

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E
MEIO AMBIENTE**

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS DA
FAZENDA ESCOLA-FUNDAMAR EM
PARAGUAÇU/MG**

Marcela Teixeira Lopes Silva

Belo Horizonte

2011

Marcela Teixeira Lopes Silva

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS DA FAZENDA
ESCOLA-FUNDAMAR EM PARAGUAÇU/MG**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Saneamento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em **Engenharia Sanitária**.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2011

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pelas coisas e pessoas maravilhosas que fazem parte dela.

Aos meus pais e irmãos pela dedicação incondicional em todos os momentos.

À Prof.^a Silvia Oliveira pela orientação, amizade e ensinamentos.

Aos professores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, pelo aprendizado. Aos colegas de curso e agora meus grandes amigos pela convivência, especialmente Sâmela, Leonardo e Christian.

À Fazenda-Escola Fundamar e toda a equipe pela oportunidade e aprendizado, principalmente à Lucinha, maior incentivadora deste trabalho, Tia Creuza, João Ernesto e Reginaldo.

Aos meus velhos e novos amigos, mas sobretudo a Elaine, Léo, Lilis, Karol e Marco Túlio. Obrigada por toda a ajuda, seja na forma simples da presença, do incentivo ou da energia positiva.

E a toda a equipe Bios Consultoria: Lujan, Paulo, Nil, Flavinha, Alice, Vanessa, Marcelo, Aron, Rafa, Bianca, Fabi, Bella, que sempre me apoiaram, obrigada pela força, carinho e compreensão. Em especial a Paulinha, Gi, André e Sandrinha sem vocês este trabalho não seria possível.

RESUMO

O saneamento básico é essencial à saúde do ser humano e está previsto em lei que toda a população brasileira deve ter acesso às condições de saneamento. No Brasil existem deficiências no atendimento por esgotamento sanitário, principalmente nas áreas rurais. A Fazenda-Escola Fundamar, localizada na zona rural do município de Paraguaçu/MG, é polo educacional, ambiental e cultural para a população de seu entorno. Como sistema de disposição do esgoto doméstico, a instituição possui um número elevado de fossas rudimentares (fossas negras). Tendo em vista o potencial de contaminação do solo, águas subterrâneas e superficiais e riscos associados ao uso de fossas negras, este trabalho avaliou três alternativas para o novo sistema de tratamento de esgoto da Fazenda-Escola e escolheu a que melhor se aplica ao contexto da área de estudo, de acordo com os fatores simplicidade, custos de implantação e operação, consumo de energia e eficiência de remoção de DBO. Os sistemas estudados foram: (i) tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, (ii) ETE compacta – reator anaeróbio com filtro anaeróbio acoplado e (iii) ETE compacta – reator anaeróbio seguido de filtro aeróbio submerso. Todas as alternativas são pré-fabricadas, sendo a primeira alternativa a que melhor se aplica em termos de custo-benefício.

Palavras-chave: Fazenda Escola-Fundamar, tratamento de esgoto, fossas negras, eficiência

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	VI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 ÁREA DE ESTUDO	4
3.1 FAZENDA-ESCOLA FUNDAMAR.....	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REALIDADE DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	11
4.1.1 <i>Alguns aspectos sobre a realidade no Brasil.....</i>	<i>11</i>
4.1.2 <i>Alguns aspectos sobre a realidade em Paraguaçu.....</i>	<i>14</i>
4.2 POSSIBILIDADES DE CONTAMINAÇÃO E RISCOS PELO USO DE FOSSAS RUDIMENTARES	15
4.3 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	16
4.3.1 <i>Tanques Sépticos.....</i>	<i>16</i>
4.3.2 <i>Filtros Anaeróbios.....</i>	<i>17</i>
4.3.3 <i>Reatores Anaeróbios de manta de lodo</i>	<i>18</i>
4.4 REQUISITOS LEGAIS APLICÁVEIS	19
5 METODOLOGIA.....	23
5.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
5.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	23
5.2.1 <i>Etapa I.....</i>	<i>23</i>
5.2.2 <i>Etapa II.....</i>	<i>23</i>
5.2.3 <i>Etapa III.....</i>	<i>23</i>
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6.1 – QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS	25
6.2 – DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DO TRATAMENTO.....	27
6.3 – SELEÇÃO DO LOCAL PARA O TRATAMENTO	28
6.4 – AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO	30
6.4.1 <i>Alternativa 1 - Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio pré-fabricados.....</i>	<i>30</i>
6.4.2 <i>Alternativa 2 – ETE Compacta - Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental.....</i>	<i>31</i>
6.4.3 <i>Alternativa 3 – ETE Compacta - Mizumo</i>	<i>32</i>
6.5 – ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA DO PROCESSO	34
6.6 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO	36
6.6.1 <i>Alternativa 1 - Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio pré-fabricados.....</i>	<i>36</i>
6.6.2 <i>Alternativa 2 - ETE Compacta - Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental.....</i>	<i>38</i>
6.6.3 <i>Alternativa 3 – ETE Compacta - Mizumo</i>	<i>38</i>
6.7 – ESTUDO ECONÔMICO DAS ALTERNATIVAS	39
6.8 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO.....	40
6.9 – SELEÇÃO DA ALTERNATIVA	40
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
8 RECOMENDAÇÕES	42
REFERÊNCIAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui de Localização da Fazenda-Escola Fundamar	5
Figura 2 - Planta de Situação da Fazenda-Escola Fundamar.....	6
Figura 3 – Hidrografia da área da Fazenda-Escola Fundamar	7
Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação e fontes de abastecimento de água	8
Figura 5 – Croqui de Localização das fossas existentes Fazenda-Escola Fundamar	10
Figura 6 - Esquema de um tanque séptico de câmara única.....	17
Figura 7 – Esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente.....	18
Figura 8 – Esquema de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB).....	19
Figura 9 – Mapa de Localização do Sistema de Tratamento de Esgotos da Fazenda-Escola Fundamar.....	29
Figura 10 - Esquema de um sistema composto por caixa gradeada, tanque séptico seguido de filtro anaeróbio	31
Figura 11 – Esquema de um RAFA-Fan	31
Figura 12 – Esquema de uma ETE Compacta – modelo <i>Tower</i>	33
Figura 13 – Fluxograma da Alternativa 1: Tanque Séptico seguido de	35
Figura 14 - Fluxograma da Alternativa 2: ETE Compacta - RAFA-Fan	35
Figura 15 - Fluxograma da Alternativa 3 – ETE Compacta – modelo <i>Tower</i>	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População residente por situação de domicílio e forma de abastecimento de água nas grandes regiões do Brasil	12
Tabela 2 – População residente por situação de domicílio e tipo de esgotamento sanitário nas grandes regiões do Brasil.....	12
Tabela 3 – Domicílios particulares permanentes que tinham banheiro ou sanitário,.....	13
Tabela 4 – Domicílios particulares permanentes que tinham banheiro ou sanitário, por situação do domicílio e tipo de esgotamento sanitário	14
Tabela 5 – Estimativa da vazão total de esgotos	26
Tabela 6 – Características físico-químicas dos esgotos sanitários	26
Tabela 7 – Estimativa da carga e concentração de poluentes.....	27
Tabela 8 – Volume do tanque séptico e filtro anaeróbio.....	37
Tabela 9 – Dimensionamento dos tanques sépticos e filtros anaeróbios pré-fabricados ⁽¹⁾	37
Tabela 10 - Dimensionamento do RAFA-Fan.....	38
Tabela 11- Dimensionamento do Reator UASB	38
Tabela 12 - Dimensionamento do Filtro Aeróbio Submerso.....	39
Tabela 13 - Dimensionamento do Decantador Secundário	39
Tabela 14 - Estimativa de Custos de implantação e operação.....	39
Tabela 15 - Eficiência dos sistemas.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FUNDAMAR – Fundação 18 de Março
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR – Norma Brasileira
pH – Potencial Hidrogeniônico
PRFV – Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro
RAFA – Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente
RAFA-Fan – Reator Anaeróbico com Filtro Anaeróbico Acoplado
UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é evidente a crescente conscientização sobre a importância do saneamento básico para a saúde da população. O saneamento básico é definido como o conjunto de ações que visam tornar salubre o ambiente, incorporando todos os aspectos relacionados ao abastecimento de água, aos sistemas de coleta, tratamento e disposição final do esgoto e dos resíduos sólidos e aos sistemas de drenagem de águas pluviais (HELLER, 2010).

Ainda existem inúmeros registros de ocorrência de doenças vinculadas à ausência de saneamento básico. Ayach *et al.* (2009) estimaram que cerca de 80% das doenças humanas estejam relacionadas, direta ou indiretamente, à água não tratada, saneamento precário e falta de conhecimentos e informações básicas de higiene e dos mecanismos de transmissão das doenças.

As ações de saneamento são indispensáveis para assegurar a qualidade de vida da população prevenindo doenças e preservando os recursos por meio do uso de forma racional. A infraestrutura e o saneamento são necessidades básicas para o desenvolvimento e, quando concebida de forma sustentável, essenciais à melhoria das condições de vida da população (ALVES, *et al.* s.d).

No Brasil, o saneamento obteve pequeno avanço quando se analisa a cobertura de redes de esgoto nos municípios. Com base nas últimas informações disponíveis, 55,2% da população brasileira são atendidos por rede coletora de esgoto sanitário. Cabe ressaltar que este índice não significa que o esgoto seja tratado antes de ser descartado para o ambiente (IBGE, 2008).

Segundo Ávila (2005), os problemas de ordem política e econômica são as principais causas dos baixos índices de atendimento à população brasileira com serviços de saneamento básico, principalmente coleta e tratamento de esgoto sanitário, uma vez que existe tecnologia disponível. Ainda é notável a falta de planejamento para o setor de saneamento, sendo as classes sociais menos favorecidas as mais atingidas.

Diante desse cenário, sistemas individuais de tratamento e disposição de esgoto são largamente utilizados em áreas rurais e também são opções empregadas para as áreas urbanas onde os serviços públicos de saneamento não são ofertados. Muitos desses sistemas são concebidos sem nenhum planejamento e supervisão técnica adequados e o que poderia ser a

solução para os problemas relacionados à falta de esgotamento sanitário acaba se tornando fonte de contaminação do solo, águas superficiais e águas subterrâneas.

Nessa situação encontra-se a Fazenda-Escola Fundamar, localizada na área rural do município de Paraguaçu, sul de Minas Gerais. A Fazenda-Escola atende a 500 crianças e adolescentes, da creche ao último ano do Ensino Fundamental, em período integral (8 horas/dia) e, além da escolarização formal, mantém oficinas de arte-educação e artesanato em fiação e tecelagem; cerâmica e cestaria; horticultura e jardinagem; marcenaria, aulas complementares de música e dança; biblioteca e digitação.

A instituição é pólo educacional, ambiental e cultural para a população de seu entorno que hoje compreende 250 famílias de trabalhadores, além dos 100 educadores. A Fazenda-Escola, entretanto, enfrenta restrições para a garantia de boas condições ambientais, em função da precariedade de sua infraestrutura sanitária, principalmente pelo número elevado de fossas rudimentares, mais conhecidas como fossas negras, existentes na propriedade.

Conforme relatado por Castro (2011), é inconsistente que uma escola ensine boas práticas de meio ambiente aos alunos sendo que a própria instituição não coloca em prática tais ações, dispondo, por exemplo, inadequadamente o esgoto gerado.

Dessa forma, a proposição de um novo sistema de coleta e tratamento do esgoto sanitário da Fazenda Escola-Fundamar, contida neste trabalho, justifica-se pela exaustão e inadequação do atual sistema através de fossas rudimentares aos parâmetros ambientais recomendados e pelo seu papel de agente de educação ambiental de seu entorno.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Adequar o sistema de tratamento de esgoto sanitário da Fazenda-Escola Fundamar a partir da avaliação econômica e ambiental de alternativas técnicas disponíveis de tratamento de esgoto.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar alternativas de tratamento de esgoto para a Fazenda-Escola que atuem na prevenção da contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais;
- Comparar técnica e economicamente alternativas de tratamento de esgotos para a Fazenda-Escola;
- Indicar a melhor alternativa para adequação do sistema sanitário da Fazenda-Escola Fundamar aos padrões recomendados pelas agências ambientais e para a compatibilização do sistema sanitário com o papel da instituição de polo educacional, ambiental e cultural para a população de seu entorno.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 *Fazenda-Escola Fundamar*

A Fundação 18 de Março (FUNDAMAR), entidade do Terceiro Setor e sediada em Belo Horizonte, mantém desde 1984 o Projeto Fazenda-Escola Fundamar, no km 7 da MG-453, na zona rural do município de Paraguaçu, no Sul de Minas. Atende a 500 crianças e jovens, de 1 e meio a 16 anos, da creche ao término do ensino fundamental, em período integral (8 horas/dia). Numa propriedade de 90 ha, a área útil da Escola compreende 10% desse território.

Além da escolarização formal, a Fazenda-Escola Fundamar mantém oficinas de arte-educação e artesanato em fiação e tecelagem; cerâmica e cestaria, horticultura e jardinagem, marcenaria, além de aulas complementares de música e dança, biblioteca e digitação. Oferece 5 refeições/dia, incluindo lanches e almoço e a produção de uma padaria própria; atendimento odontológico; transporte casa-escola-casa e trabalho social com as famílias.

A Fundamar mantém parceria com a Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais e conta com apoio das Prefeituras Municipais de Paraguaçu e de Machado, e de grande rede de colaboradores. Detentora em nível nacional do Prêmio Criança 2002, conferido pela Fundação Abrinq pelos Direitos da Criança, a Fundamar funciona como pólo de apoio e centro de referência educacional, ambiental e cultural para as 250 famílias de trabalhadores da zona rural de Machado e de Paraguaçu e da periferia urbana desta última cidade.

Na Figura 1 está apresentada a imagem de localização da Fazenda-Escola Fundamar.



Figura 1 – Croqui de Localização da Fazenda-Escola Fundamar
Fonte: Google Earth, 2011.

A Figura 2 apresenta a planta de situação da Fazenda-Escola Fundamar¹.

¹ A planta de situação da Fazenda-Escola Fundamar foi elaborada por André Carvalho Pfeilsticker, estudante do curso de Geografia com ênfase em Geoprocessamento na Pontifícia Universidade Católica. Tem experiência na área de Geotecnologia e atua na área de consultoria ambiental.

inserir planta de situação é uma planta em A3.

Figura 2 - Planta de Situação da Fazenda-Escola Fundamar

Segundo Costa (2011), a Fazenda-Escola Fundamar está inserida na bacia do rio Sapucaí, no curso baixo do rio, muito próxima à linha de borda entre a bacia deste rio e a bacia do Reservatório de Furnas, como pode ser observado pela Figura 3.

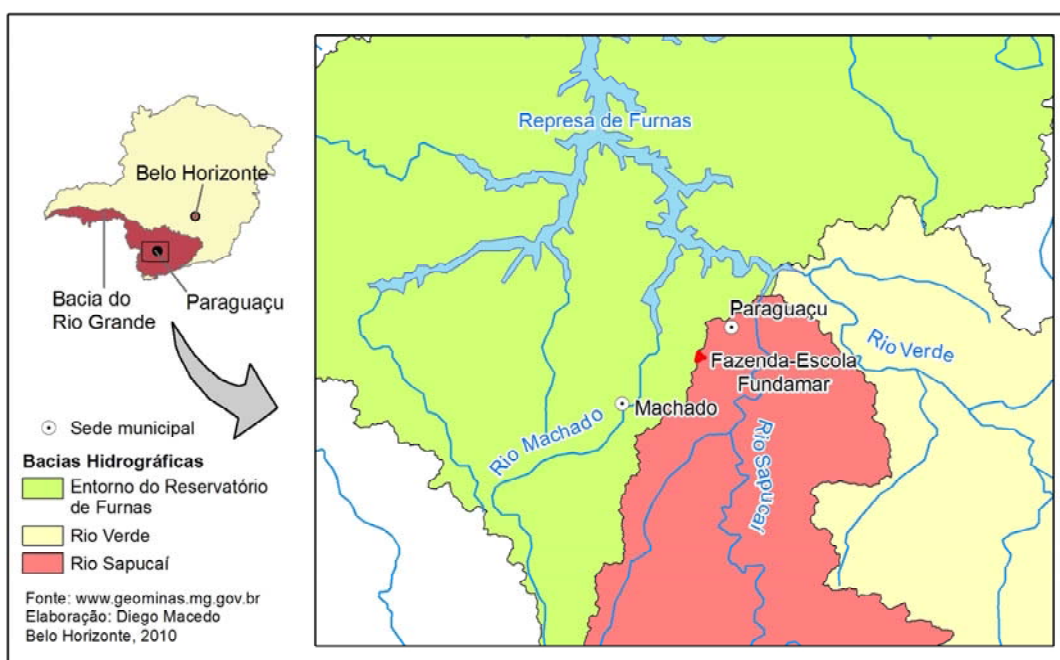


Figura 3 – Hidrografia da área da Fazenda-Escola Fundamar
Fonte: COSTA, 2011

A Fazenda-Escola enfrenta, como limite para a garantia de boas condições ambientais para seus alunos e educadores, a precariedade de sua infraestrutura sanitária.

A água para consumo humano é proveniente de uma nascente localizada na propriedade da Fazenda Santa Rita, denominada nascente Maçaranduba e fica armazenada em uma caixa d'água onde recebe tratamento químico com cloro. Para a irrigação do jardim e do feno, a Fazenda-Escola conta com a captação de água de dois açudes, conhecidos como Açude do Flavinho e Açude do Meio. A água para irrigação do jardim é proveniente de um córrego na Mata das Abelhas. A Figura 4 ilustra a ocupação do solo e as fontes de abastecimento de água da Fazenda-Escola Fundamar.

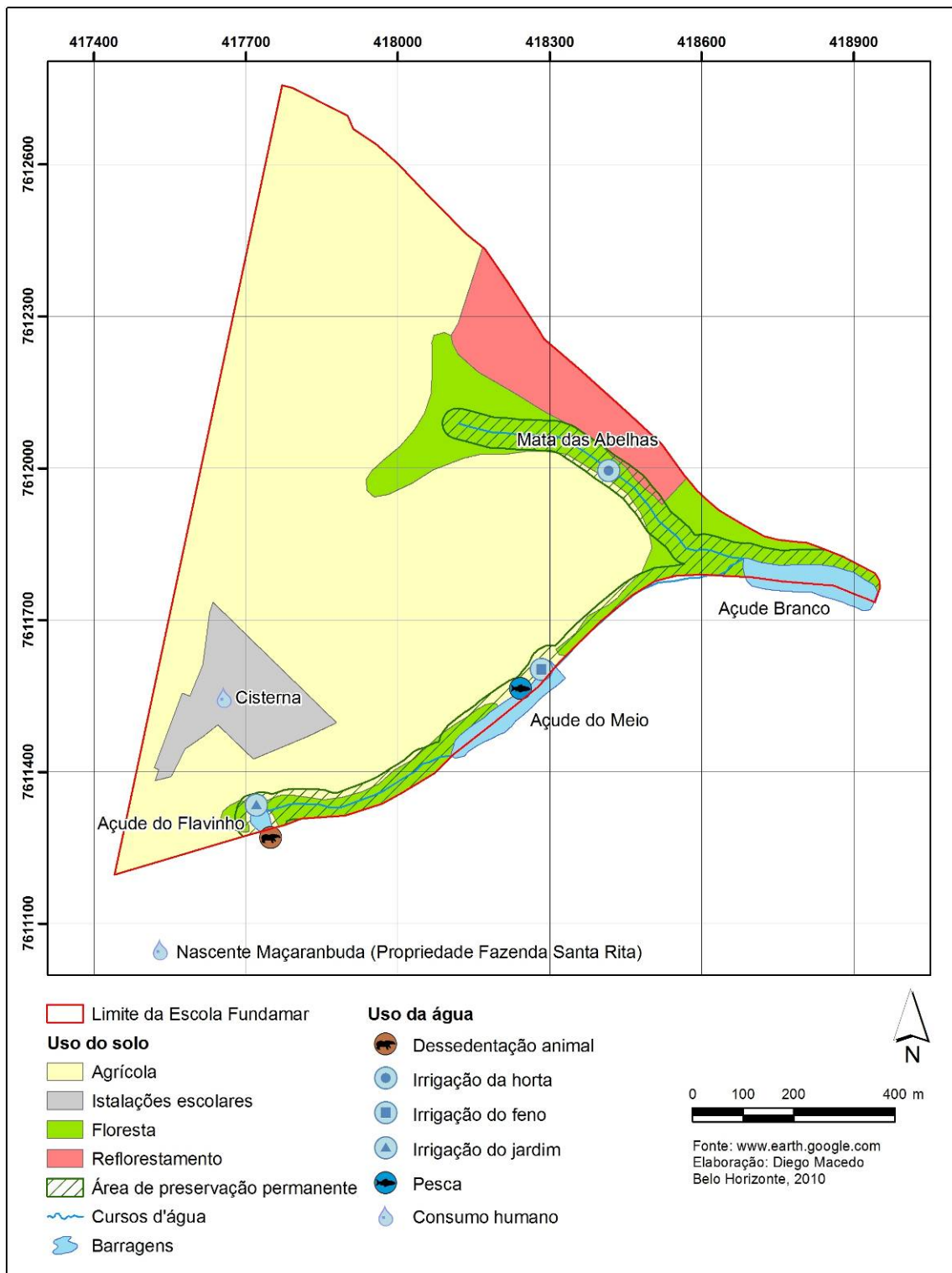


Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação e fontes de abastecimento de água da Fazenda-Escola Fundamar

Fonte: COSTA, 2011

A cisterna localizada próxima às instalações escolares encontra-se desativada desde 2010 devido à contaminação por coliformes totais encontrados em análises físico-químicas de sua água.

Desde o ano de sua instituição, 1984, a Fazenda-Escola Fundamar vem usando o sistema estático de esgotamento sanitário através de fossas rudimentares, popularmente conhecidas como fossa negras. Feitas por amadores, sem planejamento ou supervisão técnica adequada, as fossas abertas em locais muitas vezes inadequados, como próximos à horta e a fontes de abastecimento de água, podem estar comprometendo o lençol freático da propriedade, do qual captam-se os recursos hídricos para uso das crianças, jovens e adultos.

Foram identificadas 43 fossas negras na área da Fazenda-Escola Fundamar, sendo 26 em atividade e 17 inativas.

A Figura 5 apresenta o croqui de localização das fossas existentes na Fazenda-Escola Fundamar².

² O croqui de localização das fossas existentes na Fazenda-Escola Fundamar também foi elaborado por André Pfeilsticker.

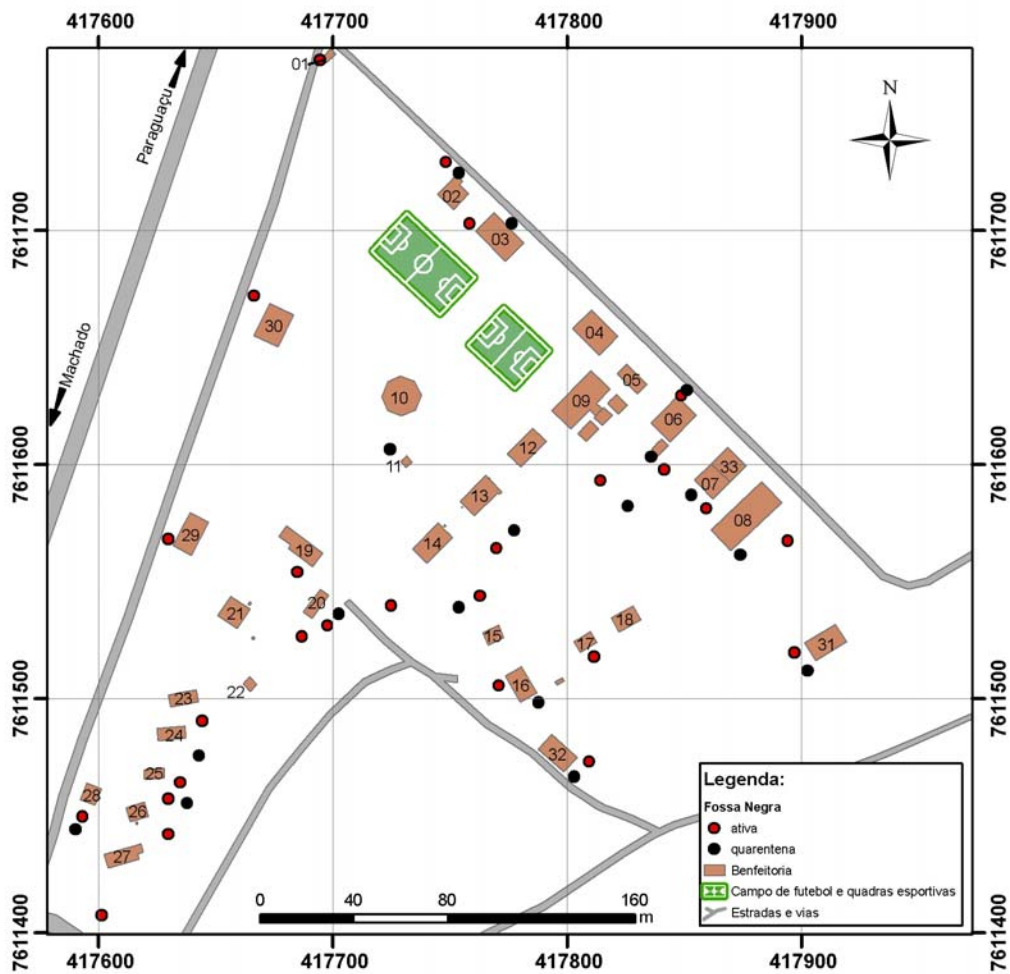


Figura 5 – Croqui de Localização das fossas existentes Fazenda-Escola Fundamar

A manutenção do atual sistema estático de fossas negras poderá, a médio prazo, comprometer a qualidade do solo, das águas subterrâneas e superficiais, além de representar risco potencial de erosões. A permanência desta situação ameaçaria a estabilidade geológica do solo da Fazenda-Escola Fundamar, colocando em risco os prédios ali construídos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Considerações sobre a realidade do esgotamento sanitário

4.1.1 Alguns aspectos sobre a realidade no Brasil

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000), dos serviços de saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e manejo de águas pluviais), apenas o esgotamento sanitário não chegou próximo à totalidade de municípios brasileiros com rede coletora, estando presente em 52,2% dos municípios em 2000. Este percentual passou a pouco mais da metade, 55,2%, em 2008 (IBGE, 2008).

A proporção de municípios com rede coletora de esgotos foi bem inferior à de municípios com rede geral de distribuição de água (99,4%), manejo de resíduos sólidos (100%) e manejo de águas pluviais (94,5%), em 2008. Entre os anos 2000 e 2008, entretanto, observou-se a ampliação ou melhoria no sistema de esgotamento nos municípios que já tinham o serviço, de 58% para 79,9% do total, e dos domicílios atendidos, de 33,5% para 44%. Ampliou-se também o percentual de esgoto coletado encaminhado para tratamento: em 2000 era 35,3% passando para 68,8% em 2008 (IBGE, 2008).

Como pode ser observado pelos dados do Censo Demográfico realizado em 2000, apresentados nas Tabelas 1 e 2, há uma grande diferença entre os índices de cobertura por saneamento quando se compara a população urbana com a rural. O percentual de abastecimento por rede geral de distribuição de água foi de 89,1% da população urbana e somente 17,8% da população rural em 2000. Além disso, existem grandes diferenças entre os índices de cobertura por rede de abastecimento de água e rede coletora de esgotos. Enquanto 89,1% da população urbana são abastecidos por rede geral de distribuição de água, somente 53,8% dessa mesma população têm acesso à rede geral de esgotos ou de águas pluviais.

Tabela 1 – População residente por situação de domicílio e forma de abastecimento de água nas grandes regiões do Brasil

Região	População urbana (%)			População rural (%)		
	Rede geral	Poço ou nascente	Outra forma	Rede geral	Poço ou nascente	Outra forma
Norte	63,0	30,1	6,9	9,6	59,4	31,0
Nordeste	85,3	6,7	8,0	18,3	41,1	40,6
Sideste	94,4	4,4	1,2	22,5	69,6	7,9
Sul	93,3	5,4	1,3	18,2	74,6	7,3
Centro-Oeste	81,8	15,9	2,3	11,5	81,2	7,3
Brasil	89,1	7,6	3,3	17,8	56,4	25,8

Fonte: IBGE, 2000

Tabela 2 – População residente por situação de domicílio e tipo de esgotamento sanitário nas grandes regiões do Brasil

Região	População urbana (%)				População rural (%)			
	Rede geral ¹	Fossa ²	Outra forma ³	Sem banheiro ⁴	Rede geral ¹	Fossa ²	Outra forma ³	Sem banheiro ⁴
Norte	12,3	72,9	9,1	5,7	0,8	53,7	12,7	32,9
Nordeste	33,4	52,8	4,8	9,1	1,1	33,4	4,1	61,4
Sudeste	78,4	14,7	6,2	0,7	10,3	55,1	21,1	13,5
Sul	34,6	60,3	4,1	1,0	1,5	79,6	11,7	7,2
Centro-Oeste	37,2	59,7	1,4	1,7	0,9	72,4	4,9	21,8
Brasil	53,8	37,6	5,4	3,1	3,1	49,3	10,0	37,6

(1) Rede geral de esgotos ou águas pluviais; (2) Fossa séptica ou rudimentar; (3) Outras formas de disposição final: vala, rio, lago, mar ou outro escoadouro; (4) Sem banheiro nem sanitário

Fonte: IBGE, 2000

A partir das Tabelas 1 e 2 podem-se verificar ainda as diferenças regionais que existem no Brasil. Na região Sul, por exemplo, apenas 7,2% da população rural não têm banheiro nem sanitário, enquanto que na região Nordeste, 61,4% da população rural não possuem banheiro nem sanitário. As regiões Norte e Nordeste são as mais atingidas pela falta de saneamento, principalmente na zona rural.

De acordo com os dados do Censo Demográfico de 2010, dos 55.808.151 domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário, 69,9% são atendidos por rede geral de esgoto ou fossa séptica e 31,1% possuem outra forma de disposição final do esgoto que podem ser fossa negra, vala, rio, lago, mar ou outro escoadouro.

Os Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico de 2010, apresentados na Tabela 3, confirmam as diferenças regionais existentes no Brasil no que diz respeito ao esgotamento sanitário.

Tabela 3 – Domicílios particulares permanentes que tinham banheiro ou sanitário, por tipo de esgotamento sanitário

Estado	Domicílios (%)	
	Rede geral ¹ ou fossa séptica	Outra forma ²
Norte	34,4	65,6
Nordeste	49,0	51,0
Sudeste	86,8	13,2
Sul	71,8	28,2
Centro-Oeste	51,9	48,1
Brasil	68,9	31,1

(1) Rede geral de esgotos ou águas pluviais; (2) Outras formas de disposição final: fossa negra, vala, rio, lago, mar ou outro escoadouro

Fonte: IBGE, 2010

Conforme as Tabelas 2 e 3, observa-se que as informações referentes ao tipo de esgotamento sanitário estão dispostas de maneira diferente pelo IBGE entre os censos demográficos de 2000 e 2010. Em 2000, o uso de fossa séptica como forma de disposição final de esgoto foi avaliado conjuntamente com o uso de fossas negras, diferentemente dos dados apresentados em 2010, nos quais a porcentagem de domicílios que utilizam fossa séptica e aqueles que são atendidos pela rede geral de esgotos passa a ser considerada no mesmo grupo.

Segundo Bernardes (sd), a análise da situação do saneamento no Brasil evidencia que o modelo de atendimento com sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgotos sanitários centrado nas companhias estaduais levou a uma atenção maior para a população urbana, ficando para o município a responsabilidade do atendimento à população rural. Como os municípios não podem contar com o subsídio cruzado para atender a esta população rural, tem-se um baixo índice de cobertura por sistemas de saneamento no meio rural, ao se comparar com os índices para o meio urbano, o que é corroborado com a análise dos dados do Censo Demográfico de 2000 e 2010.

Diante desse cenário, é comum, no meio rural, o uso de um sistema rudimentar, mais conhecido como fossa negra, que é uma escavação no solo onde os dejetos são acumulados,

sem qualquer revestimento que impermeabilize a infiltração de contaminantes no solo ou no lençol freático.

4.1.2 Alguns aspectos sobre a realidade em Paraguaçu

O município de Paraguaçu, localizado no sul de Minas Gerais, possui 20.118 habitantes e uma área de 425 km². A população urbana do município é de 16.567 habitantes e a população rural é de 3.551 habitantes, de acordo com dados do IBGE (2010). Paraguaçu conta com serviço de abastecimento de água e esgoto operado pela Coságua Concessionária de Saneamento Básico desde o ano 2000.

De acordo com os Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico de 2010, em Paraguaçu são 6.275 domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário, sendo 5.160 (82,2%) na área urbana e 1.115 (17,8%) na área rural.

A Tabela 4 apresenta o percentual de domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário, por tipo de esgotamento sanitário em Paraguaçu e alguns municípios do sul de Minas Gerais.

Tabela 4 – Domicílios particulares permanentes que tinham banheiro ou sanitário, por situação do domicílio e tipo de esgotamento sanitário

Município	Domicílios urbanos (%)		Domicílios rurais (%)	
	Rede geral ¹ ou fossa séptica	Outra forma ²	Rede geral ¹ ou fossa séptica	Outra forma ²
Alfenas	99,2	0,8	28,0	72,0
Campos Gerais	98,0	2,0	17,2	82,8
Elói Mendes	99,3	0,7	39,4	60,6
Machado	97,4	2,6	6,8	93,2
Paraguaçu	98,6	1,4	10,2	89,8
Pouso Alegre	98,0	2,0	27,8	72,2
Três Pontas	99,2	0,8	14,9	85,1
Varginha	99,6	0,4	42,0	58,0

(1) Rede geral de esgotos ou águas pluviais; (2) Outras formas de disposição final: fossa negra, vala, rio, lago, ou outro escoadouro

Fonte: IBGE, 2010

Dos dados apresentados acima, pode-se observar que os domicílios urbanos em Paraguaçu e municípios da região encontram-se com altos percentuais de atendimento por rede geral de esgotos ou fossa séptica, contrapondo-se à realidade dos domicílios rurais. A situação do municípios avaliados são semelhantes à realidade brasileira.

Em Paraguaçu, 89,8% dos domicílios localizados em área rural possuem sistemas de coleta e disposição final de esgotos inadequados do ponto de vista ambiental, ou seja, fossa negra, vala, rio e outros. Em situação similar encontram-se alguns municípios da região, com destaque para Elói Mendes e Varginha com melhores percentuais para a forma mais adequada de esgotamento sanitário, rede geral de esgoto ou fossa séptica, em comparação aos municípios analisados.

4.2 Possibilidades de contaminação e riscos pelo uso de fossas rudimentares

De acordo com Mazzini (2008), a fossa rudimentar ou negra é:

uma escavação sem revestimento interno onde os dejetos caem no terreno, parte se infiltrando, e parte sendo decomposta na superfície. São dispositivos potencialmente poluentes que só devem ser empregados quando não houver outras alternativas. É a solução mais encontrada nas zonas rurais e suburbanas, para o destino dos esgotos domésticos, apresentando quando não está bem localizada, risco de poluição das águas e do solo.

Existem estudos que corroboram com a definição supracitada, conforme indicado por Varnier (2007). Este autor concluiu em seu estudo que a contaminação das águas de um poço de monitoramento por nitrato era proveniente da fossa negra desativada localizada na zona não-saturada do aquífero Adamantina em Urânia/SP. Souza *et al.* Araújo e Ueno (2007) observaram a relação existente entre o número de coliformes termotolerantes e o tipo de fossa, indicando uma tendência de maior contaminação quando a fossa era do tipo negra ou quando não existia fossa.

Pela precariedade e falta de supervisão técnica na construção e manutenção, as fossas rudimentares, com o decorrer do tempo podem apresentar problemas de erosão interna, chegando em alguns casos ao desabamento das mesmas.

Segundo Rupolo *et al.* (2007), os fatores que levam ao desabamento de fossas provavelmente seriam: construção inadequada; longo tempo de existência das fossas; falta de manutenção e implantação de outras construções próximas às fossas.

Silveira e Sant'Anna (1996, *apud* Rupolo, Cunha e Fernandes, 2007) destacam que os problemas de desabamentos de fossas também podem estar relacionados à proximidade entre estas e as árvores. As raízes das árvores podem contribuir no arraste de blocos de solo.

4.3 Sistemas de Tratamento de Esgoto

Tendo em vista as peculiaridades do local, principalmente quanto à capacitação técnica e investimentos, optou-se por avaliar sistemas menos complexos do ponto de vista de implantação e operação, que estão detalhados a seguir.

4.3.1. Tanques Sépticos

Os sistemas de tratamento de esgoto sanitário constituído de tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, também conhecido como sistemas fossa-filtro, têm sido amplamente utilizados no meio rural, em comunidades de pequeno porte e em áreas urbanas desprovidas de rede coletora pública de esgoto sanitário.

Os tanques sépticos são compartimentos hermeticamente fechados onde o esgoto é retido por um período previamente determinado. São sistemas para tratamento de esgoto a nível primário (JORDÃO e PESSÔA, 1995, *apud* ÁVILA, 2005).

Nos tanques sépticos, o esgoto é tratado em ambiente anaeróbio (ausência de oxigênio), ocorrendo a formação de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e formação do biogás, que é composto principalmente de metano e gás carbônico. (ÁVILA, 2005)

Segundo von Sperling (2005), o tanque séptico remove a maior parte dos sólidos em suspensão no esgoto. Os sólidos sedimentam no fundo do tanque, onde ocorre a decomposição de parte da matéria orgânica.

Segundo Ávila (2005), as principais funções dos tanques sépticos são: retenção dos despejos domésticos e/ou industriais por um período determinado, sedimentação dos sólidos, decomposição da parte orgânica e retenção do material graxo.

Os tanques sépticos podem ser construídos em câmara única ou em câmaras sobrepostas (divididas em compartimentos verticais ou horizontais) e podem ter forma retangular ou cilíndrica.

A Figura 6 apresenta um esquema de um tanque séptico de câmara única.

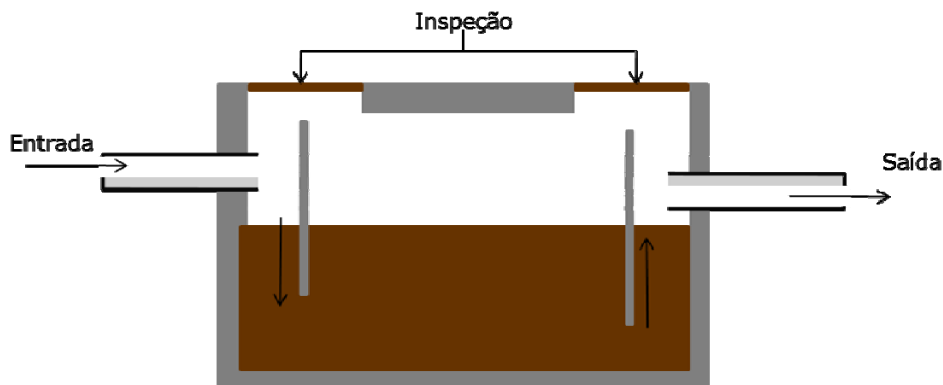


Figura 6 - Esquema de um tanque séptico de câmara única

4.3.2. Filtros Anaeróbios

Os filtros anaeróbios são reatores biológicos preenchidos com material inerte com elevado grau de vazios, que permanece estacionário, e onde se forma um leito de lodo biológico fixo. O material de enchimento serve como suporte para os microrganismos, que formam películas ou um biofilme na sua superfície, propiciando alta retenção de biomassa no reator.

Os principais fenômenos que ocorrem no filtro, de acordo com Ávila (2005) são:

- Retenção de sólidos de pequenas dimensões até partículas muito finas e coloidais, por contato com o material suporte recoberto de biofilme e por sedimentação forçada;
- Ação metabólica dos microrganismos do biofilme do lodo retido nos interstícios sobre a matéria dissolvida.

Segundo von Sperling (2005), o filtro anaeróbio apresenta algumas importantes características e diferenças:

- O fluxo do líquido é ascendente, ou seja, a entrada é na parte inferior, e a saída na parte superior;
- O filtro trabalha afogado, ou seja, os espaços vazios são preenchidos com líquido;
- A carga de DBO aplicada por unidade de volume é bastante elevada, o que garante as condições anaeróbias e repercute na redução de volume do reator;
- A unidade é fechada.

Os filtros anaeróbios podem ser circulares ou retangulares. A Figura 7 apresenta um esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente.

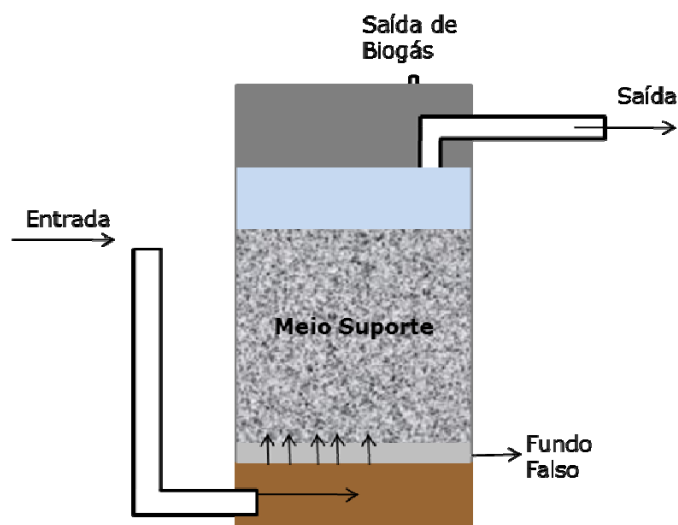


Figura 7 – Esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente

4.3.3. Reatores Anaeróbios de manta de lodo

Os reatores anaeróbios de manta de lodo ou reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFA) ou reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) são comumente utilizados no Brasil e podem ser unidades únicas ou seguidas de um pós-tratamento (VON SPERLING, 2005).

O processo em um UASB consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade. A biomassa cresce dispersa ao meio e pode se apresentar nas formas de floco ou grânulos. O sistema realiza uma separação da biomassa, onde o lodo mais leve é levado para fora do sistema e o mais pesado se desenvolve no fundo do reator. O UASB possui um dispositivo de separação de gases e sólidos, localizado na parte superior do reator, permitindo a criação de uma zona de sedimentação no extremo superior do reator (CHERNICHARO, 1997).

A Figura 8 apresenta um esquema de reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB).

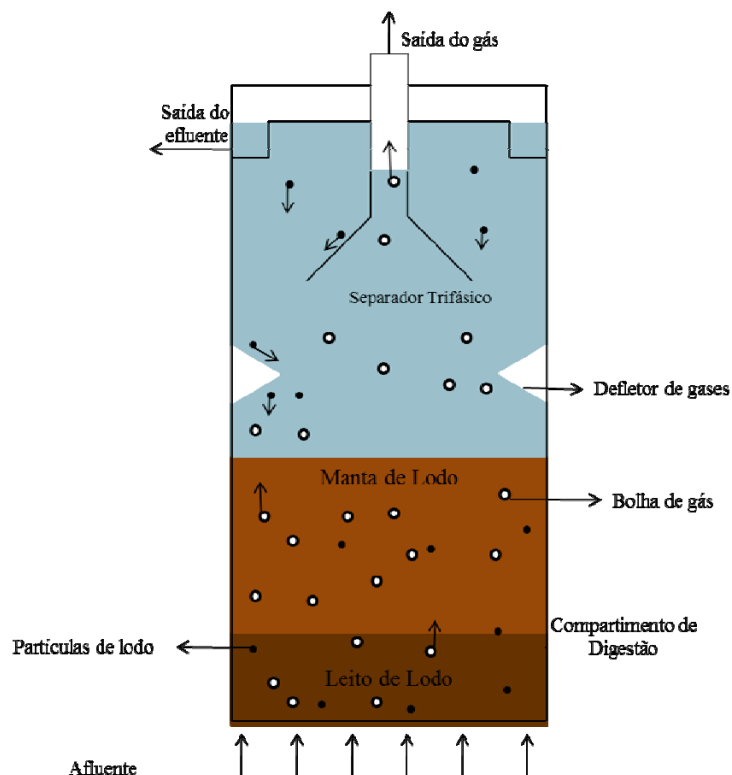


Figura 8 – Esquema de um reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB)

4.4 Requisitos Legais Aplicáveis

A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, Lei Nacional de Saneamento, estabelece as diretrizes para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Como princípios fundamentais, a referida lei traz em seu artigo 2º (BRASIL,2007):

- I - universalização do acesso;
- II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
- III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
- IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
- V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
- VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;
- VII - eficiência e sustentabilidade econômica;
- VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;

- IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;
- X - controle social;
- XI - segurança, qualidade e regularidade;
- XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Portanto, de acordo com a Lei Nacional de Saneamento, o saneamento básico deve ser acessível a toda população brasileira e devem ser utilizadas tecnologias apropriadas.

Ao tratar dos aspectos técnicos, no Capítulo VII, a Lei 11.445/2007 diz:

Art. 45. Ressalvadas as disposições em contrário das normas do titular, da entidade de regulação e de meio ambiente, toda edificação permanente urbana será conectada às redes públicas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário disponíveis e sujeita ao pagamento das tarifas e de outros preços públicos decorrentes da conexão e do uso desses serviços.

§ 1o Na ausência de redes públicas de saneamento básico, **serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários**, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos. (grifo nosso)

Corroborando com o estabelecido pela Lei Nacional de Saneamento, a Lei Complementar Nº 14, de 24 dezembro de 2005, que institui o Plano Diretor do Município de Paraguaçu, estabelece (PARAGUAÇU, 2005):

Art. 37. A política municipal de saneamento ambiental visa a assegurar a proteção da saúde da população e a salubridade ambiental urbana e rural por meio do abastecimento de água potável em quantidade suficiente para a higiene e conforto; coleta e tratamento dos esgotos sanitários; drenagem de águas pluviais; manejo integrado de resíduos sólidos e controle de vetores.

Art. 38. O município, de acordo com a Constituição Federal, é o titular dos serviços de saneamento, podendo exercê-los diretamente ou por meio de concessões ou permissões, por meio de legislação pertinente.

Art. 39. São diretrizes para a política municipal de saneamento:

- I – garantir universalização dos serviços de saneamento nas áreas urbanas e rurais;
 - II – elevar a eficiência e qualidade na prestação dos serviços de saneamento, promovendo a modernização e a organização dos sistemas;
 - III – adotar indicadores e parâmetros sanitários, epidemiológicos e socioeconômicos para nortear as ações e programas de saneamento a serem implementados;
 - IV – promover o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias sustentáveis e apropriadas para as atividades de saneamento no município;
 - V – garantir a preservação dos recursos hídricos, nascentes e mananciais;
 - VI – garantir o abastecimento de água tratada para a adequada higiene e conforto da população, com quantidade e qualidade compatíveis com os padrões vigentes;
 - VII – implantar o tratamento de esgotos sanitários no município;
- (...)

Art. 40. Deverá ser dada prioridade aos planos, programas e projetos que visem à ampliação dos serviços de saneamento nas áreas rurais e ocupadas por população de baixa renda.

(...)

Art. 42. A educação sanitária e ambiental, em seus diversos aspectos, deverá ser considerada como um processo que visa a envolver a população com as questões ambientais e com os problemas que lhe são associados, buscando conhecimentos, habilidades, atitudes, motivações e compromissos para a participação e cooperação individual e coletiva em busca de soluções sustentáveis.

Na seção II, a referida lei trata do esgotamento sanitário de Paraguaçu e estabelece:

Art. 52. O município deverá elaborar, juntamente com a Concessionária, um plano anual de priorização da execução de rede coletora na sede, tendo como critério básico o atendimento das demandas da população, levando em conta a densidade de ocupação, o crescimento urbano e o atendimento das atividades socioeconômicas.

(...)

Art. 55. Nas áreas de residências esparsas ou isoladas deverão ser implantados, prioritariamente, tanques sépticos para a proteção das águas subterrâneas.

Art. 56. Os projetos de tratamento de esgotos devem privilegiar concepções sustentáveis que acarretem menor demanda de energia elétrica, maior facilidade de mão-de-obra e menores custos de operação e manutenção.

Art. 57. Deverá ser realizado o monitoramento periódico da qualidade do efluente final das estações de tratamento, visando a conhecer o grau de eficiência desempenhado por elas, para que possam ser providenciadas medidas de correção quando necessário. (grifo nosso)

Em relação à disposição final de efluentes, recentemente foi promulgada a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água (BRASIL, 2011). Esta Resolução complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA nº 430/2011 trata, em sua seção III, das condições e padrões para efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários e estabelece em seu artigo 21:

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 e 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
- e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes.

A Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH) nº 01, de 05 de maio de 2008, que 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, estabelece:

Art. 29. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1o O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2o Os critérios de toxicidade previstos no § 1o devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3o Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Deliberação Normativa não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4o Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 6,0 a 9,0;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

a) óleos minerais: até 20mg/L;

b) óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L.

VI - ausência de materiais flutuantes;

VII – DBO: até 60 mg/L ou:

a) tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais.

5 METODOLOGIA

5.1 *Classificação da Pesquisa*

Esta pesquisa é de natureza aplicada, abordando o problema de forma qualitativa e com objetivo exploratório. Os procedimentos técnicos utilizados foram a pesquisa bibliográfica e visita de campo. (SILVA E MENEZES, 2001)

O trabalho foi realizado de acordo com as etapas descritas a seguir.

5.2 *Etapas da pesquisa*

5.2.1 Etapa I

A primeira etapa constituiu-se da revisão bibliográfica com o delineamento dos temas abordados na pesquisa: Saneamento, Coleta e Tratamento de Esgotos, Fazenda-Escola Fundamar e Fossas Rudimentares. Foi elaborada a partir de materiais publicados como artigos técnicos, dissertações, livros e outras publicações, além de informações disponibilizadas na internet.

5.2.2 Etapa II

Esta etapa constituiu-se na visita de campo à Fazenda-Escola Fundmar com o objetivo de conhecer a realidade local.

5.2.3 Etapa III

A terceira etapa foi determinante para o alcance dos objetivos do trabalho.

Após a revisão bibliográfica, identificou-se que, para a seleção da melhor alternativa para tratamento de esgotos sanitários, são necessários estudos preliminares em que são realizadas uma avaliação global do sistema a ser projetado, incluindo a avaliação quantitativa e qualitativa dos esgotos gerados, a análise técnico-econômica dos diversos processos e caracterização dos possíveis sistemas de tratamento aplicáveis (VON SPERLING, 2005).

Nesse sentido, para a proposição do novo sistema de esgotos sanitários da Fazenda-Escola Fundamar foram seguidas as etapas apresentadas a seguir que caracterizaram-se como a fase inicial do processo:

- Quantificação das cargas poluidoras
- Definição dos objetivos do tratamento
- Seleção do local para tratamento
- Definição das alternativas de tratamento
- Elaboração do fluxograma do processo
- Pré-dimensionamento
- Estudo econômico das alternativas
- Avaliação da eficiência do tratamento
- Seleção da alternativa

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 – Quantificação das cargas poluidoras

Para a quantificação das cargas poluidoras provenientes do esgoto sanitário gerado na Fazenda-Escola, foi encontrada a vazão média de esgotos, dada pela fórmula apresentada a seguir:

$$Q_{méd} = \frac{P \times Q_{PC} \times R}{86400} \quad (l/s) \quad (5.1)$$

Onde:

$Q_{méd}$ = vazão média de esgotos (l/s)

P = População atendida ou número de usuários (pessoa)

Q_{PC} = “quota per capita” do consumo de água (l/pessoa.d)

R = coeficiente de retorno esgoto/água

Sabe-se que pode ocorrer infiltração no sistema de esgotamento através da tubulação, conexões, juntas ou poços de visita, caso existam. Assim, a vazão total de esgotos é dada pela equação a seguir.

$$Q_{total} = Q_{méd} + Q_{inf} \quad (l/s) \quad (5.2)$$

Onde:

Q_{total} = vazão total de esgotos (l/s)

$Q_{méd}$ = vazão média de esgotos (l/s)

Q_{inf} = vazão de infiltração (l/s)

De acordo com a NBR 7229:1993, a contribuição de esgotos é 80% do consumo de água local, portanto, para cálculo do consumo *per capita* de água, já que não se tem outra fonte de informação, foram considerados os valores de contribuição de esgoto para escolas e locais de longa permanência e restaurantes. Assim, somando o consumo de água referente à escola (50 l/pessoa.d) e o consumo de água para o preparo de duas refeições (25 l/refeição.d cada uma),

encontrou-se a contribuição de esgotos igual a 100 l/pessoa.d. A partir desse resultado, foi considerado o valor de 125 l/pessoa.d para o consumo *per capita* de água da Fazenda-Escola Fundamar. Para cálculo da vazão de infiltração foi considerado o valor de 0,2 l/s.km.

A Tabela 5 apresenta os dados de cada cenário e os resultados encontrados para a vazão total de esgotos.

Tabela 5 – Estimativa da vazão total de esgotos

P (hab)	Q_{PC} (l/pessoa.d)	R	Q_{méd} (l/s)	Q_{inf}⁽¹⁾ (l/s.km)	Q_{total} (l/s)
600	125	0,8	0,69	0,20	0,89

(1) Foi calculada considerando uma tubulação de 1000m.

P = População atendida ou número de usuários; Q_{PC} = “quota per capita” do consumo de água;

R = coeficiente de retorno esgoto/água; Q_{inf} = vazão de infiltração; Q_{méd} = vazão média de esgotos.

As características quantitativas físico-químicas típicas de esgoto sanitário estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Características físico-químicas do esgoto sanitário

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.d)		Unidade	Concentração	
	Faixa	Típico		Faixa	Típico
Matéria Orgânica					
DBO ₅	40 – 60	50	mg/L	250 – 400	300
DQO	80 – 120	100	mg/L	450 – 800	600
DBO última	60 - 90	75	mg/L	350 – 600	450
Nitrogênio total					
Nitrogênio orgânico	2,5 – 4,0	3,5	mgN/L	15 – 25	20
Amônia	3,5 – 6,0	4,5	mgNH ₃ -N/L	20 – 35	25
Nitrito	~ 0	~ 0	mgNO ₂ -N/L	~0	~0
Nitrato	0,0 - 0,2	~ 0	mgNO ₃ -N/L	0 – 1	~0
Fósforo					
Fósforo orgânico	0,7 – 2,5	1,0	mgP/L	4 – 15	7
Fósforo inorgânico	0,2 – 1,0	0,3	mgP/L	1 – 6	2
Fósforo inorgânico	0,5 – 1,5	0,7	mgP/L	3 - 9	5

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005

A carga *per capita* representa a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo. A carga afluente a um sistema de tratamento de esgoto corresponde à quantidade de poluente por unidade de tempo e pode ser estimada através das seguintes relações:

$$C = \frac{Pop \times C_{PC}}{1000} \quad (\text{kg/d}) \quad (5.3)$$

Onde:

C = Carga de poluente (kg/d)

Pop = População ou usuário (hab)

C_{PC} = Carga per capita (g/hab.d)

$$C = \frac{Con \times Q}{1000} \quad (\text{kg/d}) \quad (5.4)$$

Onde:

C = Carga de poluente (kg/d)

Con = Concentração do poluente (g/m³)

Q = Vazão de esgoto (m³/d)

Considerando os valores típicos de carga *per capita* de poluentes apresentados na Tabela 6 e as equações acima, foram calculadas as cargas e concentrações de DBO, nitrogênio e fósforo do esgoto gerado na Fazenda-Escola Fundamar. A Tabela 7 apresenta os resultados.

Tabela 7 – Estimativa da carga e concentração de poluentes

DBO		Nitrogênio Total		Fósforo	
Carga (kg DBO/dia)	Concentração (mg/L)	Carga (kg N/dia)	Concentração (mg/L)	Carga (kg P/dia)	Concentração (mg/L)
30	390	4,8	62	0,6	7,8

6.2 – Definição dos objetivos do tratamento

Os objetivos do tratamento de esgoto da Fazenda-Escola Fundamar são, principalmente:

- Evitar a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas;
- Remover as cargas poluentes do esgoto gerado na Fazenda-Escola;
- Dispor no solo ou na água o efluente tratado em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental.

6.3 – Seleção do local para o tratamento

Para a seleção da área onde será implantado um sistema de tratamento de esgoto devem ser avaliados conjuntamente os seguintes fatores: área disponível, topografia do terreno, geologia local, proximidade à residências, acessibilidade e nível do lençol freático.

A seleção do local para implantação do sistema de tratamento de esgotos da Fazenda-Escola Fundamar considerou os fatores descritos acima. Entretanto, pela falta de dados não foi possível realizar uma avaliação detalhada, no que diz respeito ao nível do lençol freático e às características de permeabilidade do solo.

A área selecionada está apresentada na Figura 9 a seguir.

Figura 9 – Mapa de Localização do Sistema de Tratamento de Esgotos da Fazenda-Escola Fundamar

6.4 – Avaliação das alternativas de tratamento

Concomitante à seleção do local para implantação do sistema de tratamento de esgoto, devem ser avaliadas as alternativas de tratamento possíveis de serem aplicadas para o caso estudado.

Através de uma análise técnica global, seleciona-se apenas as alternativas que devem ser objeto de estudos mais aprofundados.

O sistema de tratamento de esgotos da Fazenda-Escola Fundamar será composto por uma etapa de tratamento preliminar, com o objetivo de remover os sólidos grosseiros, e por uma etapa de tratamento secundário para remoção da matéria orgânica.

O tratamento preliminar será composto por grade, desarenador e medidor de vazão (calha Parshall) e não será objeto de maior detalhamento neste estudo.

O foco do trabalho é selecionar a melhor alternativa para a etapa secundária do tratamento dos esgotos da Fazenda-Escola Fundamar. Dessa forma, foram selecionados três sistemas para detalhamento a seguir:

- Alternativa 1 - Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio pré-fabricado;
- Alternativa 2 – ETE compacta comercializada pela empresa Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental;
- Alternativa 3 - ETE compacta comercializada pela empresa Mizumo;

O destino final do efluente tratado será através de sumidouro ou valas de infiltração.

6.4.1. Alternativa 1 - Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio pré-fabricados

Existem no mercado empresas especializadas na fabricação e implantação de sistemas de tratamento de esgoto sanitário constituídos por tanque séptico (fossa séptica) seguido de filtro anaeróbio fabricados com poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV). Esse sistema é comumente conhecido como sistema fossa-filtro.

Como vantagens aos fabricados de concreto, os sistemas pré-fabricados são mais leves, o que facilita o transporte e instalação; e os riscos de vazamento são menores. Geralmente a manutenção nos sistemas ocorre a cada 12 a 18 meses.

A Figura 10 apresenta um esquema de um sistema composto por caixa gradeada, fossa séptica seguida de filtro anaeróbico e sumidouro.

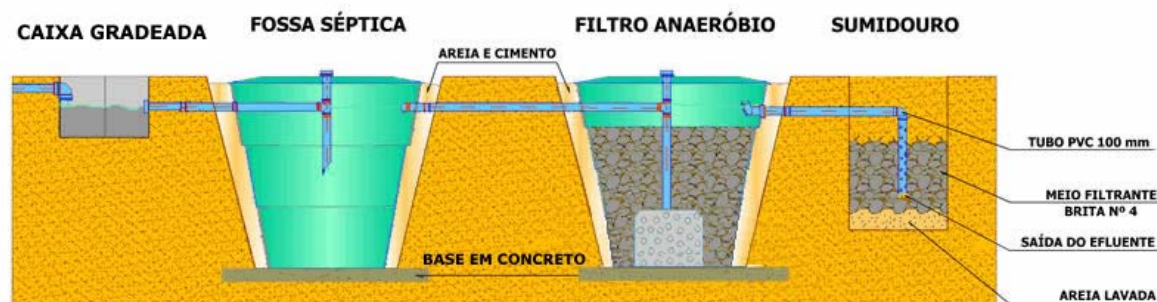
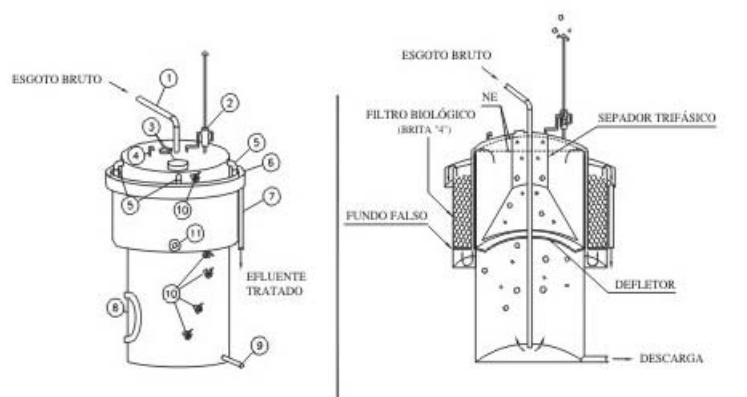


Figura 10 - Esquema de um sistema composto por caixa gradeada, tanque séptico seguido de filtro anaeróbico

Fonte: SANEGLASS, 2011

6.4.2. Alternativa 2 – ETE Compacta - Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental

A ETE Compacta comercializada pela empresa Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental é constituída de reator anaeróbico com filtro acoplado, denominado RAFA-Fan. A Figura 11 apresenta um esquema do modelo RAFA-Fan.



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 01 - Entrada (esgoto bruto) | 06 - Calha coletora |
| 02 - Queimador/dissipador de gás | 07 - Saída (esgoto tratado) |
| 03 - Inspeções superiores | 08 - Inspeção lateral |
| 04 - Ventilação | 09 - Descarga de lodo/Esgotamento |
| 05 - Extravasores | 10 - Amostradores |
| | 11 - Descarga do filtro |

Figura 11 – Esquema de um RAFA-Fan

Fonte: HIDRICA, 2011

O funcionamento do sistema está apresentado a seguir:

O esgoto afluyente entra pela parte superior do reator (1) e é distribuído uniformemente no fundo do mesmo. Ascende preenchendo toda a câmara do RAFA propriamente dito e extravasa, através de tubos (5), para o compartimento anterior ao Filtro Anaeróbio. Percola de baixo para cima pelo material inerte do filtro (brita 4), verte para a calha coletora (6) e daí vai para uma unidade de pós-tratamento ou o destino final (7).

No interior do RAFA acontecem os fenômenos da decantação, gaseificação - na zona denominada 'manta de lodo' - e digestão do lodo, proporcionados pela ação das bactérias anaeróbias. Os gases produzidos nas reações de transformação da matéria orgânica pelas bactérias metanogênicas, notadamente o metano (CH₄), são separados do meio líquido pelo separador trifásico, que os direciona para a parte central superior, de onde são coletados para o queimador com dispositivo corta-chamas/dissipador (2) ou simplesmente dispersos na atmosfera. O defletor, localizado imediatamente abaixo do separador, evita com que os gases cheguem até o anel superior do reator, favorecendo com isto a decantação e por conseguinte a separação do material sólido do esgoto do meio líquido.

O lodo decantado acumula-se no fundo do reator onde acontece a digestão e sua conseqüente estabilização. Depois de determinado tempo de residência e ter atingido certo volume, o lodo é descartado através de tubulação de fundo (9) para leitos de secagem para ser desidratado e posteriormente incorporado à matriz do solo. Pode opcionalmente ser retirado por caminhão limpa-fossa e enterrado em valas sépticas ou disposto em aterro sanitário.

O efluente do RAFA que percola pelo filtro sofre a ação das bactérias alojadas em seus interstícios e a intervenção de fenômenos físico-químicos, responsáveis pela estabilização complementar da matéria orgânica e pelo aumento da clarificação do efluente final. O filtro pode ser esgotado ou retro-lavado (11), caso necessário. Os amostradores (10) permitem a coleta de material do interior do reator para realização de análises laboratoriais de parâmetros que irão auxiliar na operação e monitoramento do sistema. A inspeção lateral (8) permite o acesso para manutenção interna. As inspeções na parte superior (3) são usadas para a retirada de sobrenadante (escuma) que se forma na superfície. A ventilação (4) propicia a saída e entrada de ar, assegurando o funcionamento hidráulico.

6.4.3. Alternativa 3 – ETE Compacta - Mizumo

A ETE Compacta comercializada pela empresa Mizumo e avaliada neste trabalho é o modelo *tower*, que é composto pelos seguintes equipamentos:

- Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB);
- Reator Aeróbio do tipo Filtro Aeróbio Submerso;
- Meio suporte do tipo Anel *Pall*;
- Difusores de bolha fina tipo prato de membrana de bolha fina com sistema triplo anti entupimento (*back flow*);
- Decantador Secundário (concêntrico ao Reator Aeróbio);

- Soprador de ar do tipo roots (deslocamento positivo);
- Painel de comando elétrico;
- Tubos e conexões em PVC;
- Bocal de inspeção no costado em fibra de vidro com sistema volante de abertura;
- Tampas dos bocais de inspeção em fibra de vidro com sistema de fechamento rápido.

A área necessária para a implantação do sistema incluindo a casa de máquinas é de 95,0m².

A Figura 12 apresenta um esquema da ETE Compacta da Mizumo – modelo plus.

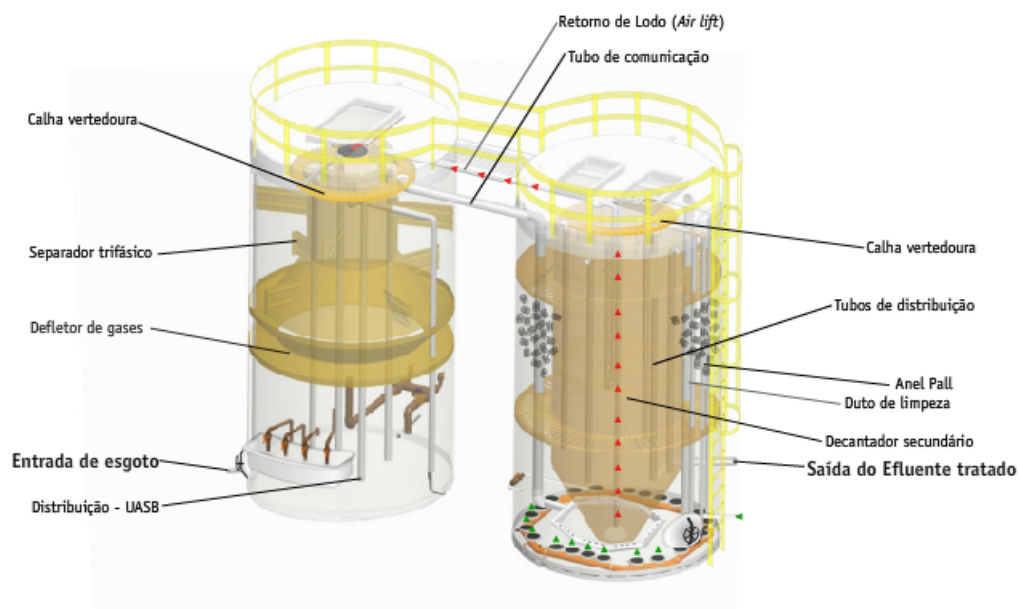


Figura 12 – Esquema de uma ETE Compacta – modelo *Tower*
Fonte: MIZUMO, 2011

Conforme informações da empresa, o esgoto é tratado anaerobiamente no reator UASB, conforme descrição apresentada no item 4.3.3. As partículas sólidas, por sedimentação, permanecem retidas no reator. A fase líquida, livre dos gases e de partículas sólidas, segue para uma etapa posterior de tratamento que ocorrerá no Filtro Aeróbio Submerso.

O processo aeróbio de tratamento é realizado, como o próprio nome diz, por microorganismos aeróbios, que sobrevivem e se desenvolvem no interior do reator em função do suprimento de oxigênio garantido pelo soprador. A utilização de meio suporte no Filtro Aeróbio Submerso possibilita que uma alta concentração de microorganismos aeróbios se prenda às suas paredes

e com isso o processo de tratamento torna-se muito mais eficiente. Além disso, o filtro aeróbio submerso, ao reter essa massa de microorganismos ativos no seu interior, promove um melhor desempenho do decantador secundário uma vez que impede que altas taxas de sólido (colônias de microorganismos que se desprendem das paredes do recheio) sejam ali aplicadas.

Ao atingir o decantador secundário o efluente é direcionado para o fundo do mesmo para que, ao percorrer toda a sua dimensão, com uma baixa velocidade ascensional, os sólidos que inevitavelmente atingem essa etapa do tratamento, sejam segregados do efluente final. À medida que essa concentração de sólidos no decantador secundário aumenta, um dispositivo de retorno de lodo (*air lift*) é acionado automaticamente (painel de comando), fazendo a sua elevação e encaminhamento para o reator UASB, onde será estabilizado juntamente com o lodo anaeróbio.

Por fim, o efluente tratado verte em uma calha vertedoura e segue para o processo de desinfecção que é feito separadamente do sistema de tratamento propriamente dito. A desinfecção é dada através do contato desse efluente com pastilhas de hipoclorito de cálcio. O tanque de contato é dimensionado para que o efluente tratado permaneça ali um mínimo de 15 minutos para que o processo de desinfecção seja efetivo.

6.5 – Elaboração do fluxograma do processo

Os fluxogramas de cada alternativa estudada estão apresentados nas Figuras 13, 14 e 15.

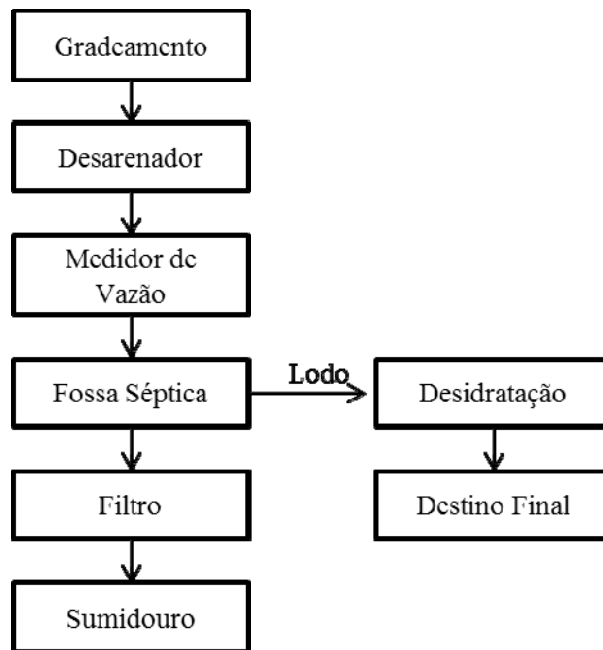


Figura 13 – Fluxograma da Alternativa 1: Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio pré-fabricados

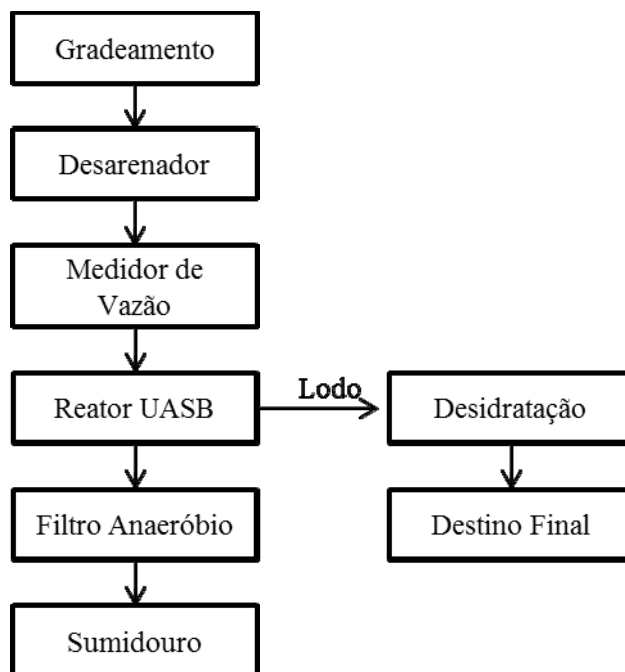


Figura 14 - Fluxograma da Alternativa 2: ETE Compacta - RAFA-Fan

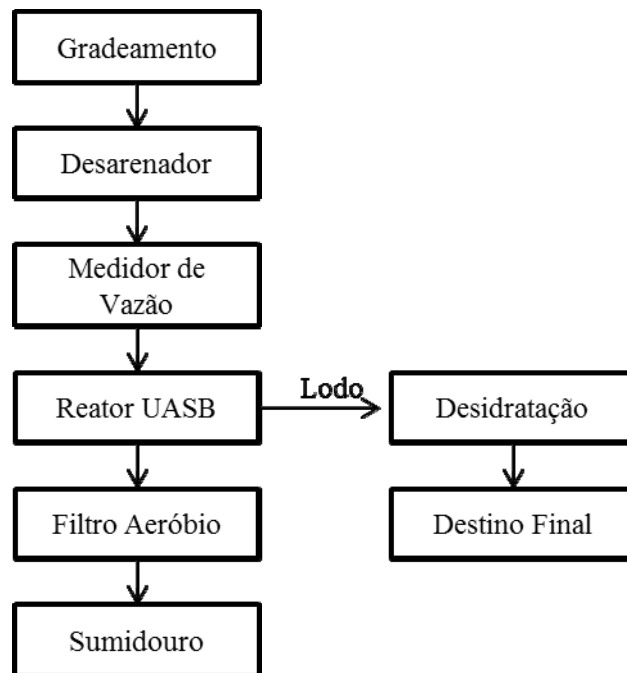


Figura 15 - Fluxograma da Alternativa 3 – ETE Compacta – modelo *Tower*

6.6 – Pré-dimensionamento

Está apresentado a seguir o pré-dimensionamento de cada alternativa estudada.

6.6.1. Alternativa 1 - Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio pré-fabricados

De acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997) o volume total do tanque séptico deve ser calculado pela fórmula:

$$V_{TS} = 1000 + N \times (C \times T + K \times L_f) \quad (1) \quad (5.5)$$

Onde:

V_{TS} = Volume do tanque séptico

N = número de pessoas/usuários do sistema

C = contribuição de despejos

T = período de detenção

K = taxa de acumulação de lodo digerido

L_f = contribuição de lodo fresco

O volume total do filtro anaeróbio, segundo a NBR 7229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997), é dado pela seguinte equação:

$$V_{FA} = 1,6 \times N \times C \times T \quad (1) \quad (5.6)$$

Onde:

V_{FA} = Volume do filtro anaeróbio

N = número de pessoas/usuários do sistema

C = contribuição de despejos

T = período de detenção

A Tabela 8 apresenta os dados utilizados para cálculo dos volumes do tanque séptico e filtro anaeróbio, bem como os volumes encontrados

Tabela 8 – Volume do tanque séptico e filtro anaeróbio

Nº de usuários (pessoa)	C (l/s)	T (d)	K	L_f (l/hab.d)	V_{TS} (m ³)	V_{FA} (m ³)
600	100	0,5	65	1,0	70,0	48,0

C = Contribuição de despejos (80% do consumo per capita de água (Q_{PC})); T= Período de detenção; K= taxa de acumulação de lodo digerido (considerando-se uma limpeza por ano e temperatura do mês mais frio entre 10 e 20°C); L_f = contribuição de lodo fresco

Tendo em vista que equipamentos grandes poderiam não ter a eficiência desejada e que os sistemas pré-fabricados são sistemas menores, optou-se pelo uso de cinco tanques sépticos cilíndricos, com o volume de 15 m³ cada e cinco filtros anaeróbios cilíndricos, com o volume de 10 m³.

A Tabela 9 apresenta o dimensionamento dos tanques sépticos e dos filtros anaeróbios pré-fabricados.

Tabela 9 – Dimensionamento dos tanques sépticos e filtros anaeróbios pré-fabricados

Equipamento	Unidade	Altura ⁽¹⁾ (m)	Diâmetro da base ⁽¹⁾ (m)	Diâmetro do topo ⁽¹⁾ (m)
Tanque séptico	5	2,84	2,47	3,10
Filtro Anaeróbio	5	2,46	2,40	3,10

(1) Fornecido por uma empresa especializada

6.6.2 Alternativa 2 - ETE Compacta - Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental

Para tratar a vazão total de esgoto calculada gerado na Fazenda-Escola Fundamar, o reator anaeróbio com filtro acoplado (RAFA-Fan) terá o dimensionado apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Dimensionamento do RAFA-Fan

Parâmetro	Valores⁽¹⁾
Diâmetro da base (m)	2,75
Diâmetro do anel superior (m)	3,45
Altura (m)	4,80
Largura do Filtro Anaeróbio (m)	0,50
Altura da câmara de reação (m)	1,40
Volume (m ³)	21,65
Tempo de detenção hidráulica no RAFA (h)	8,50
Tempo de detenção hidráulica no Fan (h)	3,40
Taxa de aplicação hidráulica (m ³ /m ² .d)	0,046

(1) Fornecido pela empresa Hídrica Engenharia Sanitária e Ambiental

6.6.3 Alternativa 3 – ETE Compacta - Mizumo

Apresenta-se, nas Tabelas 11, 12 e 13, o dimensionamento de um sistema com capacidade para tratar o esgoto gerado na Fazenda-Escola Fundamar, fornecido pela empresa Mizumo.

Tabela 11- Dimensionamento do Reator UASB

Parâmetro	Valores⁽¹⁾
Quantidade de reatores (unidade)	1
Tempo de detenção hidráulica (h)	8,0
Tubos distribuidores de esgoto (unidade)	4
Área de influência de cada distribuidor (m ²)	2,0
Velocidade ascensional do fluxo (m/h)	0,5-0,6
Taxa de aplicação hidráulica (m ³ /m ² .h)	0,90
Tempo de detenção hidráulica no decantador do UASB (h)	1,5
Frequência de remoção do lodo (m ³ /m ² .d)	semestral

(1) Fornecido pela empresa Mizumo

Tabela 12 - Dimensionamento do Filtro Aeróbio Submerso

Parâmetro	Valores ⁽¹⁾
Quantidade de filtros (unidade)	1
Tempo de detenção hidráulica (h)	6,0
Volume de meio de suporte (m ³ meio suporte/ m ³ reator)	4
Quantidade de difusores (unidade)	21
Taxa de ar aplicada (m ³ ar/kg DBO _{apl})	0,5-0,6
Área superficial específica do meio suporte (m ² / m ³)	80,0
Índice de vazios do meio suporte (%)	95

(1) Fornecido pela empresa Mizumo

Tabela 13 - Dimensionamento do Decantador Secundário

Parâmetro	Valores ⁽¹⁾
Quantidade de decantadores (unidade)	1
Tempo de detenção hidráulica (h)	3,5
Taxa de aplicação hidráulica (m ³ /m ² .h)	1,49
Taxa de aplicação superficial (kg SS/m ² /h)	5,85

(1) Fornecido pela empresa Mizumo

6.7 – Estudo econômico das alternativas

O estudo econômico das alternativas avaliadas para o tratamento do esgoto gerado na Fazenda-Escola Fundamar considerou os custos de implantação e os custos de operação e manutenção do sistema.

A Tabela 14 apresenta os custos de cada alternativa. Não foram avaliados os custos referentes à rede coletora de esgotos e seus dispositivos, bem como os custos do sistema de tratamento preliminar, uma vez que estes são comuns às três alternativas para tratamento secundário do esgotos estudada neste trabalho.

Tabela 14 - Estimativa de Custos de implantação e operação

Sistema Avaliado	Custos de Implantação ⁽¹⁾ (R\$)	Custos de Operação e Manutenção (R\$/ano) ⁽¹⁾
Alternativa 1	56.000,00	3.000,00
Alternativa 2	90.000,00	4.000,00 + energia ⁽²⁾
Alternativa 3	120.000,00	4.900,00 + energia

(1) Baseado em orçamentos de fornecedores e empresas especializadas

(2) Não foram informados os custos referente ao consumo de energia elétrica

6.8 – Avaliação da eficiência de tratamento

A eficiência do tratamento de cada alternativa apresentada na Tabela 15 considerou apenas a eficiência do sistema em termos de remoção de DBO.

Tabela 15 - Eficiência dos sistemas

Sistema Avaliado	E _{DBO} (%)	Conc de DBO _{effluente tratado} (mg/L)
Alternativa 1	85 ⁽¹⁾	58,5
Alternativa 2	90 ⁽²⁾	39,0
Alternativa 3	90 ⁽¹⁾	39,0

(1) Von Sperling, 2005.

(2) Conforme informações do fornecedor do sistema

6.9 – Seleção da alternativa

Para a seleção da melhor alternativa levou-se em consideração os seguintes fatores: simplicidade do sistema avaliado, custos de implantação e operação, consumo de energia elétrica e eficiência de remoção de DBO.

A Tabela 14, apresentada no item 6.7, demonstra que a Alternativa 1 apresenta o menor custo de implantação e operação do sistema de tratamento comparando com as demais alternativas estudadas. Em relação à eficiência do tratamento, a Tabela 15, apresentada acima, mostra que a eficiência na remoção de carga orgânica é similar para as alternativas estudadas, sendo que todas atenderiam a legislação quanto ao padrão de lançamento de efluentes em curso d'água.

Assim, indica-se para o tratamento de esgoto sanitário da Fazenda-Escola Fundamar a Alternativa 1 – Tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, tendo em vista os seguintes fatores:

- Sistema mais simples em termos de operação e manutenção;
- Atende aos requisitos de qualidade do efluente tratado;
- Menor custo de investimento em relação às alternativas avaliadas;
- Está em conformidade com as diretrizes da Lei Nacional de Saneamento e do Plano Diretor do Município.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de saneamento básico é um dos maiores problemas ambientais que afetam a saúde pública no Brasil. Assim, é necessário o desenvolvimento de políticas públicas, conscientização e estudos da natureza deste trabalho com o objetivo de melhorar as condições de vida da população brasileira.

A partir da avaliação das alternativas de tratamento de esgoto para a Fazenda-Escola Fundamar, tem-se as seguintes considerações:

(i)- A melhor alternativa para tratamento do esgoto gerado na Fazenda-Escola Fundamar foi selecionada a partir das **estimativas** da vazão de esgoto, carga de poluentes, custos e eficiência de tratamento.

(ii)- A área selecionada para implantação do sistema de tratamento de esgoto deve ser objeto de estudos aprofundados, tendo em vista a necessidade de avaliação geológica-geotécnica bem como a profundidade do lençol freático.

(iii)- Como os sumidouros ou valas de infiltração foram considerados neste trabalho como os meios de destino final do esgoto tratado, deve ser avaliada a permeabilidade do solo local para prevenir a contaminação do solo e águas superficiais.

8 RECOMENDAÇÕES

As recomendações do trabalho estão apresentadas a seguir:

- (i) Com a implantação do novo sistema de tratamento de esgoto, as fossas negras existentes na Fazenda-Escola Fundamar devem ser desativadas e devem receber tratamento adequado para evitar os riscos de contaminação e erosões;
- (ii) A qualidade do efluente tratado deve ser objeto de um plano de monitoramento que deve ser elaborado e implementado a fim de avaliar a eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. P. L. R.; AGUIAR, J. S.; ABDON, L. M.; SANTOS, V. F. Capítulo 5 Infra-Estrutura e Saneamento. Disponível em: <http://www.iepa.ap.gov.br/estuario/arq_pdf/vol_2/cap_5_infra_estrutura_saneamento_atualizado.pdf> Acesso em: 30 de maio de 2011.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

_____. NBR 13969. Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ÁVILA, R. O. Avaliação do Desempenho de Sistemas Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio com Diferentes Tipos de Meio Suporte. 2005. 166 f. Tese (Mestrado Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro. 2005

AYACH L. R.; PINTO A.L.; CAPPI, N.; GUIMARÃES, S. T. L. Contaminação das Águas Subterrâneas por Coliformes: Um Estudo da Cidade de Anastácio-MS. Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro – Vol.4 – n.1, p. 5-26, jan/jun de 2009.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. Diagnóstico de Sistemas De Saneamento Na Zona Rural: Estudo De Caso Em Municípios Da Região Amazônica. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_113.pdf> Acesso em: 30 de abril de 2011

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1983, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 05 jan. 2007.

_____. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89.

_____. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº357, 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. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CASTRO, C. C. No Reino dos Coliformes. [Editorial]. Veja, edição 2223 – ano 44, nº 26, junho de 2011.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 5. Reatores Anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2ª Edição. 1997.

COSTA, M. L. P. Capacitação de Educadores em Educação Ambiental e Educação Patrimonial focada em Recursos Hídricos: Fazenda-Escola Fundamar (Paraguaçu/MG, baixo curso do rio Sapucaí). Tese (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

- HELLER, P. Notas de Aula da Disciplina Saúde Pública. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- HIDRICA, 2011. Disponível em <www.hidrica.com.br>. Acesso em: 13 de julho de 2011.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Censo Demográfico 2000. IBGE: Rio de Janeiro Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>> Acesso em: 15 de abril de 2011
- _____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> Acesso em: 15 de abril de 2011
- _____. Censo Demográfico 2010. IBGE: Rio de Janeiro IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_sinopse.shtm> Acesso em: 15 de abril de 2011
- MAZZINI, A. L. D. A. Dicionário educativo de termos ambientais. 4. ed. -Belo Horizonte, 2008.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008. 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. Diário do Executivo – Minas Gerais. Belo Horizonte, 13/05/ 2008.
- MIZUMO, 2011. Disponível em <www.mizumo.com.br>. Acesso em: 13 de julho de 2011.
- RUPOLO, E. L.; CUNHA, J. E.; FERNADEZ, O. V. Q. A ocupação dos solos e suas consequências na área urbanizada de Marechal Cândido Rondon-PR. *Revista Perspectiva Geográfica* N° 3. 2007. ISSN 1808-866X.
- SANEGLASS, 2011. Disponível em <www.saneglass.com.br>. Acesso em: 13 de julho de 2011.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, 3ª edição, Florianópolis, 2001.
- SOUZA, L.V.; ARAÚJO, A.J.U.S.; UENO, M. Análise sanitária das águas de poços domiciliares em um bairro da zona rural do município de Pindamonhangaba, SP. [Editorial] *Revista Biociência*, v.13, n.1-2, p.9-15, jan/jun de 2007.
- VARNIER, C. L. Avaliação da contaminação de uma fossa negra desativada na zona não-saturada do aquífero Adamantina em Urânia (SP). 2007. 158 f. Tese (Doutorado Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007
- VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3.ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais;2005.