

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

GABRIELA KUEHN

**PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

MEDIANEIRA  
2015

GABRIELA KUEHN



**PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Blumenau, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

**EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA** Orientador: Prof. Msc. Fábio Orssatto.

MEDIANEIRA

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Programa de Operação e Manutenção de Estações de Tratamento de Esgotos  
Sanitários

Por

**Gabriela Kuehn**

Esta monografia foi apresentada às 11h do dia 17 de outubro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Blumenau, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Msc.Fábio Orssatto.  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

---

Prof. José Hilário Delconte Ferreira  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Prof. Cidmar Ortiz dos Santos  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

## AGRADECIMENTOS

A minha mãe, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

Ao meu orientador professor Msc. Fábio Orssatto pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”. (ALBERT EINSTEIN)

## RESUMO

KUEHN, Gabriela. Programa de operação e manutenção de estações de tratamento de esgotos sanitários. 2015. 34 páginas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Este trabalho teve como temática o tratamento de esgotos sanitários elaborando um programa de manutenção e operação de estações de tratamento de esgoto composta por tratamento preliminar, UASB, Biofiltro Aerado Submerso e Desinfecção Final. A implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário no país é crescente. Ainda há certa insegurança quanto à implantação e operação nos sistemas principalmente com modelos utilizados diferentes dos tradicionais de tratamento. A elaboração de um programa de operação visa facilitar a operação dos sistemas e aumentar a qualidade dos serviços de tratamento.

**Palavras-chave: UASB, Biofiltro Aerado Submerso, desinfecção, processos.**

## ABSTRACT

KUEHN, Gabriela. Program of Operation and Maintenance Wastewater Treatment. 2015. 34 páginas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

This work had as thematic the wastewater treatment developing program of operation and maintenance wastewater treatment consist of preliminary treatment, Aerated Submerged Biofilter, UASB and Final Disinfection. The implementation of systems of Sanitation in the country is growing. There are still uncertainties regarding the implementation and operation mainly with systems models used different from traditional treatment. The development of a program of operation aims to facilitate the operation of the systems and increase the quality of treatment services.

**Keywords: UASB, Submerged Aerated Biofilter, disinfection, processes.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Desenho esquemático de um reator UASB.....	20
Tabela 1: Etapas de lavagem dos Biofiltros .....	27
Tabela 2: Resumo dos problemas operacionais e soluções .....	28
Tabela 3: Parâmetros, Pontos de Monitoramento e Frequência .....	30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.1.1 Objetivos Específicos.....	11
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	12
3.1.1 Tratamento Preliminar.....	12
3.1.2 Tratamento Primário.....	13
3.1.3 Tratamento Secundário.....	13
3.1.4 Tratamento Terciário.....	14
3.1.5 Tratamento e Disposição Final do Lodo.....	15
3.2 SISTEMA DE TRATAMENTO COMBINADO ANAERÓBIO/AERÓBIO.....	15
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
4.2 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES.....	17
4.3 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO.....	17
4.3.1 Tratamento Preliminar.....	17
4.3.2 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB).....	19
4.3.3 Biofiltro Aerado Submerso (BF).....	20
4.3.4 Desinfecção Final.....	21
4.4 PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	21
4.4.1 Orientações Gerais.....	21
4.4.2 Tratamento Preliminar.....	22
4.4.3 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo.....	24
4.4.4 Biofiltro Aerado Submerso.....	26
4.4.5 Desinfecção Final.....	27
4.4.6 Correção dos Problemas Operacionais.....	28
4.5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ETE.....	30
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário no país é crescente. Ainda há certa insegurança quanto à implantação e operação nos sistemas principalmente com modelos utilizados diferentes dos tradicionais de tratamento.

No início de operação de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) há uma imensa dificuldade de se calcular a quantidade efetiva de efluente que está chegando a Estação. Cada quantidade de efluente varia conforme a quantidade de ligações domiciliares já ligadas à rede coletora, checagem local se as casas estão ligadas adequadamente, cursos para os técnicos locais para realização das ligações domiciliares. Quanto maior for a quantidade de residências ligada a rede mais rapidamente a ETE estará funcionando de forma adequada.

Dado ao grande investimento na área de saneamento e a necessidade de implantação de sistemas onde ainda não existem o transporte, coleta e tratamento de esgotos sanitários nos municípios. O “como” operar ainda é um desafio para vários sistemas que não possuem grande infraestrutura e dispõem de recursos financeiros limitados.

O objetivo deste estudo é elaborar um Manual de Operação de Estações de tratamento de Esgoto do Tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) + Biofiltro Aerado Submerso (BAS) e Desinfecção Final.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Elaborar um Programa de Operação e Manutenção de uma Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários do tipo UASB + Biofiltro Aerado Submerso (BF).

#### **2.1.1 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

- Descrever as unidades constituintes de uma ETE.
- Elaborar procedimentos necessários para operação de uma ETE.
- Verificar os possíveis problemas operacionais.
- Elaborar uma rotina de operação.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A revisão bibliográfica foi realizada com o intuito de fornecer embasamento teórico necessário à realização da pesquisa. Nos tópicos a seguir serão abordados temas relacionados com o tratamento coletivo de efluentes domésticos.

#### **3.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

A provisão adequada de serviços de saneamento é reconhecidamente um requisito essencial para a proteção da saúde pública e para manutenção de condições básicas, e a universalização sustentável desses serviços em escala global constitui um dos maiores desafios do início do século XXI. Embora o ritmo do progresso tecnológico no setor tenha sido enorme nas últimas décadas, o acesso aos benefícios desse progresso continua vedado para uma parcela significativa da população mundial. As prolongadas desigualdades no acesso a esses serviços essenciais continuam a representar um dos mais importantes dilemas éticos com que se depara a comunidade internacional (Heller e Castro, 2013).

Segundo a NBR 12.209 (2011), estação de tratamento de esgoto é um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades, cuja a finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento.

As Estações de Tratamento de esgotos podem ser compostas das seguintes etapas de tratamento:

- Tratamento preliminar;
- Tratamento primário;
- Tratamento secundário;
- Tratamento Terciário.

##### **3.1.1 Tratamento Preliminar**

O tratamento preliminar é utilizado para remoção de sólidos grosseiros e areia.

Os mecanismos de remoção são de ordem física. Além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, inclui-se também uma unidade para medição de vazão. Usualmente esta é constituída por uma calha de dimensões padronizadas (ex.: calha Parshall), onde o valor medido do nível líquido pode ser correlacionado com a vazão (VON SPERLING, 2005).

Nesta etapa temos a utilização de grades, desarenador, caixa de gordura e medidor de vazão.

Na fase preliminar de tratamento, as boas práticas na rotina de operação e limpeza das unidades maximizam a retirada de materiais grosseiros, areia e gordura presentes no esgoto afluente, evitando que estes sejam introduzidos no UASB. Estes materiais são altamente prejudiciais ao reator, podendo ocasionar não apenas a obstrução das tubulações de distribuição dos esgotos, como também sua acumulação no interior do reator, o que ocasiona a diminuição do volume útil e consequente queda da eficiência do sistema.

### 3.1.2 Tratamento Primário

O tratamento primário em uma Estação de Tratamento de Esgotos é empregado para remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes.

### 3.1.3 Tratamento Secundário

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica do efluente.

Segundo Von Sperling (1996), o tratamento biológico de esgotos, como o próprio nome indica, ocorre inteiramente por mecanismos biológicos. Estes processos biológicos reproduzem, de certa maneira, os processos naturais que ocorrem em um corpo d'água após lançamento de despejos. No corpo d'água a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais, caracterizando o assim chamado fenômeno da autodepuração. Em uma estação de tratamento de esgotos os mesmos fenômenos básicos ocorrem, mas a diferença é que há em paralelo a introdução de tecnologia. Essa tecnologia

tem como objetivo fazer com que o processos de depuração se desenvolva em condições controladas (controle da eficiência) e em taxa mais elevadas (solução mais compacta).

Para Jordão e Pessôa (2005), o custo da estação de tratamento é um dos indicativos para a escolha entre as opções de tratamento. Os custos de implantação englobam a construção, equipamentos e montagens. Por outro lado, os custos de operação e manutenção correspondem a custos com pessoal, consumo de energia, consumo de produtos químicos, manutenção, transporte e disposição final do lodo gerado.

#### 3.1.4 Tratamento Terciário

O tratamento terciário geralmente é constituído de unidades de tratamento físico-químico que têm como finalidade a remoção complementar da matéria orgânica e de compostos não biodegradáveis, de nutrientes, de poluentes tóxicos e/ou específicos de metais pesados, de sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes, e de patogenias por desinfecção dos esgotos tratados.

Os principais processos de tratamento de efluentes líquidos a nível terciário são:

- Remoção de sólidos dissolvidos através de Osmose Reversa, Troca Iônica, Eletrodialise Reversa, Evaporação.
  
- Remoção de sólidos suspensos por Macrofiltração, Microfiltração, Ultrafiltração, Nanofiltração, Clarificação: Ozonização.
  
- Remoção de compostos orgânicos por Ozonização, Carvão Ativado.
  
- Desinfecção com Cloro, ozônio dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), permanganato de potássio, cloramidas, radiação ultravioleta, entre outros meios.

### 3.1.5 Tratamento e Disposição Final do Lodo

O tratamento de esgoto por processo biológico resulta em dois subprodutos: o efluente líquido tratado e o lodo (primário e secundário) que é um material pastoso com grande concentração de microrganismos, sólidos orgânicos e minerais.(NUCCI et al., 1978).

Os tratamentos necessários do lodo envolvem processos de adensamento, desaguamento, estabilização e higienização, dependendo do destino final (VON SPERLING, 2001).O adensamento e o desaguamento visam principalmente à redução do volume de água e a redução do volume do lodo, respectivamente. Estabilizar o lodo tem por finalidade reduzir a quantidade de patógenos, eliminar os maus odores e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação (GODOY, 2013).

No Brasil a maior parte da destinação do lodo é em aterros sanitários, porém o lodo pode ser utilizado também em agriculturas, na fabricação de tijolos e cerâmicas, produção de agregado leve para construção civil, produção de cimento, recuperação de solos degradados.

## 3.2 SISTEMA DE TRATAMENTO COMBINADO ANAERÓBIO/AERÓBIO

A associação entre reatores UASB e BF é utilizada como alternativa para o tratamento de esgotos em pequenos e médios municípios, de 5.000 à 20.000 habitantes. Os BFs desenvolvidos no Brasil geram ETEs compactas, com baixos custos de implantação, operação e manutenção, que não demandam mão-de-obra qualificada e apresentam baixo consumo energético e baixa produção de lodo (BOF et. al, 2001).

No Brasil, as ETEs compactas contendo reator UASB seguido de BF, com enchimento granular, sem uso de decantador secundário e com remoção de lodo de biofiltro por retrolavagem estão em operação, principalmente no Espírito Santo e Minas Gerais. Em sua maioria, as ETEs foram projetadas para remoção de matéria orgânica, sem nitrificação, produzindo efluente com  $DBO < 30 \text{mg/l}$  e atendendo populações entre 5.000 e 10.000 habitantes (GONÇALVES et. al, 2001).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho de conclusão de curso caracterizou-se pelo estudo em bibliografia existente para a elaboração do Programa de Operação e manutenção, podendo assim facilitar a tomada de decisão dos operadores, otimizar os procedimentos de operação e garantir a qualidade do efluente tratado pelas ETEs.

### 4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um aspecto importante relativo à definição da rotina operacional do sistema de tratamento é que esta pode contribuir para otimização do funcionamento da ETE, visando a redução dos custos e o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação.

Entretanto, é fundamental que a operação adequada e a manutenção periódica estejam sempre presentes com objetivo de garantir a função de melhoria na qualidade ambiental e dos recursos públicos aplicados.

Uma Estação de Tratamento de Esgotos geralmente é dimensionada e projetada para atender ao alcance de 20 anos, por isso a dificuldade inicial do “*start up*” do sistema, pois ainda não se tem a vazão necessária no início da operação, devido a todas as residências não estarem ligadas a rede coletora por completo ou estarem ligadas de forma inadequada, como por exemplo, quando não se desliga a fossa e filtro do domicílio diminuindo a carga orgânica que está chegando a estação haja visto que na fossa filtro acontece o tratamento parcial dos esgotos.

No Brasil, associados em série a reatores do tipo UASB, os biofiltros aerados submersos vêm recentemente sendo utilizados como solução para o tratamento de esgotos em pequenos e médios Municípios. Com inúmeras simplificações com relação aos processos similares da Europa, novos biofiltros surgidos no Brasil geram ETEs compactas, com baixos custos de implantação, operação e manutenção, que não demandam mão-de-obra qualificada e apresentam baixos consumo energético e produção de lodos (BOF et al., 2001).

## 4.2 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

A operação das ETE requer cuidados básicos a fim de evitar problemas para as unidades de tratamento e equipe de trabalho.

Para o adequado funcionamento de uma Estação deverão ser seguidas as seguintes orientações, segundo FEAM (2006):

- Manter na entrada da ETE, placa de identificação do empreendimento e placa de aviso de proibição de entrada de pessoas não autorizadas.
- Manter na ETE lista de registro de ocorrência e paralização das unidades de tratamento.
- Fazer uso rigoroso de EPIs;
- Atualizar as vacinas dos funcionários, mantendo arquivado cópias dos cartões de vacinação.

## 4.3 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO

A estação de tratamento a qual foi elaborada o Programa de Operação possui as seguintes características, Vazão aproximada (Q) = 45,00 l/s. Tratamento preliminar composto de gradeamento, desarenador e caixa de gordura, Tratamento Secundário através de Reatores UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso e Desinfecção final através da aplicação de hipoclorito de sódio líquido.

### 4.3.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar estudado é composto por gradeamento grosseiro, gradeamento fino mecanizado, três caixas desarenadoras, e duas caixas de gordura com limpeza mecanizada e geradores de microbolhas de fundo.

#### 4.3.1.1 Remoção de sólidos grosseiros

São considerados grosseiros os resíduos sólidos contidos nos esgotos sanitários e de fácil retenção e remoção, através de operações físicas de gradeamento e peneiramento (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

A finalidade da remoção dos sólidos grosseiros tem como objetivo a proteção dos dispositivos de transporte, tratamento e cursos d'água. Além disso tem-se inicialmente uma retenção de uma pequena quantidade de carga poluidora inicial.

O material retido na grade deve ser removido tão rapidamente quanto possível, de modo a evitar represamento dos esgotos no canal a montante, e conseqüentemente elevação do nível e aumento excessivo da velocidade do líquido entre barras, provocando o arraste do material que se pretende remover (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

#### 4.3.1.2 Desarenadores

Os desarenadores são responsáveis pela remoção de areia, pedrisco, silte, escória e outros detritos contidos no efluente, permitindo que as unidades a jusante do sistema se mantenham em funcionamento adequado.

Finalidades da remoção de areia:

- Evitar a abrasão nos equipamentos e tubulações;
- Reduzir as possíveis obstruções nas unidades do sistema;
- Facilitar o funcionamento das unidades de tratamento.

O processo de retenção de areia é realizado de forma contínua, então estas unidades requerem um monitoramento constante para quando necessário sejam removidas periodicamente a areia acumulada não comprometendo a sua funcionalidade e demais unidades (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

#### 4.3.1.3 Remoção de Gorduras e Sólidos Flutuantes

Nos esgotos sanitários há presença de gorduras, óleos, graxas e outros materiais que não se misturam em água. A remoção destas gorduras e sólidos flutuantes faz-se necessária para evitar problemas às unidades de tratamento, tais como, obstruções e incrustações das tubulações e unidade especiais, acúmulos nas

unidades de tratamento, desaguamento de gordura nos corpos receptores, gerações de espumas.

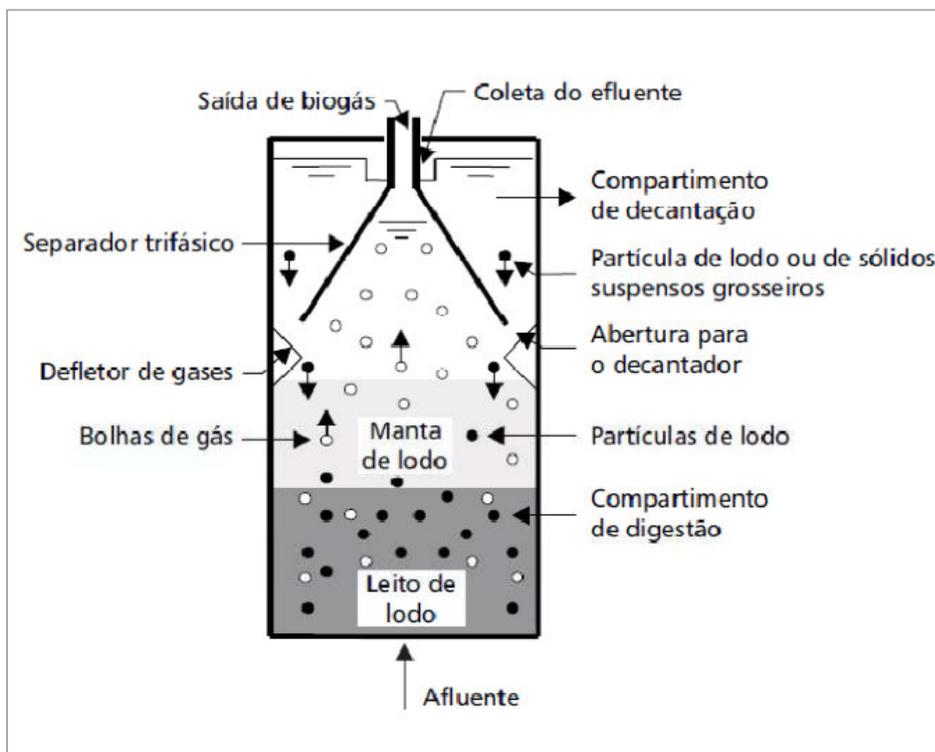
A operação das caixas de gordura resume-se na limpeza periódica, e remoção da gordura retida, com a finalidade de evitar que o material seja arrastado com o efluente. Essa limpeza é função da capacidade de retenção, a qual não deverá ser utilizada em mais de 75% de seu volume. A observação periódica do efluente permitirá também estabelecer intervalos entre limpezas (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

#### 4.3.2 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB)

Segundo Von Sperling (2005), os reatores anaeróbios de manta de lodo são também frequentemente denominados de *Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo* (RAFA). Preferencialmente utiliza-se a sigla original: reatores UASB (*Upflow Anaerobic SludgeBlanket*).

O reator UASB promove a decomposição da matéria orgânica encontrada nos esgotos sanitários pela ação de bactérias anaeróbias contidas no manto de lodo formado no fundo do reator. Consiste em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma zona de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O esgoto aflui ao reator e após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo, onde ocorre a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico. Ainda em escoamento ascendente, e através de passagens definidas pela estrutura dos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação, o esgoto alcança a zona de sedimentação.

O gás produzido no UASB é coletado na parte superior, no compartimento de gases, que pode ser retirado para reaproveitamento ou queima.



**Figura 1: Desenho esquemático de um reator UASB.**

Fonte: CHERNICHARO, 1997

#### 4.3.3 Biofiltro Aerado Submerso (BF)

Para Chernicharo (2001) os biofiltros aeróbios submersos são, na atualidade, uma atraente alternativa para pós-tratamento de efluentes anaeróbios.

Gonçalves et. al (1993) cita que, dentre as diversas configurações possíveis, estudos recentes com reatores de leito fixo submerso mostraram o potencial de emprego destes equipamentos como unidades de tratamento complementar. Esses reatores caracterizam-se pela compactidade, pelo aspecto modular e pela simplicidade operacional. No biofiltro aerado submerso, o tratamento biológico do despejo é realizado por microrganismos aderidos ao meio suporte inerte completamente submerso.

Segundo Jordão e Pessoa (2009), assim como nos filtros percoladores, as diferentes cargas orgânicas e hidráulicas aplicadas aos filtros biológicos podem resultar em vantagens e desvantagens. Os filtros biológicos de baixa capacidade, caracterizados pela simplicidade de operação, podem apresentar inconvenientes

como tanques com áreas significativas, alta perda de carga no meio filtrante, incidência de insetos e emissão de odores.

O biofiltro aerado submerso promove a estabilização do esgoto pela ação dos organismos aeróbios que crescem aderidos ao meio filtrante. O efluente líquido é aplicado em fluxo ascendente e recebe constantes jatos de ar introduzidos ao tanque por meio de difusores de ar.

Na filtração há formação de biomassa que adere ao meio de enchimento, vindo a colmatar progressivamente os vazios do filtro, o que requer uma limpeza periódica do mesmo.

O excesso de biomassa formado deve ser periodicamente retirado do meio filtrante por lavagem contracorrente. Essa contra lavagem é normalmente realizada com o próprio efluente tratado e ar.

#### 4.3.4 Desinfecção Final

O processo de desinfecção será realizado através da aplicação de hipoclorito de sódio líquido aplicado na entrada do tanque de contato que deve permanecer por 30 minutos em contato com o efluente previamente tratado.

### **4.4 PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

Para operação e manutenção de uma Estação de Tratamento de Esgoto deverá ser prevista uma série de rotinas e atividades operacionais para um adequado funcionamento da mesma.

A seguir será listada uma sequência básica de uma rotina operacional de uma ETE conforme as unidades descritas e detalhadas anteriormente.

#### 4.4.1 Orientações Gerais

Primeiramente uma ETE deverá contar com um técnico responsável e por pelo menos um operador que realizará a operação e monitoramento das unidades.

Os problemas observados pelo operador deverão ser sanados o mais rápido possível a fim de evitar transtornos e possíveis danos no sistema.

Na área da entrada da ETE deverão conter placas para identificação do empreendimento e aviso da proibição de pessoas não autorizadas no local.

Devido ao risco advindo do contato com o esgoto sanitário, os operadores deverão estar conscientes da necessidade de uso de Equipamentos de Proteção Permanente (EPI), como luvas, botas, capacete, máscara e uniforme. Além disso, os operadores deverão ser imunizados contra tétano, hepatite e difteria.

Para um adequado funcionamento da ETE devem ser seguidas algumas orientações:

- Manter na ETE livro registro de ocorrências e paralização das unidades;
- Manter na ETE meio de comunicação para casos de emergência;
- Atualizar a vacinação dos funcionários, mantendo arquivada na unidade cópias dos cartões de vacinação;
- Fazer uso rigoroso dos EPIs;
- Higienizar diariamente as unidades e as ferramentas utilizadas.

#### 4.4.2 Tratamento Preliminar

Nas unidades onde ocorrem o Tratamento Preliminar devem ser realizados os seguintes procedimentos de operação, limpeza e manutenção:

##### 4.4.2.1 Gradeamento

###### **Gradeamento Manual:**

A rotina operacional das grades manuais compreende as seguintes atividades a serem desenvolvidas pelo operador:

- Realizar diariamente a limpeza manual da grade: com usos de rastelos, remover os resíduos retidos na grade, com o cuidado de evitar a entrada de sólidos grosseiros no sistema e o contato com o material removido.
- O material removido deverá ser disposto em caçambas estacionárias que assim que atingir sua capacidade os resíduos serão transportados e despejados em aterro sanitário licenciado.

- Lavar as ferramentas de limpeza após o uso;
- Lavar as grades e as paredes do canal com jatos de água para evitar o mau cheiro e proliferação de insetos;
- Inspeção das barras da grade verificando se estão paralelas e igualmente espaçadas entre si;

#### **Gradeamento Mecanizada:**

A rotina operacional da grade mecanizada:

- Verificar diariamente o mecanismo de limpeza mecânico.
- Lavar as grades e as paredes do canal com jatos de água para evitar o mau cheiro e proliferação de insetos;
- Inspeção das barras da grade verificando se estão paralelas e igualmente espaçadas entre si;
- Observar as peças móveis nos seguintes quesitos: se há ruídos diferentes durante a operação da grade mecanizada, desgastes de peças por falta de lubrificação, peças quebradas ou danificadas;
- Verificar o posicionamento da caçamba estacionária se está recebendo automaticamente os resíduos provindos da grade. Caso necessário mover a caçamba para que os resíduos caiam de forma adequada.

Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento o operador deverá comunicar ao técnico responsável para ser dada a devida providência.

Em caso de necessidade de manutenção da grade mecanizada deverá ser desviado fluxo do efluente para manutenção da grade não comprometendo o funcionamento das demais unidades.

#### **4.4.2.2 Desarenadores**

A operação deverá obedecer as seguintes fases: (JORDÃO E PESSÔA, 2009)

- Medição periódica da camada de areia acumulada;
- Isolamento da caixa de areia que se apresenta com quantidade de areia estabelecida para remoção; geralmente isso acontece quando o material

acumulado ocupa a metade do líquido do canal em 2/3 de todo o seu comprimento;

- Drenagem do esgoto retido na câmara, podendo ser realizada, em algumas instalações, por meio de canalizações que retornam o líquido drenado para o afluente ou para uma unidade do sistema de tratamento adotado;
- Remoção de areia isenta de líquido por meio de pás ou enxadas;
- Transporte do material removido para um dos destinos adequados, o lançamento no solo poderá acarretar alguns inconvenientes;
- Lavagem da câmara para se reutilizada;
- Análise de uma amostra de areia removida em termos de sólidos voláteis;
- Adoção de medidas de correção para os casos em que apresentarem alto teor de sólidos voláteis;
- Verificação da quantidade de areia nas unidades subsequentes, e
- Remoção da areia, se for o caso, retida nas demais unidades de tratamento.

#### 4.4.2.3 Caixa de gordura

A rotina operacional da caixa de gordura envolve as seguintes atividades:

- Verificar o fluxo de esgoto na entrada da unidade: observar se o esgoto está chegando até a caixa de gordura;
- Verificar o funcionamento do raspador de gordura: observar se os raspadores superficiais estão efetivamente removendo a gordura, checar a lubrificação e necessidade de reparo ou substituição de peças danificadas;
- Verificar o funcionamento do gerador de microbolhas (flotador): observar se há formação de bolhas.

Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá comunicar imediatamente técnico responsável e anotar ocorrência no livro de registros.

#### 4.4.3 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo

Dentre os diversos parâmetros de importância que devem ser verificados durante a fase operacional do sistema, pode-se citar (Chernicharo et. al, 1999):

- Vazões afluentes ao sistema;
- Características físico-químicas e microbiológicas do esgoto afluente;
- Eficiência e problemas operacionais das unidades de tratamento preliminar;
- Quantidade e características dos materiais retidos nas grades e na caixa de areia;
- Eficiência e problemas operacionais do Reator anaeróbio;
- Quantidade e características do biogás produzido no reator anaeróbio;
- Quantidade e características do lodo produzido no reator anaeróbio.

A rotina operacional do UASB envolve as seguintes atividades:

- Verificar o fluxo de esgoto na entrada da unidade: observar se o esgoto está chegando ao reator e garantir uma vazão afluente regular;
- Verificar as tubulações de entrada e de saída quanto a vazamentos e entupimento: em caso de vazamento comunicar imediatamente técnico responsável, tomar providências e posteriormente anotar ocorrência no livro de registros. Em caso de entupimento desentupir com auxílio de varetas.
- Inspeccionar diariamente o funcionamento da caixa de distribuição de vazão: abrir as escotilhas situadas na parte superior do UASB e observar o nível de esgoto em cada ponto de distribuição. Se algum desses pontos estiver com esgoto acima do nível do vertedor, há indicativo de entupimento da tubulação. Em caso de entupimento: desentupir com auxílio de vareta. Fechar as escotilhas após inspeção.
- Inspeccionar a saída do efluente do reator: verificar se o esgoto está vertendo por igual em todas as direções. Caso esteja obstruído por resíduos realizar limpeza do vertedor com auxílio de escovão. Lavar as ferramentas de limpeza após o uso.
- Verificar o funcionamento do queimador de biogás: verificar se a chama piloto do biogás está acendendo ou se há produção de mau cheiro, o que pode indicar que o gás não está sendo queimado ou que a tubulação de descarte do biogás está com vazamento;
- Se o pH do efluente no reator for inferior a 5,5: Titular uma amostra do efluente com solução conhecida de água e cal até o pH próximo de 7,3; Multiplicar a concentração de água e cal utilizada ( Ex: 1 mg de cal para 1 l de água pelo volume útil do reator); Adicionar no reator a quantidade de cal

calculada continuamente ou em batelada num intervalo de tempo igual ao atual tempo de detenção do reator; Repetir tal procedimento no intervalo indicado, até atingir a alcalinidade desejada (pH próximo a 7,0).

Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá comunicar imediatamente técnico responsável e anotar ocorrência no livro de registros.

#### 4.4.4 Biofiltro Aerado Submerso

A rotina de operação do biofiltro requer basicamente a remoção do material retido durante o processo de filtração por contra lavagem.

Na filtração há formação de biomassa que adere ao meio de enchimento, vindo a colmatar progressivamente os vazios do filtro o que requer uma limpeza periódica do mesmo.

O excesso de biomassa formado deve ser periodicamente retirado do meio filtrante por lavagem contra corrente. Esta contra lavagem é normalmente realizada com o próprio efluente tratado e ar.

Para lavagem do leito filtrante é necessário interromper totalmente seu funcionamento. Assim, o biofiltro deverá ser lavado nos períodos em que a vazão afluyente à ETE atinge seus valores mais baixos.

O sucesso da operação do biofiltro depende de alguns fatores:

- **FREQUÊNCIA DA LAVAGEM**

A maioria dos biofiltros é dimensionado para operar durante períodos de 24 a 48 horas entre duas lavagens, no entanto, quando a opera jusante do UASB, esse período pode superar sete dias. Esta frequência pode ser aumentada caso seja detectada excessos de sólidos no esgoto efluente do biofiltro.

- **VOLUME DE ÁGUA DE LAVAGEM**

A lavagem deverá ser convenientemente dosada para preservar a integridade do leito filtrante e manter uma fração mínima de biomassa necessária à partida do biofiltro após a lavagem.

O volume de água de lavagem é estimado em 3 a 8% do volume de esgoto tratado ou três vezes o volume do leito filtrante.

A rotina operacional do biofiltro aerado submerso envolve as seguintes atividades a serem realizadas pelo operador:

- Verificar o fluxo de esgoto na chegada e na saída do biofiltro: observar se o esgoto está chegando ao biofiltro. Interrupções no fluxo do efluente pode indicar entupimento ou vazamento dos tubos.
- Verificar o funcionamento dos sopradores de ar: se estão operando corretamente, identificar eventuais ruídos inesperados ou peças danificadas.
- Proceder semanalmente a lavagem do biofiltro: Interromper completamente o seu funcionamento e proceder a retro lavagem, conforme etapas descritas na tabela seguir.

**Tabela 1: Etapas de lavagem dos Biofiltros**

Etapa	Duração (min.)	Objetivo	Ação
1	2	Interrupção do funcionamento	Cortar a alimentação de esgoto e de ar (fechar as válvulas de entrada do esgoto).
2	2	Descarga intensa da fase líquida sob taxas superiores a 20m <sup>3</sup> /h	Abrir o registro de fundo do biofiltro durante o tempo estipulado.
3	1/2	Interrupção da descarga da fase líquida	Fechar o registro de fundo.
4	5	Aeração intensa, sob taxa superior a 50 m <sup>3</sup> /h	Abrir o registro da aeração
5	1/2	Interrupção da aeração intensa	Fechar registro na rede de aeração do BF.
6	15	Repetir as etapas 2, 3, 4 e 5, ordenadamente, mais 3 vezes	Obedecer a sequência das ações descritas para cada etapa em questão.
7	1	Reiniciar a operação do Biofiltro	Reiniciar a alimentação do biofiltro com efluente e ar (abrir as válvulas)

#### 4.4.5 Desinfecção Final

A etapa de desinfecção visa a proteção da saúde pública, por meio da eliminação de organismos patogênicos presentes naturalmente no esgoto sanitário.

A desinfecção final da ETE feita através da aplicação de hipoclorito de sódio.

#### 4.4.5.1 Tanque de contato

Na saída do biofiltro, nas tubulações de descarga do esgoto tratado, ocorre a aplicação do hipoclorito de sódio dosado através de bomba dosadora. O esgoto é encaminhado então a um tanque para o contato do hipoclorito com a massa líquida.

O esgoto chega ao tanque de contato e permanece ali durante cerca de trinta minutos para que ocorra a reação do produto com o efluente.

A operação desta etapa do tratamento consiste basicamente na verificação da bomba dosadora e da entrada e saída do esgoto no tanque.

A rotina operacional do tanque de contato:

- Verificar o fluxo de esgoto na entrada do tanque;
- Verificar o funcionamento da bomba dosadora: verificar se a bomba está fazendo a dosagem do hipoclorito de sódio, eventuais ruídos ou peças danificadas.
- Verificar o tanque de armazenamento de hipoclorito de sódio: caso haja necessidade solicitar nova quantidade do produto;
- Remover resíduos e galhos da superfície do tanque dispendo nas caçambas estacionárias;
- Limpar periodicamente o tanque: acionar a descarga de fundo e lavar as paredes do tanque. Higienizar as ferramentas utilizadas na limpeza, mantendo-as prontas para o próximo uso.

#### 4.4.6 Correção dos Problemas Operacionais

Na tabela a seguir apresenta-se um resumo dos possíveis problemas operacionais e suas soluções.

**Tabela 2: Resumo dos problemas operacionais e soluções**

Unidade	Problema	Solução
Procedimentos preliminares	Caçamba de recebimento de resíduos cheia	Providenciar o transporte e a destinação final dos resíduos e a lavagem das caçambas vazias.
	Mau cheiro nas caçambas	Adicionar cal e cobrir a caçamba.

Unidade	Problema	Solução
Tratamento preliminar	Represamento dos esgotos a montante das grades	Aumentar a frequência de limpeza.
Gradeamento	Parada de funcionamento da grade mecanizada	Providenciar funcionamento/manutenção da mesma.
Desarenador	Aumento da massa de areia retida	Aumentar a frequência de limpeza.
	Diminuição da massa de areia retida	Verificar a velocidade do efluente.
	Odor forte na caixa de areia	Aumentar a velocidade do efluente; Aumentar a frequência de remoção da areia.
	Areia retida de cor cinza, tem odor e contém graxa	Aumentar a velocidade do efluente.
Caixa de gordura	Acúmulo de material no fundo	Fazer limpeza da unidade.
Reator UASB	Entupimento da tubulação distribuidora de vazão	Desentupir tubulação com auxílio de hastes.
	Odor desagradável	Verificar o pH do efluente e corrigir se for menor que 5,5.
	Teor elevado de sólidos sedimentáveis no efluente (>3,0ml/l)	Descartar o lodo excedente.
	Queda na eficiência do Reator	Adicionar cal hidratada, a fim de elevar a alcalinidade do reator e manter o pH próximo a 7,0 (entre 6,8 e 7,4)
	Queda de produção do biogás	Verificar vazamentos ou entupimentos da tubulação de descarte de biogás
Biofiltro Aerado Submerso	Vazão diferente da recomendada	Verificar unidades de entrada da ETE
	Entupimento ou vazamento de tubulações	Desobstruir ou fazer a troca das tubulações
	Elevadas concentrações de sólidos suspensos	Retrolavagem do biofiltro; Aumentar a carga hidráulica de ar e água durante lavagem; Aumentar a frequência de lavagem.
	Aumento excessivo da perda da carga hidráulica	Lavagens prolongas do BF; Aumentar a carga hidráulica de ar e água durante lavagem; Aumentar a frequência de lavagem; Verificar o funcionamento do sistema de distribuição de ar.
Tanque de Contato	Vazão de entrada maior ou menor que a prevista	Checagem da vazão de entrada da ETE; regularização da vazão.
	Problemas da bomba dosadora	Regulagem da bomba; envio para conserto.

#### 4.5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ETE

O Programa de monitoramento de uma ETE tem o objetivo de acompanhar a qualidade do efluente em diferentes unidades de tratamento, por meio de análises laboratoriais, a fim de controlar o funcionamento e a eficiência do sistema.

Alguns itens relevantes de monitoramento são:

- Eficiência do UASB;
- Controle da qualidade de água do efluente tratado e corpo receptor

A tabela a seguir apresenta as análises a serem feitas no efluente, bem como a frequência e o local da coleta. Os Pontos de Monitoramento são: 1) Canal de Entrada – Esgoto bruto; 2) Calha Parshall; 3) Afluente do UASB; 4) Efluente do UASB; 5) Efluente do Biofiltro Aerado Submerso; 6) Efluente Final. As frequências das coletas são: diária (D), semanal (S), quinzenal (Q), mensal (M).

**Tabela 3: Parâmetros, Pontos de Monitoramento e Frequência**

Parâmetro	Unidade	Pontos de Monitoramento (Frequência)					
		1	2	3	4	5	6
Vazão Média	l/s	-	D	-	-	-	-
Temperatura	°C	D	-	D	D	-	D
pH	-	D	-	D	D	-	D
Acidez	mg/l	M	-	M	M	-	M
Alcalinidade Total	mg/l	M	-	M	M	-	M
DBO <sub>5,20</sub>	mg/l	M	-	M	M	-	M
DQO	mg/l	M	-	M	M	-	M
OD	mg/l	-	-	-	M	-	M
Sólidos Sedimentáveis	mg/l	D	-	D	D	-	D
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	M	-	M	M	-	M
Fósforo Total	mg/l	M	-	M	M	-	M
Nitrogênio Total	mg/l	M	-	M	M	-	M
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	M	-	M	M	-	M
Nitrito	mg/l	M	-	M	M	-	M
Nitrato	mg/l	M	-	M	M	-	M
Cloreto Total	mg/l	M	-	-	-	-	M
Coliformes Totais	NMP/100 ml	M	-	-	-	-	M
E. Coli	NMP/100 ml	M	-	-	-	-	M
Óleos e graxas	mg/l	M	-	-	-	-	M
Sólidos Totais	mg/l	-	-	-	-	S	-
Sólidos Totais Voláteis	mg/l	-	-	-	-	S	-

Quanto às análises no corpo receptor deverá ser realizado monitoramento no ponto de mistura, local do lançamento do efluente no corpo receptor, um ponto a jusante e outro a montante do lançamento. Os parâmetros a serem analisado devem estar conforme legislação ambiental vigente.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho foram realizadas análises de como se deve proceder na Operação e Manutenção de uma Estação de tratamento de Esgotos Sanitários.

Apresentando de forma prática possíveis procedimentos de operação e soluções para os problemas operacionais.

Ainda no Brasil, há pouco conhecimento sobre operações de determinados sistemas haja vista que o saneamento em muitos municípios ainda é rudimentar ou até mesmo nem existem.

Os estudos operacionais são necessários para o aumento da qualidade de tratamento e redução de custos de operação, pois os recursos são muito limitados no país.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209: Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários**. ABNT, Rio de Janeiro, 2011.

BOF, V.S., SANT'ANA, T.D., WANK, R., SILVA, G. M., SALIM, F. P. C., NARDOTO, J. I. O., NETTO, E. S., PEGORETTI, J. M. **ETEs compactas associando reatores anaeróbios e aeróbios ampliam a cobertura de saneamento no Estado do Espírito Santo**. In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, João Pessoa, 2001.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.

CHERNICHARO, C. A. L. et al. **Pós-tratamento de efluente de reatores anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos**. Projeto PROSAB, Belo Horizonte, 2001.

CHERNICHARO, C.A.L. et al. **Reatores anaeróbios de manta de lodo. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, PROSAB, 1999.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa** – 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

GODOY, L. **A logística na destinação do lodo de esgoto**. Revista Científica On-line. Revista v.2, n.1 – novembro, 2013.

GONÇALVES, R.F.; ZEGHAL, S.; SAMMUT, F; ROGALLA, F.. **Remoção de nutrientes de águas residuárias através de biofiltros submersos de alta taxa**. Anais de 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, Natal, 1993.

HELLER, L.e CASTRO J. E. **Política pública e gestão de serviços de saneamento** – Ed. Ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5.ed. Rio de Janeiro, 2009.

NUCCI, N.L.R.; COSTA e SILVA, R.J.; ARAÚJO, J.L.B. **Tratamento de esgotos municipais por disposição no solo e sua aplicabilidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima - Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 1978.

VON SPERLING, M. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005.