamento capazes de produzir efluentes tratados com densidades de coliformes fecais iguais ou inferiores a 10^3 NMP/100 mL são as lagoas de maturação, a infiltração no solo e aqueles que possuem uma etapa específica para desinfecção.

A quantidade de ovos de helmintos foi um pouco que desordenada nas câmaras das residências. A soma de todos os ovos da C1 (237,3 ovos/L) superou 11,7% da quantidade encontrada na C2 (209,6 ovos/L). De certa forma houve uma tendência da C1 aglomerar mais ovos do que a C2. Acredita-se que os ovos sedimentem como também sejam arrastados pelos sólidos sedimentáveis que sedimentam mais intensamente na primeira câmara.

Segundo Cavalcante (2007) um fator de grande importância na remoção de ovos de helmintos nos sistemas de tratamento de esgoto é o tempo de

sedimentação. A taxa de sedimentação dos ovos pode diminuir em função da presença de detergente, choques hidráulicos, curto-circuitos e às vezes liberação de gases.

Por isso, acredita-se que como o afluente é bastante contaminado por ovos e muito concentrado em termos de sólidos, ao mesmo tempo em que a sedimentação das partículas mais pesadas ocorre, há o arraste dos ovos para junto do lodo no fundo, a primeira câmara é de intensa instabilidade e se o tempo de sedimentação dos ovos não for respeitado, estes seguirão para a câmara seguinte e posteriormente sedimentarão. Ademais, a distribuição dos ovos no fundo do tanque séptico não é dada de maneira homogênea, portanto, a amostragem pode ter interferido de alguma forma na coleta dos ovos.

6.5 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO CONTEÚDO DE FOSSAS E TANQUE SÉPTICOS ANTES E APÓS MESES DO ESGOTAMENTO

A temperatura se destacou por apresentar diferenças nas medianas de até 2,9 e 1,6°C para os tanques sépticos e fossas, respectivamente. Este aumento pode ser explicado pelo período em que as coletas foram realizadas, assim sendo a primeira fase nos meses de abril a setembro de 2008 (estação típica de inverno na região nordeste) e a segunda entre os meses de janeiro a março de 2009 (período de pleno verão nordestino). Portanto, esse aumento na temperatura ambiente pode sim interferir na temperatura do interior dos sistemas, além, dos momentos de descarga de efluentes específicos (cozinha, chuveiros que podem ser mais quentes) nos horários próximos das coletas realizadas.

Quanto ao pH, verificou-se nitidamente na Figura 83 que na F2 os dados em ambos os sistemas, se elevaram de forma mais expressiva para o grupo das fossas. Quando o tanque séptico ou fossa é esgotado, todo o conteúdo do interior é removido, inclusive o lodo ativo e mineralizado do fundo.

No momento inicial em que o sistema passa a receber afluente, a atividade biológica ainda não está totalmente desenvolvida, pois ainda não há muito lodo depositado no fundo; diferentemente da situação de um tanque séptico ou fossa que está há 10 anos ou mais sem ser esgotado, visto que nesse período já se iniciou a

produção de ácidos oriundos da digestão anaeróbia, o que influencia no pH assim reduzindo-o.

As medianas da alcalinidade total foram reduzidas (F1 – 636 e F2 - 449 mgCaCO₃/L para tanques e F1 – 1.353 e F2 – 824 mgCaCO₃/L para fossa). Tanto é que ao observar a Figura 89, verifica-se que houve um decréscimo da ordem de 29,4 e 39,1% para o grupo dos tanques sépticos e fossas respectivamente na alcalinidade total quando comparada as duas fases.

Para Ramjeawon, (2001) a propriedade de tamponamento do pH, na degradação anaeróbia, vem naturalmente da produção do CO₂ e da liberação de íons carregados positivamente, da decomposição de proteínas e outros substratos, para formar alcalinidade de bicarbonato. Desta forma, como o conteúdo ainda encontrava-se “fresco” o tempo do intervalo não foi suficiente para que houvesse degradação satisfatória a ponto de produzir alcalinidade na mesma quantidade que havia na primeira fase.

A alcalinidade tem uma tendência a se elevar quanto maior é a idade do esgoto, além das características particulares de cada efluente evidentemente. Logo, a proporção de esgoto fresco x esgoto armazenado encontrada na segunda fase provavelmente continha maiores proporções de esgoto novo, que por sua vez apresenta ainda baixos teores de alcalinidade.

Como era de se esperar, os sólidos totais e suspensos seguiram perfeitamente a hipótese que se tinha a respeito da proporcionalidade da concentração de acordo com o tempo de contribuição sem sofrer esgotamento.

Caso a parte dos sólidos suspensos, a fração volátil predominou em ambos os grupos e fases, isso mostra que mesmo com longos períodos de armazenamento, a mineralização pode até aumentar, mas dificilmente ultrapassará o valor da parte volátil que constantemente é renovada pela entrada do afluente.

Os sólidos sedimentáveis, DQO, nitrogênio orgânico e fósforo total também seguiram o mesmo comportamento.

A amônia, como dito ao longo da discussão, além de não ser removida com muito êxito pelos tanques nem fossas, sofreu ainda uma redução da ordem de 53% e 35%. O aumento do pH e da temperatura podem ter colaborado para que a amônia na forma livre (NH₃), que é gasosa, escapasse do conteúdo líquido.

Outro fator, seria a menor concentração de nitrogênio orgânico (que também reduziu na fase 2) ao qual converteu-se para amônia em menor escala. Estes eventos podem ter colaborado para a diminuição da amônia após o esgotamento.

Assim como os óleos e graxas, os coliformes termotolerantes variaram pouco. Ainda baseado na mesma idéia de que a permanência dessas bactérias dentro dos sistemas e fossas depende crucialmente da contribuição do afluente.

Os óleos e graxas por sua vez, não haviam se acumulado tanto dentro dos TS e fossas como da fase 1, onde estavam cerca de mais de dois anos sem serem removidos.

Para ovos de helmintos os resultados apontaram para um cenário mais díspar. Conforme explicado na apresentação dos resultados, os tanque sépticos tiveram na fase 1 sete amostras com ovos de helmintos em um universo de 11 casas amostradas, somando no total 277 ovos/L, e na fase 2 em cinco amostras verificou-se um total de 16 ovos/L. Ao contrário das fossas que em seis casas foram encontrados 670 ovos/L na primeira fase, e na segunda 3.083 ovos/L em oito residências. Nesta segunda fase a residência 21 foi a principal contribuinte para este somatório tão alto, uma vez que apresentou 2.733 ovos/L, se por acaso os ovos da R21 não fossem contabilizados, a soma total de números de ovos das fossas cairia para 350 ovos em sete residências na segunda fase. Isso indica uma redução positiva do número de ovos tanto em fossas como em tanques sépticos.

Isso quer dizer que na fase 2, com menor tempo de contribuição (no mínimo seis meses para todas as residências), o número de ovos foi reduzido, conseqüência da quantidade de sólidos sedimentados nos tanques e fossas.

Porém, o interessante foi que a viabilidade no caso das fossas teve um aumento suave, pois, duas casas a mais apresentaram ovos viáveis em relação a primeira fase. Isto pode ter acontecido devido a recente contribuição das fezes para o interior da fossa de forma a permitir ainda condições favoráveis para a sobrevivência do ovo de helminto.

Esperava-se que os testes estatísticos apontassem principalmente os sólidos e DQO como aquelas variáveis estatisticamente diferentes, pois diante da análise realizada com os gráficos Box-plot entre as fases, essas foram as que mais se destacaram em termo de redução das medianas, assim como a alcalinidade, e por último a temperatura que obteve diferenças entre as fases com um p bem reduzido, uma vez que houve diferenças de até 2,6°C e 1,6°C conforme foi dito anteriormente.

Com exceção da condutividade elétrica e os sólidos sedimentáveis, os três testes estatístico apontaram o mesmo grupo de variáveis como estatisticamente diferentes.

 Talvez o esperado não tenha ocorrido devido ao número de dados tomados para o cálculo estatístico.

7 CONCLUSÕES

1 – O conteúdo das 10 fossas e 14 tanques sépticos apresentou características físicas, químicas e biológicas com variabilidade muito alta, e concentrações dos indicadores de qualidade bem distintas das de esgoto doméstico e lodo de ETE, e:

- Sob temperatura média de 28 °C, as medianas para pH, condutividade e óleos e graxas (OeG) foram de 6,95; 882 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 75,2 mg/L; e para os sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST) e sedimentáveis (SSed) de 10.169 mg/L; 6.509 mg/L e 175mL/L respectivamente;
- As medianas das frações nitrogenadas foram 111,0 mgN/L para amônia (NH_3), 130,5 mgN/L para nitrogênio orgânico (N.Org), 0,2 mgN/L para nitrito (NO_2^-) e 0,4 mg/L para nitrato (NO_3^-);
- A DQO e o fósforo total tiveram medianas de 8.935 mgO_2/L e 29,2 mgP/L, respectivamente;
- A mediana para coliformes termotolerantes (CTT) foi igual a 9,95E+06 UFC/100mL e ovos de helmintos de 9,2 ovos/L com concentração máxima de 688 ovos/L e mínima de 0 ovos/L..

2 – O amostrador de coluna desenvolvido se mostrou capaz de coletar amostras representativas de toda a coluna dos tanques sépticos e fossas, contemplando a espuma da superfície, o líquido clarificado e o lodo presente no fundo.

3 – Quanto a comparação do conteúdo de tanques sépticos (TS) e fossas (F), estatisticamente só foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$ no teste não paramétrico – Kruskal-Wallis) para as variáveis de nitrogênio orgânico e NTK, e:

- O tratamento estatístico mostrou as fossas e os tanques sépticos como pertencentes ao mesmo grupo para maioria das variáveis, porém, verificou-se diferenças quando analisadas as medianas nos gráficos box-plots 25%-75%;
- Considerando que cada sistema possui características próprias quanto ao tipo de afluente, número de moradores, dentre outros aspectos, o fundo da fossa

e as paredes que atuam como meio de infiltração, ao longo do tempo retarda a vazão de saída, concentrando cada vez mais nutrientes, sólidos e matéria orgânica e inorgânica apresentando, desta forma, um conteúdo bem mais concentrado do que os encontrados nos tanque sépticos.

- Os gráficos Box-plots 25%-75% demonstraram superioridade das medianas pertencentes ao grupo das fossas em todas as variáveis, com exceção dos coliformes termotolerantes (TS – $1,23E+07$ e F- $6,85E+06$ UFC/100mL);

4 – Os critérios sócioeconômicos, apesar de contar com um número de amostras reduzido, revelaram tendências quanto às classes divididas, a saber:

- As residências com tempo de esgotamento entre 11 a 20 anos apresentaram para a maioria das variáveis, concentrações bem mais elevadas tanto para as fossas quanto para os tanques sépticos;
- O efluente de origem dos banheiros e sanitários participou mais efetivamente na contribuição das frações dos sólidos, alcalinidade, frações nitrogenadas, DQO, fósforo total, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos; enquanto que o efluente oriundo da cozinha colaborou com os óleos e graxas;
- A amostragem concentrou mais casas nas regiões com melhores condições financeiras da cidade de Natal e nas zonas desprovidas de rede coletora de esgoto, representadas pela classe B (com renda entre R\$ 3.700,00 a R\$ 7.600,00), que apresentou maiores concentrações para DQO, fósforo, frações nitrogenadas, sólidos e inclusive a quantidade de ovos de helmintos.

5 – A primeira câmara (C1) dos tanques sépticos de duas câmaras em série apresentou conteúdo mais concentrado em relação ao segundo compartimento (C2), e:

- Temperatura, pH, amônia e coliformes termotolerantes obtiveram pouquíssimas diferenças entre uma câmara e outra;
- Para óleos e graxas 60% das casas estudadas apresentaram teores maiores na C1 do que na C2;
- As concentrações de SSV foram maiores do que as de SSF e ainda observou-se diferenças variando de 34,0 a 85,8% para SST e de 9,5 e 66% para sólidos sedimentáveis, do conteúdo de uma câmara para a outra;

- A DQO e PT tiveram diferenças de 18,3% e 82,9% de C1 para C2, respectivamente;
- A concentração de ovos de helmintos foi bastante variável, porém, demonstrou uma leve tendência de se concentrar mais na primeira câmara.

6 – Quanto a comparação do conteúdo de fossas e tanques sépticos com os resíduos dos caminhões limpa-fossa da cidade de Natal, através da análise de variância, estatisticamente não foi verificada diferença para a maioria das variáveis estudadas, e:

- No teste não-paramétrico (Kruskal-Wallis) apenas as variáveis OeG, alcalinidade total, NOrg, NTK e PT apontaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos; já no teste Paramétrico utilizando os dados logaritmizados (Tukey) as variáveis foram a condutividade, óleos e graxas, alcalinidade, N.Org, NTK, sólidos totais fixos e PT, e na ANOVA gráfica apenas a alcalinidade e o NTK se mostraram diferentes. O restante das variáveis apontou o valor de $p > 0,05$ reconhecendo estatisticamente que os valores de fossas, tanques sépticos e resíduos de carros limpa-fossa pertencem ao mesmo grupo;
- Contudo, os gráficos Box-plots mostraram que as medianas de todas as variáveis do grupo das residências foram superiores aquelas encontradas para o grupo dos caminhões, com exceção dos óleos e graxas (Caminhões – 291 mg/L e Residências – 75 mg/L) e do fósforo total (Caminhões – 73 mgP/L e Residências – 29 mgP/L), devido ao fato de os caminhões esgotarem todo o conteúdo gorduroso, o que não é possível com o amostrador, além de esgotar o sumidouro que acredita-se ser rico em fósforo inorgânico, uma vez que recebe os efluentes da cozinha e lavanderia;
- A série de sólidos, alcalinidade, série nitrogenada e DQO tiveram tanto as medianas quanto os 3º e 4º quartis maiores para o grupo das residências do que o grupo dos caminhões;
- As medianas dos sólidos sedimentáveis, CTT e ovos de helmintos foram muito aproximadas entre os grupos;
- Através da caracterização do conteúdo das fossas e tanques sépticos residenciais, pode-se ter noção das condições em que este se encontrará

após o intervalo entre os esgotamentos, podendo-se então estimar a carga de matéria orgânica produzida e seu grau de mineralização, que futuramente seguirá para uma ETE;

7 – As características gerais dos conteúdos das fossas e tanques sépticos verificados antes do esgotamento (F1) foram diferentes das encontradas após decorridos no mínimo seis meses do esgotamento (F2), e:

- A análise de variância destacou a temperatura, condutividade, sólidos sedimentáveis, amônia, nitrogênio orgânico e total como estatisticamente diferentes.
- A mediana da temperatura aumentou para os tanques sépticos e fossas entre as fases, devido ao período de amostragem da segunda campanha, que aconteceu nos meses de janeiro a março de 2009 (em pleno verão nordestino), enquanto que a 1ª fase foi realizada na estação chuvosa (entre os meses de abril a setembro de 2008), caracterizando deste modo um período mais frio;
- Verificou-se um aumento nas medianas do pH de 6,76 para 6,92 para os tanques sépticos e de 6,88 para 7,52 para as fossas, devido a reestruturação da comunidade anaeróbia que foi removida após a primeira amostragem (os sistemas foram esgotados) e que ainda não está totalmente ativa a ponto de produzir ácidos capazes de reduzir o pH, nem a alcalinidade através da degradação de proteínas e outros substratos, pois esta última variável teve suas medianas reduzidas (TS: F1 – 636 e F2 - 449 mgCaCO₃/L; e (F: F1 – 1.353 e F2 – 824 mgCaCO₃/L);
- As concentrações das frações de sólidos, DQO, N.Org e PT reduziram na segunda fase devido ao tempo de contribuição e acumulação de esgoto ter sido baixo;
- A amônia teve redução máxima de 53 e 35% entre as fases. O aumento da temperatura e pH podem ter colaborado para que a forma livre (gasosa) predominasse e possivelmente escapasse do meio líquido;
- Mesmo com baixíssimas concentrações na fase 1, o nitrito e nitrato ainda tiveram redução das medianas na segunda fase;

- Os óleos e graxas e CTT variaram pouco entre as fases. Para o CTT a concentração depende crucialmente do afluente, ou seja, enquanto estiver recebendo efluentes sanitários, haverá constantemente a presença dessas bactérias;
- O número de ovos de helmintos diminuiu na segunda fase, além de ser verificado um aumento suave na porcentagem da viabilidade destes.

8 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Devido as altas concentrações de sólidos verificado no conteúdo estudado, e perante aos riscos inerentes a erros devido as altas diluições, recomenda-se que seja testado a metodologia utilizando a centrifugação como método de mensuração desses sólidos.
- As amostragens dos conteúdos de tanques sépticos e de fossas deverão ser realizadas de forma composta, retirando-se alíquotas de vários lugares do sistema, de forma a gerar uma amostra mais representativa.
- A retirada da amostra do interior do amostrador de coluna deverá ser feita, exclusivamente, pela extremidade a qual se encontra a tampa, pois desta forma, no momento do despejo da amostra, a parte líquida lavará as paredes internas do amostrador, e arrastará os sólidos que possivelmente ficaram aderidos nas paredes.
- Recomenda-se estudos realizados em residências com o mesmo sistema (tanque séptico ou fossa) e com tempos de esgotamento iguais, para que assim possa se descobrir, de forma mais confiável, quais são as interferências dos diversos tipos de efluentes recebidos em cada sistema.
- Analisar a fração inorgânica do fósforo (polifostato) para saber qual o seu grau de participação, e se tem relação com a contribuição dos efluentes oriundos da lavanderia e cozinha, principalmente no conteúdo do sumidouro, quando comparado com as amostras dos resíduos dos caminhões limpa-fossa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 41**: Normas para construção e instalação de fossas sépticas. Rio de Janeiro, 1963. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e instalação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1982. 37p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais. Rio de Janeiro, 1993. 15p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários**: experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301p.

ANDRADE NETO, C. O et al. Decanto-digestores. In: CAMPOS, J.R (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999a. 435p, p.117-138.

ANDRADE NETO, C. O.; GUIMARÃES, P.; PEREIRA, M. G.; MELO, H. N. S. Decanto digestor seguido de filtros anaeróbios de fluxo ascendente e descendente afogados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999b, Rio de Janeiro.

ANDRADE NETO, C. O, et al. Filtros anaeróbios. In: CAMPOS, J.R (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, ABES: 1999c. 435p, p.139-154.

ANDRADE NETO, C. O.; DANTAS, M. A. R.; MELO, H. N. S.; FILHO, M. L. Análise do desempenho das duas câmaras de um decanto-digestor de câmaras em série. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000, Porto Seguro.

ANDRADE NETO, C. O.; VAN HAANDEL, A.; MELO, H. N. S. O Uso do Filtro Anaeróbio para Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios no Brasil. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Portugal.

ANDRADE NETO, C O. **Filtro anaeróbio aplicado ao tratamento de esgoto sanitário**. 2004. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

ANDRADE NETO, C. O. O uso filtro anaeróbio para tratamento de esgoto sanitário. **Revista Meio Filtrante**. Tratamento. p.12-16, mar./abr. 2006.

ANDREOLI, C.V. (Coord.). et al. **Alternativas de uso de resíduos de saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). et al. **Lodo de fossa séptica. Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

ANTHONISEN, A. C. et al. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. **Journal of Water Pollution Control Federation**, vol. 48, n. 5, p.835–852, 1976.

AL-SHAYAH, M.; MAHMOUD, N. Start-up of an UASB-septic tank for community on-site treatment of strong domestic sewage. **Bioresource Technology**. Artigo aceito em Janeiro de 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18.ed. Washington D C. 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20.ed. Washington D C. 1998.

ARAÚJO, R. F.; ANDRADE NETO, C. O.; DELGADO, T. C.; SILVA, H. N. MEDEIROS, I. B. A. Uso de filtros aerados rudimentares para oxidação de nitrogênio amoniacal contido em efluentes de reatores anaeróbios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife.

ARAÚJO, S. I.; ALVES, R. G. C. M.; OLIVEIRA, J. L. R.; BELLI FILHO, P.; COSTA, R. H. R. Avaliação de lagoa facultativa aerada e lagoa de maturação tratando dejetos suínos com aplicação de diferentes cargas. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Leste – Uruguai.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, S.A.; SANTOS, D. C; NOLASCO, M. A. Avaliação do desempenho do sistema tanque séptico e biofiltro aerado submerso o tratamento de esgoto sintético. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO INTERAMERICANA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Leste –Uruguai.

BARBOSA, S. A.; NOLASCO, M. A. On site treatment: evaluation of a submerged aerated biofilter treating effluent from a septic tank. In: CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE SANEAMENTO, 2007, Cali - Colômbia.

BEZERRA, M. E. E.; SILVA, F. J. A. Nitrogênio amoniacal em efluentes de TS-FAN e na água de corpo receptor em Fortaleza, Ceará. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém - Pará.

BORGES, K. L. O uso de tanque séptico na cidade de Araguari - MG. In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 2005, Minas Gerais. **Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento**. 2005.

BRAVO, A. D. et. al. Tratamiento de aguas residuales urbanas en un reactor anaerobio secuencial (asbr). In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Leste - Uruguai.

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

BUTLER, D.; PAYNE, J. Septic Tanks: Problems and Practice. **Building and Environment**. vol. 30, n. 3, p. 419-425, 1995.

BUSATO, R.; PAWLOWSKY, U. Estudo cinético de remoção de matéria Orgânica de um filtro anaeróbico de fluxo ascendente usado como tratamento de efluente de reator UASB: estudo de caso da ETE de Imituva. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Leste - Uruguai.

CAMARGO, S.A.R. **Filtro anaeróbico com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários: avaliação da partida e operação**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de engenharia civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2000.

CAMPOS, J. R. (Coord.) et al. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CAMPOS, A. T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E. E.; FRANZENER, G.; SUGUIY, M. M. T.; SYPPERRECK, V. L. G. Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.26, n.1, p.235-242, jan./abr. 2006.

CASTILHO JÚNIOR, A. B.; BELLI FILHO, P.; SOARES, M.; PINTO, R. O.; CHAGAS, A.; MATIAS, W. G. Digestão anaeróbica de resíduos sólidos orgânicos e lodo de tanque séptico. In: SEMINÁRIO INTERNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL, 4., 2002, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2002. v. 4. p.149-154.

CAVALCANTE, F. L.; ANDRADE NETO, C. O.; ARAÚJO, A. L. C.; MELO, H. N. S. Eficiência de remoção de ovos de helmintos e coliformes fecais em um sistema de decanto-digestor e filtro anaeróbico, visando reúso do efluente. In: SIMPÓSIO LUSO-

BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém, Pará.

CAVALCANTE, F. L. **Avaliação da eficiência de filtros anaeróbios na remoção de coliformes fecais e ovos de helmintos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

CAVALCANTI, M. P. **Tratamento de esgoto doméstico em reator híbrido de fibra de vidro tipo UASB e filtro anaeróbio para comunidades de pequeno porte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

CHERNICHARO, C. A. L. et al. Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo. In: CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.155-198.

CHERNICHARO; C.A. L.; VAN HAANDEL, A.C.; FORESTI, E.; CYBIS, L.F. Aplicabilidade da tecnologia anaeróbia para o tratamento de esgotos domésticos. In: CHERNICHARO, C.A.L. (Coord.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: ABES, 2001.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RIO GRANDE DO NORTE. Disponível em: <<http://www.caern.com.br/dadosdosistema>>. Acesso em: 12 de fev. 2008.

COREA, E.J.H.; GAMAGE, I.R.; WICKRAMANAYAKE, P.N. Anaerobic filters for on-site sewage treatment. DWDC Conference. Sanitation and water for all. D Drainage And Wastewater, 24th., 1998,. Islamabad - Pakistan.

COUTO, L.C.C. **Avaliação do desempenho de filtros anaeróbios com diferentes meios de enchimento no tratamento de esgotos sanitários.** 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campinas, Campinas - São Paulo. 1993.

DOMINGUES, L. M. **Sistema combinado filtro anaeróbio – biofiltro aerado sumerso:** avaliação da partida e da nitrificação de esgoto sanitário. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas - São Paulo, 2005.

DOWNING, A.L. Selected subjects in waste treatment. 3 ed. Delft, IHE, 1978.

EUROPEAN COMMISSION, Pollutants in urban waste water and sewage sludge. Disponível em: <<http://europa.eu.int>>.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, n. 4, p. 85-104, 2002.

ESTEVES, F. A. Fundamentos da Limnologia. 2^a ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FLECK, E. **Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FONTANA, H. **Pós-tratamento de esgoto sanitário com biofiltro aerado submerso preenchido com carvão granular:** desempenho técnico e estudo de viabilidade econômica. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de engenharia de São Carlos da Universidade e São Paulo, São Carlos, 2007.

FORREST e ASSOCIATES. Final Report, Situational Analysis, Development of Guidelines, Standards and Regulations Septage and Sludge Management. Environmental Consultants e Project Managers, 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de Saneamento - Orientações Técnicas. 3ª ed. Revisão. Brasília. 2006.

FRANCHIN, A.C. **Nitrificação de efluente de reator anaeróbio compartimentado em filtros percoladores com a utilização de serragem de couro do tipo wet blue como meio suporte.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos- São Paulo, 2006.

GODOY, T. G. **Biofiltro aerado submerso aplicado ao pós-tratamento de efluentes de reator UASB, sob condições hidráulicas desfavoráveis** – estudo em escala real. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2007.

GONÇALVES, R. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; ALEM SOBRINHO, P.; KATO, M. T.; COSTA, R. H. R.; AISSE, M. M.; ZAIAT, M. Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por sistema de lodos ativados. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.). **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios.** Belo Horizonte: Projeto PROSAB. 2001. 544p. p.279-332.

GRUNDITZ, C. e DALHAMMAR, G. Development of nitrification inhibition assays using pure cultures on Nitrosomonas and Nitrobacter. Wat. Res. 35(2): 433-440. 2001.

HARTMANN, C. M.; ANDREOLI, C. V.; EDWIGES, T.; ANDRADE NETO, C. O. Definições, histórico e estimativas de Igeração de lodo séptico no Brasil. In: Andreoli, C.V. (coord). **Lodo de Fossa Séptica. Lodo de fossa e tanque séptico:** caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Cap. 2, p.24-40. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HEINSS, U. et al. Characteristics of Faecal Sludges and their Solids-Liquid Separation. **SOS - Management of Sludges from On-Site Sanitation.** EAWAG/SANDEC. Based on the Field report Entitled "Sedimentation Tank Sludge Accumulation Study" Prepared by S.A. Larmie WRI (Dec. 1994). January, 1999.

HIRAKAWA, et al. Biofiltro aerado submerso aplicado ao pós-tratamento de efluente de reator uasb – estudo em escala piloto com esgoto sanitário. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 7, n. 2, abr./jun. p. 82-94, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. Estudos e Pesquisas. Informações demográficas e sócio-econômicas. 2007. n. 21. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 jan. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 jan. 2000.

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

KAMEL, M. M. e HGAZY, B. E. A septic tank system: on site disposal. **Journal of Applied Sciences**. v. 6 (10): p. 2269-2274, 2006.

KATO, M. T.; ANDRADE NETO, C. O. de; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, E.; CYBIS, L. F. Configurações de Reatores Anaeróbios. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. CAMPOS. J.R. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 53-99.

KOOTTATEP, T. et al. Potentials of vertical-flow constructed wetlands for septage treatment in tropical regions. EAWAG/SANDEC. 1999 . Disponível em: <<http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=20013174404>>

LAPA, K.L. **Avaliação do desempenho do reator anaeróbio em batelada seqüencial (ASBR), contendo biomassa imobilizada em pedra pome, para o tratamento de esgoto sanitário**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos - São Paulo, 2003.

LEITE, B. Z.; INGUNZA, M. P. D.; ANDREOLI, C. V. Lodo de Decanto-digestores. In: ANDREOLI, C.V. (Coord.). Alternativas de uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006a. p. 362-398.

LEITE, B. Z.; PEGORINE, E. S.; ANDREOLI, C. V.; ANDRADE, F. L. Caracterização de alternativas de disposição final de resíduos sépticos. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., 2006b, Fortaleza – Ceará.

LUOSTARINEN, S; SANDERS, W; KUJAWA-ROELEVELD, K; ZEEMAN, Z. Effect of temperature on anaerobic treatment of black water in UASB-septic tank systems. *Bioresource Technology*, v. 98, p. 980–986, 2007.

MACHADO JÚNIOR, A. R.; LAPOLLI, F. R.; RÉCIO, M. A. L. Avaliação da presença de elementos-traço em lodos sépticos coletados por caminhões limpa-fossa na cidade de Tubarão-SC. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 31., 2008, Santiago - Chile.

MANARIOTIS, I.D.; GRIGOROPOULOS, S.G; P.E., F.ASCE. Anaerobic filter treatment of municipal wastewater: biosolids behavior. Journal of environmental engineering. v. 132, n. 1, DOI: 10.1061/ ASCE 0733-9372 2006 132:1 23 - january 2006.

MARCHETTO, M. **Remoção de nutrientes do efluente de reator anaeróbio utilizando reatores microaeróbio e com aeração intermitente seguidos de flotação por ar dissolvido.** 2001. 238 f. Tese (Doutorado Engenharia Civil em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos - São Paulo, 2001.

MATSUMOTO, T.; PEREIRA, E. L. S. Avaliação da eficiência de remoção de carga orgânica de um biofiltro aerado submerso no tratamento de efluentes de curtume. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Leste - Uruguai.

MATOS, T. A; SILVA, H. P. M.; GONÇALVES, R. F. Uso simultâneo de um biofiltro aerado submerso para tratamento secundário de esgoto sanitário e para biodesodorização de ar atmosférico contendo gás sulfídrico (H₂S). In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002.

MAZOLLA, M. **Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, 2003.

MEDEIROS, D. D. V. **Avaliação da eficiência de lagoas de estabilização no tratamento de resíduos esgotados de fossas sépticas.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – Rio Grande do Norte, 2009.

MENESES, C. G. R. et al. Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanques sépticos-sumidouros da cidade do Natal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001.

METCALF e EDDY, INC. Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1991. 1334 p.

MONTANGERO, A.; STRAUSS, M.; INGALLINELLA, A.M.; KOOTTATEP, T.; LARMIE, S.A. Cuando los tanques septicos estan llenos: el desafio del manejo y tratamiento de lodos fecales. In: CONGRESO ARGENTINO DE SANEAMIENTO Y MEDIO AMBIENTE, 11., Argentina, 2000.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei n. 4 867, de 27 agosto de 1997. Obriga as empresas Imunizadoras a manterem sistemas de Lagoas de Estabilização. Câmara Municipal do Natal. Disponível em: <http://www.cmnat.rn.gov.br/busca_leis_visualizar>. Acesso em: 24 mar. 2008.

NAVAL, L. P.; NOLASCO, L. M.; P. Avaliação de um sistema de lagoas de estabilização para tratamento de águas residuárias domésticas na região norte. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000.

NICIÚRA, C.L **Avaliação do uso da banda de rotação de pneus inservíveis triturada como suporte ao desenvolvimento de biofilmes em um reator anaeróbio de leito expansível**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos – São Paulo, 2005.

NOVAES, A. P. DE; SIMÕES, M. L.; MARTIN NETO, L.; CRUVINEL, P. E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. A. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica. Comunicado Técnico EMBRAPA nº 46. ISSN 1517-4786. São Carlos - São Paulo, 2006.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário**: Coleta, transporte, tratamento e Reúso Agrícola. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda, 2003. 520p.

OLIVEIRA, J. L. R.; ARAÚJO, I. S.; BELI FILHO, P.; COSTA, R. H. R. Polimento de efluentes de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos utilizando filtros. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30, 2006, Punta Del Leste, Uruguai.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte I: Análise de desempenho. Artigo técnico. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 10 n. 4. out./dez. p. 347-357. ABES, 2005.

OLIVEIRA, J. C. C. Fossa sumidouro (absorvente) construída com vasilhames plásticos descartáveis (garrafas pets 2 litros). Disponível em: <<http://www.saneamentodogato.xpg.com.br/Pet.html>>. Acesso em: 18 mar. 2009.

OLIVEIRA, L.L.O.; DUARTE, I.C.S.; SAKAMOTO, I.K.; VARESCHE, M.B.A. Influence of support material on the immobilization of biomass for the degradation of lin ear alkylbenzene sulfon ate in anaerobic reactors. **Journal of Environmental Management** v. 90, p.1261–1268, 2009.

OLIVEIRA, F. F.; GONÇALVES, Ricardo Franci. Tratamento terciário do efluente de lagoas facultativas em biofiltros aerados submersos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., Cidade do México, 1996.

PASTANA FILHO, A. P.; DA CRUZ, A. L.; GONÇALVES, D. Aspectos biológicos do filtro biológico. Revista DAE v. 93, ano XXXIII, SABESP: São Paulo, 1973. p. 84-86.

PILLOTO, J. S.; SANTOS, D. C. Avaliação matemática da potencialidade de desinfecção dos tanques sépticos modificados. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville - Santa Catarina, 2003.

PEREIRA, E. L. S. **Utilização de Biofiltro Aerado Submerso no Tratamento de Efluentes de Curtume Submetido a Processo de Pré-tratamentos Físico-químico e Anaeróbio.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). FEIS – UNES, 2008.

PEREIRA-RAMIREZ, O.; ANTUNES, R. M.; QUADRO, M. S.; KOETZ, P. R. Pós-tratamento de efluentes de reator UASB com filtros anaeróbios. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7 n. 3, p.209-212, set./dez, 2001.

RATIS, A. N. F. A. **Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgoto domésticos de Natal.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – Rio Grande do Norte, 2009.

RAMJEAWON, T. A. Modeling approach for determining the alkalinity requirement for the treatment of weakly buffered carbohydrate industrial wastewaters by the UASB process. In: WORLD CONGRESS ANAEROBIC DIGESTION, 9., 2001, Antuérpia. Proceedings... Antuérpia: Technological Institute, 2001. v.2, p.571-574.

RODIER, J. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux residuais, eaux de mer. 5.ed. Paris: Dunod, v.1, 1975. 629p.

RODRIGUES, C. I. Avaliação comparativa dos impactos à saúde das crianças nos bairros contemplados com as melhorias sanitárias domiciliares. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 3., 2006, Fortaleza. **Anais...** Brasília : Funasa, 2006. 580 p. Mostra de Pesquisa. p.93-99.

RUNYAN, R. CRAIG. Septic tank maintenance. **Cooperative Extensin Service.** College of Agriculture and Home Economics. New México: State University, 2007.

SANTOS, D. C.; ALVES, B. S.; ALTVATER, K. P. Avaliação do desempenho de um tanque séptico na remoção de matéria orgânica. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO INTERAMERICANA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Este - Uruguai.

SAWYER, C. N.; MCCARTHY, P. L. **Chemistry for environmental engineering**, third edition, McGraw Hill, Singapore, Philippines, 1978. 532 p.

SARTI, A, SAKAMOTO, I.K; VARESCHE, M.B.A; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Tratamento de esgoto sanitário utilizando reatores anaeróbios operados em bateladas sequenciais (escala piloto). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** v.11. n. 1. jan./mar. 2006, p.73-82.

SECRETARIA DE URBANISMO E MEIO AMBIENTE. Mapas Temáticos. Disponível em: <www.semurb.gov.br/mapastematicos>. Acesso em: 14 fev. 2008.

SILVA FILHO, H. A. **Nitrificação em sistemas de lodo ativado**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - Paraíba, 2009.

SILVA, M. M. P.; SOUSA, J.T.; CEBALLOS, B. S. O.; FEITOSA, W. B. S.; LEITE, V. D. Remoción de huevos de helmintos em lodos de tanques sépticos colectivos del semiarido paraibano, brasil. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 31., 2008, Santiago - Chile.

SITÔNIO, C.P. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios utilizando biofiltro aerado submerso**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos - São Paulo, 2001.

SHOW, K.-Y., AND TAY, J.-H. Influence of support media on biomass growth and retention in anaerobic filters. **Water Res.** v. 33, n. 6, p. 1471–1481, 1999.

SRIPANOMTANAKORN, S.; POLPRASERT, C. Plant available nitrogen from anaerobically digest sludge and septic tank sludge applied to crops grow in the tropics. **Waste Management e Research.** v. 20, p. 143-149, 2002.

STETS, M. I. **Avaliação da influência do material suporte e caracterização da diversidade microbiana de reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes de abatedouro**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) - Universidade Federal de Ponta Grossa, Ponta Grossa - Paraná. 2008.

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. **Sanare Revista Técnica da Sanepar**, v. 24, p. 70-78, jan./jun. 2006.

TEIXEIRA, J. C; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003: idb 2003 **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n. 3, p.277-282, jul./set. 2006.

TOPRACK. Disponível em: <<http://web.deu.edu.tr/atiksu/toprak/ani4014.html>>. Acesso em 04 nov. 2007.

TONETTI, A. L. **Pós-tratamento de efluente anaeróbio por filtros de areia**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, 2004.

TRIOLA, M. F. Introdução à estatística. Trad.: Vera Regina Lima de Farias e Flores. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005.

USEPA, United State Environmental Protection Agency. 40 CFR-Part 503. Standard for the disposal of sewage sludge. Federal Register, Washington. v.58, p. 9387 – 9415. 1993.

USEPA Environmental Protection Agency. Process Design Manual – Surface Disposal of Sewage Sludge and Domestic Septage. EPA: USA, 1995. 273p.

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. 2002 – Disponível em: <<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: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs>>.

VALETIM, M. A. A. Avaliação de um tanque séptico modificado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joiville - Santa Catarina.

VALENCIA, R; DEN HAMER, D.; KOMBOI, J.; LUBBERDING, H.J.; GIJZEN, H.J. Alternative treatment for septic tank sludge: Co-digestion with municipal solid waste in bioreactor landfill simulators, **Journal of Environmental Management** (2008), doi:10.1016/j.jenvman.2008.02.007

VARGAS, G. M.R.; SILVA, F. D.; ANDRADE NETO, C. O.; MELO, J. L. S.; SOUSA MELO, H.N. Eficiência na remoção de matéria orgânica sob a forma de DBO e DQO total e solúvel no sistema ts-fan. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000.

VAN LOOSDRECHT, M.C.M.; VAN BENTHUM, W.A.J.; HEIJNEN, J.J. Integration of nitrification and denitrification in biofilm airlift suspension reactors. **Water Science and Technology**, v. 41, n. 4-5, p. 97-103, 2000.

VELA, F. J. **Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio operado em bateladas seqüenciais e periodicamente aerado**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos - São Paulo, 2006.

VEERANNAN, K.M. Some experimental evidence on the viability of Ascaris lumbricoides ova. **Current Science**, Bangalore, n.46, p. 386-387, 1977.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento do esgoto**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental –DESA-UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, et al. **Lodos de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA-UFMG e Companhia de Saneamento Básico do Paraná –SANEPAR, 2001. p. 13-16.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Urban wastewater treatment technologies and implementation of discharge standards in developing countries. In: **Urban Water**. v. 4,n. 1, p. 105-114, mar. 2002.

YENDO, A. Y. **Uso de um biofiltro aerado submerso como unidade de pós tratamento de efluente de tratamento anaeróbio de curtume**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira - São Paulo, 2003.

ZANELLA, L. Partida de um reator compartimentado híbrido anaeróbio/aeróbio tratando esgoto sanitário. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1999.

ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. *Water Sci. Technol.* 39 (5), 187–194. 1999

ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C. A. L. Metodologias para quantificação, identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em esgotos brutos e tratados. In: CHERNICARO, C. A. L. (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, 2001. p. 71-107.

ANEXOS

FICHA DE COLETA NAS FOSSAS INDIVIDUAIS (1ª Visita - 2008)

Residência: _____ Hora: _____ Data da amostragem e esgotamento: ____/____/____

DADOS PESSOAIS DO PROPRIETÁRIO			
Nome:			Contato:
Endereço:			Bairro:
Coordenadas UTM/Geográficas:			
INFORMAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS			
Número de moradores:	Crianças < 5 anos _____	Adultos _____	
Tempo de habitação: () <1 () >1 () >5 () >10 anos	Imóvel:	<input type="checkbox"/> Próprio	<input type="checkbox"/> Alugado <input type="checkbox"/> Outros
Quantas pessoas trabalham:	Renda Total Mensal R\$: () <3 () >5 () >10 () >15 salários mínimos		
Nível de escolaridade do chefe da casa (concluído):	<input type="checkbox"/> Analfabeto	<input type="checkbox"/> Fundamental	<input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Pós-graduação
Nº de banheiros:	Máquina de lavar roupa? *	<input type="checkbox"/> Sim () Não	* Destino:
CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO:			
Estado de conservação do sistema em geral: () Precária () Conservada () Moderada			
Fundo: () areia () cimento () brita			
Parede: () areia () tijolo vazado () cimento () tijolo fechado			
Dispositivos de retenção de espuma? () Não () Sim Tipos: () Chicanas () T Outros:			
Classifica-se como: () Tanque séptico () Fossa			
Número de câmaras: _____ Origem do afluente: () águas cinzas () sanitário () outros _____			
Ano da construção: () 1 () >3 () >5 () Último esgotamento: _____ Freqüência esgotamento: >10			
Distância de poços ou fonte de abastecimento:			
Dispositivos de vedação: () tampa acimentada () solta () tubular () outros Suspiro:			
Dimensões do sistema:			
H _{útil} :	Comprimento:	Largura:	Volume:
Responsável pela construção do sistema (técnico/empresa):			
Outras informações:			
*Sumidouro: () sim () não			
Fundo: () areia () cimento () brita Parede: () areia () tijolo vazado () manilha de concreto			
Procedência do afluente: () águas cinzas () fossa ou tanque			
Dimensões do sumidouro (m): _____ H _{útil} : _____ Diâmetro: _____			
*Caixa de gordura: () sim () não			
Estado de conservação: () Precária () Conservada () Moderada			
Destino do efluente da caixa de gordura: () sumidouro () tanque ou fossa () outros			
DADOS DO ESGOTAMENTO:			
Caminhão (vol.):		Motorista:	Placa:
Nível de esgoto encontrado no sistema:			
O proprietário tem conhecimento do seu sistema? () S () N		Lança produto no sistema?	
Foi esgotada caixa de gordura: () sim () não			
O proprietário tem conhecimento do destino do esgotamento: <input type="checkbox"/> Sim Resp. _____ <input type="checkbox"/> Não			
Qts extensões usadas:		Qts amostragens? _____	Volume? _____
PARÂMETROS A SEREM OBTIDOS EM CAMPO			
Condutividade (µS/cm):		Temperatura (°C):	pH:
Tipo de sólidos encontrados:			
Cor: () preto () Cinza () Esverdeado		Odor: () Forte () Médio () Fraco	
Destino Águas Cinzas :			
OBSERVAÇÕES:			
Responsável pelo preenchimento: _____			

FICHA DE COLETA NAS FOSSAS INDIVIDUAIS (2ª Visita) – 2009

Responsável	Bairro	Data	Casas	Renda mensal	Classe Social	Último esgotamento	Origem	Nível	Motivo esgotamento	Vol. Coleta	Acesso	Intervalo
Data Retorno:				Hora:				Coordenadas:				
Modificações no sistema:												
Último esgotamento:						Motivo:						
Caixa de gordura e destino:						Sumidouro:						
Estado de conservação do sistema em geral: <input type="checkbox"/> Precária <input type="checkbox"/> Conservada <input type="checkbox"/> Moderada												
Nº de banheiros:			Máquina de lavar roupa?			* <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			* Destino:			
Origem Afluente:												
Dispositivos de vedação: <input type="checkbox"/> tampa acimentada <input type="checkbox"/> solta <input type="checkbox"/> tubular <input type="checkbox"/> outros								Suspiro:				
Aplicação de produtos químicos:												
AMOSTRAGEM												
Amostrador:				Qts extensões:								
Nível de esgoto encontrado no sistema:												
Condutividade (µS/cm):				Temperatura (°C):					pH:			
Tipo de sólidos encontrados:										Volume:		
Cor: <input type="checkbox"/> preto <input type="checkbox"/> Cinza <input type="checkbox"/> Esverdeado			Odor: <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Fraco									
Destino Águas Cinzas :												
Observações:												

Metodologia Analítica para a análise de:
ÓLEOS E GRAXAS (substâncias solúveis em solvente n)

Método: Gravimétrico – Extração em Soxhlet com solvente Éter de Petróleo (APHA *et al.*, 1992).

Equipamentos, Vidrarias e Materiais:

- Sistema de Extração com Soxhlet (8 provas)
- Bomba a vácuo
- Kitasato
- Reboilers
- Funil de Bukner
- Proveta de vidro de 100 mL
- Pinças
- Algodão hidrófilo
- Papel filtro com 10 cm de diâmetro e maioria dos poros com 14 µm
- Cartucho de extração para óleos e graxas
- Lã de vidro
- Garra metálica ou papel toalha
- Frascos de vidro com boca larga (se possível graduado)

Reagentes:

- **Solução Caulim** – Dissolver 5g de caulim em 200 mL de água deionizada;
- **Solução de Celite** – Dissolver 20g de celite em 300mL de água deionizada;
- **Solução fixante para filtração** – Misturar toda a solução de caulim com a de celite e completar o volume para 1L com água deionizada;
- **Éter de Petróleo P.A.**

Procedimento de Coleta das Amostras

Deverá ser usados obrigatoriamente frascos de vidro de boca larga e de preferência âmbar. A coleta deve ser realizada na superfície do corpo d'água de modo a permitir a entrada de maior material graxo (que permanece na superfície da água por ser menos denso). Caso sejam amostrados efluentes brutos ou tratados, reunir um determinado volume em recipiente com alta capacidade de forma a permitir a coleta na superfície do líquido após o sistema encontrar-se em repouso. Para análise em águas limpas ou pouco poluídas (efluentes brutos fracos e tratados) deverá ser coletado no mínimo 1L de amostra. Após a coleta, as amostras deverão ser conservadas em ambiente refrigerado (4°C).

As amostras acidificadas para conservação podem ser analisadas respeitando um prazo máximo de 28 dias.

Para amostras muito concentradas (conteúdo do interior de fossas e tanques sépticos), o volume de amostra coletado como analisado é diferente (ver metodologia PROSAB-LODOS-UFRN).

Procedimento de Determinação de Óleos e Graxas ⁽¹⁾

- **Preparação dos reboilers** – acoplar o funil de Bukner no kitasato ligado à bomba de vácuo;
- Lavar os reboilers com água e sabão e deixá-los na estufa (110°C) por no mínimo 1 hora. Depois colocar no dessecador, retirar o vácuo na bomba e esperar esfriar;
- Calibrar a balança analítica e pesar (P1) os reboilers utilizando uma garra metálica ou um papel toalha manipulado na alça de aço, tendo o cuidado de NÃO TOCAR AS

MÃOS E NÃO COLOCÁ-LOS EM NENHUM LOCAL QUE POSSA INTERFERIR NO PESO!

- Filtração – acoplar o funil de Bukner no kitasato ligado a bomba a vácuo;
- Colocar com uma pinça o papel filtro no funil;
- Despejar no filtro 100mL de solução fixante para filtração (agitar bastante essa solução antes de usar e despejar o conteúdo imediatamente no filtro, pois caso demore, o caulim e celite vão se depositar no fundo) e filtrar. *Lavar bastante o sistema de filtração até que a água de lavagem saia transparente, sem resíduos do caulim e celite;
- Despejar a amostra (geralmente 1 L de amostra) no sistema de filtração até que não perceba a saída de água da camada filtrante e em seguida anotar o volume filtrado contido no kitasato;
- Enrolar o papel de filtro com o material filtrado e colocar dentro de um cartucho previamente limpo e seco dentro da cestinha de metal preparada antecipadamente;
- Com a pinça, passar um chumaço pequeno de algodão umedecido com o solvente utilizado (éter de petróleo) nas laterais tanto do funil como do frasco de coleta (principalmente no limite da superfície da amostra) de forma a retirar os possíveis materiais graxos aderidos nas paredes do frasco de coleta e colocá-lo dentro do cartucho juntamente com as camadas filtrantes;
- Por último, colocar um chumaço pequeno de lã de vidro tampando o sistema para proteger o material filtrado e distribuir de forma mais eficiente o solvente;
- Levar a cestinha para o sohxlet e enganchar no arame (puxar a vareta de aço na parte superior do soxlet até o final);
- Levar o reboiler já pesado (sem tocar com as mãos!) para os locais de aquecimento;
- Colocar 100mL de éter de petróleo no reboiler e descer o sohxlet **IMEDIATAMENTE** para que o solvente não se perca por evaporação;
- Ligar a vazão de resfriamento do sistema (torneira vermelha) e ligar o equipamento regulando a temperatura para 90°C;
- Quando chegar perto de 90°C (70 – 80°C), descer a vareta de aço lentamente até o final, pois o cartucho irá entrar em contato com o solvente neste momento;
- Marcar 1 hora e 30 minutos de extração;
- Após esse tempo, subir a vareta de aço até o final, com a intenção de VEDAR a saída do solvente resfriado e, ajustar a temperatura para 130°C para o éter de petróleo ser totalmente evaporado do reboiler;
- Quando não tiver mais nenhuma quantidade do solvente no reboiler, suspender o sohxlet e retirar o reboiler **COM MUITO CUIDADO** com uma garra ou com papel toalha (segurando na alça de inox);
- Colocar na estufa (103 - 105°C) e aguardar 30 minutos para que não fique nenhum vestígio de solvente;
- Colocar para esfriar no dessecador (colocar o vácuo na bomba) e determinar o peso 2 (P2).

CÁLCULOS E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

$$\text{Óleos e Graxas (mg/L)} = \frac{(P2 - P1) \times 1000}{\text{Volume da amostra em litro}}$$

OBSERVAÇÕES

- (1) Caso não seja possível analisar a amostra no mesmo dia da coleta (após 2 horas), acidificar uma alíquota da amostra com Ácido Sulfúrico 1:1 ou com Ácido Clorídrico 1:1. de forma a deixar o pH<2.

**Metodologia Analítica seguida pelo Projeto Lodos de Fossa para a análise de:
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS - VOLÁTEIS - FIXOS**

Método: Gravimétrico - Filtração com membrana de fibra de vidro de 0,45 µm de poro seguida de secagem a 103-105 °C - (APHA et al, 1998) - 2540 D e E

Equipamentos e Vidrarias:

- Membranas de fibra de vidro 0,45 µm de poro e 47 mm de diâmetro
- Estufa de secagem com temperatura regulada para 103 - 105 °C
- Dessecador
- Forno Mufla regulada para 550 °C
- Balança Analítica com quatro casas decimais
- Garra Metálica
- Discos de alumínio enumerados
- Cadinhos de porcelana
- Balões volumétricos de 50 mL
- Pipetas graduadas

Preparação das membranas:

Preparação das membranas (quando for fazer sólidos totais fixos e voláteis – é o caso do projeto):

- Deixar as membranas (Fibra de vidro com 0,45 µm de poro e 47 mm de diâmetro) ignizando por 15 a 20 minutos em forno mufla a 550 °C dentro de um disco de alumínio (forma de alumínio) ou em um cadinho de porcelana;
- Deixar esfriando no dessecador e logo após pesar o P₀ (gramas);
- Filtrar uma alíquota ⁽¹⁾ (estamos utilizando diluições variadas de acordo com a amostra para um volume final de 50mL no balão volumétrico) na bomba a vácuo e anotar o volume filtrado;
- Levar as membranas para a estufa (temperatura entre 103° e 105 °C) por no mínimo 2h;
- Esfriar no dessecador e pesar o P₁ (gramas). Diferença de P₁ – P₀ = Resultado de Sólidos Suspensos Totais;
- Levar as membranas com as amostras secas para a mufla por 20 minutos a 550 °C;
- Deixar esfriando no dessecador e logo após pesar o P₂ (gramas). Diferença de P₁- P₂ = Sólidos Suspensos Voláteis;

Cálculos:

$$\text{Sólidos Suspensos Totais (mg/L)} = \frac{(P_1 - P_0) \times 1000}{\frac{\text{Volume amostra Filtrada (mL)}}{1000}}$$

$$\text{Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)} = \frac{(P_1 - P_0) \times 1000}{\frac{\text{Volume amostra Filtrada (mL)}}{1000}}$$

Logo,

Sólidos Totais Fixos (mg/L) = Sólidos Suspensos Totais - Sólidos Suspensos Voláteis

Onde P0, P1 e P2 são em gramas. Considerar os valores das diluições previamente realizadas⁽²⁾.

OBSERVAÇÕES

- (1) De acordo com o aspecto da amostra está sendo realizado diluições da ordem de 5, 10 e 20%, sempre aferido para um volume final de 50 mL. É necessário, pois a algumas amostras brutas apesar de demorarem muito a filtrar saturam imediatamente uma membrana com pouquíssimas alíquotas não significativas para o cálculo (cerca de 1 mL).
- (2) De acordo com a planilha eletrônica em Excel, na qual é informado o volume de amostra (V1) que foi diluído para o balão volumétrico de 50 mL, bem como o quanto deste balão foi realmente filtrado; logo, se todo o volume do balão passar pela membrana, considera-se diretamente o volume de amostra diluído inicialmente (V1).

Metodologia seguida pelo Projeto Lodos de Fossa para a análise de:

IDENTIFICAÇÃO, CONTAGEM E VIABILIDADE DE OVOS DE HELMINTOS

Referência: USEPA (2003) recomendado pela Resolução CONAMA N° 375/2006 com adaptações de Zerbini e Chernicharo (2001).

1º DIA:

1)Retirar 500ml da amostra, e colocar em um cone de sedimentação de 1000ml, juntamente com 200 ml de água destilada, e completar com solução 7X até atingir um volume final de 900ml, agitar com bastão. Deixar em repouso para sedimentação por 4 horas ou a noite toda.

2º DIA:

2)Após sedimentação, aspirar o sobrenadante com auxílio de um sifão. Adicionar 500ml de água destilada e completar com 7X até atingir um volume final de 900ml. Agitar e deixar repousar por 2 horas.

3)Após sedimentação, aspirar o sobrenadante, e transferir o sedimento para um béquer de 1000ml. Lavar as paredes do cone com 7X (=volume de 300ml) .Agitar por 5 minutos no peixinho magnético.

4)Coar a amostra numa malha de 20 mesh, e lavar a peneira com 7X (Spray).

5) Adicionar ao material filtrado, 7X até atingir 900 ml, e deixar em repouso por 2 horas.

3º DIA:

6) Após sedimentação, aspirar o sobrenadante.

7) Distribuir o sedimento, uniformemente em tubos de 15ml e centrifugar por 5 minutos.

8) Após centrifugação, descartar o sobrenadante, e verificar se em cada tubo o volume corresponde a 3 ml de sedimento ou menos que tal valor, caso contrário, redistribuir em tubos completando com água destilada e centrifugar novamente.

9) Após todos os tubos conterem sedimento abaixo de 3 ml, deve-se descartar o sobrenadante e ressuspender o sedimento contido no tubo utilizando um volume equivalente de solução tampão aceto-acética (pH 4,5), ou seja, para um volume do sedimento igual a 2 mL, adicionar 2 mL da solução tampão. Caso o volume do sedimento seja inferior a 2 mL, adicionar solução tampão até completar um volume de 4 mL. Este volume mínimo de 4 mL visa facilitar o descarte do sobrenadante sem provocar a ressuspensão do sedimento contendo os ovos.

10) Complementar o preenchimento do tubo com a adição de um volume de éter (ou acetato de etila) correspondente a duas vezes o volume do sedimento e homogeneizar a amostra com equipamento tipo Vortex. Ex: se o volume do sedimento for 2 ml, adicionar 4 mL de éter ou acetato de etila.

11) Após centrifugação, descartar o sobrenadante, e verificar se em cada tubo há 1,5 ml de sedimento, caso contrário, redistribuir em tubos completando com água destilada e centrifugar novamente.

12)Adicionar um volume de sulfato de magnésio igual a 10 vezes o volume do sedimento. (Ir adicionando aos poucos e ao mesmo tempo agitar no vortex). Centrifugar por 2 minutos.

13)Despejar o sobrenadante de cada tubo no porta filtro, que já deverá estar equipado com a membrana.

14) Filtrar a amostra em um papel de filtro, já cortado e adaptado ao diâmetro de 47mm, para ser acoplado ao porta-filtro.

15) Raspar o material aderido à membrana com auxílio de uma lamínula e lavar a membrana com água destilada, a água da lavagem deverá ser distribuída em tubos de 15 ml, que será encaminhado à centrifuga por 2 minutos.

Transferir todo o sedimento em um único tubo de 15 ml e centrifugar novamente por 2 minutos. Caso a água de lavagem ocupe mais de um tubo, centrifugar e transferir todo o material para um único tubo.

16) Adicionar ao tubo final, 4ml de 0,1N H₂SO₄, e marcar com uma caneta o nível da solução.

17) Incubar a 26C por 4 semanas.

TODOS OS DIAS:

15) Todo dia verificar o nível da solução, caso tenha diminuído em função da evaporação, completar o tubo com 0,1N H₂SO₄.

18º DIA (etapa opcional):

15) Após 18 dias suspender por imersão, e retirar uma pequena amostra para análise ao microscópio (analisar se já há desenvolvimento larval) a cada 3 dias.

28º DIA:

16) Após 28 dias, retirar uma alíquota bem homogeneizada da amostra final, com o auxílio de uma pipeta e diluí-la em ZnSO₄ numa proporção de 5 vezes o valor da alíquota. Transferir para a câmara de Mac Máster (geralmente, três câmaras). Examinar no microscópio, em objetivas de 10x ou 40x, e contar os ovos viáveis (com larva) e não viáveis. Para uma melhor representatividade dos resultados, deve-se fazer a leitura de mais de uma câmara, preferencialmente três, e calcular a média aritmética das contagens obtidas.

17) O restante da amostra pode ser analisado em lâmina e lamínula, por meio do seguinte procedimento: pipetar ZnSO₄ até a marca de 14 ml e centrifugar por 10 minutos. Retirar o tubo da centrifuga cuidadosamente; completar o tubo com ZnSO₄ até a formação do menisco na superfície de abertura do tubo (é aconselhável acrescentar o ZnSO₄ aos poucos, preferencialmente, pelas bordas da abertura do tubo, evitando ao máximo o revolvimento do material suspenso).

18) Colocar uma lâmina em cima do tubo e aguardar 10 minutos. Retirar a lâmina com cuidado e fecha-la com lamínula. Fazer a observação e contagem dos ovos identificados.

CÁLCULOS:

$$N_{(\text{ovos/L})} = \frac{N_o \times VC \times VF}{AP}$$

Onde:

N_o = Número médio de ovos contados na câmara Mac Máster

VC = Volume da câmara em ml (câmara Mac Master 0,5ml em cada grelha).

VF = Volume final da amostra que tinha no tubo que foi para estufa.

AP = Amostra processada (500 ml).

NOTE: Para se obter a quantidade de ovos viáveis faz-se uma regra de três relacionando o número total de ovos encontrados com o número de ovos viáveis observados na amostra. O resultado pode ser expresso em porcentagem ou em ovos viáveis por litro.

PREPARAÇÃO DOS REAGENTES NECESSÁRIOS:

- Solução tampão fosfato:

34 gramas de KH₂PO₄ para 1 Litro de água destilada e 1 ml de Triton-X, ajustar o pH para 7 com NaOH.

- Sulfato de Magnésio:
215.2 gramas de MgSO_4 para 1 Litro de água destilada.
- Solução 0,1 N de H_2SO_4 :
Diluir 2,8 mL de H_2SO_4 para 1000mL.
- Solução tampão aceto-acética (pH 4,5):
Pesar 5 g de acetato de sódio cristalino, misturar em 3,6 mL de ácido acético glacial e completar o volume com água destilada até 1000 mL. Corrigir o pH da solução para 4,5 com os próprios reagentes.
- Solução de sulfato de zinco:
Pesar 33 g de ZnSO_4 e diluir em 100 mL de água destilada (conferir a densidade utilizando um densímetro).