

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DO
DESEMPENHO DO REATOR UASB DA ETE DO
MUNICÍPIO DE BOM JESUS DO AMPARO,
MINAS GERAIS**

Danilo Pessoa Viana

BELO HORIZONTE

2012

Danilo Pessoa Viana

**Avaliação do Projeto e do Desempenho do Reator UASB da
ETE do Município de Bom Jesus do Amparo, Minas Gerais**

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

Área de concentração: Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias.

Orientador: Cláudio Leite de Souza

RESUMO

Este trabalho avaliou o projeto e o desempenho de um Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente e Manta de lodo (UASB) integrante da estação de tratamento de esgoto doméstico do município de Bom Jesus do Amparo-MG. Para a análise do projeto, levantaram-se os principais parâmetros utilizados no projeto do reator UASB realizando uma comparação com os valores típicos reportados nas literaturas específicas, já para a análise de desempenho, avaliou-se os dados de monitoramento da operação da ETE. O projeto da ETE não considerou os elevados picos de vazões provindas das estações elevatórias, fato que contribuiu para que os principais parâmetros hidráulicos não atendessem as recomendações da literatura. Os resultados analisados comprovaram que mesmo o reator operando com picos de vazão muito superior a vazão de projeto, o desempenho referente à eficiência de remoção de matéria orgânica foi razoável com o esperado, e o lançamento do efluente UASB não está deteriorando a qualidade do corpo receptor em termos de oxigênio dissolvido e matéria orgânica.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	06
LISTA DE FIGURAS.....	07
LISTA DE TABELAS.....	08
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. <i>Objetivo Geral.....</i>	<i>12</i>
2.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>12</i>
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
3.1 - <i>Considerações sobre a realidade dos esgotos.....</i>	<i>13</i>
3.1.1 - <i>Alguns aspectos sobre a realidade no mundo e no Brasil.....</i>	<i>13</i>
3.1.2 - <i>Alguns aspectos sobre a realidade em Minas Gerais e em Bom Jesus do Amparo.....</i>	<i>13</i>
3.2 - <i>Padrões de qualidade dos corpos receptores e de lançamento de efluentes.....</i>	<i>14</i>
3.3 - <i>Características dos níveis do tratamento de esgotos.....</i>	<i>16</i>
3.4 - <i>Características físicas, biológica e química dos esgotos domésticos.....</i>	<i>16</i>
3.5 - <i>Utilização da tecnologia UASB.....</i>	<i>19</i>
3.6 - <i>Funcionamento do Reator UASB.....</i>	<i>19</i>
3.7 - <i>Produção de lodo no interior do reator UASB.....</i>	<i>20</i>
3.8 - <i>Eficiências de reatores UASB.....</i>	<i>21</i>
3.9 - <i>Parâmetros de projeto.....</i>	<i>23</i>
3.9.1 - <i>Tratamento preliminar.....</i>	<i>23</i>
3.9.2 - <i>Reator UASB.....</i>	<i>23</i>
3.9.3 - <i>Leito de secagem.....</i>	<i>27</i>
3.10 - <i>Pós tratamento de reator UASB.....</i>	<i>27</i>
3.11 - <i>Poluição de rios por matéria orgânica.....</i>	<i>28</i>
4. ESTUDO DE CASO.....	30
4.1 - <i>Estações elevatórias.....</i>	<i>31</i>
4.2 - <i>Tratamento preliminar.....</i>	<i>33</i>
4.3 - <i>Reator UASB.....</i>	<i>34</i>

4.3.1 – Avaliação do projeto do reator UASB.....	34
4.3.2 – Avaliação do desempenho do reator UASB.....	37
4.3.3 – Descarte do lodo excedente.....	47
4.3.4 – Pós tratamento do reator UASB.....	48
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	49
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO 01: Cópia do Parecer técnico DISAN nº 13295/2007.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento
CERH/MG – Conselho Estadual de Recurso Hídrico de Minas Gerais
CF – Coliformes Fecais
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM/MG – Conselho de Política Ambiental do estado de Minas Gerais
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DISAM – Divisão de Saneamento do estado de Minas Gerais
DQO – Demanda química de Oxigênio
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FBPA – Filtro Biológico Percolador Aberto
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
GESAM – Gerencia de Saneamento Ambiental do Estado de Minas Gerais
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadoria e Prestação de Serviços
hab. – Habitante
LI – Licença Ambiental de Instalação
LO – Licença Ambiental de Operação
LP – Licença Ambiental Previa
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
NMP – Número Mais Provável
OD – Oxigênio Dissolvido
OMS – Organização Mundial da Saúde
org. – Organismo
PMBJA – Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Amparo
PROSAB – Programa de Pesquisa de Saneamento Básico
DN – Diâmetro
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SST – Sólidos Suspensos Totais
ST – Sólidos Totais
UASB – Sigla em Inglês para Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente de Manta de Lodo

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Esquema de um separador trifásico, contendo principais elementos de projeto.....	26
Figura 3.2 – Perfil esquemático da concentração da matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido ao longo do percurso no curso d'água.....	29
Figura 4.1 – Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba.....	30
Figura 4.2 – Imagem parcial da área urbana com a localização de alguns itens que compõe o sistema de tratamento do município de Bom Jesus do Amparo.....	31
Figura 4.3 – Foto do tratamento preliminar da ETE de Bom Jesus do Amparo.....	33
Figura 4.4 – Foto do reator UASB e identificação de alguns detalhes.....	35
Figura 4.5 – Eficiência de remoção de DBO e DQO e limites da DN COPAM nº 01/2008.....	41
Figura 4.6 – Concentração de Sólidos Sedimentáveis no efluente e limite da DN COPAM nº 01/2008.....	42
Figura 4.7 – Concentração de Óleos e Graxas no efluente e limite da DN COPAM nº 01/2008.....	42
Figura 4.8 – Concentrações de Oxigênio Dissolvido do ribeirão Bom Jesus a montante e jusante do lançamento efluente ETE.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - População do estado de Minas Gerais, atendida por licenças ambientais em dezembro de 2010.....	13
Tabela 3.2 – Condição de lançamento de efluentes no estado de Minas Gerais, conforme a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008.....	15
Tabela 3.3 – Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos.....	16
Tabela 3.4 – Principais características físicas dos esgotos domésticos.....	17
Tabela 3.5 – Principais características químicas dos esgotos domésticos.....	18
Tabela 3.6 – Concentrações médias efluentes UASB e eficiência típicas de remoção dos principais poluentes presente nos esgotos domésticos.....	22
Tabela 3.7 – Recomendações de velocidades superficiais para o projeto de reatores UASB, tratando esgoto domésticos.....	25
Tabela 4.1 – Volumes uteis, tempo de enchimento, vazões geradas e vazão afluente ao reator UASB.....	32
Tabela 4.2 – Principais dados de projeto do reator UASB.....	34
Tabela 4.3 – Principais parâmetros de projetos calculados conforme dados da tabela 4.2.....	36
Tabela 4.4 – Condições hidráulicas e velocidades ascensionais do reator UASB, conforme vazões média e máxima.....	37
Tabela 4.5 – Velocidades do fluxo na abertura de passagem para o decantador, taxa de aplicação superficial e tempo de detenção hidráulico no compartimento de decantação, conforme vazão média e máxima.....	38
Tabela 4.6 – Plano de monitoramento da ETE e corpo receptor do município de Bom Jesus do Amparo.....	39
Tabela 4.7 – Resultados de DBO e DQO afluente e efluente do reator UASB e	

eficiências de remoção.....	40
Tabela 4.8 – Resultados de E.coli no efluente do reator UASB e datas das coletas.....	43
Tabela 4.9 – Resultados do pH efluente ao reator UASB e datas das coletas em campo.....	43
Tabela 4.10 – Resultados da qualidade do ribeirão Bom Jesus comparados com os limites da DN COPAM nº 01/08.....	44
Tabela 4.11 – Resultados de DBO do ribeirão Bom Jesus.....	45
Tabela 4.12 – Resultados de temperaturas do ribeirão Bom Jesus montante e jusante do ponto de lançamento do efluente ETE.....	46
Tabela 4.13 – Estimativa da produção de sólidos e produção volumétrica do reator UASB.....	47
Tabela 4.14 – Principais dimensões e informações do leito de secagem presente da ETE de Bom Jesus do Amparo.....	48

1. INTRODUÇÃO

A disposição adequada dos esgotos é essencial à proteção da saúde pública e do meio ambiente. Segundo a FUNASA (2007), sob o aspecto sanitário o destino adequado dos dejetos humanos visa, fundamentalmente, ao controle e à preservação de doenças, para isso soluções a serem adotadas terão os seguintes objetivos:

- Evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água.
- Evitar o contato de vetores com as fezes.
- Propiciar a promoção de novos hábitos higiênicos na população.
- Promover o conforto e atender ao senso estético.

Já sob os aspectos econômicos, os objetivos do destino adequado do esgoto sanitário são (FUNASA, 2007):

- Aumentar a vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doença.
- Diminuir as despesas com o tratamento de doenças evitáveis.
- Reduzir o custo do tratamento de água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais.
- Controlar a poluição das praias e locais de recreação com o objetivo de promover o turismo.
- Preservação da fauna aquática, especialmente os criadouros de peixes.

Atualmente existem diversos processos para tratamento dos esgotos domésticos, e a decisão pelo processo a ser empregado deve levar em consideração, principalmente, os limites dos padrões de qualidade do curso d'água receptor e padrões de lançamento de efluente, definidos pela legislação ambiental e as características do esgoto bruto gerado. Von Sperling (2005) cita que os aspectos importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisito de área, impactos ambientais, custo de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade. Cada sistema deve ser analisado

individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica mais viável para cada localidade.

Para que os sistemas de tratamento de esgoto tenham desempenho satisfatório são necessários que no dimensionamento das unidades sejam utilizados os principais critérios e parâmetros de projeto condizentes com as condições locais.

Este trabalho apresenta a avaliação do projeto e do desempenho do reator UASB, unidade de tratamento presente na Estação de Tratamento de Esgoto - ETE do município de Bom Jesus do Amparo, interior de Minas Gerais. Antes da descrição dessa ETE, primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, que fundamentou a avaliação realizada, a conclusão e as recomendações apresentadas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o projeto e o desempenho do reator UASB da ETE do município de Bom Jesus do Amparo.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar os principais parâmetros de projeto do reator UASB com os recomendados na literatura.
- Comparar resultados de monitoramento do afluente e efluente da ETE com dados de literatura e com a legislação estadual vigente.
- Avaliar as eficiências de remoção de alguns parâmetros como DBO, DQO, Sólidos Sedimentáveis e Óleos e Graxas.
- Avaliar o impacto do lançamento do efluente da ETE no curso d'água a partir da variação das concentrações de parâmetros como oxigênio dissolvido, DQO, DBO, E.coli, pH, turbidez e temperatura provindos de amostras coletadas a montante e jusante do ponto de lançamento.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Considerações sobre a realidade dos esgotos

3.1.1 - Alguns aspectos sobre a realidade no mundo e no Brasil

Segundo os dados preparados pela Organização Mundial da Saúde – OMS, publicados no ESTADÍSTICAS SANITARIAS MUNDIALES 2011, observa-se que no ano de 2008, 2600 milhões de pessoas não possuía acesso ao saneamento básico, que inclui mais de 1100 milhões de pessoas que não tinham banheiros ou instalações sanitárias de qualquer tipo.

Estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil, com base nas séries de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do período de 2003 a 2008, avaliou 81 cidades brasileiras com mais de 300 mil habitantes e revelou que neste período houve um avanço de 14,1% no tratamento de esgoto, mas que ainda são despejados no meio ambiente os esgotos sem tratamento de 64% da população brasileira, contaminando solos, rios, mananciais e praias do País, com impactos diretos a saúde da população.

3.1.2 - Alguns aspectos sobre a realidade em Minas Gerais e em Bom Jesus do Amparo

Considerando a população do estado de Minas Gerais que, em 2010, era atendida por sistemas de tratamento de esgoto com Licença de Operação (LO) e Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF), 41,64% dos mineiros possuía tratamento de esgoto (Tabela 01).

Tabela 3.1 - População do estado de Minas Gerais, atendida por Estações de Tratamento de Esgoto com licenças ambientais em dezembro de 2010.

	Tipos de licenças ambientais			
	LO	AAF	LP	LI
População atendida	37,43%	4,21%	15,82%	0,87%

Fonte: Adaptado de FEAM (2011).

Conforme FEAM/GESAM (2011) 13,59% dos municípios de Minas Gerais possui algum tipo de tratamento de esgoto, sendo que em Bom Jesus do Amparo 100% da população urbana é atendida com tratamento de esgoto com LO concedida pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) no ano de 2007, estando assim, habilitado conforme a Lei Robin Hood nº 18.030/2009, ao recebimento do ICMS ecológico, onde de abril de 2007 até fevereiro de 2012, foi transferido para o município de Bom Jesus do Amparo um total de R\$ 380.581,76 (dado adquirido no site da LEI ROBIN HOOD).

3.2 - Padrões de qualidade dos corpos receptores e de lançamento de efluentes

Conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357/2005 e a Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental do estado de Minas Gerais - COPAM/MG nº 01/2008, as águas são classificadas segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, e onde há lançamento de efluentes, os mesmos não poderão comprometer as características do seu enquadramento.

Segundo Barros *et al* (1995), além de determinar os padrões de qualidade dos corpos receptores, ambas as legislações apresentadas anteriormente e a CONAMA nº 430/2011, apresentam ainda padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água, fazendo com que um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento (Tabela 3.2), deve proporcionar condições tais no corpo receptor, de forma que a qualidade do mesmo se enquadre dentro dos padrões para corpos receptores.

Tabela 3.2 – Condição de lançamento de efluentes no estado de Minas Gerais, conforme a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

Condição de lançamento de efluentes de alguns parâmetros, conforme a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008	
Parâmetros	Condição de lançamento
	pH: 6,0 a 9,0
	Temperatura: Inferior a 40°C, não podendo exceder a 3°C no limite da zona de mistura.
	Materiais sedimentáveis: Até 1 mL/L, em teste de 1 hora em cone Imhoff, e virtualmente ausente quando o lançamento ocorrer em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula.
Óleos e graxas	<ul style="list-style-type: none"> Óleos minerais: Até 20 mg/L Óleos vegetais e gorduras animais: Até 50 mg/L
	Materiais Flutuantes: Ausente
	DBO: Até 60 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistema de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais.
	DQO: Até 180 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais.
	Substancias tensoativas que reagem com azul de metileno: até 2,0 mg/L de LAS, exceto para sistemas públicos de tratamento de esgotos sanitários.
	Sólidos em suspensão totais: até 100 mg/L, sendo 150 mg/L nos casos de lagoas de estabilização.
	Nitrogênio Amoniacal total: 20 mg/L N

3.3 - Características dos níveis do tratamento de esgotos

Segundo Barros *et al* (1995) as estações de tratamento de esgoto (ETE) têm como finalidade remover os poluentes dos esgotos, os quais viriam a causar uma deterioração da qualidade dos corpos d'água, onde o grau de remoção dos poluentes está associado a eficiência de tratamento e aos níveis de tratamento dos esgotos domésticos, os quais são mostrados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos.

Nível de tratamento	Principais poluentes removidos	Cumpre padrão de lançamento usuais?	Aplicação
Preliminar	- Sólidos grosseiros.	Não	- Montante de elevatórias. - Etapa inicial de todos processos de tratamento.
Primário	- sólidos sedimentáveis; - DBO em suspensão.	Não	- Tratamento parcial. - Etapa intermediária de tratamento mais completo.
Secundário	- sólidos não sedimentáveis; - DBO em suspensão fina; - DBO solúvel; - Eventualmente nutrientes; - Eventualmente patógenos.	Usualmente sim	- Tratamento mais completo (para remoção de matéria orgânica).

Fonte: Adaptado de von Sperling (2005).

3.4 - Características físicas, biológica e química dos esgotos domésticos

Os esgotos sanitários contêm, aproximadamente, 99,9% de água. O restante, 0,1%, é a fração que inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como os microorganismos (VON SPERLING, 2005). As tabelas 3.4 e 3.5 apresentam as principais características físicas, biológicas e químicas dos esgotos domésticos.

Tabela 3.4 – Principais características físicas dos esgotos domésticos.

Parâmetro	Descrição
Temperatura	<ul style="list-style-type: none">- Ligeiramente superior a da água de abastecimento;- Variação conforme as estações do ano;- Influencia na atividade microbiana;- Influência na solubilidade dos gases;- Influência na velocidade de reações químicas;- Influência na viscosidade de do líquido.
Cor	<ul style="list-style-type: none">- Esgoto fresco: ligeiramente cinza;- Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.
Odor	<ul style="list-style-type: none">- Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável;- Esgoto séptico: odor fedido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição.
Turbidez	<ul style="list-style-type: none">- Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão;- esgoto mais fresco ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.

Fonte: Adaptado de von Sperling (2005).

Von Sperling (2005) cita que os principais microrganismos presente nos esgotos domésticos de interesse na Engenharia Ambiental são: bactérias, arqueobactérias (archaea), algas, fungos, protozoários, vírus e helmintos.

Tabela 3.5 – Principais características químicas dos esgotos domésticos.

Parâmetro	Descrição
SÓLIDOS TOTAIS	<i>Orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Em suspensão</u> <ul style="list-style-type: none"> • Fixos • Voláteis • <u>Dissolvidos</u> <ul style="list-style-type: none"> • Fixos • Voláteis • <u>Sedimentáveis</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são retidos em filtros de papel com aberturas de dimensões padronizadas (0,45 a 2,0 µm). • Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão. • Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão. • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são retidos nos filtros de papel descritos acima. No teste laboratorial, englobam também os sólidos coloidais. • Componentes minerais dos sólidos dissolvidos. • Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação.
MATÉRIA ORGÂNICA	<i>Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios.</i>
<u>Determinação indireta</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • DBO₅ • DQO • DBO última 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20°C. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. • Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes (dicromato de potássio) em condições ácidas. • Demanda Última de Oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microrganismos para a oxidação bioquímica da matéria orgânica.
<u>Determinação direta</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • COT 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea. É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.
NITROGÊNIO TOTAL	<i>O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio orgânico • Amônia • Nitrito • Nitrato 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia. • Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico. • Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto. • Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.
FÓSFORO	<i>O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Fósforo orgânico • Fósforo inorgânico 	<ul style="list-style-type: none"> • Combinado à matéria orgânica. • Ortofosfato e polifosfatos.
pH	<i>Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o pH.</i>
ALCALINIDADE	<i>Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila.</i>
CLORETOS	<i>Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos.</i>
ÓLEOS E GRAXAS	<i>Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados nas comidas.</i>

Fonte: Von Sperling (2005).

3.5 - Utilização da tecnologia UASB

Os reatores anaeróbios do tipo UASB, segundo Von Sperling (2005), constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgoto no Brasil, devido às várias vantagens desta tecnologia, que simplifica o fluxograma da estação, sendo algumas delas:

- Baixo custo de implantação e operação.
- Reduzido consumo de energia.
- Baixíssima produção de lodo.
- Estabilização do lodo no próprio reator.

3.6 - Funcionamento do Reator UASB

O reator UASB não possui qualquer material de enchimento para servir de suporte para a biomassa. A imobilização dos microorganismos ocorre por meio de auto-adesão, formando flocos ou grânulos densos suspensos que se dispõem em camadas de lodo a partir do fundo do reator (PROSAB, 1999).

Segundo Chernicharo (2007), junto ao fundo do reator ocorre o desenvolvimento de um leito de lodo bastante concentrado, e acima deste leito, desenvolve-se uma zona de crescimento bacteriano mais disperso, denominada manta de lodo.

O esgoto entra no fundo do reator e se encontra com o leito de lodo, o que causa adsorção de grande parte da matéria orgânica pela biomassa, como resultado da atividade anaeróbia, são formados gases, os quais apresentam sentido ascendente onde são acumulados e coletados na parte superior do separador trifásico, podendo ser reaproveitado ou queimado (VON SPERLING, 2005).

Os reatores UASB desempenham o papel de digestão da parte sólida retida, daí resulta um lodo já bem estabilizado, requerendo, após o descarte do lodo em excesso, somente secagem. Portanto o UASB é ao mesmo tempo um decantador primário, um reator biológico, um decantador secundário e um digestor de lodo (PROSAB, 1999).

O princípio dos reatores UASB é dividir os subprodutos em três fases, sendo elas:

Fase líquida: é o efluente líquido que sai após o seu tratamento, com eficiência aproximada de 60% a 80% de remoção de DBO (VON SPERLING, 2005).

Fase gasosa: SOUZA *et al* (2011), após experimento, concluiu que cerca de 25% da DQO total afluente a um reator UASB tratando esgotos domésticos, foi convertida a metano e recuperada na condição de biogás captado pelo separador trifásico.

Fase sólida: é o lodo gerado no compartimento de digestão, cuja idade ou tempo de retenção é usualmente superior a 30 dias (CHERNICHARO, 2007).

3.7 - Produção de lodo no interior do reator UASB

O lodo produzido nas etapas biológicas de tratamento é denominado lodo biológico ou lodo secundário. Este lodo é a própria biomassa desenvolvida por causa do alimento fornecido pelo esgoto afluente. Caso a biomassa em excesso não seja removida, ela tende a se acumular no sistema, podendo eventualmente sair com o efluente final, deteriorando sua qualidade em termos de sólidos em suspensão e matéria orgânica. Sendo assim, é necessário o descarte do lodo excedente (ANDREOLI *et al*, 2001).

Segundo Chernicharo (2007), a estimativa da produção de lodo em reatores UASB pode ser feita pela seguinte equação:

$$\boxed{P_{\text{lodo}} = Y * C_{\text{DQO}}} \quad (3.1)$$

Onde:

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema (kgSST/d);

Y = coeficiente de sólidos no sistema (kgSST/kgDQO_{aplicada}), quando tratando esgotos domésticos é da ordem de 0,10 a 0,20 kgSST/kgDQO_{aplicada};

C_{DQO} = carga de DQO aplicada ao sistema (kgDQO/d).

Chernicharo (2007), ainda determina que a avaliação da produção volumétrica de lodo pode ser feita a partir da seguinte equação:

$$V_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo}} / (\text{ME} * C_{\text{lodo}}) \quad (3.2)$$

Onde:

V_{lodo} = produção volumétrica de lodo (m^3/d);

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema (kgSST/d);

ME = massa específica do lodo (kg/m^3), usualmente da ordem de 1020 a 1040 kg/m^3 ;

C_{lodo} = concentração do lodo (%), usualmente da ordem de 3 a 5%.

Segundo Von Sperling (2005), reatores anaeróbios do tipo UASB geram uma quantidade de lodo a ser tratado anualmente entre 70 a 220 L/habitante.

3.8 - Eficiências de reatores UASB

Chernicharo (2007) observou em resultados de monitoramento de dezesseis reatores UASB, que as eficiências de remoção de DQO e DBO são afetadas, de forma significativa, pelo tempo de detenção hidráulica do sistema, tendo variado de 40 a 80% para remoção de DQO e de 40 a 90% para remoção de DBO.

Estudo realizado por Oliveira e Von Sperling (2005), em 10 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) compostas de reatores UASB sem pós-tratamento, mostra que este tipo de sistema apresentou uma eficiência média de remoção das concentrações de DBO e DQO, de 72% e 59%, respectivamente.

A partir da eficiência esperada para o sistema, pode-se estimar a concentração de DQO e de DBO no efluente final, como a seguir (CHERNICHARO, 2007):

$$S = S_0 - (E * S_0) / 100 \quad (3.3)$$

na qual:

S = concentração de DQO ou de DBO efluente (mg/L);

S_0 = concentração de DQO ou de DBO afluente (mg/L);

E = eficiência de remoção de DQO ou de DBO (%).

No mesmo estudo realizado por Oliveira e Von Sperling (2005) citado anteriormente, 38% dos reatores UASB apresentaram concentrações médias efluentes de Coliformes Fecais (CF) dentro da faixa de valores reportados em literatura 10^6 org/100mL a 10^7 org/100mL (Von Sperling 2005) e 62% com concentrações médias efluentes de CF acima do valor máximo.

Na Tabela 3.6, são mostradas as concentrações médias efluentes e eficiências típicas de remoção de reator UASB para os principais poluentes de interesse nos esgotos domésticos.

Tabela 3.6 – Concentrações médias efluentes UASB e eficiências típicas de remoção dos principais poluentes presente nos esgotos domésticos.

Reator UASB				
Poluentes	Unidades da qualidade	Unidades da eficiência	Qualidade média do efluente	Eficiência média de remoção
DBO ₅	mg/L	%	70 – 100	60 – 75
DQO	mg/L	%	180 – 270	55 – 70
Sólidos Suspensos	mg/L	%	60 – 100	65 – 80
Amônia – N	mg/L	%	>15	<50
N total	mg/L	%	>20	<60
P total	mg/L	%	>4	<35
Coliformes Fecais - CF	NMP/100ml	%	$10^6 - 10^7$	~1

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

3.9 - Parâmetros de projeto

3.9.1 - Tratamento preliminar

Para o projeto das unidades que compõem o sistema de tratamento preliminar são feitas as seguintes recomendações:

- Para estações de pequeno porte: no gradeamento deve-se utilizar grada média com aberturas de 20 a 40 mm, seguida de grades finas com aberturas de 10 a 15 mm (CHERNICHARO, 2007).
- Deve ser prevista pelo menos a instalação de duas unidades de desarenação, onde uma irá operar normalmente e a outro estará em manutenção e/ou limpeza (NBR 12209/1992).
- Em desarenador de fluxo horizontal e seção retangular ou quadrada, o dimensionamento deverá considerar taxas de escoamento superficial máxima de $1000 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ (CHERNICHARO, 2007).

3.9.2 – Reator UASB

Conforme Chernicharo (2007) seguem os principais parâmetros de projeto para reatores UASB e algumas referências de valores:

- **Carga hidráulica volumétrica e tempo de detenção hidráulica:** A carga hidráulica volumétrica é o volume de esgoto aplicado diariamente ao reator, por unidade de volume do mesmo (equação 3.4), não podendo ultrapassar o valor de $5,0 \text{ m}^3/\text{m}^3\cdot\text{d}$. O tempo de detenção hidráulica é o inverso da carga hidráulica volumétrica (equação 3.5). Para reatores UASB tratando esgoto doméstico na faixa de temperatura em torno de 20°C , tem-se adotado tempos de detenção hidráulica da ordem de 8 a 10 horas, para vazão média.

$$\boxed{\text{CHV} = \text{Q} / \text{V}} \quad (3.4)$$

na qual:

CHV = carga hidráulica volumétrica ($\text{m}^3 / \text{m}^3 * \text{d}$);

Q = vazão (m^3 / d);

V = volume total do reator (m^3).

$$\boxed{t = 1 / \text{CHV}} \quad (3.5)$$

na qual:

t = tempo de detenção hidráulica (d);

CHV = carga hidráulica volumétrica ($\text{m}^3 / \text{m}^3 * \text{d}$).

- **Carga orgânica volumétrica:** massa de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator, por unidade de volume do mesmo (equação 3.6).

$$\boxed{C_v = (Q * S_0) / V} \quad (3.6)$$

na qual:

C_v = carga orgânica volumétrica ($\text{kgDQO} / \text{m}^3 * \text{d}$);

Q = vazão (m^3 / d);

S₀ = concentração de substrato afluente ($\text{kgDQO} / \text{m}^3$);

V = volume total do reator (m^3).

Em reatores UASB tratando esgotos domésticos, onde a concentração de matéria orgânica é geralmente menor que 1000 mgDQO/L, a carga orgânica volumétrica aplicada ao reator é da ordem de 2,5 a 3,5 kgDQO/ $\text{m}^3 * \text{d}$.

- **Velocidade superficial do fluxo ou velocidade ascensional:** relação entre a vazão afluente e a seção transversal do reator (equação 3.7). Para reatores UASB tratando esgotos domésticos recomendam-se as velocidades superficiais apresentadas na tabela 3.7.

$$\boxed{v = Q / A} \quad (3.7)$$

na qual:

v = velocidade superficial do fluxo (m/h);

Q = vazão (m³/h);

A = área da seção transversal do reator (m²).

Tabela 3.7 – Recomendações de velocidades superficiais para o projeto de reatores UASB, tratando esgotos domésticos.

	Velocidade superficial (m/h)
Vazão afluyente média	0,5 a 0,7
Vazão afluyente máxima	≤ 1,1

Fonte: Adaptado de Lettinga & Hushoff Pol, 1995 (apud Chernicharo, 2007).

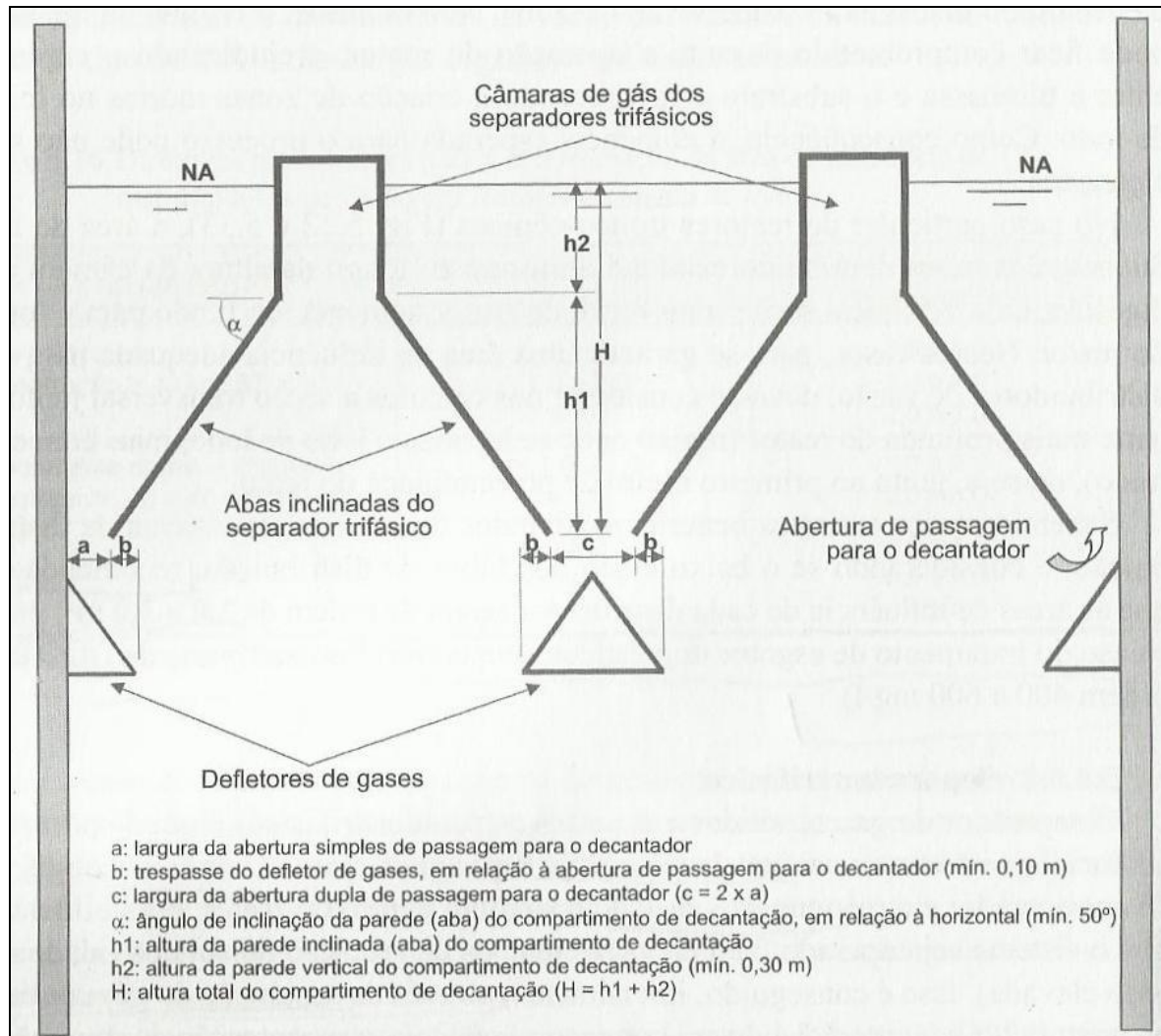
A velocidade superficial do fluxo apresenta-se como um importante fator interveniente no desempenho de um reator UASB. Versiani *et al.* (2005) avaliaram o desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais e observaram que velocidades superficiais relativamente baixas favoreceriam o desempenho da unidade, provavelmente devido a uma maior adsorção e captura de sólidos afluentes na manta de lodo. Velocidades ascensionais mais elevadas tenderiam a piorar a eficiência, provavelmente pelo aumento das forças de cisalhamento, desagregando os sólidos capturados.

- **Altura do reator:** tratando esgotos domésticos as velocidades ascensionais impostas ao sistema conduzem a reatores com o compartimento de digestão com altura entre 2,5 e 3,5 m, e o compartimento de decantação com altura entre 1,5 e 2,0 m, possuindo assim alturas uteis entre 4,0 e 5,0 m.

- **Sistema de distribuição do afluyente:** para que o afluyente seja distribuído uniformemente na parte inferior dos reatores, evitando os caminhos preferenciais através do compartimento de digestão, é necessário que ocorra a divisão equitativa da vazão afluyente através de compartimentos de distribuição e posteriormente encaminhada até o fundo do reator por tubos de distribuição, onde se recomenda, para o tratamento de esgotos domésticos, que as áreas de influencia de cada distribuidor sejam da ordem de 2,0 a 3,0 m².

- **Separador trifásico:** é um dispositivo instalado na parte superior do reator, que tem como objetivo principal a permanência do lodo anaeróbio dentro do reator, onde isso é conseguido inicialmente através da separação do gás contido na mistura líquida, contribuindo para uma

condição ótima de sedimentação no compartimento de decantação, onde o lodo pode ser separado da massa líquida e retornado para o compartimento de digestão. A figura 3.2 ilustra o esquema de um separador trifásico, contendo os principais elementos que devem ser detalhados em projetos, sendo eles: defletores de gases, abertura de passagem para o decantador e câmaras de gases.



Fonte: Chernicharo (2007).

Figura 3.1 - Esquema de um separador trifásico, contendo principais elementos de projeto.

No compartimento de decantação, a taxa de aplicação superficial deve ser menor ou igual 0,8 m/h para vazão média e menor ou igual a 1,2 m/h para vazão máxima, já o tempo de detenção hidráulica deve ser maior ou igual a 1,5 h para vazão média e maior ou igual a 1,0 h para vazão máxima.

A velocidade do fluxo na abertura de passagem para o decantador deve ser menor ou igual 2,5 m/h para vazão média e menor igual a 4,0 m/h para vazão máxima, e a sua determinação é feita por meio da equação 3.8.

$$v_{ab} = Q / A_{ab} \quad (3.8)$$

na qual:

v_{ab} = velocidade através da abertura de passagem para o decantador (m/h);

Q = vazão (m³/h);

A_{ab} = área livre da abertura de passagem para o decantador (m²).

Em reatores UASB convencionais, a ocorrência de grandes variações de vazões afluentes pode causar grandes velocidades ascensionais, particularmente nas aberturas para os compartimentos de decantação (CHERNICHARO & CARDOSO, 1999).

3.9.3 – Leito de secagem

Para projetos de leitos de secagem, onde ocorrem processos naturais de desidratação do lodo, a Norma Brasileira (NBR 12209) recomenda:

- deve ser empregado apenas para lodos estabilizados;
- a área total do leito deve ser dividida em pelo menos duas unidades;
- a taxa nominal de aplicação de sólidos deve ser menor ou igual a 15 kgST/m² de leito, em cada ciclo de operação.

3.10 – Pós tratamento de reator UASB

O efluente de reatores anaeróbios dificilmente atende aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira. Sendo de grande importância o pós-tratamento dos efluentes dos reatores anaeróbios, como uma forma de adequar o efluente tratado aos requisitos da

legislação ambiental e propiciar a proteção dos corpos d'água receptores dos lançamentos dos esgotos (PROSAB 2001).

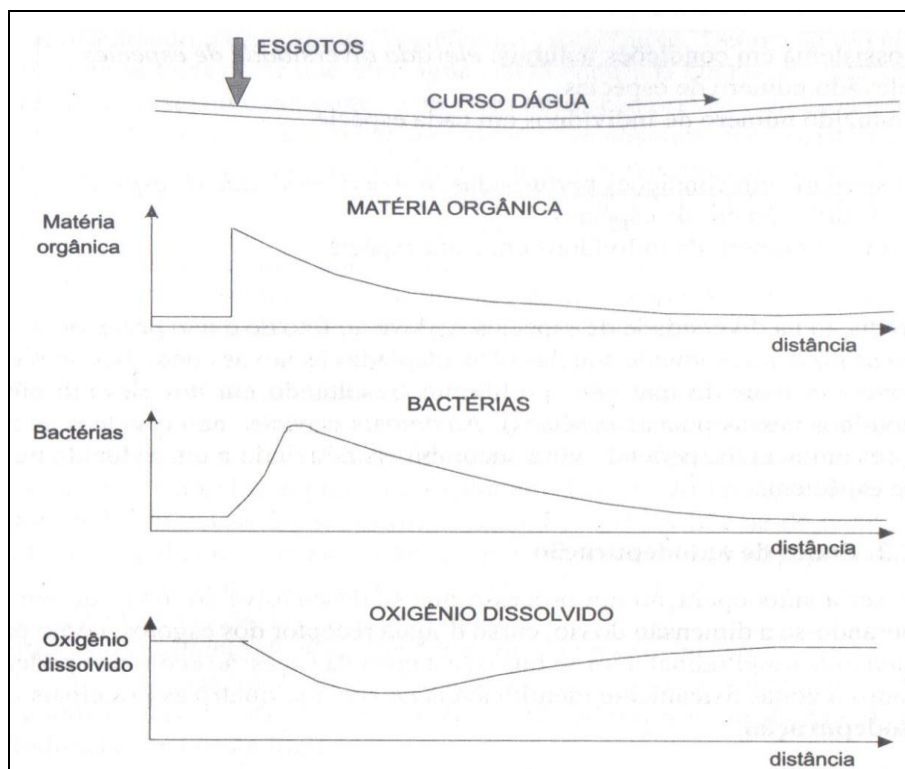
O principal objetivo do pós-tratamento é o de completar a remoção da matéria orgânica e remover constituintes que são pouco afetados pelo tratamento anaeróbio, como os nutrientes (N e P) e os organismos patogênicos (CERNICARO 2007).

Von Sperling (2005) mostra que reator UASB seguido de pós tratamento do tipo escoamento superficial a eficiência de remoção de DBO é da ordem de 77 a 90%, sendo superior a faixa de eficiência alcançada operando sem pós tratamento (60 a 75%).

3.11 – Poluição de rios por matéria orgânica

Segundo Von Sperling (2007), em termos ecológicos, a repercussão mais nociva da poluição de um corpo d'água por matéria orgânica é a queda nos níveis de oxigênio dissolvido, conforme o disposto, as concentrações de oxigênio dissolvido a montante e jusante do ponto de lançamento dão para inferir se as comunidades aquáticas presentes no corpo receptor estão sofrendo algum impacto ambiental.

A Figura 3.3 apresenta o perfil esquemático da concentração da matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido ao longo do percurso no curso d'água.



Fonte: Von Sperling (2007).

Figura 3.2 – Perfil esquemático da concentração da matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido ao longo do percurso no curso d'água.

4. ESTUDO DE CASO

O município de Bom Jesus do Amparo está situado a 69 km de Belo Horizonte. Localizado na parte centro-leste de Minas Gerais, nas coordenadas 19°41'27" de latitude e 43°28'31" de longitude. Seu território ocupa uma área de 196 km² e faz limites com os municípios de Nova União, Caeté, São Gonçalo do Rio Abaixo, Itabira e Barão de Cocais. A população é predominantemente rural, dos 5.491 habitantes, 2.979 localizam-se na zona rural e 2.516 na urbana (IBGE 2010). A rede hidrográfica pertence à bacia do rio Doce e é formada pela sub-bacia do rio Piracicaba (Figura 4.1), tendo como tributários os ribeirões São João, Machados e Carretão.

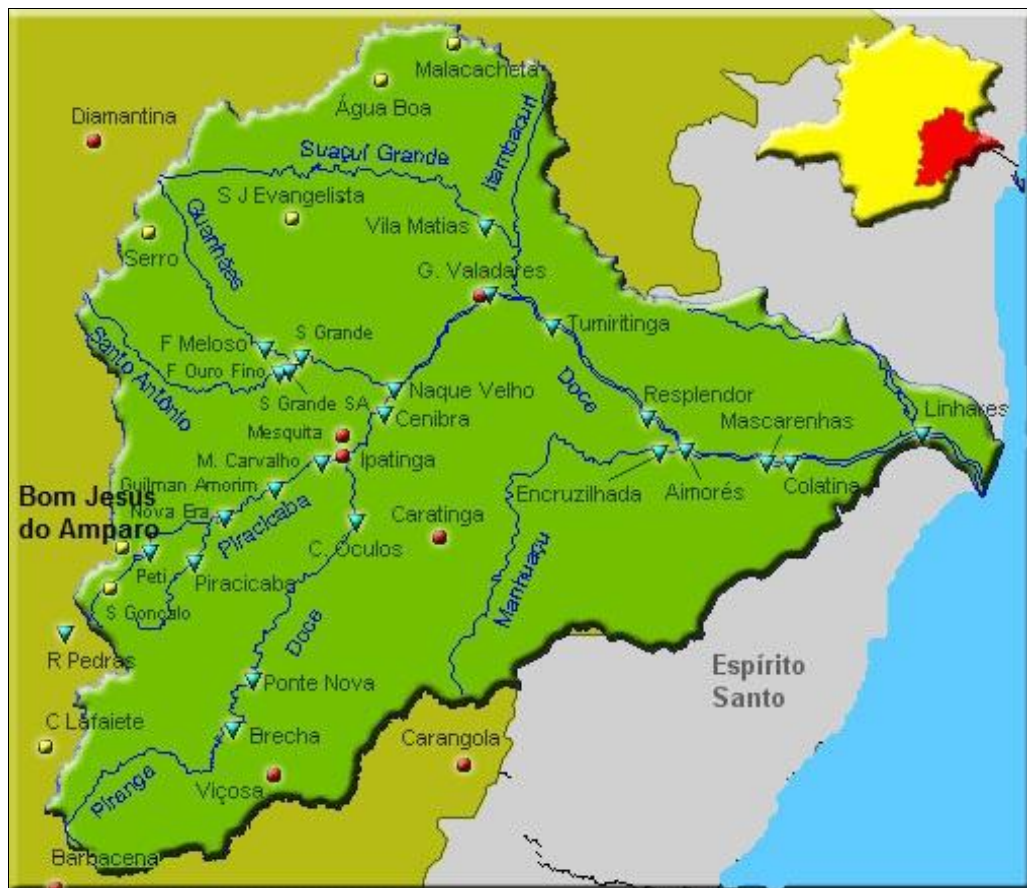


Figura 4.1: Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba

O sistema de tratamento de esgoto sanitário do município citado é composto de rede coletora em PVC com diâmetro de 150 mm, duas estações elevatórias, tratamento preliminar, um reator anaeróbio de fluxo ascendente e de manta de lodo (UASB) e um leito de secagem de

lodo, sendo a Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Amparo (PMBJA) a responsável pela operação. O lançamento do efluente é realizado no ribeirão Bom Jesus, que segundo o parecer técnico DISAN nº 13295/2007 (Anexo 01) se enquadra na classe 2.



Figura 4.2: Imagem parcial da área urbana com a localização de alguns itens que compõe o sistema de esgotamento sanitário do município de Bom Jesus do Amparo.

4.1 – Estações elevatórias

Os emissários de esgoto por gravidade atingiam a área de ETE em cotas inferiores a do tratamento preliminar e do reator UASB, portanto as duas estações elevatórias, presentes no fluxograma do sistema de tratamento, realizam o bombeamento do esgoto para cotas mais altas. As estações elevatórias foram utilizadas para medição da vazão de esgoto gerado, onde os volumes úteis das estações foram estabelecidos através de medições no local. Os tempos de enchimento destes volumes foram mensurados pelo operador da ETE com uma frequência de 3 vezes por dia, sendo a primeira na parte da manhã (~ 08:00 h), a segunda na hora do almoço (~ 11:00 h) e a ultima na parte da tarde (~ 16:00 h). Conhecendo estas duas variáveis, é possível calcular a vazão de esgoto que é gerada no município de Bom Jesus do Amparo, através da equação 4.1.

$$Q = V / t \quad (4.1)$$

na qual:

Q = vazão (m^3 / s);

V = volume útil da estação elevatória (m^3);

t = tempo de enchimento do volume útil da estação elevatória (s).

Após o bombeamento, o esgoto doméstico flui pelo tratamento preliminar (gradeamento e desarenador) onde a jusante possui uma Calha Parshall com 15,2 cm de garganta, que é utilizada para medição da altura da lâmina d'água e, conseqüentemente, a medição da vazão afluente ao reator UASB através da equação 4.2.

$$Q = 0,381 * h_a^{1,58} \quad (4.2)$$

na qual:

Q = vazão (m^3 / s);

h_a = altura da lâmina d'água medido no Calha Parshall (m).

A Tabela 4.1 apresenta os volumes uteis, os tempos de enchimento, as vazões geradas e as vazões afluente ao reator UASB. As vazões médias e máximas afluente ao reator foram determinadas através de análise de todos dados de vazão coletados no período, utilizando as estatísticas básicas (média e máxima). Os dados foram coletados entre os meses de setembro e novembro de 2011.

Tabela 4.1 – Volumes uteis, tempo de enchimento, vazões geradas e vazão afluente ao reator UASB.

<i>Estação Elevatória 01</i>	Volume Útil (m^3)	0,57
	Tempo médio de enchimento (segundos)	777,00
	Vazão média (L/s)	0,73
<i>Estação Elevatória 02</i>	Volume Útil (m^3)	3,77
	Tempo médio de enchimento (segundos)	834,00
	Vazão média (L/s)	4,53
Vazão média total gerada – Estações Elevatórias 01 e 02 (L/s)		5,26
Vazão média afluente ao UASB – Calha Parshall (L/s)		8,55
Vazão máxima afluente ao UASB – Calha Parshall (L/s)		27,86

Em geral, quando se deseja projetar sistemas de esgotos sanitários, recomenda-se que as variações de vazão sejam cuidadosamente avaliadas, através de dados de campo ou de dados de áreas com características semelhantes à desejada, ao invés de adotarem-se dados clássicos da literatura (OLIVA, 1997).

4.2 – Tratamento preliminar

O tratamento preliminar da ETE está localizado a jusante das estações elevatórias sendo composto de grades com espaçamento entre as barras de 3,5cm, as quais têm como objetivo a remoção de sólidos maiores, e dois canais idênticos de desarenação de limpeza manual para remoção da areia, que é inspecionado diariamente. Os sólidos são removidos periodicamente em caçambas para posteriormente serem dispostos em aterro controlado.



Figura 4.3 – Foto do tratamento preliminar da ETE de Bom Jesus do Amparo.

A área em planta de cada canal do desarenador é de 1,26 m² (0,45m * 2,8m). Conforme Tabela 4.1, a vazão máxima afluyente é de 27,86 L/s, onde a taxa de escoamento superficial máxima é de 1910,40 m³/m²*d, estando acima do recomendado (1000 m³/m²*d).

Sendo 5,26 L/s a vazão de esgoto gerada e considerando que a proporção de areia presente no esgoto é de 3*10⁻⁵ m³/m³ de esgoto, o volume médio diário de areia gerado é de 0,014 m³/dia, sendo o volume de armazenamento de lodo igual a 0,2268 m³, o reservatório se preencheria em um período de 16 dias. Para que a areia já sedimentada não seja arrastada por picos de vazões é recomendado uma frequência de cinco em cinco dias para limpeza do canal de desarenação.

4.3 – Reator UASB

Após o esgoto passar pelo tratamento preliminar, ele chega ao reator UASB que foi submetido a duas condições de avaliação, uma delas é a avaliação do projeto levando em consideração os parâmetros adotados para o dimensionamento da unidade, a outra é avaliação do desempenho onde são analisados os dados de monitoramento da operação da ETE. Vale destacar que as análises foram realizadas sem saber como funciona exatamente a alimentação do reator, pois não foi possível determinar os tempo continuo das vazões média e máxima.

4.3.1 – Avaliação do projeto do reator UASB

A Tabela 4.2 apresenta os principais dados de projeto e a Figura 4.4 contem foto do reator UASB com identificação de alguns pontos de interesse.

Tabela 4.2 – Principais dados de projeto do reator UASB.

Dados de Projeto – Reator UASB	
População de final de plano para o ano de 2021 (habitante)	3826
Contribuição per capita de esgoto (L/d*habitante)	158,5
Vazão total média de projeto (L/s)	7,02

Tabela 4.2 – Principais dados de projeto do reator UASB (continuação).

Concentração de DBO afluente estimada (mg/L)	340
Concentração de DQO afluente estimada (mg/L)	612
Tempo de Detenção Hidráulica – TDH estimado (horas)	9
Eficiência de remoção de carga orgânica em termos de DQO estimada (%)	70
Diâmetro interno do reator UASB (m)	8,00
Área da seção transversal do reator UASB (m ²)	50,3
Altura do reator UASB (compartimento de digestão e decantação) (m)	4,50
Volume do reator UASB (m ³)	227
Número de distribuidores do afluente UASB (und.)	16
Área de influencia de cada distribuidor (m ²)	3,14
Área livre da abertura de passagem para o decantador (m ²)	11,56
Inclinação das paredes do compartimento de decantação em relação a horizontal (°)	45
Área superficial do compartimento de decantação (m ²)	40,7
Volume do compartimento de decantação (m ³)	54,5



Figura 4.4 – Foto do reator UASB e identificação de alguns pontos de interesse.

A Tabela 4.3 apresenta os principais parâmetros de projetos calculados a partir dos dados da Tabela 4.2.

Tabela 4.3 – Principais parâmetros de projetos calculados conforme dados da tabela 4.2.

Parâmetro de projeto do reator UASB	Calculados	Faixa recomendada
Carga hidráulica volumétrica (m^3/m^3*d)	2,67	$\leq 5,0$
Carga orgânica volumétrica (kg DQO/ m^3*d)	1,63	2,5 a 3,5
Velocidade ascensional (m/h)	0,50	0,5 a 0,7

Conforme os parâmetros de projetos calculados e apresentados na Tabela 4.3, temos que a carga hidráulica volumétrica e a velocidade ascensional do fluxo, estão dentro das faixas recomendadas, já a carga orgânica volumétrica esta abaixo da faixa esperada.

- Sistema de distribuição de vazão e altura do reator

Em primeiro instante ocorre a divisão equitativa da vazão afluente através do compartimento de distribuição, localizado na parte superior do reator, contendo 16 distribuidores, onde através de tubos, o afluente é distribuído uniformemente na parte inferior do reator UASB. A área de influencia de cada tubo distribuidor ($3,14 m^2$) está ligeiramente acima da faixa recomendada para tratamento de esgotos domésticos (2,0 a $3,0 m^2$). A altura do reator encontra-se dentro da faixa recomendada para tratamento de esgotos domésticos (4,0 e 5,0 m).

- Separador trifásico

A configuração do separador trifásico está obedecendo as recomendações apresentadas na Figura 3.8, onde a velocidade do fluxo na abertura de passagem para o decantador, a taxa de aplicação superficial e o tempo de detenção hidráulica no compartimento de decantação para a vazão média de projeto, são respectivamente 2,2 m/h, 0,62 m/h e 2,16 h, estando assim dentro dos valores recomendados na revisão da literatura.

4.3.2 – Avaliação do desempenho do reator UASB

Para realizar a avaliação do desempenho do reator UASB, foram analisadas tanto as condições hidráulicas em que o reator se encontra com as vazões médias e máximas, quanto os resultados do monitoramento da ETE, onde as concentrações efluente e as eficiências de remoção de alguns constituintes são comparados com os valores típicos reportados na revisão da literatura, avaliando também o percentual de atendimento ao padrão de lançamento estabelecido na legislação estadual.

As condições hidráulicas e velocidades ascensionais que o reator UASB se encontra conforme as vazões média e máxima estão apresentadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Condições hidráulicas e velocidades ascensionais do reator UASB, conforme vazões média e máxima.

Parâmetros	Q_{média} = 8,55 L/s	Q_{máxima} = 27,86 L/s
Carga hidráulica volumétrica (m ³ /m ³ *d)	3,25	10,60
Tempo de detenção hidráulica (h)	7,4	2,3
Velocidade superficial do fluxo ou velocidade ascensional (m/h)	0,61	1,99

A carga hidráulica volumétrica para vazão média está dentro da faixa recomendada ($\leq 5,0$ m³/m³*d), já para a vazão máxima não atende a recomendação.

O tempo de detenção hidráulica para vazão média e máxima não atendeu a recomendação (entre 8 e 10 h).

A velocidade ascensional atendeu a recomendação para a vazão média (0,5 a 0,7 m/h), já para a vazão máxima ficou superior ao recomendado ($\leq 1,1$ m/h).

- Carga orgânica volumétrica

Conforme dados de monitoramento, a vazão média de esgoto gerado é de 5,26 L/s e a concentração média de DQO afluente ao reator UASB é 689 mg/L, onde a carga orgânica volumétrica média aplicada diariamente é de 1,38 kgDQO/m³*d, estando assim abaixo da faixa recomendada (entre 2,5 a 3,5 kgDQO/m³*d).

- Separador trifásico

A Tabela 4.5 apresenta a velocidade do fluxo na abertura de passagem para o decantador, a taxa de aplicação superficial e o tempo de detenção hidráulica no compartimento de decantação quando o reator esta submetido as vazões afluentes reais.

Tabela 4.5 – Velocidades do fluxo na abertura de passagem para o decantador, taxa de aplicação superficial e tempo de detenção hidráulico no compartimento de decantação, conforme vazão média e máxima.

Parâmetros	Q _{média} = 8,55 L/s	Q _{máxima} = 27,86 L/s
Velocidade através da abertura de passagem para o decantador (m/h)	2,66	8,68
Taxa de aplicação superficial no compartimento de decantação (m ³ /m ² *h)	0,76	2,46
Tempo de detenção hidráulico no compartimento de decantação (h)	1,77	0,54

Pelo fato das elevadas variações da vazão afluente ao reator, a velocidade do fluxo através da abertura de passagem para o decantador, não foi satisfatória tanto para a vazão média quanto para vazão máxima (Faixa recomendada: menor igual 2,5 m/h para vazão média e menor igual a 4,0 m/h para vazão máxima).

A taxa de aplicação superficial e tempo de detenção hidráulica no compartimento de decantação apresentaram valores condizentes com o reportado na literatura para vazão média, mas não para a vazão máxima.

- Sistema de distribuição de vazão

Em vistoria realizada neste sistema, foi observado que 04 tubos dos 16, estão desconectado dos distribuidores, contribuindo para que a vazão não seja distribuída uniformemente no fundo do reator e, conseqüentemente, um aumento da área de influência de cada tubo para 4,19m², contribuindo para que a área de influencia de cada tubo seja maior ainda do que a faixa recomendada (2,0 a 3,0 m²).

- Resultados do monitoramento

A PMBJA, em atendimento às condicionantes da licença ambiental de operação, realiza o programa de monitoramento, conforme Tabela 4.6, proposto pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), tanto para acompanhar a operação da ETE, quanto para avaliar a qualidade da água do corpo receptor após lançamento do efluente.

Tabela 4.6 – Plano de monitoramento da ETE e corpo receptor do município de Bom Jesus do Amparo.

PARÂMETROS	ETE		CORPO RECEPTOR	
	Afluyente	Efluente	Montante	Jusante
DBO	B	B	B	B
DQO	B	B	B	B
E.coli	-	B	B	B
Fósforo total	-	S	S	S
Nitrogênio amoniacal	-	S	S	S
OD	-	-	B	B
Óleos e graxas	S	S	S	S
pH	-	B	B	B
Sólidos sedimentáveis	B	B	-	-
Substancias tensoativas	S	S	S	S
Turbidez	-	B	B	B
Temperatura		B	B	B
Vazão media diária	M	-	-	-

Frequência de amostragem: S-Semestral, M-Mensal e B-Bimestral

Fonte: Parecer Técnico DISAM nº 13295/2007.

O plano de monitoramento proposto não foi realizado conforme o estabelecido pelo órgão ambiental de 2007 até o final de 2010, após este período a situação se normalizou, possuindo na PMBJA dados de monitoramento de 11 meses concentrados entre o ano de 2007 e 2011.

- Resultados de DBO e DQO

Conforme Tabela 4.7, observa-se que 9 resultados (81,8%) da concentração da DBO efluente ao reator UASB ficou acima do limite superior da faixa típica (100mg/L), já as concentrações de DQO, 10 resultados (90,9%) apresentou abaixo do limite superior da faixa típica (270mg/L).

Os resultados da data 26/03/2011, tem origem de amostras simples, ou seja, amostra tomada num determinado instante de tempo, constituída por uma única porção, não levando em consideração a variabilidade das concentrações ao longo do tempo, fato pelo qual a eficiência de remoção de DBO apresentou negativa, fato pelo qual os resultados a partir desta data provem de amostras compostas.

Tabela 4.7 – Resultados de DBO e DQO afluente e efluente do reator UASB e eficiências de remoção.

Data da coleta	DBO (mg/L)		Eficiência de remoção de DBO (%)	DQO (mg/L)		Eficiência de remoção de DQO (%)
	Afluente	Efluente		Afluente	Efluente	
23/05/2007	540	270	50,00	878	221	74,83
02/10/2007	630	340	46,03	953	518,5	45,59
27/03/2008	230	180	21,74	225	132	41,33
11/06/2008	320	90	71,88	578	132	77,16
27/08/2008	462,35	112,01	75,77	873	212	75,72
29/08/2008	810	220	72,84	468	223	52,35
24/08/2010	532	113	78,76	1069	127	88,12
19/01/2011	349	163	53,30	515	269	47,77
26/03/2011	64,3	66,9	-4,04	894	283	68,34
20/05/2011	350	120	65,71	508	175	65,55
19/07/2011	370	135	63,51	617	213	65,48

Na Figura 4.5 que contem informações da Tabela 4.7 comparadas com o limite do padrão de eficiência presente na DN COPAM nº01/2008, 7 resultados (63,6%) da eficiência de remoção de DQO e 6 resultados (54,5%) da eficiência de remoção de DBO atenderam o padrão estabelecido, apresentando um percentual de atendimento razoável, podendo ser maior com a implantação de um pós tratamento.

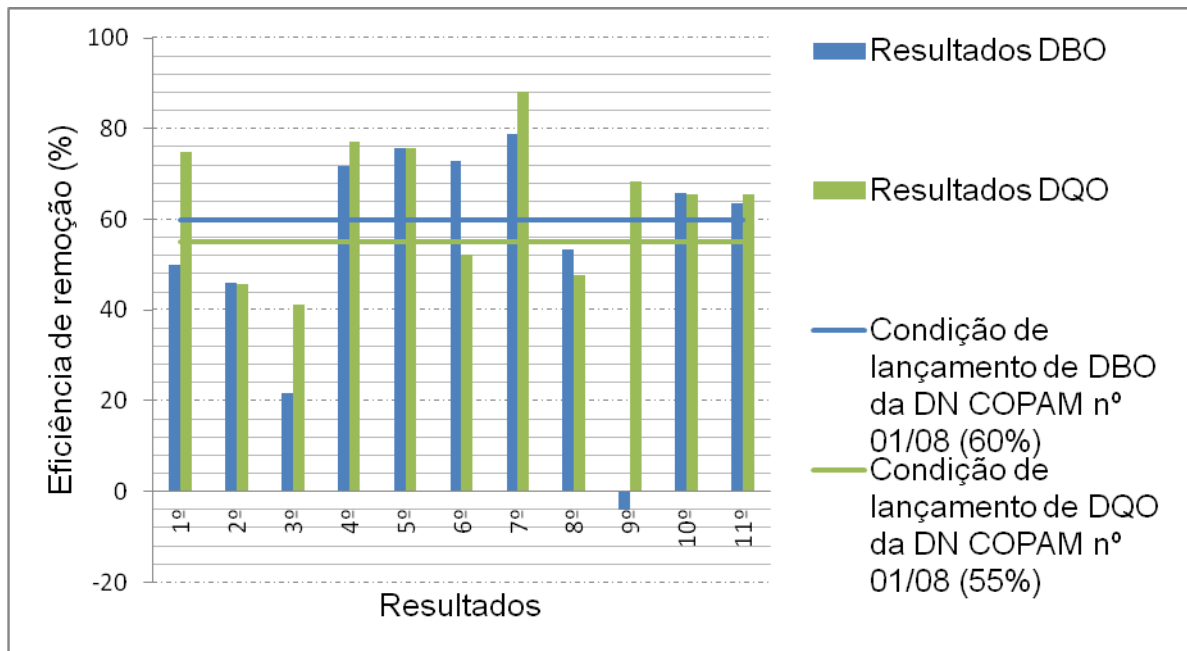


Figura 4.5 – Eficiência de remoção de DBO e DQO e limites da DN COPAM nº 01/2008.

- Resultados de Sólidos Sedimentáveis

Para os parâmetros Sólidos Sedimentáveis (Figura 4.6) somente os dois últimos resultados apresentaram não conformidade com o limite de lançamento (1,0 mL/L). Juntamente com este parâmetro foi analisado o período de descarga do lodo do reator UASB e foi observado que as duas últimas descargas da biomassa em excesso no reator foram realizadas respectivamente entre o 7º e 8º e após a 11º resultado, fato pelo qual é possível levantar a hipótese que o reator estava saturado de sólidos, acarretando em concentração maior de sólidos no efluente.

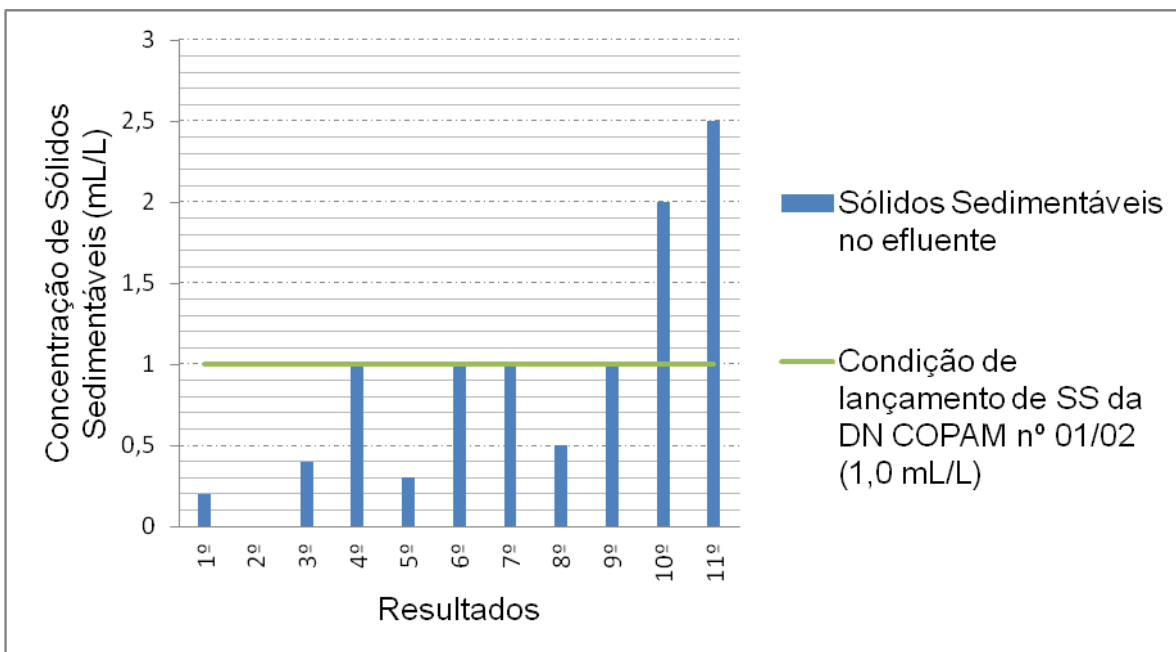


Figura 4.6 – Concentração de Sólidos Sedimentáveis no efluente e limite da DN COPAM nº 01/2008.

- Resultados de Óleos e Graxas

Como a frequência de monitoramento do parâmetro óleos e graxas é semestral, os dados presente na PMBJA é de 5 coletas, onde 100% dos resultados atenderam a condição de lançamento estabelecida pela legislação estadual (Figura 4.7).

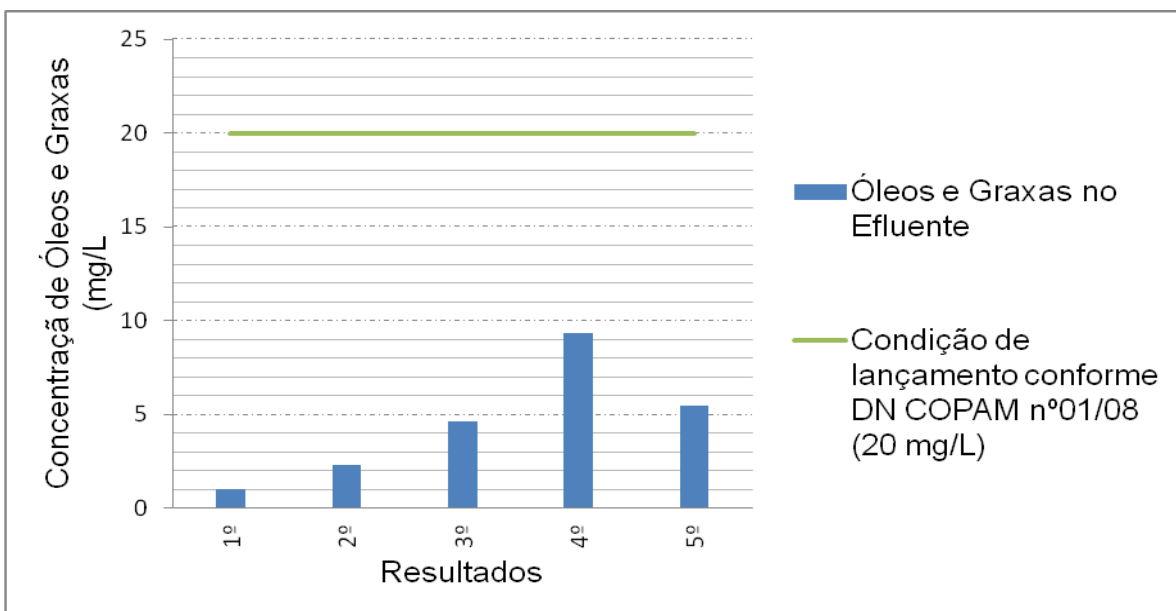


Figura 4.7 – Concentração de Óleos e Graxas no efluente e limite da DN COPAM nº 01/2008.

- Resultados de E.coli

Analisando 8 resultados de E.coli presente no efluente do UASB, Tabela 4.8, a média das concentrações é de $1,06 \cdot 10^7$, estando em acordo com a faixa típica ($10^6 - 10^7$ NMP/100ml) reportado na revisão da literatura.

Tabela 4.8 – Resultados de E.coli no efluente do reator UASB e datas das coletas.

Data das coletas	Efluente UASB (NMP/100ml)
11/06/2008	$1,00 \cdot 10^7$
27/08/2008	$1,10 \cdot 10^7$
29/08/2008	$7,90 \cdot 10^6$
24/08/2010	$2,40 \cdot 10^7$
19/01/2011	$6,10 \cdot 10^6$
26/03/2011	$1,10 \cdot 10^7$
20/05/2011	$3,50 \cdot 10^6$
19/07/2011	$1,10 \cdot 10^7$

- Resultados de pH

Conforme tabela 4.9, 9 (90%) dos resultados do pH afluente ao reator manteve-se na faixa entre 6,80 e 7,60, cujo intervalo está de acordo com Lettinga *et al.* (1996), citado por Chernicharo (2007).

Tabela 4.9 – Resultados do pH efluente ao reator UASB e datas das coletas em campo.

Data das coletas	pH efluente ao UASB
23/05/2007	6,71
02/10/2010	7,00
27/03/2008	6,88
11/06/2008	6,81
27/08/2008	6,99
24/08/2010	7,09

Tabela 4.9 – Resultados do pH efluente ao reator UASB e datas das coletas em campo (continuação).

Data das coletas	pH efluente ao UASB
19/01/2011	7,60
26/03/2011	6,94
20/05/2011	6,46*
19/07/2011	7,12

*Resultado fora do intervalo estabelecido

- Resultados do corpo receptor

A partir da média de 10 resultados concentrados entre 23/05/2007 e 19/07/2011, a Tabela 4.10 apresenta os resultados médios de alguns parâmetros de qualidade do ribeirão Bom Jesus, provindos de amostras coletadas a montante e jusante do ponto de lançamento do esgoto tratado.

Tabela 4.10 – Resultados da qualidade do ribeirão Bom Jesus comparados com os limites da DN COPAM nº 01/08.

Parâmetros	Valores Médios		Limites da DN COPAM nº 01/08 para águas doce de classe 2
	Montante do lançamento	Jusante do lançamento	
DBO (mg/L)	11,73 *	10,91 *	< 5
E.coli (NMP/100ml)	1,98 x 10 ⁴ *	1,37 x 10 ⁵ *	1000
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,36	7,05	> 5
pH	7,62	7,37	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	8,31	8,70	< 100

* Valores superiores aos limites estabelecidos.

Dos resultados de DBO analisados, um apresentou concentração muito mais elevada que os restantes (Tabela 4.11), fato pelo qual a concentração média de DBO apresentou acima do limite estabelecido pela DN COPAM nº01/2008, onde é possível levantar a hipótese, que no

dia 24/08/2010 houve um lançamento de esgoto sem tratamento no ribeirão, originado da estação elevatória situada a montante dos pontos das coletas.

Tabela 4.11 – Resultados de DBO do ribeirão Bom Jesus.

Data	DBO do Ribeirão Bom Jesus (mg/L)	
	Montante do ponto de lançamento	Jusante do ponto de lançamento
23/05/2007	1,20	0,70
02/10/2007		1,40
27/03/2008	1,70	2,10
11/06/2008	0,10	1,20
27/08/2008	1,70	2,30
29/10/2008	3,20	1,20
24/08/2010*	106,00	101,00
19/01/2011	0,98	5,15
23/03/2011	1,22	2,07
20/05/2011	0,38	2,41

*Data em que houve um possível lançamento de esgoto sem tratamento no Ribeirão Bom Jesus.

Não foi possível realizar o cálculo da temperatura na zona de mistura, pois não existe um monitoramento da vazão do corpo receptor. As temperaturas a montante e jusante do ponto de lançamento são apresentadas na Tabela 4.12. Em 100% das medições não houve uma variação superior a 3°C.

Tabela 4.12 – Resultados de temperaturas do ribeirão Bom Jesus a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente ETE.

Data da medição	Temperatura do ribeirão Bom Jesus (°C)		Variação de temperatura montante e jusante (°C)
	Montante	Jusante	
27/03/2008	19,2	19,1	0,1
11/06/2008	17,9	17,9	0
27/08/2008	14,9	14,9	0
29/10/2008	18,3	18	0,3
24/08/2010	12	12	0
19/01/2011	26,3	26,1	0,2
23/03/2011	21,6	21,5	0,1
20/05/2011	17,3	18,9	-1,6
19/07/2011	14	14	0

Os resultados de oxigênio dissolvido a montante e jusante do ponto de lançamento apresentam duas series de dados que tendem a seguir uma trajetória similar (Figura 4.8), isto é, os períodos de picos e de depressão tendem a coincidir, podendo inferir que o lançamento do efluente UASB não está contribuindo para que ocorra queda nos níveis de oxigênio dissolvido no ribeirão Bom Jesus.

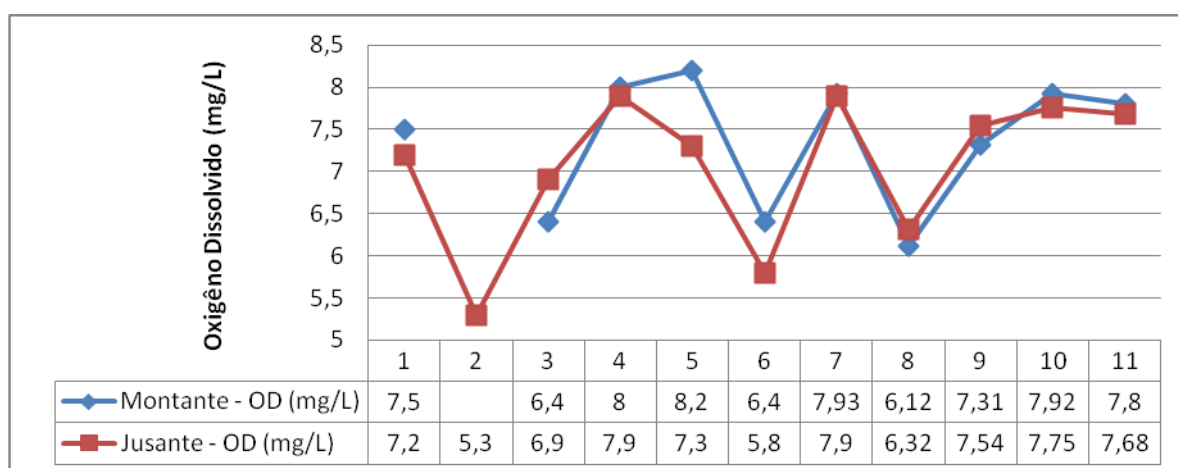


Figura 4.8 – Concentrações de Oxigênio Dissolvido do ribeirão Bom Jesus a montante e jusante do lançamento do efluente da ETE.

4.3.3 – Descarte do lodo excedente

Na ETE em estudo, o descarte do lodo excedente é realizado em intervalos de seis meses, onde é encaminhado para o leito de secagem um volume aproximado de 12,56 m³/descarte. A partir dos dados de DQO e vazão média afluyente ao reator UASB, estima-se a produção de sólidos e a produção volumétrica de lodo no sistema, as quais são apresentadas na Tabela 1.43.

Tabela 4.13 – Estimativa da produção de sólidos e produção volumétrica do reator UASB.

Valores médios afluyente ao UASB	$\left\{ \begin{array}{l} \text{DQO (mg/L)} \\ \text{Vazão (L/s)} \end{array} \right.$	689
		8,55
Valores estimados conforme revisão da literatura	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Coeficiente de sólidos no sistema (kgSST/kgDQOaplicada)} \\ \text{Massa específica do lodo (kg/m}^3\text{)} \\ \text{Concentração do lodo (\%)} \end{array} \right.$	0,15
		1030
		4
Carga de DQO aplicada (kgDQO/d)		509
Produção de sólidos (kgSST/d)		76,35
Produção volumétrica de lodo (m ³ /d)		1,85

Anualmente a produção volumétrica é de 675,25 m³/ano, possuindo uma produção per capita de 176,49 L/hab*ano, estando dentro das faixas apresentada na revisão da literatura (70 a 220 L/hab.*ano).

O leito de secagem presente na ETE possui as principais dimensões apresentadas na Tabela 4.14. Não foi possível realizar uma análise da taxa nominal de aplicação de sólidos, pois no projeto consultado (desenho técnico) não possui o tempo do ciclo de operação da unidade nem os parâmetros utilizados para o dimensionamento. O projeto não atendeu a

recomendação NBR 12209, que diz que a área total do leito deve ser dividida em pelo menos duas unidades.

Tabela 4.14 – Principais dimensões e informações do leito de secagem presente da ETE de Bom Jesus do Amparo.

Leito de secagem da ETE, Bom Jesus do Amparo	
Quantidade de unidade (unidade)	01
Forma geométrica	Circular
Diâmetro (m)	8,00
Área da base (m ²)	50,26
Altura útil (m)	0,80
Volume útil (m ³)	40,21

Para que a biomassa em excesso não acumule no interior reator, evitando que a qualidade do efluente final seja deteriorada em termos de sólidos e matéria orgânica, fica recomendado, mesmo que a taxa de aplicação de sólidos seja superior ao estabelecido na NBR 12209 (≤ 15 kgST/m² de leito, em cada ciclo de operação), que seja realizado o descarte de 40,21 m³ de lodo excedente por ciclo de operação de 21 dias, considerando a produção volumétrica diária de lodo (1,85 m³/d) e o volume útil do leito de secagem (40,21 m³).

4.3.4 – Pós tratamento do reator UASB

No projeto analisado existe o desenho técnico de 2 módulos de disposição no solo por escoamento superficial, cada um com 1320 m² de campo de escoamento, mas na ETE não existe nem um tipo de pós tratamento construído.

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- No projeto das unidades não foi considerado elevados picos de vazão afluyente, provindas das estações elevatórias, quando duas ou mais bombas estiverem em operação, fator que contribuiu para que várias condições hidráulicas não atendessem as recomendações da literatura, onde fica recomendado que a vazão de bombeamento das estações elevatórias sejam mantidas mais próximas da vazão de projeto (7,02 L/s), evitando assim elevados picos de vazões.
- Mesmo o reator UASB operando com picos de vazão muito superior a vazão de projeto, ele apresentou alguns resultados de monitoramento razoável com o esperado, sendo necessária a implantação do pós tratamento, onde o desempenho da ETE tenderá a ser melhor, contribuindo para um maior percentual de atendimento nos padrões estabelecidos pela legislação ambiental.
- Quando nas ETE's existir estações elevatórias de esgoto bruto, onde a saída de emergência (*by-pass*) se dá em corpo d'água, o órgão ambiental competente deve exigir monitoramento da qualidade do corpo d'água a montante e jusante a saída de emergência para que seja possível a identificação de lançamento de esgoto bruto.
- A localização do tratamento preliminar (jusante das estações elevatórias) contribui para uma maior frequência de manutenção nas bombas das estações elevatórias, onde é recomendado que seja instalado sistemas de gradeamento do tipo cestos localizados na entrada do esgoto bruto nas estações elevatórias, evitando assim que sólidos grosseiros entre em contato com os rotores das bombas. Já no sistema de gradeamento presente no tratamento preliminar fica recomendado que diminua o espaçamento entre as barras para 1,5 cm.
- Para que o desempenho do reator UASB seja otimizado, sua operação deverá obedecer as recomendações no que refere ao volume de lodo excedente a ser descartado, e ciclo de operação do leito de secagem, evitando assim acumulo de sólidos no sistema que podem deteriorar a qualidade do efluente.
- No projeto do reator UASB analisado foi previsto os sistemas de coleta e queima de gases, mas os mesmos não estão presentes na estrutura construída, fato que está contribuindo para a ocorrência de maus odores.

- Considerando que o custo médio de implantação de um reator UASB é de R\$ 80,00/hab (VON SPERLING , 2005), o reator do município de Bom Jesus do Amparo teve um custo de implantação de R\$ 306.080,00, sendo de R\$ 6.450,54 o repasse mensal médio do ICMS ecológico para o município, o retorno financeiro do investimento de implantação da unidade foi de aproximadamente 4 anos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. *Lodo de esgoto: tratamento e disposição final*. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484 p. – (Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.6).

BARROS, RAPHAEL T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, v.2).

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/action/Consulta.do>. Acessado em setembro de 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, 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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/action/Consulta.do>. Acessado em setembro de 2011.

CHERNICHARO, C.A.L. *Reatores anaeróbios*. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, 1997. 380 p. – (Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.5).

CHERNICHARO, C.A.L.; CARDOSO, M.R.. (1999). Development and evaluation of a partitioned upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor for the treatment of domestic sewage from small villages" *Water Science and Technology*, 40,8,pp.107-113.

FEAM (2011). Programa Minas Trata Esgoto - Relatório de progresso / DQGA / Gerência de monitoramento de Efluente nº 01/2011. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.feam.br/minas-trata-esgoto>. Acessado em julho de 2011.

FEAM/GESAM 2011 - Gerencia de Saneamento Ambiental da Fundação Estadual de Meio Ambiente. *Municípios que tratam esgoto*. Disponível em: <http://www.feam.br/minas-trata-esgoto>. Acessado em julho de 2011.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de Saneamento. Ministério da Saúde. Brasília, 2007.

IBGE 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=mg>. Acessado em setembro de 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Estudo revela o que é feito com esgoto gerado por 72 milhões de brasileiros nas maiores cidades do País. Disponível em : http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/util/pdf/release_final.pdf. Acessado em julho de 2011.

LEI ROBIN HOOD. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php>. Acessado em fevereiro de 2012.

LETTINGA G.; HULSHOFF POL L.. Anaerobic reactor technology: reactor and process design. In: International course on anaerobic treatment. Wageningen Agricultural University / IHE Delft. Wageningen, 17-28 Jul 1995.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, 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. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/action/Consulta.do>. Acessado em setembro de 2011.

MINAS GERAIS. Lei nº18.030, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/leirobinhood/legislacao>. Acessado em agosto de 2011.

OLIVA, L. C. H. V. (1997). *Tratamento de esgotos sanitários com reator anaeróbio de manta de lodo (UASB). Protótipo: desempenho e respostas dinâmicas às sobrecargas hidráulicas*, São Carlos, Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1- Análise de desempenho. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, (ABES), Rio de Janeiro, Vol. 10, nº 4, p.347-357, 2005.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Estadísticas Sanitarias Mundiales 2011. Disponível em: <http://www.who.int/whosis/whostat/2011/es/index.html>. Acessado em julho de 2011.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab>.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios, 2001. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab>. Acessado em janeiro de 2012.


SOUZA, C. L.; CHERNICHARO, C. A. L; Balanço de massa de DQO em reatores UASB tratando esgoto doméstico: participação do metano dissolvido e possíveis minimizações dessa parcela. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2011.

VERSIANI, B. M.; JORDÃO, E. P.; VOLSCHAN, I.; DEZOTTI, M. W. E AZEVEDO, J. P.. Fatores intervenientes no desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais. In: ANAIS DO 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, vol. II-026, 2005, Campo Grande, Brasil.

VON SPERLING, M. *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, 2005. 456 p. – (Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.1).

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, 2007. 588 p. – (Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.7).

ANEXO 01: Cópia do Parecer Técnico DISAN nº 13295/2007



FEAM
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

PROTÓCOLO Nº 013.295/2007 44

DIVISÃO: Disan Parecer Técnico DISAN Nº 13295/2007

Processo COPAM Nº 150/2003/001/2006

VISTO: [assinatura]

PARECER TÉCNICO DISAN Nº13295/2007

Empreendedor: Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Amparo	Classe: 1 Pequeno Porte – DN 74/04
Endereço: Praça Cardeal Motta, 220	População Urbana: 2025hab
Empreendimento: ETE Municipal	População atendida: 2025 hab (100%)
Localização: Campo do AFC (fundos)	VALIDADE: 8 ANOS
Atividade: Tratamento de Esgotos Sanitários	
Município: Bom Jesus do Amparo	
LICENÇA DE OPERAÇÃO CORRETIVA	

RESUMO

O município de Bom Jesus do Amparo situa-se na Região Central de Minas Gerais. Distante de Belo Horizonte aproximadamente 35 Km, com área territorial de 195Km². A população total é de 4.817 habitantes (IBGE/2000), sendo 2.025 residentes na área urbana (IBGE/2000).

Os serviços de coleta transporte e tratamento dos esgotos sanitários da sede do Município são de responsabilidade da Prefeitura Municipal. A estação de tratamento de esgoto sanitário em operação tem como alcance o ano 2021.

A ETE municipal de Bom Jesus do Amparo é um empreendimento de pequeno porte e médio potencial poluidor, definido, na Deliberação Normativa COPAM 74/04, como de impacto ambiental não significativo.

A administração municipal formalizou processo para licenciamento ambiental com vistas ao benefício do ICMS ecológico, já que possui 100% de atendimento de tratamento de esgotos sanitários.

O empreendimento encontra-se em área ao ribeirão Bom Jesus, enquadrado na classe 2, inserido na bacia do rio Doce.

O resultado do automonitoramento apresentado no relatório técnico apresentado para licenciamento indica que a DBO efluente é da ordem de 150 mg/L (78% de eficiência), e a concentração de oxigênio dissolvido a jusante do lançamento é de 6,2mg/L. Cabe ressaltar que não foi apresentado estudo de autodepuração para o corpo receptor.

A operação adequada do sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários é de fundamental importância, pois propiciará melhoria da qualidade das águas do ribeirão Bom Jesus e das condições sanitárias e ambientais do município.

A obtenção da Licença de Operação habilitará o município ao recebimento de parcela do ICMS Ecológico, referente ao critério Saneamento Ambiental, tendo em vista que o índice de atendimento conforme informado no relatório técnico é de 100% da população urbana.

O empreendedor deverá encaminhar à FEAM, semestralmente, relatório com o resultado do automonitoramento conforme proposto neste parecer.

Diante do exposto, considerando as recomendações deste Parecer, o atendimento às medidas corretivas e às condicionantes propostas no Anexo 1 e ainda a implementação do Plano de automonitoramento, sugere-se à Câmara de Atividades de Infra-Estrutura CIF/COPAM a concessão da Licença de Operação requerida para o empreendimento em questão, com validade de 8 anos, ouvida a Procuradoria.



Divisão de Saneamento – DISAN		Diretoria de Licenciamento de Infra-Estrutura – DIRINF	
Autor: Guilherme Silvino	Gerente: Depisa M. Bruschi	Diretor: José Flavio Mayrink Pereira	
Assinatura: <u>[assinatura]</u>	Assinatura: <u>[assinatura]</u>	Assinatura: <u>[assinatura]</u>	
Data: 10/10/07	Data: 10/10/07	Data: 11/01/2007	





HISTÓRICO

16-08-2006 – formalizado processo de Licença de Operação Corretiva.
07-11-2006 – realizada vistoria no empreendimento.

1. INTRODUÇÃO

O município de Bom Jesus do Amparo situa-se na Região Central de Minas Gerais. Distante de Belo Horizonte aproximadamente 35 Km, com área territorial de 195Km². A população total é de 4.817 habitantes (IBGE/2000), sendo 2.025 residentes na área urbana (IBGE/2000).

Os serviços de coleta transporte e tratamento dos esgotos sanitários da sede do Município são de responsabilidade da Prefeitura Municipal. A estação de tratamento de esgoto sanitário em operação tem como alcance o ano 2021.

A ETE municipal de Bom Jesus do Amparo encontra-se em operação, tendo sido implantados em primeira etapa elevatória de esgoto bruto, tratamento preliminar, reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito de secagem de lodo. Foi previsto, ainda a implantação de dois módulos de escoamento superficial.

Tendo em vista o licenciamento do empreendimento foi apresentado o Relatório Técnico Ambiental, elaborado pelo Sr. Alfredo Vaz Sampaio, Eng^o de Minas – CREA/MG 26.582/D.

A avaliação do relatório técnico apresentado pela Prefeitura abordou os aspectos ambientais do empreendimento, quais sejam, as medidas mitigadoras dos impactos ambientais da fase de Operação.

2. DISCUSSÃO

2.1. Caracterização do Empreendimento

A estação de tratamento em funcionamento teve sua instalação iniciada em maio/2004 e a previsão de atendimento, em termos de população, para o ano de 2021 é de 3.826 habitantes, correspondendo a esse valor a vazão total média de 7,02 L/s.

Para o dimensionamento da unidade de tratamento anaeróbio, RAFA, foram utilizados parâmetros clássicos encontrados nas diversas bibliografias que tratam do assunto.

Foi estimado a concentração de 340 mg/L de DBO no esgoto afluente, tempo de detenção hidráulica igual a 9 horas e eficiência de remoção de carga orgânica em termos de DQO estimada em 70%.

A água para abastecimento da unidade é fornecida pela COPASA, e a energia elétrica pela CEMIG.

A eficiência de tratamento apontada no relatório técnico é da ordem de 78% na remoção da carga orgânica em termos de DBO com a utilização do reator anaeróbio. Após a instalação do pós-tratamento esse valor poderá ser maior.

2.2. Controle ambiental

A ETE municipal de Bom Jesus do Amparo é um empreendimento de pequeno porte e médio potencial poluidor, definido na Deliberação Normativa COPAM 74/04 como de impacto ambiental não significativo.

O empreendimento por sua natureza pode ser considerado como medida de mitigação de impactos ambientais da sede do município tendo em vista a busca da preservação e melhoria da qualidade das águas do ribeirão Bom Jesus.

A previsão da disposição final dos resíduos sólidos gerados nas unidades de tratamento preliminar e leitos de secagem é o encaminhamento ao aterro sanitário municipal.

Realizada consulta ao Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM foi constatado protocolo de início de regularização ambiental para uma usina de triagem e compostagem.

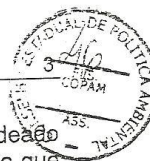
Como é típico das valas de rejeito utilizadas nas unidades de triagem e compostagem o encaminhamento apenas de material inerte não reciclável, essas unidades geralmente não

Rubrica do Autor

janeiro/2007

Parecer Técnico DISAN Nº13295/2007
Processo COPAM 150/2003/001/2006





são impermeabilizadas. Desta forma recomenda-se que o material sólido da ETE (gradeado e lodo seco) encaminhado à UTC seja pré-tratado, principalmente o lodo seco, e ainda que se dê preferência para implantação em área de solo de baixa permeabilidade, $k < 10^{-6}$ cm/s, e distância ao lençol freático, em período de carga máxima, maior que 3 metros.

Em relação ao pós-tratamento que está previsto para segunda etapa, como se pretende utilizar o escoamento no solo em meio a gramíneas, deverá ser previsto o controle do material a ser descartado quando da poda dessa vegetação.

A drenagem pluvial do empreendimento ocorria no solo natural, sendo que na área destinada à instalação de escoamento no solo o caminho de acesso direcionava as águas de chuva diretamente para o local.

O odor é impacto negativo e inerente ao empreendimento, tendo em vista que tecnologia utilizada no tratamento do esgoto é anaeróbia – em uma fase da decomposição da matéria orgânica por organismos anaeróbios, há geração de gases que causam mau cheiro (ex. gás sulfídrico). Em épocas do ano ou mesmo em horários ao longo do dia, tal fato poderá ser variável.

Pode ser realizado trabalho no sentido de minimizar o efeito deste impacto, tais como a operação e manutenção periódica do equipamento eletromecânico (bomba elevatória) no sentido de manter o fluxo no reator, e ainda, a instalação de placas no tratamento preliminar cobrindo todo o canal. Caberá ao empreendedor, em seu monitoramento, e durante a operação, perceber a necessidade de tal ação em razão de manifestação da população do entorno.

2.3 Estudo de Autodepuração

O empreendimento encontra-se em área correspondente à bacia do rio Doce. O lançamento final será no corpo hídrico receptor – ribeirão Bom Jesus, enquadrado como classe 2.

No relatório técnico foi apresentado resultado de análises de monitoramento realizado em 9-2-2006 na ETE e corpo receptor. Os resultados estão nos quadros 1 e 2 abaixo:

Quadro 1 - Análise da ETE

Parâmetro	Unidade	Resultado
DBO afluente	mg/L	690
DBO efluente	mg/L	150
DQO afluente	mg/L	992
DQO efluente	mg/L	260
SST efluente	mg/L	0,1

Quadro 2 - Análise do ribeirão Bom Jesus

Parâmetro	Unidade	Resultado	
		Montante	Jusante
DBO	mg/L	6,0	6,2
DQO	mg/L	1,3	1,1
OD	mg/L	7,4	7,5
pH		7,6	7,5
Turbidez	UT	6,48	6,58



Os resultados apresentados indicam que o valor de OD para o corpo hídrico receptor encontra-se em acordo com o estabelecido na resolução **CONAMA 357/2005** e **DN COPAM 10/86**, embora o valor de DBO apresentado ultrapasse o limite de 5mg/L.

2.4. Programa de Automonitoramento

Para o acompanhamento da operação da ETE – Bom Jesus do Amparo, o empreendedor deverá encaminhar à FEAM, com frequência semestral, os relatórios de automonitoramento, atendendo, no mínimo, às unidades, parâmetros e frequência das análises conforme a **tabela** apresentada no programa de monitoramento deste parecer técnico.



Rubrica do Autor

janeiro/2007

Parecer Técnico DISAN Nº13295/2007
Processo COPAM 150/2003/001/2006



Ressalta-se que devem ser observadas as disposições da Deliberação Normativa CORAM DN 89/2005, que trata sobre laboratórios que executam medições para procedimentos exigidos pelos órgãos ambientais do Estado de Minas Gerais.

TABELA 1 - Plano de monitoramento

Parâmetro	ETE		Corpo receptor	
	Afluente	Efluente	Montante	Jusante
DBO	B	B	B	B
DQO	B	B	B	B
<i>E. coli</i>	-	B	B	B
Fósforo total	-	S	S	S
Nitrogênio amoniacal	-	S	S	S
OD	-	-	B	B
Óleos e graxas	S	S	S	S
pH	-	B	B	B
Sólidos sedimentáveis	B	B	-	-
Substâncias tensoativas	S	S	S	S
Turbidez	-	B	B	B
Temperatura	-	B	B	B
Vazão média diária	M	-	-	-

Freqüência de amostragem: S - Semestral M - Mensal B - Bimestral



Em caso de suspeita ou verificação de comprometimento ambiental resultante da operação inadequada de sistemas de tratamento de esgoto, poderão ser solicitados ao empreendedor, o aumento da freqüência e a inclusão de outros parâmetros de monitoramento.

2.6. Considerações sobre a ETE

A operação da ETE consistia de tratamento preliminar, primário seguido de reator anaeróbio.

O leito de secagem estava com o último descarte de lodo realizado em processo de secagem.

Com as informações obtidas em campo constatou-se que o material sólido estava sendo descartado em capineiras e eucaliptos.

O acondicionamento dos resíduos retirados do gradeamento e da areia removida do desarenador não apresentava condições satisfatórias, sendo lançados diretamente sobre o solo para posterior envio ao depósito de lixo local.

A área destinada à instalação da segunda etapa, tratamento com escoamento no solo, apresentava afloramento do lençol d'água em vários pontos e tipicamente é uma área que sofre inundação no período chuvoso.

O lançamento no curso d'água era realizado através de dispositivo dissipador de energia e visualmente o efluente apresentava aspecto clarificado e sem espuma.

3. CONCLUSÕES

A ETE municipal de Bom Jesus do Amparo é um empreendimento que visa elevar o nível de saneamento e preservação do meio ambiente tendo em vista o tratamento dos esgotos sanitários antes de seu lançamento final no corpo hídrico receptor.

A utilização de escoamento no solo como alternativa de pós-tratamento deverá ser reavaliado devido ao fato da área apresentar afloramento da água subterrânea e alagamento no período de maior pluviosidade.

O acondicionamento e destinação dos resíduos sólidos gerados na ETE deve ser realizada de forma adequada após desidratação e tratamento do lodo.

Pelo resultado de automonitoramento apresentado no relatório técnico foi possível perceber que o valor estimado de concentração de DBO no esgoto bruto afluente à ETE se encontra

Rubrica do Autor

janeiro/2007

Parecer Técnico DISAN Nº13295/2006
Processo COPAM 150/2003/001/2006



feam



bem acima do estimado no dimensionamento da unidade de tratamento, o que reflete no efluente final que apresentou concentração de 150 mg/L. Embora esse fato tenha ocorrido a eficiência de remoção foi da ordem de 78%.

Os resultados de análises laboratoriais apresentados no relatório técnicos indicam que a concentração de oxigênio dissolvido se enquadra nos padrões da **Resolução CONAMA 357/2005 e DN COPAM 10/86**.

Com a concessão da Licença de Operação o município de Bom Jesus do Amparo estará cumprindo a parte da **DN COPAM 96/2006**, que convoca os municípios ao licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de esgoto sanitário, no que diz respeito à regularização ambiental e percentual de população atendida. Quanto à eficiência no tratamento, essa será acompanhada pela FEAM no decorrer da vida útil do empreendimento.

Cabe ressaltar que a manutenção de funcionários devidamente treinados e capacitados para o controle operacional da unidade é fundamental para o desempenho do sistema de tratamento. Ressalta-se ainda a importância da conscientização dos funcionários da ETE quanto ao correto uso dos EPI's – Equipamentos de Proteção Individual.

Finalmente, cabe esclarecer que deverá ser encaminhado à FEAM, semestralmente, relatório do automonitoramento atendendo as disposições da **DN COPAM 89/2005**.

A obtenção da Licença de Operação habilitará o município ao recebimento de parcela do ICMS Ecológico, referente ao critério Saneamento Ambiental, tendo em vista que o índice de atendimento conforme informado no relatório técnico é de 100% da população urbana.

Diante do exposto, considerando as recomendações deste Parecer, o atendimento às medidas corretivas e às condicionantes propostas no Anexo 1 e ainda a implementação do Plano de Automonitoramento, sugere-se à Câmara de Atividades de Infra-Estrutura - CIF/COPAM a concessão da Licença de Operação requerida para o empreendimento em questão, com validade de 8 anos, ouvida a Procuradoria.



Rubrica do Autor

janeiro/2007

Parecer Técnico DISAN Nº13295/2007
Processo COPAM 150/2003/001/2006

feam



ANEXO I DO PARECER TÉCNICO DISAN Nº 13295/2007

Empreendedor: Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Amparo	
Endereço: Praça Cardeal Motta, 220	
Empreendimento: ETE Municipal	
Localização: Campo do AFC (fundos)	Classe: 1 – DN 74/04
Atividade: Tratamento de Esgotos Sanitários	População Urbana: 2025hab
Município: Bom Jesus do Amparo	População atendida: 2025 hab (100%)
LICENÇA DE OPERAÇÃO CORRETIVA	VALIDADE: 8 ANOS

CONDICIONANTES:

A ser atendido até março/2007:

1. Designar responsável técnico pela operação e encaminhar Anotação de Responsabilidade Técnica – ART para FEAM.
2. Rever a alternativa de pós-tratamento em escoamento superficial e apresentar solução técnica para substituição.

MEDIDA CORRETIVA:

A ser atendido até março/2007:

3. Adequar o acondicionamento temporário e a disposição final dos resíduos gerados nas unidades de tratamento.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO

Deverá ser encaminhado à FEAM, semestralmente, relatório com o resultado do automonitoramento conforme proposto no item 2.4 deste parecer (referência da Nota Técnica da Divisão de Saneamento e Divisão de Monitoramento e Geoprocessamento aprovada na reunião da CIF/COPAM de 15-12-2006) e seguindo as disposições da Deliberação Normativa COPAM DN 89/2005, que trata sobre laboratórios que executam medições para procedimentos exigidos pelos órgãos ambientais do Estado de Minas Gerais.



Rubrica do Autor

janeiro/2007

Parecer Técnico DISAN Nº13295/2007
Processo COPAM 150/2003/001/2006