

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO COMPACTAS EM  
PEQUENOS MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS**

**Julmar Nunes Barbosa**

**Belo Horizonte**  
**2009**

**Julmar Nunes Barbosa**

# **Estudo da Aplicação de Estações de Tratamento de Esgoto Compactas em Pequenos Municípios de Minas Gerais**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Sanitária.

Orientador: Marcos von Sperling

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2009

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus criador e consumidor da minha fé.

A minha Mãe e irmãos e principalmente a minha esposa, Andréa, e filha, Anne, fontes de inspiração na busca de meus sonhos e realizações.

Ao professor Marcos von Sperling, meu orientador, sua orientação foi fundamental para a conclusão desse trabalho.

Aos professores e funcionários do programa de Pós-graduação do DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG.

À prefeitura de Catas Altas, pela autorização da visita à ETE do município, o que foi de grande relevância na execução desse trabalho

A todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

## RESUMO

Este trabalho traz um estudo da situação do tratamento de esgotos domésticos de alguns municípios no estado de Minas Gerais, tendo como base municípios com população abaixo de 3000 habitantes, nos quais geralmente os despejos são lançados nos cursos d'água ou no solo sem nenhum tipo de tratamento. O trabalho sugere a aplicação de sistemas compactos de tratamento de esgotos sanitários (Estações compactas de tratamento de esgotos), como alternativa técnica no tratamento de esgotos sanitários domésticos desses municípios.

**Palavras-chave:** tratamento de esgoto; ETE compacta, esgotos domésticos.

## SUMÁRIO

### LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABELAS

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	13
3.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES COMPACTAS.....	18
3.2.1 TIPOS DE MATERIAIS USADOS NA FABRICAÇÃO DE ETES COMPACTAS .....	19
3.2.2 APLICAÇÕES.....	20
3.2.3 VANTAGENS DAS ETES COMPACTAS.....	20
3.2.4 LIMITAÇÕES DAS ETES COMPACTAS .....	20
3.3 PARÂMETROS DE PROJETO .....	21
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
4.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	22
4.2 OBJETO DO ESTUDO .....	22
4.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	22
<b>5 MODELOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS COMPACTAS....</b>	<b>26</b>
5.1 MODELO 1.....	26
5.1.1 PROCESSO DE TRATAMENTO.....	27
5.1.2 FLUXOGRAMA.....	27
5.1.3 ESQUEMA TÍPICO .....	28
5.1.4 DETALHES GERAIS .....	29
5.2 MODELO 2.....	29
5.2.1 PROCESSO DE TRATAMENTO.....	29
5.2.2 FLUXOGRAMA.....	29
5.2.3 DETALHES GERAIS .....	30
5.3 MODELO 3 .....	30
5.3.1 PROCESSO DE TRATAMENTO.....	30
5.3.2 FLUXOGRAMA.....	31
5.3.3 DETALHES GERAIS .....	31
5.4 MODELO 4.....	32
5.4.1 PROCESSO DE TRATAMENTO.....	32
5.4.2 FLUXOGRAMA.....	32
5.4.3 ESQUEMA TÍPICO .....	33
5.4.4 DETALHES GERAIS .....	33
5.5 VISITA TÉCNICA.....	34
5.5.1 DADOS LEVANTADOS.....	34
5.5.1.1 CARACTERÍSTICAS DA ETE .....	35
5.5.1.2 PROCESSO DE TRATAMENTO .....	35
5.5.1.3 DETALHES GERAIS.....	36
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	36

<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

COPASA- Companhia de Saneamento de Minas Gerais

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

DN – Deliberação Normativa

TAC - Termo de Ajustamento de Conduta

LP- Licença Prévia

LI - Licença de Instalação

AAF- Autorização Ambiental de funcionamento

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)

DQO - Demanda Química de Oxigênio (mg/L)

LA – Lodos Ativados

RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

PRFV – Plástico Reforçado com Fibras de Vidro

SST - Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

BF – Biofiltro aerado

DS – Decantador Secundário

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAN – Filtro Anaeróbio

SS – Sólidos Suspensos (mg/L)

MO – Matéria Orgânica

UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) - Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> – Reatores UASBs e decantadores fabricados em plástico reforçado com fibras de vidro – PRFV.....	19
<b>Figura 3.2</b> – Reatores UASB fabricado em estrutura de aço.....	19
<b>Figura 3.3</b> – Reator fabricado em concreto.....	19
<b>Figura 5.1</b> – ETE compacta modelo P3000.....	26
<b>Figura 5.2</b> – Fluxograma de uma ETE compacta modelo P 3000.....	28
<b>Figura 5.3</b> – Esquema típico de uma ETE compacta modelo P 3000.....	28
<b>Figura 5.4</b> – Esquema de tratamento do efluente da ETE compacta modelo Hidrofix.....	31
<b>Figura 5.5</b> – Fluxograma da ETE compacta modelo Hidrofix.....	31
<b>Figura 5.6</b> – Fluxograma da ETE compacta modelo Sanevix.....	33
<b>Figura 5.7</b> – Esquema típico da ETE compacta modelo Sanevix.....	33
<b>Figura 5.8</b> – Vista parcial da ETE compacta em Catas Altas – MG.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> – Processo de tratamento de esgoto.....	13
<b>Tabela 3.2</b> – Parâmetros de tratabilidade.....	21
<b>Tabela 4.1</b> – Relação de Municípios de Minas Gerais com até 3000 hab.....	23

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é possuidor de uma grande reserva de recursos hídricos que corresponde a aproximadamente 8% de toda água doce do planeta.

A situação brasileira em termos de saneamento básico está muito aquém do que esperam os ambientalistas, os especialistas sanitários e a sociedade como um todo. Em muitos municípios do País, em particular no estado de Minas Gerais, que possui o maior número de municípios do Brasil, ao todo 853 comunas, os despejos de esgotos sem qualquer tipo de tratamento têm sido lançados nos corpos receptores, contribuindo para a deterioração do meio ambiente e para a disseminação de doenças de veiculação ou origem hídrica.

Diante disso, verifica-se a necessidade do estudo de alternativas de baixo custo e tecnicamente viáveis, tendo em vista que atualmente o Brasil também é carente de mão-de-obra qualificada para operar sistemas mais complexos.

A utilização de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE compacta tem sido apresentada com uma alternativa viável associada a um sistema simplificado de tratamento de esgotos que conjuga baixos custos de implantação, manutenção e operação, com a adequada eficiência, de modo a atender aos padrões de lançamento da legislação vigente em nosso País. Vale ressaltar que em ETEs compactas automatizadas a manutenção é mais complicada.

Os processos de tratamento adotados para ETEs compactas podem ser anaeróbios, aeróbios ou a combinação de anaeróbio e aeróbio, consistindo principalmente de reatores anaeróbios de fluxo ascendente, seguido de filtro biológico percolador, decantadores e biodiscos, sistemas que já estão bastante consolidados no Brasil.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a situação do tratamento de esgotos domésticos em municípios com população abaixo de 3000 habitantes do Estado de Minas Gerais, propondo a aplicação de ETEs compactas com alternativa técnica no tratamento de seus efluentes.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Avaliar de forma sucinta a situação do tratamento de esgotos sanitário no Estado de Minas Gerais.
- Demonstrar sucintamente alguns modelos de ETEs compactas e suas aplicações no tratamento de esgotos.
- Discorrer sobre alguns prazos que os municípios com população abaixo de 20.000 habitantes terão para que seus sistemas de esgotamento sanitário atendam a Deliberação Normativa COPAM, n. 128, de 27 de novembro de 2008.
- Analisar a viabilidade técnica da aplicação de uma ETE compacta em municípios com população abaixo de 3000 habitantes.
- Avaliar as vantagens e as limitações de alguns modelos de ETEs compactas.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Considerações iniciais

Há um significativo período de tempo, as ETEs compactas são sugeridas como uma alternativa no tratamento de efluentes a ser considerada, já que hoje se encontram disponíveis no mercado em vários modelos que atendem desde uma residência até cidades de pequeno porte. (UPTON&GREEN,1995).

Na busca em atender a legislação ambiental em nosso País, faz-se necessária a busca de novas tecnologias em tratamentos de esgotos sanitários. Com isso, a tendência geral das estações de tratamento é de ser compacta e de baixo impacto ambiental (UPTON&GREEN,1995).

A tabela 3.1 abaixo demonstra os processos compactos mais utilizados com suas vantagens e desvantagens.

**Tabela 3.1** – Processos de tratamento de esgotos

<b>SISTEMAS DE REATORES ANAERÓBICOS</b>	
<b>Reator UASB</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Razoável eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Baixos requisitos na área.</li> <li>• Baixos custos de implantação e operação.</li> <li>• Tolerância a afluentes bem concentrados em matéria orgânica.</li> <li>• Reduzido consumo de energia.</li> <li>• Possibilidade do uso energético do biogás.</li> <li>• Não necessita de meio suporte.</li> <li>• Construção, operação e manutenção simples.</li> <li>• Baixíssima produção de lodo.</li> <li>• Estabilização do lodo no próprio reator.</li> <li>• Lodo com ótima desidratabilidade.</li> <li>• Necessidade apenas da disposição do lodo.</li> <li>• Rápido reinício após períodos de paralisação (preservação da biomassa por vários meses).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento restritivos (necessitando da inclusão de pós-tratamento).</li> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Remoção de N e P praticamente nula.</li> <li>• Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável.</li> <li>• Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis.</li> <li>• A partida do processo é geralmente lenta (mas pode ser acelerada com a utilização de semente).</li> <li>• Relativamente sensível a variações de carga e compostos tóxicos.</li> <li>• Usualmente necessita pós-tratamento.</li> </ul>

Tabela 3.1 – Processos de tratamento de esgotos

<b>Tanque séptico – filtro anaeróbico</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem reator anaeróbico de fluxo ascendente (exceção necessita de meio suporte).</li> <li>• Boa adaptação a diferentes tipos de concentrações de esgotos.</li> <li>• Boa resistência a variações de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldades em satisfazer padrões de lançamentos bem restritivos.</li> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Remoção de N e P praticamente nula.</li> <li>• Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável.</li> <li>• Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis.</li> <li>• Riscos de entupimento restrito ao tratamento de afluentes com concentrações de sólidos não elevados.</li> </ul>

<b>SISTEMAS DE REATORES ANAERÓBICOS</b>	
<b>Reator UASB - Pós-tratamento</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção das vantagens inerentes ao reator UASB.</li> <li>• Manutenção das vantagens inerentes ao sistema de pós-tratamento.</li> <li>• Redução nos volumes dos reatores biológicos do sistema de pós-tratamento e frequentemente no volume total das unidades do sistema.</li> <li>• Redução no consumo de energia de sistemas de pós-tratamento aerados.</li> <li>• Redução na quantidade de lodo a ser tratado.</li> <li>• Tratamento de lodo mais simplificado (apenas desidratação para o lodo misto).</li> <li>• Redução na quantidade de lodo a ser disposto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção das desvantagens inerentes ao reator UASB (com exceção da qualidade do efluente, que assume as características do pós-tratamento).</li> <li>• Manutenção das desvantagens inerentes ao sistema de pós-tratamento.</li> <li>• Maior dificuldade na remoção biológica de nutrientes no sistema de pós-tratamento de pós-tratamento aerados.</li> </ul>
<b>SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS</b>	
<b>Lodos ativados</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Nitrificação usualmente obtida.</li> <li>• Possibilidade de remoção biológica de N e P.</li> <li>• Baixos requisitos de área.</li> <li>• Processo confiável, desde que supervisionado.</li> <li>• Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes.</li> <li>• Flexibilidade operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Elevados custos de implantação e operação.</li> <li>• Elevado consumo de energia.</li> <li>• Necessidade de operação sofisticada.</li> <li>• Elevado índice mecanização.</li> <li>• Relativamente sensível a descargas tóxicas.</li> <li>• Necessidade do tratamento completo do lodo (quando não há retorno para reator UASB) e da sua disposição final.</li> <li>• Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis.</li> </ul>

SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS	
Aeração prolongada	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem lodos ativados convencional.</li> <li>• Sistema com maior eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Nitrificação consistente.</li> <li>• Mais simples conceitualmente que lodos ativados convencional (operação mais simples).</li> <li>• Menor geração de lodo que lodos ativados convencional.</li> <li>• Estabilização do lodo no próprio reator.</li> <li>• Elevada resistência a variações de carga e a cargas tóxicas.</li> <li>• Satisfatória independência das condições climáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes</li> <li>• Elevados custos de implantação e operação</li> <li>• Sistemas com maior consumo de energia</li> <li>• Elevado índice de mecanização (embora inferior a lodos ativados convencional)</li> <li>• Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que lodos ativados convencional).</li> </ul>

SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS	
Sistemas de fluxo intermitente	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Satisfatória remoção de N e possivelmente P.</li> <li>• Baixos requisitos de área.</li> <li>• Mais simples conceitualmente que os demais sistemas de lodos ativados.</li> <li>• Menos equipamentos que os demais sistemas de lodos ativados.</li> <li>• Flexibilidade operacional (através da variação dos ciclos).</li> <li>• Decantador secundário e elevatória de recirculação não são necessárias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Elevados custos de implantação e operação.</li> <li>• Maior potência instalada que os demais sistemas de lodos ativados.</li> <li>• Necessidade do tratamento e da disposição do lodo (variável, com a modalidade convencional ou prolongada, embora a última seja mais frequente).</li> <li>• Usualmente mais competitivo economicamente para populações pequenas a médias.</li> </ul>
Lodos ativados com remoção biológica de nutrientes	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem lodos ativados convencional.</li> <li>• Elevada eficiência na remoção de nutrientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem lodos ativados convencional.</li> <li>• Necessidade de recirculações interna.</li> <li>• Aumento da complexidade operacional.</li> </ul>

<b>SISTEMAS DE REATORES AERÓBICOS COM BIOFILMES</b>	
<b>Filtro biológico Percolador de Baixa carga</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Nitrificação freqüente.</li> <li>• Requisitos de área relativamente baixos.</li> <li>• Mais simples conceitualmente do que lodos ativados.</li> <li>• Índice de mecanização relativamente baixo.</li> <li>• Equipamentos mecânicos simples.</li> <li>• Estabilização do lodo no próprio filtro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Menor flexibilidade operacional que lodos ativados.</li> <li>• Elevados custos de implantação.</li> <li>• Requisitos de área mais elevados do que os filtros biológicos de alta carga.</li> <li>• Relativa dependência da temperatura do ar.</li> <li>• Relativamente sensível a descarga tóxicas.</li> <li>• Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que filtros biológicos de alta carga).</li> <li>• Possíveis problemas com moscas.</li> <li>• Elevada perda de carga.</li> </ul>
<b>Filtro biológico Percolador de Alta carga</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa eficiência na remoção de DBO (embora ligeiramente inferior aos filtros de baixa carga).</li> <li>• Baixos requisitos de área. Mais simples conceitualmente do que lodos ativados.</li> <li>• Maior flexibilidade operacional que filtros de baixa carga.</li> <li>• Melhor resistência a variações de carga que filtros de baixa carga.</li> <li>• Reduzidas possibilidades de maus odores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção das desvantagens inerentes ao filtro biológico de baixa carga.</li> <li>• Operação ligeiramente mais sofisticada do que os filtros de baixa carga.</li> <li>• Relativa dependência da temperatura do ar.</li> <li>• Necessidade do tratamento completo do lodo (quando não há retorno para reator UASB) e da sua disposição final.</li> </ul>
<b>SISTEMAS DE REATORES AERÓBICOS COM BIOFILMES</b>	
<b>Biofiltros Aerados Submersos</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção DBO.</li> <li>• Nitrificação opcional (frequente, quando desejado).</li> <li>• Requisitos de área bastante baixos.</li> <li>• Reduzidas possibilidades de maus odores.</li> <li>• Reduzida perda de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Operação ligeiramente mais sofisticada do que os filtros de baixa carga.</li> <li>• Elevado consumo de energia.</li> <li>• Necessidade de operação um pouco mais cuidadosa que os filtros percoladores, em virtude da aeração e da lavagem dos filtros.</li> <li>• Necessidade do tratamento completo do lodo (quando não há retorno para reator UASB) e da sua disposição final.</li> </ul>

SISTEMAS DE REATORES AERÓBICOS COM BIOFILMES	
Biodisco	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção DBO.</li> <li>• Nitrificação freqüente.</li> <li>• Requisitos de área bem baixos.</li> <li>• Mais simples conceitualmente do que lodos Ativados.</li> <li>• Equipamento mecânico simples.</li> <li>• Reduzidas possibilidades de maus odores.</li> <li>• Reduzida perda de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa eficiência na remoção de coliformes.</li> <li>• Elevados custos de implantação e operação.</li> <li>• Adequado principalmente para pequenas populações (para na necessitar de número excessivo de discos).</li> <li>• Cobertura dos discos usualmente necessária (proteção contra chuvas, ventos e vandalismo).</li> <li>• Relativa dependência da temperatura do ar.</li> <li>• Necessidade do tratamento completo do lodo eventualmente sem digestão, caso os discos sejam instalados sobre tanques sépticos) e da sua disposição final.</li> </ul>

Fonte: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, vol. 1, Marcos Von Sperling.

Os reatores com biofilme de última geração são compactos e passíveis de inserção em ambientes urbanos (ROGALLA et al.,1992).

De acordo com as pesquisas desenvolvidas por Silva et al. (2002), a associação de reatores UASB com biofiltros aerados submersos pode ser utilizada no Brasil como solução para o tratamento de esgotos principalmente em pequenos e médios municípios. Bof et al. (2001) ressaltam que estações compactas, dependendo do processo, possuem baixos custos de implantação, operação e manutenção, não necessitam de mão-de-obra qualificada, apresentam baixo consumo de energia e produção de lodo, características que devem, portanto, ser consideradas também para aplicação em estações de maior porte.

A associação com Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente – UASB – elimina a necessidade do decantador primário, a montante do biofiltro e o pós-tratamento do efluente anaeróbio complementam a remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos remanescentes.

A utilização de filtros anaeróbios como pós-tratamento de reatores UASB também se apresenta como alternativa de grande simplicidade operacional e de baixo custo. O efluente de um filtro anaeróbio é geralmente bastante clarificado e com baixas concentrações de matéria orgânica. Estudos utilizando filtros anaeróbios associados a reatores UASB indicam efluentes finais com concentrações médias de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Demanda Química de Oxigênio – DQO, e Sólidos Suspensos Totais – SST usualmente abaixo de 120 mgDQO/L, 60 mgDBO/L

e 30 mgSST/L (CHERNICHARO&MACHADO, 1998; SANCHES & SOUZA et al., 1999; ANDRADE NETO et al., 2000).

A configuração compacta de reator UASB associada ao filtro anaeróbio pode assumir vários formatos separadamente ou com filtro acoplado externamente ao reator (BONIFÁCIO, 2001; ANDRADE NETO et al.,2000).

O chamado reator hídrico, onde o filtro anaeróbio substitui a câmara de sedimentação do reator UASB logo acima do separador de gases formando dois reatores em uma única estrutura, é outro tipo de composição compacta destes dois processos de tratamento anaeróbio (LÓPEZ, 1996; PEREIRA-RAMIREZ et al., 2001).

Todos os processos de tratamento devem ser precedidos do tratamento preliminar e ter o descarte de lodo em leitos de secagem ou através de caminhões limpa-fossa. Os processos de reatores anaeróbios deverão possuir dispositivo para queima dos gases gerados no reator.

### **3.2 Características das estações compactas**

As principais características das estações compactas são:

- sistemas de alta taxa, por necessitarem de um menor tempo de detenção hidráulica;
- sistemas que incorporam o reator UASB, eliminam os decantadores primários, adensadores de lodo, digestores anaeróbios, existentes nos processos convencionais de tratamento de esgoto;
- sistemas que reúnem uma única unidade, ou pequenas unidades próximas uma das outras de processos anaeróbios e aeróbios (sem arruamentos intermediários), com isso geralmente ocupam pouco espaço, demanda de área entorno de 0,2m<sup>2</sup>/hab;
- sistemas que dependendo do processo também são de fácil operação e manutenção;
- sistemas que assim como os outros sistemas de tratamento não geram maus odores nem tem minimizada a dispersão de odores, o que evita o repúdio da população que reside nas proximidades da ETE.

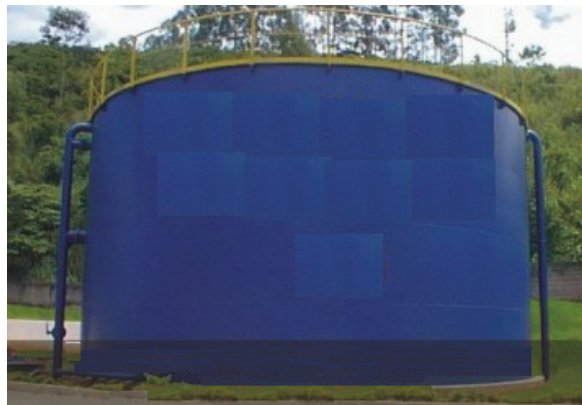
### 3.2.1 Tipos de materiais usados na fabricação de ETEs compactas

A maioria das estações de tratamento de esgoto compacta é fabricada em plástico reforçado com fibras de vidro – PRFV, mas também existem estações em estrutura metálica e em concreto, conforme figuras 3.1, 3.2 e 3.3 abaixo.



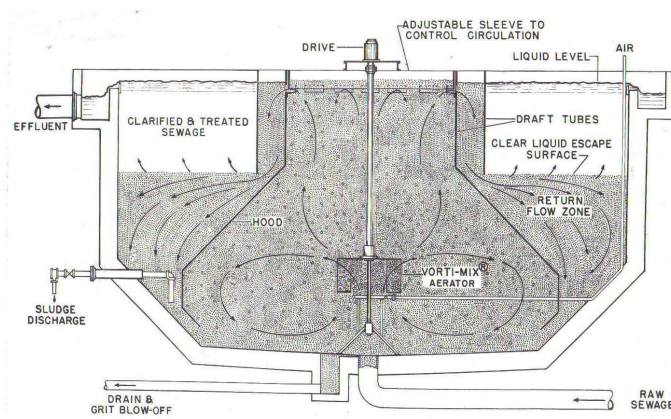
**Figura 3.1** Reatores UASBs e decantadores fabricados em plástico reforçado com fibras de vidro - PRFV.

Fonte: Polyplaster. 2004



**Figura 3.2** Reator UASB fabricado em estrutura de aço

Fonte: Sanevix



**Figura 3.3** Reator fabricado em concreto

Fonte: Abes

### 3.2.2 Aplicações

As ETEs compactas geralmente são projetadas para o tratamento dos esgotos sanitários de diversos estabelecimentos tais como:

- pequenos municípios;
- condomínios residenciais e comerciais;
- indústrias;
- restaurantes;
- acampamentos de grandes obras;
- hospitais, pousadas, hotéis e motéis;
- escolas, creches e orfanatos;
- penitenciárias e presídios;
- ilhas, fazendas, chácaras e residências rurais;
- quartéis, acampamentos e estações de pesquisa.

### 3.2.3 Vantagens das ETEs compactas

Descreve-se abaixo as vantagens das ETEs compactadas como:

- baixa produção de lodo em alguns modelos;
- consumo de energia baixo em alguns modelos;
- facilidade e rapidez na instalação;
- mecanização mínima (bombas e compressores);
- uso de mão-de-obra minimizado (um operador por turno);
- eficiência que atende à Deliberação Normativa COPAM – CERH nº 1, de 5 de maio de 2008.

### 3.2.4 Limitações das ETEs compactas

As limitações das ETEs compactas são que

- atendem vazões menores;

- alguns modelos possuem sopradores que geram elevados índices de ruídos.
- geram dificuldades no transporte da fábrica até o local de instalação devido ao tamanho de algumas unidades;
- a manutenção em alguns equipamentos fica condicionada ao fabricante;
- tanques em fibras podem ficar mais caros do que os de ferro-cimento ou concreto.

### 3.3 Parâmetros de projeto

As ETEs compactas devem atender aos parâmetros de tratabilidade exigidos pelos órgãos ambientais brasileiros, tanto municipais, estaduais quanto federais. Na tabela 4.2 abaixo observa-se um exemplo de parâmetros de tratabilidade de um sistema de reatores UASB seguido de reatores aeróbio em disco rotativo e decantadores.

**Tabela 3.2 – Parâmetros de tratabilidade**

DESCRIÇÃO	PARÂMETRO
Vazão Média Afluente	150 l/hab.x dia
Nível do tratamento	Secundário
Carga Orgânica Afluente	0,054kg DBO/hab.x dia
Remoção de DBO	>86%
Remoção de SST	> 85%
DBO do Efluente	<60 mg/l
SST do Efluente	< 60mg/l
Sólidos Sedimentáveis em CONE IMHOFF	< 1 ml/hora
pH	Entre 6 a 9
Norma de Referência	COPAM – Deliberação Normativa CERH nº 1, de 5 de maio de 2008.

Fonte: Polyplaster, 2005.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Delineamento metodológico**

A análise realizada pelo presente trabalho foi desenvolvida sob a dimensão tecnológica da pesquisa em páginas de internet, literatura, visita a estações em operação e a fabricantes de ETEs compactas.

### **4.2 Objeto do estudo**

Como forma de desenvolver a proposta da pesquisa, foram selecionados diversos modelos de ETEs compactas de vários fabricantes.

A escolha dos modelos foi realizada considerando os seguintes critérios:

- tipos de tratamentos;
- disponibilidade no mercado nacional;
- materiais aplicados e dimensões

### **4.3 Justificativa do estudo**

Minas Gerais é o estado com maior número de municípios do Brasil, totalizando 853 municípios.

Conforme a Deliberação Normativa COPAM nº 96, de 12 de Abril de 2006, a maioria dos municípios no Estado de Minas Gerais lança os esgotos sanitários “in natura” em corpos d’água, cerca de 97% (noventa e sete por cento) dos municípios do Estado, provocando a degradação da qualidade das águas, prejudicando usos à jusante, possibilitando a proliferação de doenças de veiculação hídrica, provocando a geração de maus odores e causando vários impactos negativos ao meio ambiente.

Além disso, descumprem a Lei Estadual nº 2.126/60, e as Leis Federais nº 6.938/81 e 9.605/98, que vetam o lançamento de efluentes não tratados nos cursos d'água.

Segundo a COPASA, em Minas Gerais, 611 municípios são atendidos pela empresa com tratamento de água e além disso, a companhia possui a concessão para serviços de esgotamento sanitário em 194 municípios de Minas com 25 ETEs – estações de tratamento de esgoto em operação na região metropolitana de Belo Horizonte - RMBH.

A Deliberação Normativa COPAM nº 128, de 27 de novembro de 2008, no Art. 1º, determina que municípios com população inferior a 20.000 (vinte mil) habitantes devem seguir o seguinte cronograma:

I – os municípios supracitados deverão providenciar até março de 2009 o cadastramento mediante preenchimento de formulário específico a ser disponibilizado e do Relatório Técnico;

II – até março de 2017 deve ser formalizado o processo de Autorização Ambiental de Funcionamento, para atendimento mínimo de 80% da população urbana com eficiência de tratamento de 60%.

De acordo com a FEAM MG, até junho de 2008, apenas 4 municípios tinham a LP – Licença Prévia deferida, 26 municípios possuíam a LI – Licença de Instalação deferida para instalação de ETE, 59 municípios receberam a AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento para estações de tratamento de esgotos, e 37 municípios possuíam licença de operação de ETE num total de 44 estações.

Realizou-se um levantamento de todos os municípios no Estado de Minas Gerais com menos 3000 habitantes, tendo em vista que a maioria dos modelos de ETEs compactas atende uma população de até 3000hab/dia, tendo sido constatado que 68 municípios, cerca de 8% do total de municípios, possuem menos de 3000 habitantes, segundo censo do IBGE de 2007, conforme tabela 4.1.

**Tabela 4.1 – Relação de Municípios de Minas Gerais com até 3000 hab.**

ITEM	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (hab)	OPERAÇÃO DO SISTEMA	SITUAÇÃO JUNTO A FEAM	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab)
1	ÁGUA COMPRIDA	2093	Municipal	Não informada	-
2	ALAGOA	2825	Municipal	Não informada	-
3	ALBERTINA	2872	Municipal	Não informada	-
4	ANTÔNIO PRADO DE MINAS	1962	Municipal	Não informada	-
5	ARAÇAI	2384	Municipal	Não informada	-
6	ARACITABA	1875	Municipal	Não informada	-
7	ARANTINA	2544	Municipal	Não informada	-
8	ARAPUÁ	2699	Municipal	Não informada	-
9	ARGIRITA	2995	Municipal	Não informada	-

ITEM	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (hab)	OPERAÇÃO DO SISTEMA	SITUAÇÃO JUNTO A FEAM	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab)
10	BIQUINHAS	2592	Municipal	Não informada	-
11	CACHOEIRA DOURADA	2470	Municipal	Não informada	-
12	CARMÉSIA	2550	Municipal	Não informada	-
13	CASA GRANDE	2100	Municipal	Não informada	-
14	CASCALHO RICO	2799	Municipal	Não informada	-
15	CEDRO DA ABAETÉ	1203	Municipal	Não informada	-
16	CHÁCARA	2613	Municipal	Não informada	-
17	CHIADOR	2893	Municipal	Não informada	-
18	CONCEIÇÃO DAS PEDRAS	2726	Municipal	Não informada	-
19	CORONEL PACHECO	2457	Municipal	Não informada	-
20	DORESÓPOLIS	1492	Municipal	LO	1105
21	DOURADOQUARA	1846	Municipal	Não informada	-
22	ESTRELA DALVA	2497	Municipal	Não informada	-
23	FAMA	2219	COPASA	Não informada	-
24	FERNANDES TOURINHO	2612	Municipal	Não informada	-
25	FORTUNA DE MINAS	2454	Municipal	Não informada	-
26	GLAUCILÂNDIA	2932	COPASA	Não informada	-
27	GRUPIARA	1412	Municipal	Não informada	-
28	INGAÍ	2496	Municipal	Não informada	-
29	ITAMBÉ DO MATO DENTRO	2434	Municipal	Não informada	-
30	JAGUARAÇU	2782	Municipal	Não informada	-
31	LEANDRO FERREIRA	2955	Municipal	Não informada	-
32	MARIPÁ DE MINAS	2827	Municipal	Não informada	-
33	MONJOLOS	2303	Municipal	Não informada	-
34	MORRO DA GARÇA	2887	Municipal	Não informada	-
35	NACIP RAY DAN	2957	Municipal	Não informada	-
36	OLARIA	2380	Municipal	Não informada	-
37	OLÍMPIO NORONHA	2505	Municipal	Não informada	-
38	OLIVEIRA FORTES	1939	Municipal	Não informada	-
39	PAIVA	1630	Municipal	Não informada	-
40	PASSA-VINTE	2082	Municipal	Não informada	-
41	PASSABÉM	1801	Municipal	Não informada	-
42	PEDRA DOURADA	2100	Municipal	Não informada	-
43	PEDRO TEIXEIRA	1658	Municipal	Não informada	-
44	PEQUERI	2997	Municipal	Não informada	-
45	PIAU	2973	Municipal	Não informada	-
46	QUELUZITO	1826	Municipal	Não informada	-
47	RIO DOCE	2520	Municipal	Não informada	-
48	ROCHEDO DE MINAS	2036	Municipal	Não informada	-
49	SANTA BARBORA DO MONTE VERDE	2796	Municipal	Não informada	-
50	SANTANA DO GARAMBÉU	2104	Municipal	Não informada	-
51	SANTO ANTÔNIO DO RIO ABAIXO	1753	Municipal	Não informada	-
52	SÃO JOÃO DA MATA	2858	Municipal	Não informada	-
53	SÃO JOSÉ DO MANTIMENTO	2472	Municipal	Não informada	-
54	SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	2743	Municipal	Não informada	-
55	SÃO SEBASTIÃO DO RIO PRETO	1700	Municipal	Não informada	-

ITEM	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (hab)	OPERAÇÃO DO SISTEMA	SITUAÇÃO JUNTO A FEAM	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab)
56	SÃO SEBASTIÃO DO RIO VERDE	2170	Municipal	Não informada	-
57	SEM-PEIXE	2950	Municipal	Não informada	-
58	SENADOR CORTÉS	2011	Municipal	Não informada	-
59	SENADOR JOSÉ BENTO	1908	Municipal	Não informada	-
60	SERITINGA	1755	Municipal	Não informada	-
61	SERRA DA SAUDADE	863	COPASA	Não informada	-
62	SERRANOS	2063	Municipal	Não informada	-
63	SILVEIRÂNIA	2125	Municipal	Não informada	-
64	SIMÃO PEREIRA	2503	Municipal	Não informada	-
65	UMBURATIBA	2776	Municipal	Não informada	-
66	URUANA DE MINAS	2777	Municipal	Não informada	-
67	VARGEM BONITA	2098	Municipal	Não informada	-
68	WENCESLAU BRAZ	2509	Municipal	Não informada	-

Fontes: censo IBGE 2007 e FEAM MG 2008

Como pode ser verificado na tabela 3.1, dos 68 municípios com menos de 3000 habitantes, somente três deles possuem seus serviços de esgotamento sanitários concedidos à COPASA e somente um possui a LO – Licença de Operação de ETE junto à FEAM MG.

Diante do acima exposto, um estudo da aplicação de sistemas compactos e de baixo custo em municípios de pequeno porte se faz necessário e é de grande valia.

## 5 MODELOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS COMPACTAS

No Brasil existem vários fabricantes de ETEs compactas conseqüentemente existem também vários modelos. Neste estudo serão tratados os principais tipos e modelos de estações que atendam uma população de até 3000 habitantes.

No Estado do Espírito Santo, aproximadamente 25 estações compactas estão em operação (BOF, et al. 2001) e a tendência é que este número aumente a cada dia mais.

### 5.1 Modelo 1

Conforme catálogo do fabricante, a ETE compacta modelo P3000 é fabricada pela Polyplaster em plástico reforçado com fibras de vidro – PRFV. Esse modelo atende uma população de 3000 habitantes com uma vazão afluyente de 162 l/hab/dia. A figura 5.1 ilustra uma ETE compacta modelo P 3000 instalada na cidade Itajubá, MG.



**Figura 5.1** ETE compacta modelo P 3000 instalada na cidade Itajubá MG  
Fonte: Polyplaster, 2005

### 5.1.1 Processo de tratamento

Segundo o fabricante, o processo de tratamento adotado para esse modelo é uma combinação anaeróbia e aeróbia, sendo constituído por reatores anaeróbios de fluxo ascendente, seguido por reatores de lodo ativado de tipo convencional e por decantadores.

Com o objetivo de minimizar os custos de investimentos, de operação e de manutenção, foi previsto, no projeto da ETE compacta P3000, o retorno do lodo excedente dos decantadores para os reatores de lodo ativado pelo sistema “air lift”, utilizando o mesmo ar do processo fornecido pelo compressor aos reatores aeróbios.

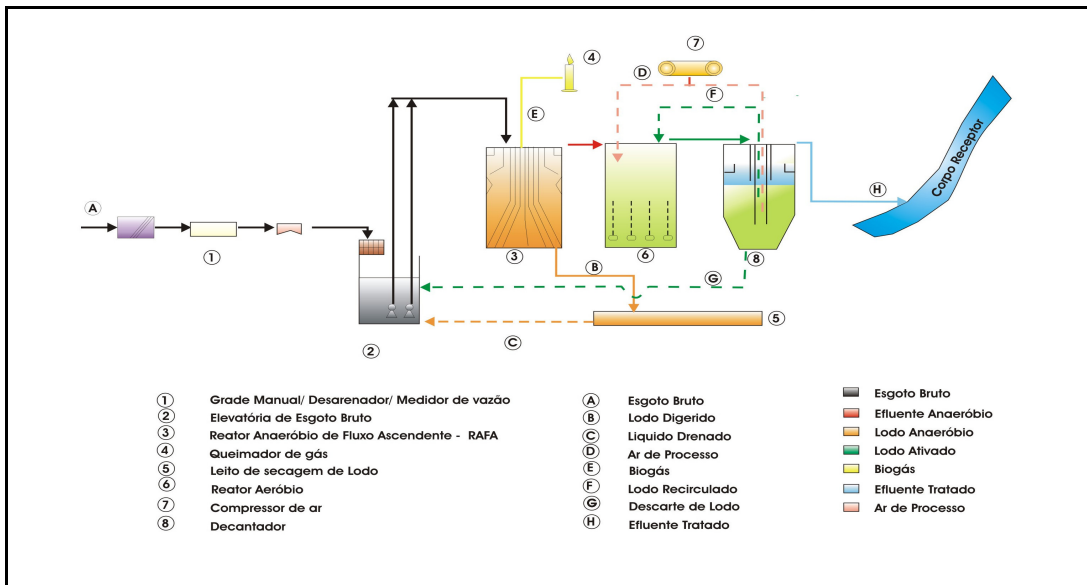
O sistema de decantação é do tipo “DORTMUND” que dispensa a utilização de equipamentos eletromecânicos para a remoção do lodo. Esse processo de tratamento tem a grande vantagem de propiciar a estabilização do lodo no próprio reator anaeróbio de fluxo ascendente – UASB.

Os reatores anaeróbios são alimentados por bombas do tipo submersíveis que trabalham num poço receptor do esgoto proveniente da grade de limpeza manual, onde são retidos os sólidos grosseiros.

O lodo excedente gerado no sistema de tratamento de esgoto é enviado para desidratação nos leitos de secagem natural e posteriormente para o aterro sanitário ou para valas.

### 5.1.2 Fluxograma

A figura 5.2 ilustra o fluxograma da ETE compacta P3000.

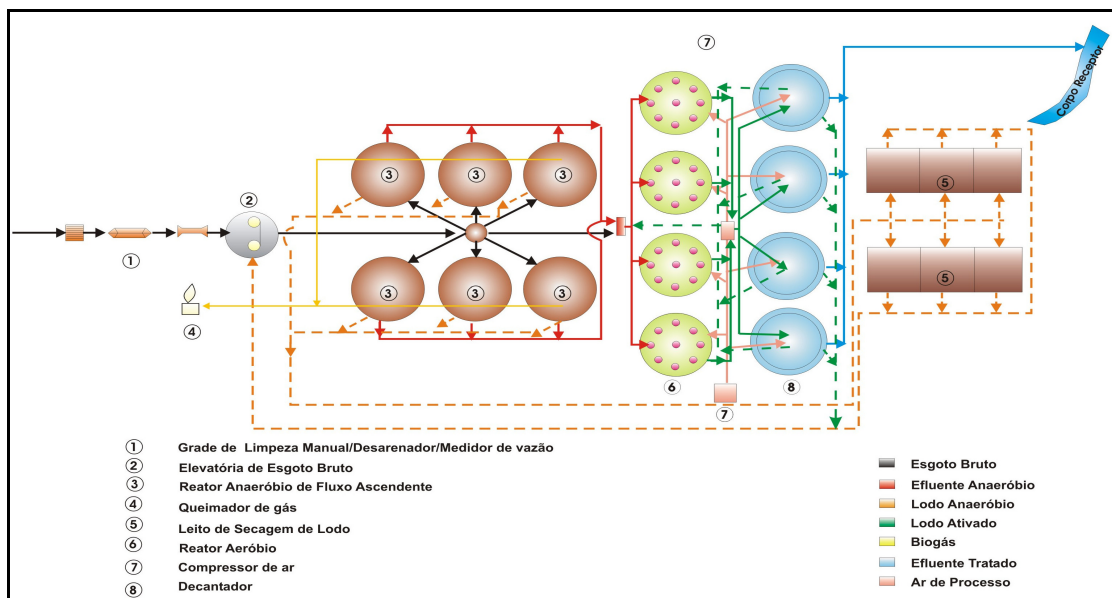


**Figura 5.2** Fluxograma de uma ETE compacta modelo P 3000.

Fonte Polyplaster

### 5.1.3 Esquema Típico

A figura 5.3 demonstra o esquema típico da ETE compacta P3000.



**Figura 5.3** Esquema típico da ETE compacta modelo P 3000.

Fonte Polyplaster

#### 5.1.4 Detalhes Gerais

Na ETE compacta modelo 1, o sistema de tratamento preliminar, a elevatória de esgoto e o leito de secagem do lodo são construídos no local de instalação da ETE, segundo especificação do fabricante. Essas unidades poderão ser construídas tanto pelo fabricante quanto pelo contratante, conforme contrato de fornecimento.

Já o fabricante do modelo 2 disponibiliza para seus clientes um modelo próprio de estação elevatória de esgoto.

### 5.2 Modelo 2

Conforme catálogo do fabricante, a ETE compacta Mizumo Tower é fabricada pela empresa Mizumo do grupo Jacto, em PRFV. Esse modelo atende uma população de até 4200 habitantes com uma vazão afluyente de 95l/hab/dia. A área necessária para a implantação do sistema varia entre 38,5 m<sup>2</sup> a 136 m<sup>2</sup>.

#### 5.2.1 Processo de tratamento

O processo de tratamento é contínuo e composto por reatores UASB, filtros aeróbios de leito fixo (anel Pall) com difusão de ar por bolhas finas, e decantador secundário concêntrico ao reator aeróbio. O retorno do lodo excedente é automático, por sistema de “air-lift”, para o UASB.

#### 5.2.2 Fluxograma

Após o tratamento preliminar, o afluyente é bombeado pela estação elevatória até a entrada de esgoto da ETE, dando início ao tratamento secundário.

### 5.2.3 Detalhes Gerais

Na ETE compacta modelo 2, o sistema de tratamento preliminar, a elevatória de esgoto e a laje de apoio em concreto são construídos, no local de instalação da ETE, conforme especificação do fabricante.

O modelo 2 tem o descarte de lodo feito por caminhões limpa-fossa e o fabricante disponibiliza para seus clientes um modelo próprio de elevatória de esgoto.

## 5.3 Modelo 3

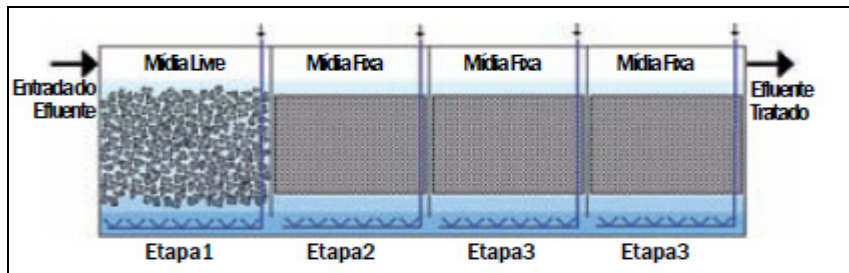
Conforme catálogo do fabricante HydroSolution – Engenharia e consultoria, a ETE compacta modelo Hidrofix 120 é fabricada em PRFV. Esse modelo atende uma população de até 1200 habitantes com uma vazão afluente de 100 l/hab/dia, sendo necessária uma área de 200 m<sup>2</sup> para a implantação do sistema.

### 5.3.1 Processo de tratamento

No sistema Hidrofix, o processo utiliza microorganismos aeróbios que crescem na forma de biofilme em superfícies plásticas. O sistema é composto de três partes:

- I – a primeira parte consiste em um tanque cilíndrico horizontal com divisórias internas, que pode ser subterrâneo ou aéreo, no qual através de um pré-sedimentador remove-se sólidos em suspensão e faz-se a desnitrificação; de um reator biológico com mídias livres, onde se remove a carga orgânica, e de uma elevatória que transfere o efluente para o reator biológico principal;
- II – na segunda parte o efluente entra em um reator de mídia fixa onde são realizadas a remoção do restante da carga orgânica e a remoção parcial do nitrogênio (nitrificação);

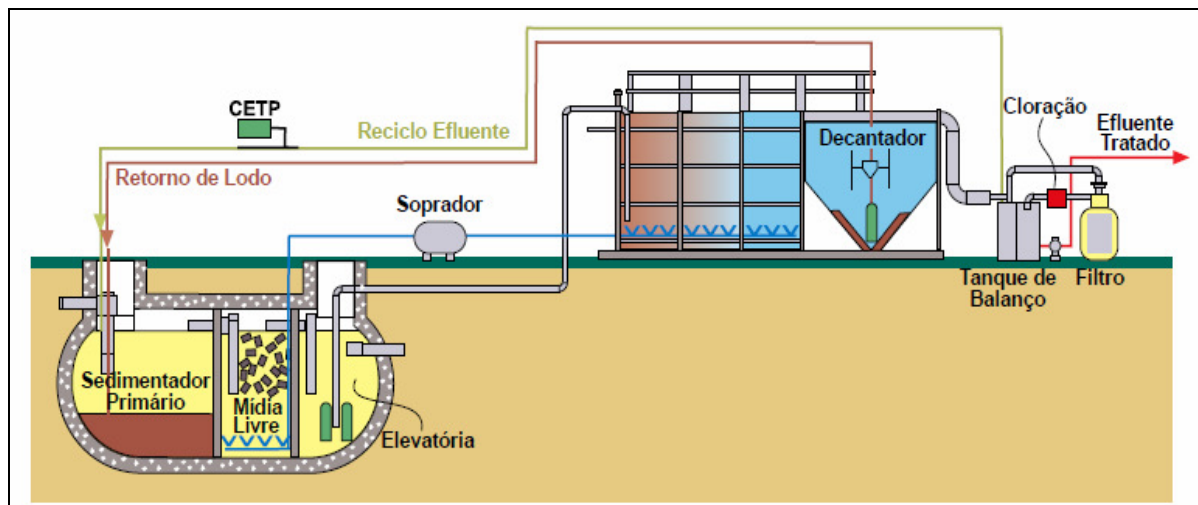
III – na terceira parte o efluente vai para um tanque de balanço que depois é filtrado e passa por um processo de desinfecção antes de ser descartado ou reutilizado em usos menos nobres. Ver figura 5.4.



**Figura 5.4** Esquema de tratamento do efluente da ETE compacta modelo Hidrofix 120.  
Fonte: HydroSolution.

### 5.3.2 Fluxograma

A figura 5.5 ilustra o fluxograma da ETE compacta Hidrofix 120.



**Figura 5.5** Fluxograma da ETE compacta modelo Hidrofix 120.  
Fonte: HydroSolution

### 5.3.3 Detalhes Gerais

Na ETE compacta modelo 3, o sistema de tratamento preliminar e a laje de apoio em concreto são construídos no local de instalação da ETE, conforme especificação do fabricante.

O modelo 3 possui o descarte de lodo feito por caminhões limpa-fossa.

## 5.4 Modelo 4

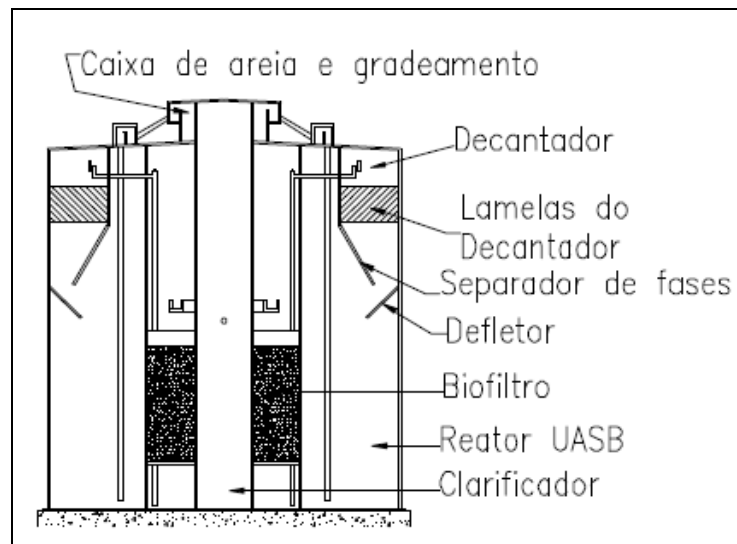
Conforme catálogo do fabricante Sanevix Engenharia LTDA, a ETE compacta modelo Sanevix é construída em aço e fibra com alta resistência a corrosão e requer uma área de 0,09 m<sup>2</sup>/hab (incluído leito de secagem) para ser instalada.

### 5.4.1 Processo de tratamento

A ETE modelo 4, segundo o fabricante, realiza o tratamento de esgoto em nível secundário por processo natural, sem a utilização de produtos químicos e consiste na associação de reator Anaeróbico (UASB), do Biofiltro aerado (BF) e do Decantador Secundário (DS), em um mesmo sistema. O fabricante garante que o sistema tem uma eficiência acima de 90% na oxidação da Matéria Orgânica (MO). Ainda segundo o fabricante, conforme a necessidade, a ETE de nível secundário (remoção de MO) poderá ser transformada em nível terciário (remoção de MO e nutrientes), adicionando elementos químicos ao processo. A qualidade média do efluente de esgoto doméstico tratado chega a SS<30mg/l, DBO< 30mg/l, DQO<90mg/l.

### 5.4.2 Fluxograma

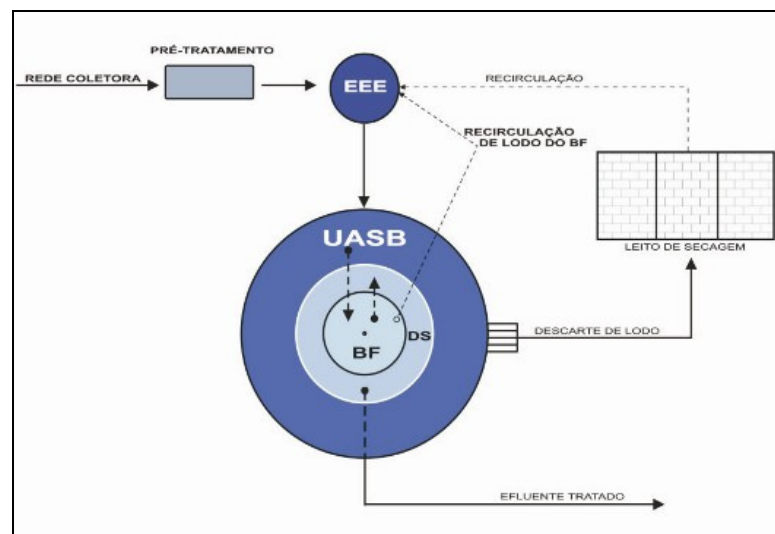
A figura 5.6 ilustra o fluxograma da ETE compacta Sanevix:



**Figura 5.6** Fluxograma da ETE compacta modelo Sanevix.  
Fonte: Sanevix Engenharia

#### 5.4.3 Esquema Típico

A figura 5.7 demonstra o esquema típico da ETE compacta Sanevix.



**Figura 5.7** Esquema típico da ETE compacta modelo Sanevix.  
Fonte: Sanevix Engenharia

#### 5.4.4 Detalhes Gerais

Na ETE compacta modelo Sanevix, o sistema de tratamento preliminar, a laje de apoio em concreto e o leito de secagem do lodo são construídos no local de

instalação da ETE, conforme especificação do fabricante.

## 5.5 Visita técnica

No dia 22/07/2009 foi realizada uma visita à ETE compacta no município de Catas Altas em Minas Gerais, com objetivo de se verificar “in loco” sua operação.

A figura 5.8 abaixo mostra uma vista dos reatores anaeróbios, dos reatores aeróbios e dos decantadores da ETE compacta de Catas Altas.



**Figura 5.8** Vista parcial da ETE compacta de Catas Altas.  
Fonte: Autor

### 5.5.1 Dados levantados

Segundo informações do operador de plantão, no dia da visita, a ETE compacta de Catas Altas, fabricada e instalada pela empresa Polyplaster em plástico reforçado com fibras de vidro – PRFV, entrou em operação em janeiro de 2005.

A ETE foi dimensionada para uma população de 4.000 habitantes, mas atende uma população de 3.000 habitantes, com uma vazão média de 7l/s. Além disso, o esgoto afluente à estação é em sua totalidade doméstico, pois não há indústria no município.

O efluente tratado é lançado no Córrego Maquiné e o lodo desidratado é descartado em valas, quinzenalmente dentro da área da ETE.

#### *5.5.1.1 Características da ETE*

A ETE é composta das seguintes unidades:

- tratamento preliminar, composto por grade, caixa de areia e medidor de vazão com garganta de 3”;
- elevatória fabricada em PRFV composta por cesto e duas bombas com motores de 4cv e 3450 rpm cada uma;
- 2 reatores anaeróbios com volume de 97,5 m<sup>3</sup>, que produzem em média 104 m<sup>3</sup>/d de biogás e 22,05 m<sup>3</sup>/quinzena de lodo a 5% de SST cada um;
- 2 reatores aeróbios de lodo ativado com 28 difusores de membrana bolha fina, volume 62,55 m<sup>3</sup>, tempo de detenção hidráulica para uma vazão média de 7 l/s de 5 horas, massa de SST nos reatores 522 kg, massa de SSV nos reatores 424 kg, DBO afluentes aos reatores 65 kg.DBO/dia e relação F/M 0,19 d<sup>-1</sup> em cada um;
- 2 decantadores com volume de 64,76 m<sup>3</sup>, área de superficial de 92,78 m<sup>2</sup>, taxa de aplicação superficial de 15,3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>xdia, taxa de sólidos 55,07 kg SST/m<sup>2</sup>xdia e tempo de detenção hidráulica de 5,5 horas para vazão média de 7 l/s;
- 2 leitos de secagem de lodo com uma área de 60 m<sup>2</sup> cada;
- 1 compressor de ar com motor de 25cv de potência;
- 1 queimador de biogás.

#### *5.5.1.2 Processo de tratamento*

O tratamento de esgoto em nível secundário é por processo biológico, sem a utilização de produtos químicos. O esgoto chega à ETE e passa pelo tratamento preliminar, posteriormente é bombeado para os reatores anaeróbios. O lodo em excesso é descartado no leito de secagem; o biogás gerado é queimado no

queimador de gás; o efluente segue para os reatores aeróbios e posteriormente para os decantadores na etapa final do processo. Nos decantadores acontece a recirculação do lodo ativado para o tanque de aeração e o excesso de lodo ativado dos reatores anaeróbios segue para elevatória juntamente com o efluente do leito de secagem para serem reintroduzidos no processo. Veja figura 4.6.

### *5.5.1.3 Detalhes Gerais*

A ETE está em operação há quatro anos, possui três operadores que trabalham em turnos. Infelizmente não foi possível aferir a eficiência da ETE, pois, segundo o operador, não é do conhecimento dele que haja sido realizada alguma análise do afluente e nem de efluente tratado.

Constatou-se que o sistema é de fácil operação e manutenção, requer pouca mão de obra, e tem a geração de maus odores minimizada, não gerando impacto visual. No entanto, foi constatado também que o compressor, por não ter um isolamento acústico, gera altos níveis de ruídos para os operadores e vizinhos da estação.

## **5.6 Considerações finais**

É possível verificar, em todos os modelos apresentados, que as ETEs compactas são sistemas de fácil operação e manutenção, e de modo geral ocupam pouco espaço de implantação, mas a escolha do modelo diferencia conforme as necessidades e características de cada município.

As ETEs compactas são também fáceis de serem adquiridas, por possuir vários fabricantes no mercado brasileiro que dispõem de toda acessoria técnica para concepção e execução, ao contrário das ETEs convencionais que dependem de projetos específicos e de grandes volumes de obras.

## 6 CONCLUSÕES

Há uma tendência de que as ETEs compactas se tornem ainda mais compactas, a ponto de se pensar que futuramente o sistema de esgotamento sanitário em algumas cidades do Brasil seja descentralizado, com a instalação de uma ETE compacta em cada ponto de coleta de esgotos.

Verificou-se que a aplicação de ETEs compactas como alternativa no tratamento de esgotos sanitários em pequenos municípios do estado é realmente viável do ponto de vista técnico, pois é de fácil operação e manutenção.

Constatou-se nesse estudo que o estado de Minas Gerais realmente carece de uma maior intervenção no que tange ao tratamento de efluentes sanitários domésticos por parte do governo do estado, das administrações municipais e da companhia de saneamento. A Deliberação Normativa COPAM/CERH n. 1, de 05 de maio de 2008, é bem clara com relação à questão do lançamento de esgotos domésticos “in natura” nos cursos d’água, mas pode-se verificar, através dos dados levantados na tabela 4.1, que em muitos municípios mineiros a deliberação supracitada não está sendo cumprida.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que para elaboração de projetos e especificações técnicas sejam contratados profissionais habilitados. No entanto, é necessário ter cuidado na compra de estações compactas para tratamento de esgotos sanitários, sendo importante verificar se as soluções atendem as legislações e normas que garantam eficiência e permitam que o efluente tratado possa ser reutilizado ou ser retornado aos cursos de água sem riscos à natureza.

Primeiramente, a discussão sobre a situação do saneamento no Estado de Minas Gerais apresentada no item 3.3 ressalta a urgente necessidade de um debate maior sobre o assunto tanto na sociedade como no meio acadêmico, cobrando do governo políticas que contemplem esse assunto.

Verifica-se, também, a necessidade de um apoio técnico por parte do governo aos pequenos municípios que carecem de mão-de-obra especializada.

Orienta-se, portanto, que os administradores municipais busquem orientações, em órgãos ambientais estaduais, para o auxílio quanto a normas e deliberações ambientais do sistema de tratamento de esgotos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, C.O.; MELO, H. N. S.; PEREIRA, M.G.; LUCAS FILHO, M. Filtros anaeróbios com enchimento de diferentes materiais. In: CHERNICHARO, C.A.L. (coordenador). *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de trabalhos técnicos*. V.2. FINEP/PROSAB. Belo Horizonte, p.75-86. 2000.

BOF, V.S.; SANTANA, T.D.C.; WANKE, R.; SILVA, G.M.; SALIM, F.P.C; NARDOTTO, J.I.O.; NETTO, E.S.; PEGORETTE, J.M. ETE's compactas associando reatores anaeróbios e aeróbios ampliam a cobertura do saneamento no estado do Espírito Santo. In: *XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa. Anais. Rio de Janeiro, RJ, ABES. 8p. 2001.

COPAM – CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Deliberação Normativa COPAM – CERH*, n. 1, 05 de maio de 2008.

COPAM – CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Deliberação Normativa COPAM*, n. 96, de 12 de Abril de 2006.

COPASA - COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. *Área de atuação*. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=22&infol=381&tpl>>. Acesso em: jun 2009.

*Delta – Sistema compacto de tratamento de esgoto*. Disponível em: <<http://www.deltasaneamento.com.br/>>. Acesso em: out 2009

FEAM-FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *Números do Minas trata esgoto*. Disponível em: <<http://www.feam.br/minas-trata-esgoto>>. Acesso em: jun 2009.

FRADE, E.C. *Concepção e avaliação de desempenho de um sistema compacto reator UASB/filtro biológico percolador utilizado para o tratamento de esgotos sanitário*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

HYDROSOLUTION. *Estação compacta de tratamento de efluentes – hidrofix*. Disponível em: <<http://hydrosolution.com.br/library/HydroFix.pdf>>. Acesso em: jun 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades@*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: jun 2009.

LÓPEZ M. M.E. Reator anaeróbico tipo easa: nuevo reactor hídrico de flujo ascendente. In: *XXV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. México, D.F, 02 a 07 de novembro. Anais. AIDS. p 1-7, 1996.

MIZUMO. *Estações de tratamento de esgotos*. Disponível em: <<http://www.mizumo.com.br/site/site.asp?w=780&h=580>>. Acesso em: jun 2009.

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.

POLYPLASTER. *ETEs – Estações de tratamento Compactas*. Disponível em: <<http://www.polyplaster.com.br/pdf/etes.pdf>>. Acesso em: jun 2009.

REVISTA H2O. *Estações de tratamento de esgotos precisam atender as leis e normas*. Disponível em: <<http://www.h2oagua.com.br/noticia.asp?noticia=627>>. Acesso em: jun 2009.

ROGALLA, F.; ROUDON, G.; SIBONY, J.; BLONDEAU, F. Minimising nuisances by covering compact sewage plants. *Water Science and Technology*. Grã-Bretanha. V. 25, n. 4-5, p.363-374.1992

SANEVIX ENGENHARIA. *Tratamento de esgoto – ETE Sanevix*. Disponível em: <<http://sanevix.com.br/interna/esgoto.htm>>. Acesso em: jun 2009.

SILVA, M.G.; WANKE, R.; SAN'ANA, T.D.C.; PEGORETTI, J.M.;GONÇALVES, R.F. Pequenas estações “ anaeróbio-aeróbio” de alta taxa para tratamento secundário de esgoto sanitário no Brasil. In: *XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental*. Cancun, 27-31 de outubro. Anais. México: AIDS. 2002.

UPTON, J.; GRENN, B. A successful strategy for small treatment plants. *Water Quality Internacional*, n. 4, p. 12-14. 1995.

VON SPERLING, MARCOS. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Princípios de tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 1. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005