

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE DQO E SST NA ETAPA  
BIOLÓGICA DA ETE DO RESORT COSTÃO DO SANTINHO  
EM FLORIANÓPOLIS/SC**

**Guilherme Périco**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2009**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE DQO E SST NA ETAPA  
BIOLÓGICA DA ETE DO RESORT COSTÃO DO SANTINHO  
EM FLORIANÓPOLIS/SC**

**Guilherme Périco**

**Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina para Conclusão  
do Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental**

**Orientador  
Prof. Dr. Henry Xavier Corseuil**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**


**AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE DQO E SST NA ETAPA BIOLÓGICA DA  
ETE DO RESORT COSTÃO DO SANTINHO EM FLORIANÓPOLIS/SC**

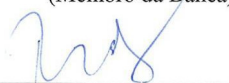
**GUILHERME PÉRICO**

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos  
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental–TCC II**

**BANCA EXAMINADORA :**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Henry Xavier Corseuil**  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Engo. Mauro Luiz Lucas**  
(Membro da Banca)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Paulo Belli Filho**  
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2009**

## **AGRADECIMENTOS**

A família, por todos esses anos de carinho, amizade, apoio e principalmente incentivos a educação.

Aos amigos Roberto Buhr, Tito Gehring, Pedro Masiero, Pedro Chaffe, Elton Koga, Marcos Wendt, Felipe Cavalheiro, por toda amizade.

Aos engenheiros Ricardo Arcari, Carlito Duarte e Mauro Luiz Lucas da empresa Socioambiental Consultores Associados Ltda. por terem me proporcionado a minha primeira experiência profissional na área de engenharia sanitária e ambiental.

Ao engenheiro Aderbal Neves do Resort Costão do Santinho, pela consideração em se realizar este trabalho no empreendimento.

## RESUMO

Localizado no norte do município de Florianópolis, encontra-se o Resort Costão do Santinho, um dos principais empreendimentos da rede hoteleira da cidade. O hotel possui um sistema de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados que trata todo efluente gerado no local.

O presente trabalho avaliou a eficiência de remoção de DQO e SST na etapa biológica do tratamento, compreendida por um tanque de aeração e um decantador secundário, utilizando como subsídios para a análise, indicadores operacionais geralmente utilizados em ETEs: idade do lodo, concentrações de SST no TAE e a relação A/M.

Observou-se uma eficiência média de remoção de DQO igual a 88% e de 75% para SST. Apesar de estarem ligeiramente fora da faixa considerada ideal pela bibliografia, estes valores podem ser considerados ótimos já que podem variar dependendo das condições locais. Verificou-se que o período que apresentou melhor eficiência foi entre janeiro e abril de 2008. Este período coincide com as ótimas concentrações de SST no TAE, média igual a 4200mg/l, e idade do lodo, média igual a 30 dias, mostrando que as alterações realizadas no sistema visando à melhoria da eficiência, como a entrada em funcionamento da recirculação interna e regularização da vazão afluyente ao sistema, surtiram efeito.

**Palavras-chave:** Avaliação da Eficiência, lodos ativados, tratamento de esgotos.

## ABSTRACT

Located in the northern city of Florianópolis is the Resort's Costão do Santinho, a leading network of business hotel in the city. The hotel has a sewage treatment system of the type sludge activated that treats all sewer generated on site.

This study evaluated the efficiency of removal of COD and TSS in the biological stage of treatment, understood by an aeration tank and a secondary vessel, using for the analysis, the indicators commonly used in operational in sewage treatment stations: age of sludge, concentrations of TSS in Aeration Tank and the F / M.

There was an average efficiency of removal of COD equal to 88% and 75% for TSS. Despite being slightly outside the range considered ideal for literature, these values can be considered optimal because it can vary depending on local conditions. It was found that the period showed the best efficiency was between January and April 2008. This period coincides with the optimal concentrations of TSS in Aeration Tank, media equal to 4200mg / l, and the sludge age, media equal to 30 days, showing that the changes made in the system aimed at improving efficiency, entry into operation of the internal recirculation and regularize the flow tributary to the system, take effect.

**Keywords:** Assessment of Efficiency, activated sludge, sewage treatment.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos .....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 Introdução.....	11
3.2 Funcionamento do Processo .....	12
3.3 Níveis de tratamento de esgoto .....	14
3.4 Tipos de Processos de Lodos Ativados .....	14
3.4.1 Processo de tratamento do tipo lodos ativados convencional .....	15
3.4.2 Aeração Prolongada .....	15
3.5 Vantagens e Desvantagens .....	16
3.6 Parâmetros de Qualidade .....	16
3.6.1 Sólidos .....	17
3.6.2 Matéria Orgânica .....	17
3.6.3 Nitrogênio .....	18
3.6.4 Fósforo .....	19
3.6.5 Coliformes.....	19
3.7 Problemas Operacionais .....	20
3.7.1 Aeração Inadequada .....	21
3.7.2 Problemas com formação de espuma .....	21
3.7.3 Perda de sólidos no Decantador Secundário .....	21
3.8 Destino final do Lodo .....	22
3.9 Indicadores operacionais .....	23
3.9.1 Controle de SST no Tanque de Aeração.....	24
3.9.2 Controle da carga de lodo (relação A/M) .....	24
3.9.3 Controle de idade do lodo .....	24
3.10Legislacao Ambiental.....	25
4. METODOLOGIA.....	26
4.1 Local de estudo.....	26
4.1.1 Tratamento Primário .....	29
4.1.2 Tratamento Secundário.....	29
4.1.3 Pos Tratamento .....	31
4.2 Coleta e análise dos dados.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
5.1 Índices de controle operacional .....	35
5.1.1 Lodo de Retorno e Idade do Lodo ( $\theta_c$ ) .....	38
5.1.2 Concentrações de SST no Tanque de Aeração.....	41
5.1.3 Relação A/M.....	43
5.2 Eficiência de tratamento.....	45
5.2.1 DQO.....	45
5.2.2 SST.....	47
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
8. ANEXOS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das principais causas da poluição ambiental é o lançamento de esgotos domésticos diretamente nos corpos receptores promovendo a deterioração da qualidade da água. Com o crescimento demográfico o consumo da água também cresce, gerando mais esgotos, que quando não tratados favorecem o aumento de inúmeros casos de doenças de veiculação hídrica, assim como a deterioração dos corpos hídricos. Para minimizar estes problemas é necessário aplicar tratamentos eficientes para as águas residuárias e que esses sistemas atendam toda a população.

Segundo Mota (1995), os esgotos domésticos (ou sanitários), são originários predominantemente das habitações, sendo provenientes de instalações sanitárias, lavagens de utensílios domésticos, pias, banheiros, lavagens de roupas e outros domiciliares. Ainda que conscientes da grande importância do tratamento de esgotos, no Brasil muito pouco se tem investido para melhorar as redes coletoras de esgotos e posterior tratamento. Apenas 30 % da população urbana brasileira têm seus esgotos coletados, e destes, apenas 10% têm tratamento adequado (SILVA JUNIOR et al., 1996).

Segundo Von Sperling (2002) existem inúmeras tecnologias e formas de aplicação de sistemas de tratamento de esgoto. O tratamento por meio de lodos ativados é um dos processos de maior aplicabilidade no Brasil por apresentar uma ótima eficiência e maior flexibilidade de operação, além de se adequar as condições climáticas do país entretanto, uma estação de tratamento de esgotos deve funcionar de maneira correta para não acarretar problemas tanto do ponto de vista social, quanto do ponto de vista ambiental.

No norte do município de Florianópolis, mais especificamente na praia do Santinho, esta localizado o Resort Costão do Santinho. O Resort conta com 1834 leitos distribuídos em 14 vilas e um Hotel Internacional, sendo um dos principais empreendimentos da rede hoteleira de Florianópolis. Inicialmente o hotel era composto por um sistema de tratamento de esgotos, que ao longo do tempo com o crescimento do empreendimento e a conseqüente elevação da carga afluyente mostrou-se ineficiente. Havendo a necessidade de ampliação, a partir do ano 2000



houve modificações no sistema, com a construção de uma ETE do tipo lodos ativados, a qual trata hoje todo o esgoto gerado hotel.

Segundo Almeida (2005), é possível tratar o esgoto a qualquer grau que se deseje para torná-lo utilizável para qualquer fim e a eficiência do tratamento é a porcentagem removida de um determinado atributo do esgoto. De acordo com Niku et al. (1981a) a estabilidade de um processo de tratamento de esgotos pode ser definida em termos da magnitude das variações da qualidade do efluente, considerando os valores médios. Assim, um sistema pode ser considerado estável quando, mesmo exposto as flutuações existentes nas cargas afluentes, nas condições ambientais e nos parâmetros operacionais, não sejam observadas grandes variações na qualidade do efluente gerado.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal realizar um estudo da eficiência da etapa biológica do sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho fazendo um comparativo com a bibliografia adequada, mais usualmente utilizada para dimensionamentos de sistemas de tratamento de esgotos no Brasil, e utilizar como subsidio para avaliação os índices de parâmetros operacionais habitualmente utilizados nas ETEs para o controle operacional. Os dados das análises dos parâmetros em estudo realizadas regularmente, assim como dados operacionais, foram levantados junto à empresa Socioambiental Consultores Associados Ltda. contratada pelo Resort Costão do Santinho para realizar o monitoramento da ETE.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral do presente trabalho é realizar um estudo da eficiência da etapa biológica do sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho, composto por um tanque de aeração e um decantador secundário, com a finalidade de se manter um controle operacional e uma otimização da eficiência. Tal trabalho encontra justificativa no fato de que com um maior controle da eficiência de tratamento, melhor se dará o gerenciamento da estação visando manter um efluente final de qualidade.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Descrever o sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho em Florianópolis/SC;
- Avaliar a eficiência de remoção de DQO e SST na etapa biológica do sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho;
- Comparar a eficiência de remoção dos parâmetros em análise com a bibliografia adequada;
- Avaliar os indicadores dos parâmetros operacionais geralmente utilizados no controle de sólidos em sistemas de lodos ativados;

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Introdução**

Segundo Pessoa e Jordão (1995), “*Lodo ativado é o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias zooglêias ou outros microrganismos, na presença de oxigênio dissolvido, e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados*”.

O processo dos lodos ativados é biológico. Nele o esgoto afluyente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados (em unidades chamadas tanques de aeração), para logo após se separar os lodos ativados de esgoto tratado (por sedimentação em decantadores secundários). O lodo ativado separado retorna para o processo ou é retirado para tratamento específico ou destino final, enquanto o esgoto já tratado passa para o vertedor do decantador no qual ocorre a separação (PESSOA E JORDAO, 1995).

É formado principalmente de bactérias, fungos, protozoários, rotíferos, nematodos, sendo as bactérias os microrganismos de maior importância, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e pela formação dos flocos, através da conversão da matéria orgânica biodegradável em novo material celular, CO<sub>2</sub> e água, e outros produtos inertes (PESSOA E JORDAO, 1995).

Os fungos são elementos indesejáveis ao tratamento, pois dificultam a boa formação do floco, tendo, em geral, forma filamentosa. Os protozoários não contribuem diretamente para a estabilização da matéria orgânica, assim como os rotíferos.

De acordo com Pessoa e Jordão (1995) os lodos ativados consistem de agregados floculentos de microrganismos e materiais orgânicos e inorgânicos. Os microrganismos considerados incluem bactérias, fungos, algas, protozoários como rotífero, larvas de insetos e certos vermes. Todos eles se relacionam através de uma cadeia alimentar: bactérias e fungos decompõem o material orgânico complexo e através dessa atividade se multiplicam servindo como alimento aos protozoários, os quais, por sua vez, são consumidos pelos metazoários que também podem se alimentar diretamente das bactérias, fungos e mesmo fragmentos maiores dos flocos de lodos ativados.

Para uma efetiva degradação da matéria orgânica é necessário haver um conjunto de fatores, dentre os quais podemos destacar:

- Uma população de organismos ativos;
- Contato adequado entre os microrganismos e os esgotos a serem degradados;
- Disponibilidade de oxigênio;
- Disponibilidade de nutrientes; e
- Outras condições ambientais favoráveis, como: temperatura, pH, etc.

### **3.2 Funcionamento do Processo**

O sistema de lodos ativados é um processo biológico, ou seja, procura reproduzir, em dispositivos racionalmente projetados, os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionando-os em área e tempo economicamente justificáveis. Inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas, uma operação mais sofisticada e maiores consumos de energias. Constitui-se principalmente de um tanque de aeração (reator) onde o esgoto afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados, um decantador secundário, no qual os sólidos são separados da parte líquida por sedimentação e um recirculador de lodo.

De acordo com Von Sperling (2002), “ *no reator ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica e, em determinadas condições, da matéria nitrogenada. A biomassa se utiliza do substrato presente no esgoto bruto para se desenvolver. No decantador secundário ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo a que o efluente final saia clarificado. Os sólidos sedimentados no fundo do decantador secundário são recirculados para o reator, aumentando a concentração de biomassa no mesmo, o que é responsável pela elevada eficiência do sistema*”.

A separação do lodo da parte líquida, se deve ao fato das bactérias possuírem uma matriz gelatinosa, que permite a aglutinação das bactérias e outros microrganismos, facilitando a sedimentação dos flocos que se tornam maiores.

A finalidade do processo é:

- Misturar-se com o esgoto afluyente no tanque de aeração mantendo uma concentração constante e elevada de flocos;
- Estabilizar a matéria orgânica presente pela ação dos microrganismos que constituem os flocos, principalmente as bactérias; e
- Inocular o meio e acelerar o trabalho de estabilização de matéria orgânica.

Tendo em conta esses objetivos, a recirculação do lodo é praticada de forma controlada e de acordo com os parâmetros estabelecidos no projeto e na fase operacional.

A recirculação do lodo tem o objetivo de aumentar o tempo de exposição da biomassa no sistema, visto que esta é um excelente depurador da matéria orgânica. O tempo que a biomassa permanece no sistema, ou seja, que permanece sob aeração, é chamado de idade do lodo, que é maior do que o tempo de detenção do líquido, implicando desta maneira que o volume do tanque de aeração seja bem reduzido. A elevada eficiência do sistema de lodos ativados se deve a maior permanência dos sólidos no sistema (VON SPERLING, 2002).

Segundo Von Sperling (2002) devido à entrada contínua de esgoto no tanque de aeração, os microrganismos crescem e se reproduzem rapidamente, atingindo concentrações excessivas, o que tornaria a transferência de oxigênio a todas as células muito difícil. Além disso, o decantador secundário ficaria sobrecarregado, prejudicando a sedimentação dos sólidos e conseqüentemente comprometendo a qualidade do efluente final. Portanto para se manter em equilíbrio o sistema, é necessário que a quantidade de biomassa aumentada pela reprodução seja retirada. Essa biomassa descartada é chamada de lodo biológico excedente.

A idade do lodo governa também a operação de descarte de lodo em excesso. Se retirado diretamente do tanque de aeração, a vazão de descarte será simplesmente igual à razão entre o volume do tanque de aeração e a idade do lodo, independentemente da concentração de sólidos no interior do tanque. Esta prática facilita enormemente a operação na estação de tratamento. Se feita na linha de recirculação, a partir do

decantador secundário, a vazão de descarte será em função das concentrações de sólidos no lodo recirculado e no tanque de aeração.

Há que se levar em conta que no primeiro caso, embora a operação seja mais simples, a vazão é cerca de três a cinco vezes superior a segunda opção.

### **3.3 Níveis de tratamento de esgoto**

*“A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma quantidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está relacionada aos conceitos de níveis de tratamento e eficiência do tratamento”* (VON SPERLING, 2005). De acordo com Jordão e Pessoa (1995), é comum classificar as instalações de tratamento em função do grau de redução dos sólidos em suspensão e da demanda bioquímica de oxigênio proveniente da eficiência de uma ou mais unidades de tratamento. Sendo assim os níveis de tratamento são:

- Preliminar;
- Primário;
- Secundário;
- Pós Tratamento

Segundo Von Sperling (2005), o tratamento preliminar tem por objetivo a remoção de sólidos em suspensão grosseiros, já o tratamento primário deve remover sólidos em suspensão e DBO em suspensão, associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis. No tratamento secundário o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventuais nutrientes (nitrogênio e fósforo). Por ultimo, quando houver, o tratamento terciário tem por objetivo a remoção de nutrientes, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesado, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes.

### **3.4 Tipos de Processos de Lodos Ativados**

O processo de lodos ativados pode ser dividido em:

### **3.4.1 Processo de tratamento do tipo lodos ativados convencional**

A concentração da biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentados no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece no sistema mais tempo do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção de DBO. Há a necessidade da remoção de uma quantidade de lodo equivalente a que é produzida (VON SPERLING, 2002).

No sistema convencional, parte da matéria orgânica em suspensão é retirada antes do tanque de aeração, através do decantador primário. Nesse sistema convencional, a idade do lodo é da ordem de 4 a 10 dias e o tempo de detenção hidráulico no reator é da ordem de 6 a 8 horas. Por ter uma idade baixa, a biomassa retirada do sistema requer um tratamento de estabilização, pois ela ainda contém muita matéria orgânica. Essa estabilização ocorre nos digestores primários e secundários, após ser submetido a uma etapa de adensamento, para retirar parte da umidade (VON SPERLING, 2002).

O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso (através de difusores). A montante do reator há uma unidade de decantação primário, de forma a remover os sólidos sedimentáveis de esgoto bruto.

### **3.4.2 Aeração Prolongada**

No processo de aeração prolongada, a biomassa permanece no sistema por um período mais longo, da ordem de 18 a 30 dias e caso receba a mesma carga de DBO do esgoto bruto convencional, haverá menor disponibilidade de alimentos para as bactérias. Como o tempo de detenção do líquido é da ordem de 16 a 24 horas, a idade do lodo também é maior que no sistema convencional, é necessário que o volume do reator aeróbio também seja mais elevado (VON SPERLING, 2002).

O lodo excedente já sai estabilizado, neste sistema há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem do próprio material celular para a sua manutenção. Esta matéria orgânica celular é convertida em gás carbônico e água através da respiração. Isto corresponde a uma estabilização da biomassa, ocorrendo no próprio tanque de aeração, tendo-se, portanto, um ambiente aeróbio. O consumo adicional de oxigênio para a estabilização do lodo (respiração endógena) é

significativo e inclusive pode ser maior que o consumo para metabolizar o material orgânico do afluente (respiração exógena) (VON SPERLING, 2002).

Devido ao fato do sistema de aeração prolongada não possuir decantadores primários, nem unidades de digestão do lodo, o gasto de energia para aeração de todo o lodo existente no reator é muito alto.

O tratamento de aeração prolongada é o mais eficiente na remoção de DBO, se comparado com outros tratamentos do tipo de lodos ativados, porem a eficiência depende diretamente do desempenho do decantador secundário (VON SPERLING, 2002).

### **3.5 Vantagens e Desvantagens**

O processo de lodos ativados apresenta varias situações favoráveis a sua aplicação, e algumas contrarias (PESSOA E JORDAO, 1995).

#### **a) Vantagens:**

- Maior eficiência de tratamento;
- Maior flexibilidade de operação;
- Menor área ocupada para instalação da ETE;

#### **b) Desvantagens:**

- Operação mais delicada;
- Necessidade de completo controle de laboratório;
- Custo maior de operação;

### **3.6 Parâmetros de Qualidade**

Segundo Von Sperling (2005), *“os esgotos domésticos contem aproximadamente 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos”*.



Abaixo estão listados alguns dos principais parâmetros de qualidade relativos a esgotos domésticos.

### **3.6.1 Sólidos**

Exceto pelos gases dissolvidos, todos os outros contaminantes da água contribuem para o incremento da carga de sólidos. Os sólidos são classificados por:

#### **a) Tamanho ou estado**

- Sólidos Dissolvidos: é a fração solúvel em água dos sólidos orgânicos e inorgânicos, que pode ser filtrada;
- Sólidos em suspensão: é a fração insolúvel em água, também podendo ser filtrada;

No caso dos esgotos domésticos os sólidos dissolvidos e em suspensão ainda se dividem em:

- Sólidos Voláteis: são caracterizados pela presença de matéria orgânica;
- Sólidos fixos: são caracterizados pela presença de matéria inorgânica ou mineral;

#### **b) Características Químicas**

Submetendo-se os sólidos a elevada temperatura (550°C) a fração orgânica é volatilizada, dessa maneira é possível quantificar a matéria orgânica nos sólidos.

#### **c) Decantabilidade**

Consideram-se como sólidos sedimentáveis aqueles que sejam capazes de sedimentar no período de 1 hora em um cone Imhoff. A fração que não se sedimenta representa os sólidos não sedimentáveis (VON SPERLING, 2005).

### **3.6.2 Matéria Orgânica**

É a grande responsável pela redução do nível de oxigênio dissolvido, pois para a estabilização da mesma, os microrganismos consomem muito oxigênio. Pode-se classificar a matéria orgânica quanto à forma e tamanho (em suspensão e dissolvida) e quanto à biodegradabilidade (inerte o biodegradável). Entretanto, na prática utilizam-se métodos diretos e indiretos para determinação da matéria orgânica. Os métodos mais utilizados são:

#### **a) Métodos Indiretos: Medição do consumo de oxigênio**

A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) consiste em medir o potencial de poluição de um despejo, pelo consumo de oxigênio para a estabilização da matéria orgânica. (VON SPERLING, 2005). A maneira utilizada foi quantificar em laboratório o oxigênio consumido, num período fixado, que um volume padronizado de esgoto necessita para oxidar total ou parcialmente a matéria orgânica. Como a estabilização completa pode levar muitos dias, é comum adotar uma análise, em que a DBO é medida após cinco dias, é a chamada DBO<sub>5</sub>.

A DQO (Demanda Química de Oxigênio) consiste em quantificar o oxigênio consumido durante a oxidação química da matéria orgânica. Este procedimento utiliza um oxidante química (Dicromato de Potássio) para oxidar toda a matéria orgânica, ao contrario da DBO, em que os microrganismos são os responsáveis pela estabilização da matéria orgânica biodegradável (VON SPERLING, 2005).

#### **b) Métodos Diretos**

O teste do carbono orgânico total mede diretamente a quantidade de matéria orgânica carbonácea presente. É feito através da medição de todo carbono liberado da amostra em forma de CO<sub>2</sub>. Para garantir a medição somente do carbono orgânico, todas as formas inorgânicas devem ser removidas antes da análise, ou subtraídas do calculo.

### **3.6.3 Nitrogênio**

É um elemento muito importante no tratamento de esgotos, pois é essencial para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela depuração dos

despejos. Além disso, nos processos em que o nitrogênio se transforma de amônia em nitrito e posteriormente em nitrato, ocorre um consumo de oxigênio e alcalinidade. Para que isto não ocorra é importante o monitoramento dentro da estação de tratamento, que se for feito de maneira controlada economizara oxigênio e alcalinidade durante a desnitrificação e evitara a deterioração da decantabilidade do lodo.

#### **3.6.4 Fósforo**

Assim como o nitrogênio, o fósforo também é um nutriente importante para o crescimento biológico. O desenvolvimento de qualquer organismo é assim dependente da disponibilidade destes elementos na massa necessária para atender as necessidades das células dos organismos. (PESSOA E JORDAO, 1995).

Nos esgotos domésticos o fósforo se apresenta principalmente na forma de ortofosfatos, que são disponíveis diretamente para o metabolismo biológico, sem necessidade de conversões a formas mais simples. As principais fontes de ortofosfatos na água são o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005).

#### **3.6.5 Coliformes**

A utilização de bactérias do grupo coliformes como parâmetro, tem a função de detectar a contaminação fecal e indiretamente, agentes patogênicos em uma amostra d'água. Como localizar a presença desses agentes é muito difícil, devido às baixas concentrações em que eles se encontram, optou-se quantificar as bactérias coliformes, que apesar de não serem patogênicas, dão uma boa indicação da presença de fezes humanas e conseqüentemente a potencialidade para transmitir doenças. Essa opção deve-se ao fato dos coliformes estarem em grande quantidade nas fezes humanas e possuírem uma resistência similar as bactérias patogênicas encontradas no intestino do homem. Os principais indicadores de contaminação fecal são:

##### **a) Coliformes Totais**

Esse grupo é constituído de bactérias que tem sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos ou não. Atualmente continua sendo utilizado como parâmetro em estações de tratamento de esgotos, mesmo não possuindo relação quantitativa com agentes patogênicos

#### **b) Coliformes Fecais**

Esse grupo é constituído de bactérias indicadoras de organismos oriundos do intestino humano e animal. O teste é feito elevando-se a temperatura da amostra, a tal ponto que iniba o crescimento de bactérias de origens não fecais.

### **3.7 Problemas Operacionais**

Os problemas que serão relacionados agora são aqueles que ocorrem com mais frequência na operação diária, e as soluções sugeridas tem dado resultados positivos na operação de diversos sistemas.

Poderá algumas vezes ocorrer que os procedimentos sugeridos não corrijam o problema, ou um problema existente não seja classificado na categoria de problemas comuns. Em tal caso, é prudente buscar recomendações de um técnico especializado no tratamento de esgoto antes de qualquer ação. Essencialmente, o operador observa as mudanças na aparência física do sistema e anota aquelas mudanças para melhorar seu desempenho.

Muito poderá ser aprendido através das análises, mas uma observação preceptiva das características dos processos, tais como: quantidade de espuma na superfície do tanque de aeração, presença ou falta de escumas, partículas de flocos em suspensão e torrões de sólidos no decantador, odor nas varias etapas do processo, etc. Associando cuidadosa observação a experiência, o operador pode determinar o que esta ocorrendo no sistema e quais ajustes devem ser necessários.

A operação do processo de lodos ativados requer um acompanhamento de laboratório a fim de verificar os parâmetros de qualidade (DBO, DQO, SST,...) e as características biológicas e de sedimentabilidade. Através do conhecimento destes, que eventuais modificações na operação serão estabelecidas na ETE.

As perturbações mais usuais são:

### **3.7.1 Aeração Inadequada**

- Verificação de focos ou áreas sem agitação na superfície do líquido, no caso de ar difuso;
- Formação de bolhas grossas localizadas na superfície do líquido, no caso de ar difuso;
- Verificação da ocorrência de agitação excessiva e desigual na superfície do líquido, no caso do sistema de ar difuso;
- Verificação de distribuição não homogênea de oxigênio dissolvido no meio líquido; e
- Ocorrência de amplitude de nível sobre os aeradores superficiais, de sorte a submetê-los a submersões cíclicas, forçando o motor de forma intermitente.

### **3.7.2 Problemas com formação de espuma**

A presença de espuma na superfície líquida do tanque de aeração é normal, dentro de condições padrão, que são aproximadamente: cobertura de 10 a 25% da área superficial, com espessura reduzida, em torno de até 5 a 8 cm. Em condições adversas esta espuma poderá interferir com as operações normais e afetar os resultados. Os tipos de formação de espuma normalmente são:

- Escuma branca no tanque de aeração: usual no início da entrada em operação, ou nas ETEs muito sobrecarregadas, sendo indicativa de concentração baixa de sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração (SSVTA) ou relação A/M (alimento/microrganismo) muito alta;
- Escuma marrom castanho no tanque de aeração: em forma excessiva, tanto em área superficial como em espessura, indica provavelmente um lodo com idade elevada, ou com presença de organismos filamentosos;
- Escuma marrom escura muito espessa ou quase negra: pode ser indicio de má distribuição ou insuficiência de oxigênio dissolvido, presença de despejos industriais ou sobrecarga da estação;

### **3.7.3 Perda de sólidos no Decantador Secundário**

A superfície líquida do decantador secundário deve ter aspecto claro e transparente, com baixa turbidez. A borda da calha coletora do efluente tratado e a própria calha devem estar limpos e permitir uma clara visualização do efluente de boa qualidade. As seguintes observações principais devem ser feitas:

- Caso a manta de lodo se situe muito próxima a superfície líquida, o operador deve tomar providências no sentido de efetuar maior retirada do lodo sedimentado, verificando o ajuste das válvulas no sistema e o funcionamento das bombas da elevatória de recirculação;
- Caso se verifique a presença de blocos de flocos flutuando na superfície líquida, devem-se verificar as condições do sistema de arraste e aspiração do lodo, ou eventualmente uma condição de anaerobiose por deficiência do sistema de retirada do lodo ou por escassez de oxigênio dissolvido no tanque de aeração;
- A presença de organismos filamentosos gera o fenômeno conhecido como “bulking”, ou entumescimento do lodo, que da origem a formação de um lodo leve de difícil sedimentabilidade.

### **3.8 Destino final do Lodo**

Este tem sido um dos principais problemas na cadeia “coleta – tratamento – disposição final”. Envolve estudos e decisões relativos ao condicionamento e estabilização do lodo gerado, grau de desidratação, formas de transporte, eventual reuso do lodo, eventuais impactos e riscos ambientais e aspectos econômicos.

Antes de se decidir o local e a forma de destino final, deverão ser analisados os seguintes aspectos:

- Produção e caracterização do lodo gerado na ETE;
  - Presença de esgotos industriais no sistema;
  - Quantidade do lodo gerado na ETE, estimada para um período de tempo correspondente a vida de projeto do sistema de destino final;
  - Características especiais, de natureza física, química e biológica;
- Entre as soluções possíveis, pode-se relacionar:

- Aterros sanitários: neste processo a disposição do lodo em aterros sanitários consiste simplesmente no confinamento do lodo em células, não havendo recuperação ou utilização do lodo de outra forma. A disposição pode ser aterros exclusivos para lodos ou em conjunto com resíduos sólidos urbanos. (ANDREOLI, SPERLING, FERNANDES, 2001)

- Incineração: é o processo de estabilização de lodo que mais reduz seu volume. Muitos autores não consideram como destino final, pois após a incineração restam cinzas, que devem ser enviadas para disposição final. O volume residual pode ser inferior a 4% do volume do lodo desaguado. Normalmente a incineração é utilizada quando a população atendida for superior a 500.000 habitantes. A incineração de lodo implica na destruição de toda matéria orgânica, inclusive de organismos patogênicos, através de combustão. (ANDREOLI, SPERLING, FERNANDES, 2001).

- Usos agrícolas: a fertilização do solo com biossólidos é indicada para: grandes culturas, consumidas após industrialização e as não consumidas “in natura”, reflorestamento, produção de grama e fruticultura, quando a incorporação for feita em covas.

- Restauração de terras degradadas: deve ser feita em dosagens que respeitem o valor Máximo de acúmulo de metais.

- Lançamento no oceano: por ser uma prática proibida em vários países, devido aos possíveis impactos no meio aquático e aos aspectos estéticos e sociais, a descarga oceânica é uma alternativa na qual os efeitos sobre o meio ambiente não podem ser facilmente controlados.

Em qualquer dessas hipóteses, deverão ser feitos estudos técnicos, legais, ambientais, econômicos, para verificar se o lodo necessita de um tratamento prévio ou se pode ser enviado definitivamente para destino final. Estes estudos devem ser compatíveis com os planos urbanísticos e de uso do solo da região.

### **3.9 Indicadores operacionais**

Usualmente nas estações de tratamento de esgotos, alguns métodos são aplicados no gerenciamento do sistema e no controle de sólidos, utilizando-se como

base alguns parâmetros operacionais de modo a servirem como indicadores no processo (VON SPERLING, 2002). Entre eles podemos citar:

- Controle de SST no Tanque de Aeração (SST constante);
- Controle da carga de lodo (relação A/M constante);
- Controle da idade do lodo ( $\theta$  constante);

### **3.9.1 Controle de SST no Tanque de Aeração**

Segundo Von Sperling (2002) esta é, provavelmente, a estratégia mais utilizada, mesmo que intuitivamente, pelos operadores. O objetivo é o de se manter SST constante no Tanque de Aeração. Caso um adequado nível de SST seja mantido, é normalmente implicitamente esperado que a qualidade do efluente seja boa.

Para controle de SST no Tanque de Aeração utiliza-se, mais frequentemente, a manipulação da vazão de lodo excedente, embora possa ser utilizada, dentro de certos limites, a manipulação da vazão de lodo de retorno. A resposta a variações da vazão de lodo excedente é lenta. Com relação à vazão de lodo de retorno, a resposta no decantador secundário é rápida (menor massa de sólidos presente no decantador), ao passo que no reator a resposta é lenta (maior massa de sólidos e, em decorrência, maior inércia).

### **3.9.2 Controle da carga de lodo (relação A/M)**

A relação A/M é um parâmetro amplamente utilizado. Ela representa a carga de substrato por unidade de massa de lodo. O objetivo é usualmente o de se manter A/M constante, de forma a garantir uma remoção de substrato uniforme. O valor de A/M a ser adotado é normalmente um dado de projeto, mas é frequentemente ajustado por experiência durante a operação. O procedimento para se controlar A/M é o de se ajustar a concentração de sólidos (por manipulação da vazão de lodo excedente ou lodo de retorno), em função da carga afluente de substrato, de forma a manter A/M constante (VON SPERLING, 2002).

### **3.9.3 Controle de idade do lodo**



O tempo de retenção de sólidos, tempo médio de retenção celular e idade do lodo ( $\theta_c$ ), são designações normalmente utilizadas para expressar o tempo médio que uma célula biológica permanece no sistema (VON SPERLING, 2002). Em condições estáveis, a taxa de crescimento das células deve ser contrabalanceada pela remoção das mesmas pelo lodo excedente, de forma a manter a concentração de biomassa constante.

O controle hidráulico é conceitualmente mais simples, prescindindo da medição da concentração de sólidos. Uma fração do volume do reator igual ao recíproco da idade do lodo deve ser retirada diariamente. Assim, se se desejar manter uma idade do lodo de 20 dias, deve-se descartar por dia um volume igual a 1/20 do reator. Caso essa fração seja removida diariamente, a idade do lodo permanecerá teoricamente constante, independente da vazão afluyente. Se a carga afluyente for constante, a concentração de sólidos permanecerá constante, e o controle da idade do lodo é equivalente ao controle de SST no Tanque de Aeração. Caso a carga de substrato afluyente aumente, a concentração de sólidos aumentará. Desta forma, tanto a massa de sólidos presente no sistema, quanto à massa de sólidos sendo descartada, aumentarão proporcionalmente, e a idade do lodo permanecerá constante (VON SPERLING, 2002).

### **3.10 Legislação Ambiental**

No âmbito federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica os corpos de água como águas doces, salobras e salinas de acordo com a salinidade destas e segundo a qualidade requerida para os usos preponderantes. Existem padrões de qualidade de águas determinados no CONAMA, onde, estabelecem-se limites individuais de descarte de efluentes para cada substância. O CONAMA, na Resolução 357/2005, define esses padrões de emissão de efluentes de acordo com o corpo receptor.

No âmbito federal, o Decreto 14250/1981 da Fatma, estabelece os limites de lançamento de efluentes para específicos parâmetros de acordo com as características do corpo receptor, assim como a resolução CONAMA 357/05.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Local de estudo

O trabalho foi realizado na Estação de Tratamento de Esgotos domésticos do Resort Costão do Santinho, que está situado na praia do Santinho, na porção norte do município de Florianópolis/SC. Inicialmente o hotel era composto por um sistema de tratamento de esgotos, que ao longo do tempo com o crescimento do empreendimento e a conseqüente elevação da carga afluyente mostrou-se ineficiente. Havendo a necessidade de ampliação, a partir do ano 2000 houve modificações no sistema, com a construção de uma ETE do tipo lodos ativados, a qual trata hoje todo o esgoto gerado hotel com vazão de projeto igual a 36 m<sup>3</sup>/h.

Basicamente, as unidades que compõem a ETE são as apresentadas na Figura 1.

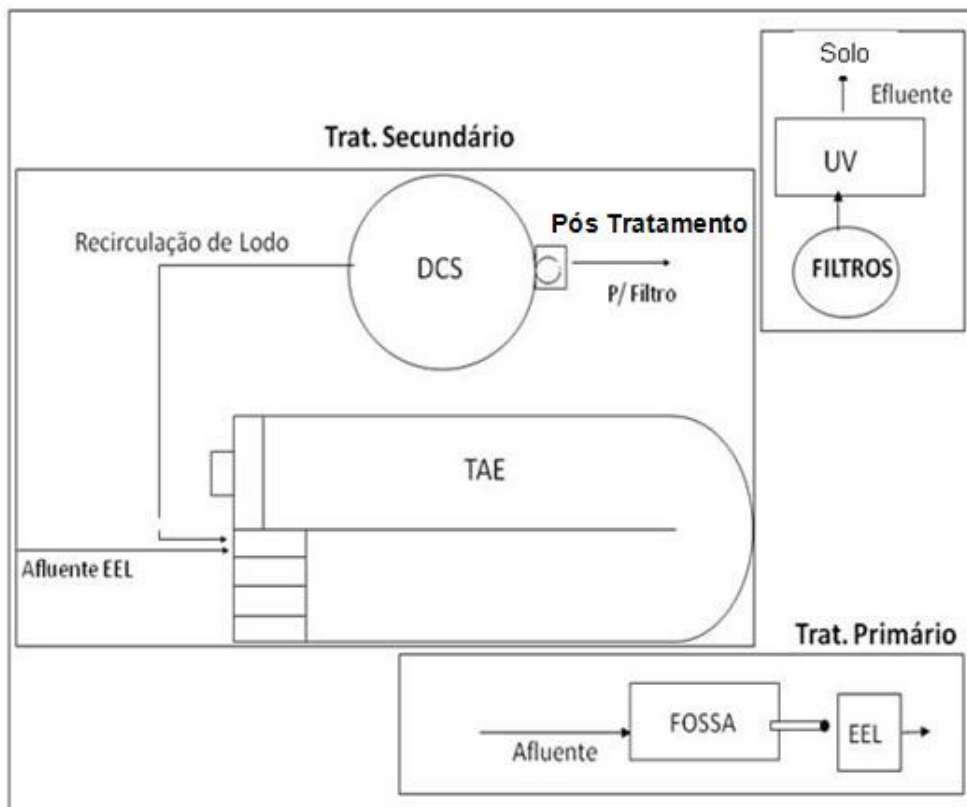
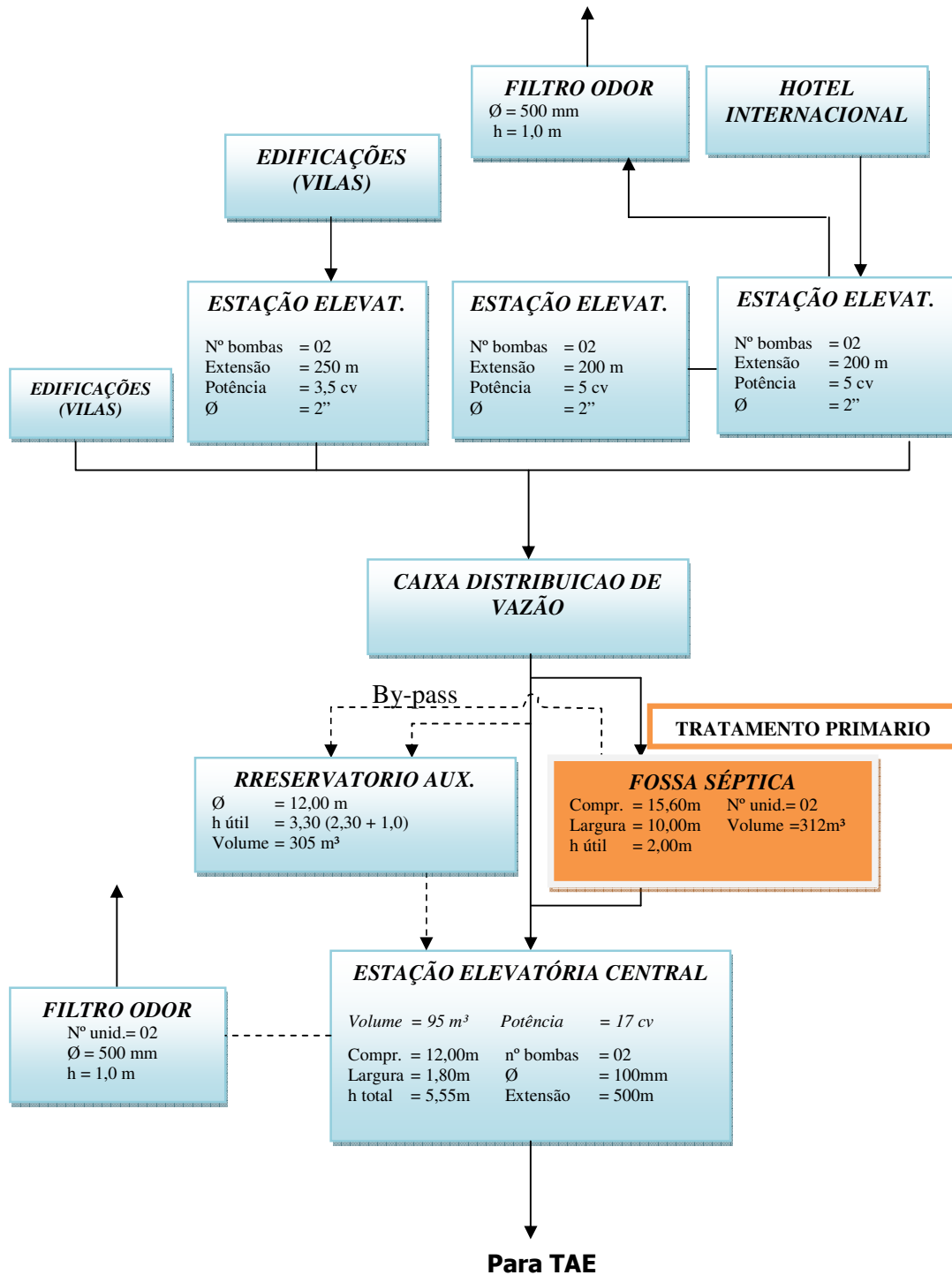
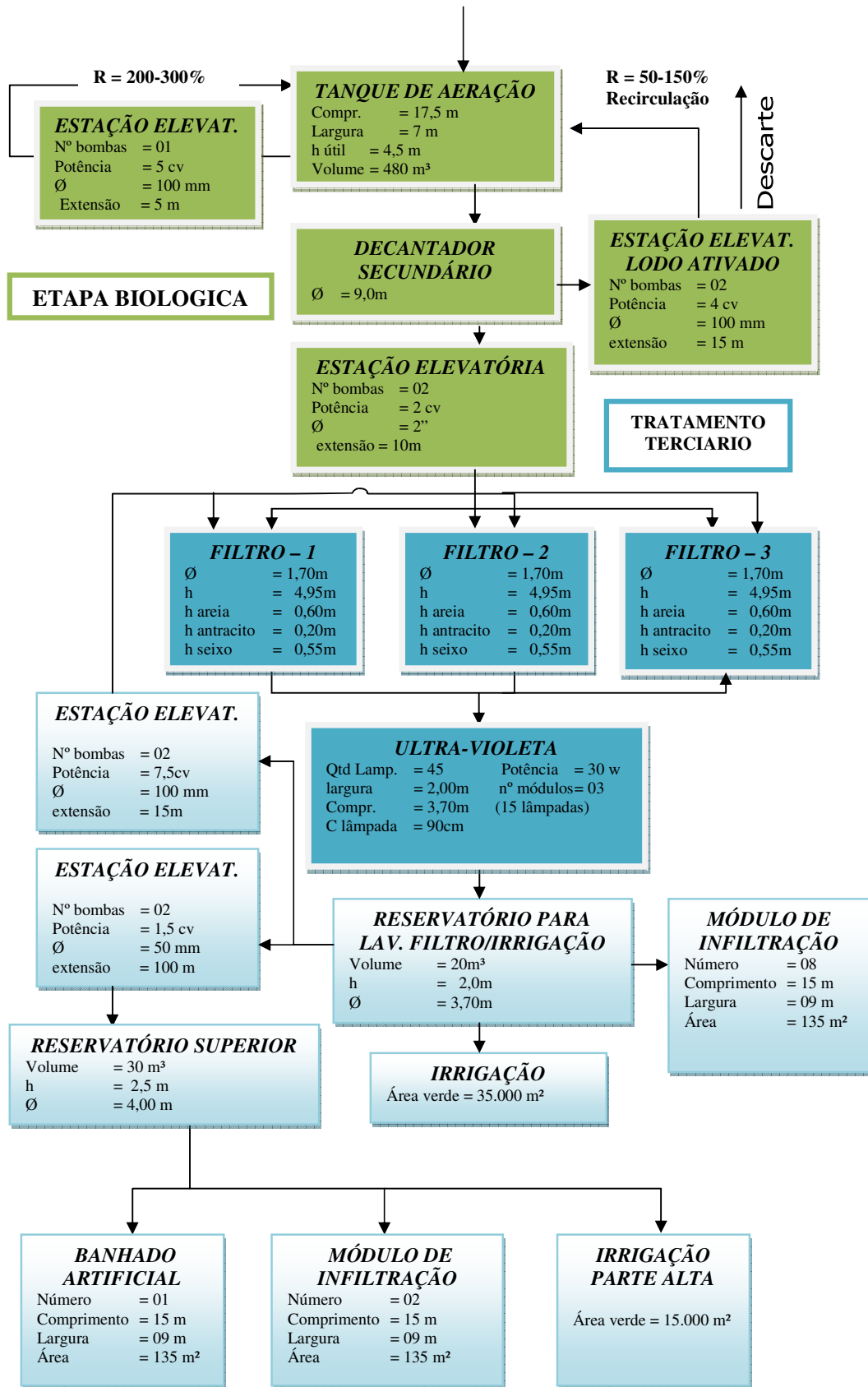


Figura 1 – Unidades da ETE do Resort Costão do Santinho.

O fluxograma com a descrição detalhada das etapas que compõem o sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho é apresentado abaixo.

**FLUXOGRAMA – SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO  
RESORT COSTÃO DO SANTINHO**





#### **4.1.1 Tratamento Primário**

##### **a) Tanque Séptico**

Como tratamento primário tem-se um tanque séptico totalizando um volume de 312 m<sup>3</sup>. Após a passagem pela fossa, o esgoto segue para uma estação elevatória central que recalca o efluente para o tanque de aeração, já que este se encontra em uma cota superior as fossas sépticas.

#### **4.1.2 Tratamento Secundário**

O tratamento secundário é composto pela etapa biológica da estação de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho, a qual é objeto de estudo na presente avaliação. Abaixo serão descritos o reator biológico e o decantador secundário, que formam a etapa biológica.

##### **a) Tanque de Aeração**

O reator biológico é formado por um tanque de aeração (TAE) de mistura completa em formato de “U” com volume de 480m<sup>3</sup>, dotado de um sistema de bombeamento submerso que recircula o lodo internamente da extremidade final para a extremidade inicial do tanque com uma vazão da ordem de 200 a 300% da vazão de projeto. O TAE (Figura 2) possui quatro aeradores mecanizados: um de 15 Cv, dois de 7,5 Cv e um de 15 Cv flutuante, distribuídos ao longo do tanque.



**Figura 2 – Tanque de Aeração (TAE).**

#### **b) Decantador Secundário**

A decantação é realizada por um Decantador Secundário (DCS) de formato circular, com diâmetro de 9,00 m e profundidade de 3,50 m na lateral do decantador (Figura 3).



**Figura 3 – Decantador Secundário (DCS).**

No decantador secundário, os flocos biológicos formados no tanque de aeração sedimentam-se, havendo assim um acúmulo de lodo concentrado no fundo do decantador. O efluente clarificado superficial escoia pela calha do decantador e segue para uma estação elevatória onde será recalcado para os filtros de gravidade. O lodo acumulado no fundo do decantador é recirculado para a entrada do tanque de aeração por meio de uma tubulação interligada entre o fundo do decantador e um conjunto de motor-bombas que promove o recalque até o tanque de aeração, com uma vazão da ordem de 50 a 150% da vazão de projeto, ou por meio desta mesma linha é realizado o descarte de lodo em excesso.

#### **4.1.3 Pós Tratamento**

##### **a) Filtros de Gravidade**

O efluente sobrenadante provindo do decantador secundário é destinado a uma estação elevatória que recalca o efluente para os filtros de gravidade com capacidade de eliminação de nitrogênio e fósforo (Figura 4).

A ETE conta com três filtros projetados cada um para uma vazão de 12 m<sup>3</sup>/h. Os filtros possuem uma altura de 4,95 m e um diâmetro de 1,70 m. O meio filtrante é formado por três camadas distintas, são elas:

- 0,60 m de areia
- 0,20 m de antracito
- 0,55 de seixo



**Figura 4 – Filtros de Gravidade.**

#### **b) Desinfecção por Ultra-Violeta**

Após passar pelos filtros de gravidade, o efluente segue para a etapa de desinfecção. Esta etapa é composta por uma câmara contendo 45 lâmpadas de ultravioleta com potencia de 30 W cada uma. Elas estão divididas em três módulos de 15 lâmpadas para facilitar a manutenção das mesmas.

#### **c) Destino Final do Efluente Tratado**

Após a desinfecção do efluente na câmara de Ultra-Violeta o mesmo é encaminhado para um reservatório de passagem localizado ao lado dos módulos de ultravioleta para sua distribuição para a rede de irrigação e módulos de infiltração existentes.

#### **d) Destino final do Lodo**

O descarte do lodo em excesso é realizado pela empresa Desentupidora Florianópolis contratada pelo Resort Costão do Santinho e autorizada a realizar o transporte e a destinação final do lodo. O lodo é retirado na forma hidratada



diretamente da linha de recirculação do decantador secundário para o tanque de aeração.

#### **4.2 Coleta e análise dos dados**

Os dados utilizados neste trabalho referentes à descrição do sistema de tratamento, aos dados operacionais e as análises laboratoriais foram coletados junto à empresa Socioambiental Consultores Associados Ltda. localizada na cidade de Florianópolis, a qual, após contrato firmado com o Resort Costão do Santinho, é responsável pelo monitoramento da ETE desde outubro de 2007. As análises laboratoriais dos parâmetros de qualidade realizadas na ETE (Anexo 1) de responsabilidade da empresa Socioambiental, foram realizadas pela QMC Saneamento – Laboratório de Análises, também localizada na cidade de Florianópolis.

A presente avaliação abrange o período entre os meses de outubro de 2007 a dezembro de 2008 e tem como objetivo analisar a eficiência da etapa biológica, que compreende o Tanque de Aeração e o Decantador Secundário, na remoção dos seguintes parâmetros:

- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Sólidos Suspensos Totais (SST);

As avaliações concentram-se nestes parâmetros devido ao fato de as análises realizadas regularmente na ETE compreenderem somente estes parâmetros na etapa biológica. A análise e interpretação dos dados se deram basicamente na comparação dos gráficos e valores encontrados para as respectivas eficiências de remoção dos parâmetros em estudo com os valores de remoção média esperada segundo Von Sperling (2002), por este ser usualmente utilizado para dimensionamentos de sistemas de tratamento de esgoto no Brasil. Na Tabela 1 são apresentados os valores de referência para a eficiência média esperada de remoção de DQO e SST que, segundo o autor, apesar de serem valores típicos, podem variar, inclusive fora das faixas apresentadas dependendo das circunstâncias locais.

**Tabela 1: Eficiência media esperada.**

<b>Eficiência Media de Remoção</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Eficiência Media de Remoção (%)</b>
DQO	90 - 95
SST	85 - 95

**Fonte: Von Sperling (2002).**

. De forma a subsidiar a avaliação desses parâmetros, analisou-se índices dos parâmetros operacionais como as concentrações de SST no Tanque de Aeração, a idade do lodo e a relação A/M (alimento/microorganismos). Esses são métodos considerados clássicos na utilização como indicadores para o controle de sólidos no sistema.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados e discutidos os resultados das análises laboratoriais de DQO e SST realizadas na ETE para o esgoto afluente ao TAE e efluente do DCS, as quais este trabalho se baseou para a avaliação da eficiência de remoção destes, e que tem periodicidade de realização bimestral. São apresentados também os dados operacionais cedidos e os índices dos parâmetros de controle operacional calculados de forma a subsidiar as avaliações supracitadas. São eles: concentrações de SST no Tanque de Aeração, SST no Lodo de Retorno, volume de lodo em excesso retirado do sistema, assim como os valores encontrados para a relação A/M (alimento/microrganismos) e idade do lodo.

A Tabela 2 abaixo apresenta a periodicidade de realização das análises dos parâmetros, assim com dados operacionais.

**Tabela 2: Periodicidade de realização das análises e dos dados operacionais.**

Dados			
Amostra	Parâmetro	Unidade	Periodicidade
Esgoto Afluente ao TAE	SST	mg/l	Bimestral
	DQO	mg/l	Bimestral
Esgoto Efluente do DCS	SST	mg/l	Bimestral
	DQO	mg/l	Bimestral
Lodo do TAE	SST	mg/l	Semanal
Lodo de Retorno	SST	mg/l	Bimestral
Volume Lodo Retirado	-	m <sup>3</sup>	Semanal
Volume Esgoto Afluente ao TAE	-	m <sup>3</sup>	Semanal

### 5.1 Índices de controle operacional

No presente item, serão avaliados os métodos tradicionalmente utilizados no controle dos sólidos em sistemas de lodos ativados (VON SPERLING, 2002). São eles:

- Controle de SST no Tanque de Aeração (SST constante);
- Controle da carga de lodo (relação A/M constante);
- Controle da idade do lodo ( $\theta_c$  constante);

Estas avaliações visam subsidiar as análises subseqüentes da eficiência de remoção de DQO e SST na etapa biológica da ETE Resort Costão do Santinho. A Tabela 3 abaixo apresenta os valores encontrados para as variáveis supracitadas e que servirão de base para as análises dos parâmetros DQO e SST.

**Tabela 3: Dados operacionais e parâmetros de controle operacional.**

ETE RESORT COSTÃO DO SANTINHO						
Mês	Semana	Esgoto Afluente (m <sup>3</sup> /semana)	SST no TAE (mg/l)	Relação A/M (kgDQO / kgSST)	Lodo Retirado (m <sup>3</sup> /semana)	Idade do Lodo (dias)
out/07	02/out - 08/out	2028	5073	0.30	99	19
	09/out - 15/out	1977	3740	0.40	36	38
	16/out - 22/out	2437	4633	0.40	-	-
	23/out - 29/out	2304	5280	0.33	36	54
nov/07	30/out - 05/nov	2464	4600	0.40	33	52
	06/nov - 12/nov	2696	3180	0.64	22	54
	13/nov - 19/nov	2938	5470	0.40	22	92
	20/nov - 26/nov	2486	5766	0.32	50	43
	27/nov - 03/dez	2366	4860	0.37	44	41
dez/07	4/dez - 10/dez	2430	5053	0.36	44	43
	11/dez - 17/dez	3101	5280	0.44	22	89
	18/dez - 24/dez	3454	-	-	88	-
	25/dez - 31/dez	3993	-	-	66	-
jan/08	01/jan - 07/jan	4907	4980	1.22	116	16
	08/jan - 14/jan	4375	4550	1.19	44	38
	15/jan - 21/jan	4638	4410	1.30	99	16
	22/jan - 28/jan	4156	5570	0.92	88	23
fev/08	29/jan - 04/fev	4419	5246	1.04	66	29
	5/fev - 11/fev	4324	5980	0.89	113	19
	12/fev - 18/fev	3696	5200	0.88	135	14
	19/fev - 25/fev	3729	5055	0.91	110	17
	26/fev - 03/mar	3467	4456	0.65	66	29
mar/08	04/mar - 10/mar	2659	4246	0.52	80	22
	11/mar - 17/mar	2394	3794	0.53	91	18
	18/mar - 24/mar	3366	3783	0.74	44	36
	25/mar - 31/mar	2231	3723	0.50	66	24

ETE RESORT COSTÃO DO SANTINHO						
Mês	Semana	Esgoto Afluyente (m <sup>3</sup> /semana)	SST no TAE (mg/l)	Relação A/M (kgDQO / kgSST)	Lodo Retirado (m <sup>3</sup> /semana)	Idade do Lodo (dias)
abr/08	01/abr - 07/abr	2460	3510	0.58	44	34
	08/abr - 14/abr	2257	3446	0.55	62	23
	15/abr - 21/abr	3573	3945	0.75	33	51
	22/abr - 28/abr	2040	4844	0.35	55	37
mai/08	29/abr - 05/mai	2436	2500	0.29	55	22
	06/mai - 12/mai	1626	3777	0.13	44	41
	13/mai - 19/mai	1835	3493	0.16	22	77
	20/mai - 26/mai	2061	3804	0.16	22	83
	27/mai - 02/jun	1505	3680	0.12	25	71
jun/08	03/jun - 09/jun	2057	3680	0.17	22	81
	10/jun - 16/jun	2085	3930	0.16	25	76
	17/jun - 23/jun	1389	4903	0.08	33	72
	24/jun - 30/jun	1300	3535	0.11	22	77
jul/08	01/jul - 07/jul	1362	-	-	33	-
	08/jul - 14/jul	2141	3590	0.39	25	65
	15/jul - 21/jul	2491	4673	0.35	55	38
	22/jul - 28/jul	3083	4740	0.42	127	17
ago/08	29/jul - 04/ago	1866	4480	0.27	-	-
	5/ago - 11/ago	1257	3935	0.21	55	32
	12/ago - 18/ago	1885	3440	0.36	44	35
	19/ago - 25/ago	1122	2180	0.33	11	90
	26/ago - 01/set	1439	2300	0.41	25	42
set/08	02/set - 08/set	1953	3770	0.47	22	73
	09/set - 15/set	2491	4030	0.56	55	31
	16/set - 22/set	1774	6890	0.23	25	117
	23/set - 29/set	2054	4580	0.41	58	33
out/08	30/set - 06/out	2079	4620	0.41	55	36
	07/out - 13/out	2463	3770	0.59	55	29
	14/out - 20/out	2292	3000	0.69	44	29
	21/out - 27/out	1553	4665	0.30	33	60
	28/out - 03/nov	1293	3023	0.39	25	51
nov/08	04/nov - 10/nov	2294	2311	0.76	33	21
	11/nov - 17/nov	2357	3780	0.48	33	34
	18/nov - 24/nov	2261	3100	0.56	44	21
	25/nov - 01/dez	2398	2680	0.68	61	13
dez/08	02/dez - 08/dez	1922	3270	0.45	44	22
	09/dez - 15/dez	2313	5783	0.31	22	78
	16/dez - 22/dez	2424	-	-	105	-
	23/dez - 29/dez	3428	-	-	66	-

### 5.1.1 Lodo de Retorno e Idade do Lodo ( $\theta_c$ )

Inicialmente, buscou-se avaliar a idade do lodo para a etapa biológica da ETE Resort Costão do Santinho. Como o cálculo da idade do lodo leva em consideração valores de concentrações de sólidos suspensos voláteis (SSV), e as análises referentes às concentrações de sólidos tanto no lodo do TAE, como no lodo de retorno do DCS para o TAE são referentes somente a SST, buscou-se uma relação que apresentasse um valor referente à SSV. Segundo Von Sperling (2002), tem-se em termos gerais, a seguinte expressão, que relaciona SSV e SST para lodos ativados por aeração prolongada:

$$0,60 \text{ a } 0,75 = \frac{SSV}{SST}$$

Onde:

$SSV$  = Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l);

$SST$  = Concentração de Sólidos Suspensos Totais (mg/l);

Com base na expressão acima, optou-se por adotar neste trabalho o valor de 0,75 na relação SSV/SST para o cálculo da idade do lodo. Abaixo é apresentada a equação utilizada para o cálculo da idade do lodo.

$$\theta = \frac{V_{TAE} * SSV_{TAE}}{V_{EX} * SSV_{LODO}} \text{ (dias)}$$

Onde:

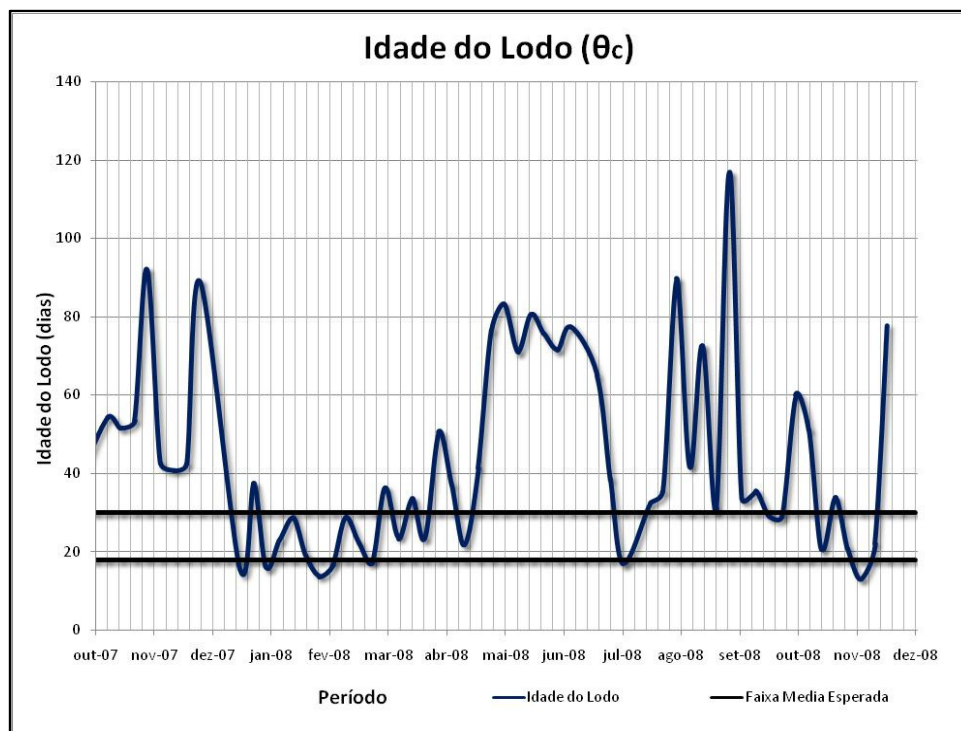
$V_{TAE}$  = Volume do Reator Biológico = 480 m<sup>3</sup>;

$SSV_{TAE}$  = Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no TAE;

$V_{EX}$  = Volume de lodo excedente retirado do sistema semanalmente;

$SSV_{LODO}$  = Concentração média de Sólidos Suspensos Voláteis no lodo de retorno do DCS para o TAE;

As análises referentes às concentrações de SST no lodo de retorno da ETE são realizadas bimestralmente, enquanto que o cálculo da idade do lodo foi feito a nível semanal, já que as análises de SST do lodo do TAE são realizadas semanalmente. Dessa forma optou-se por utilizar no cálculo da idade do lodo, o valor médio encontrado entre duas análises consecutivas para o período compreendido entre as mesmas. Por exemplo, a análise do dia 24/10/07 apresentou concentração de SST igual a 9770 mg/l no lodo de retorno. A análise seguinte, realizada no dia 14/12/07, apresentou valor de 8365 mg/l. O valor médio para essas análises foi de 9067,50 mg/l. Assim, utilizou-se este valor para o cálculo da idade do lodo no período compreendido entre essas duas análises, e assim sucessivamente para todo o período em estudo. A Figura 5 apresenta a flutuação dos valores de idade do lodo no período em estudo.



**Figura 5: Flutuação da idade do lodo no período em estudo.**

No período compreendido entre o início das avaliações e janeiro de 2008, observam-se valores atípicos da idade do lodo, como verificado na semana entre

13/Nov e 19/Nov onde o valor foi de 92 dias. Sabe-se que a faixa ideal da idade do lodo é de 1 . Contudo, esses valores podem variar fora da faixa indicada, dependendo das características locais (VON SPERLING, 2002).

Observa-se na seqüência do período em avaliação, que apesar de verificados alguns valores pontuais elevados, existe uma redução da idade do lodo, principalmente entre janeiro de 2008 e abril de 2008, cujo valor médio foi de 30 dias para o período, valor este dentro da faixa considerada ideal. Já para o período seguinte, compreendido entre maio de 2008 e dezembro de 2008, o valor médio foi de 51 dias. Isto pode representar um baixo descarte de lodo, o que pode prejudicar a eficiência de remoção da carga afluyente. Esta elevada idade do lodo, fora da faixa considerada ideal, pode representar também uma alta quantidade de células mortas presentes no sistema.

Em 20/12/07 entrou em operação a recirculação interna do TAE, já que esta não encontrava-se em funcionamento, operando com uma vazão de 100 m<sup>3</sup>/h (aproximadamente 3 vezes a vazão de projeto da ETE), recirculando lodo da extremidade final para a extremidade inicial do TAE, próximo a entrada de esgoto bruto e lodo recirculado do DCS para o TAE. Em 04/01/08, entrou em funcionamento um sistema de inversão de freqüência das bombas de recalque de esgoto, que atua variando as vazões que a bomba de recalque da estação elevatória central envia para o TAE. Esse sistema regularizou a vazão afluyente ao TAE, de modo a manter sempre, mesmo que mínima, uma vazão afluyente ao sistema ao longo do dia, o que não vinha acontecendo até esta data. Observa-se que estes esforços visando à melhoria do sistema coincidem com a redução da idade do lodo, verificada a partir de janeiro de 2008.

Para as avaliações do lodo de retorno, sabe-se que segundo Von Sperling (2002) as concentrações típicas de SST no lodo de retorno do Decantador Secundário para o Reator Biológico situam-se entre 8000 e 12000 mg/l, sendo que o valor encontrado para a concentração média de SST no lodo recirculado na ETE foi de 8943 mg/l, o que está de acordo com o recomendado pela bibliografia. Entretanto, observa-se que nas análises dos meses de abril e agosto de 2008, as concentrações foram de 5740 e 6640 mg/l respectivamente, ficando abaixo do esperado, assim como a análise referente a dezembro de 2008, onde a concentração ficou em 13450



mg/l, acima da faixa considerada ideal para a boa eficiência do sistema. Contudo, a concentração de sólidos em suspensão no lodo de retorno depende das características de decantabilidade e adensabilidade do lodo no decantador secundário e da variação da carga de sólidos afluentes ao mesmo, podendo apresentar grande variabilidade ao longo do dia, inclusive fora da faixa de concentrações consideradas típicas (VON SPERLING, 2002). A Tabela 4 apresenta os valores em questão.

**Tabela 4: Concentrações de SST no lodo de retorno.**

<b>Lodo Recirculado</b>		
<b>Amostra</b>	<b>Data</b>	<b>SST (mg/l)</b>
1	24/10/07	9770
2	14/12/07	8365
3	21/02/08	10160
4	24/04/08	5740
5	25/06/08	8200
6	26/08/08	6640
7	28/10/08	9221
8	15/12/08	13450
<b>Mínimo</b>		<b>5740</b>
<b>Máximo</b>		<b>13450</b>
<b>Média</b>		<b>8943</b>
<b>Desvio Padrão</b>		<b>2361</b>

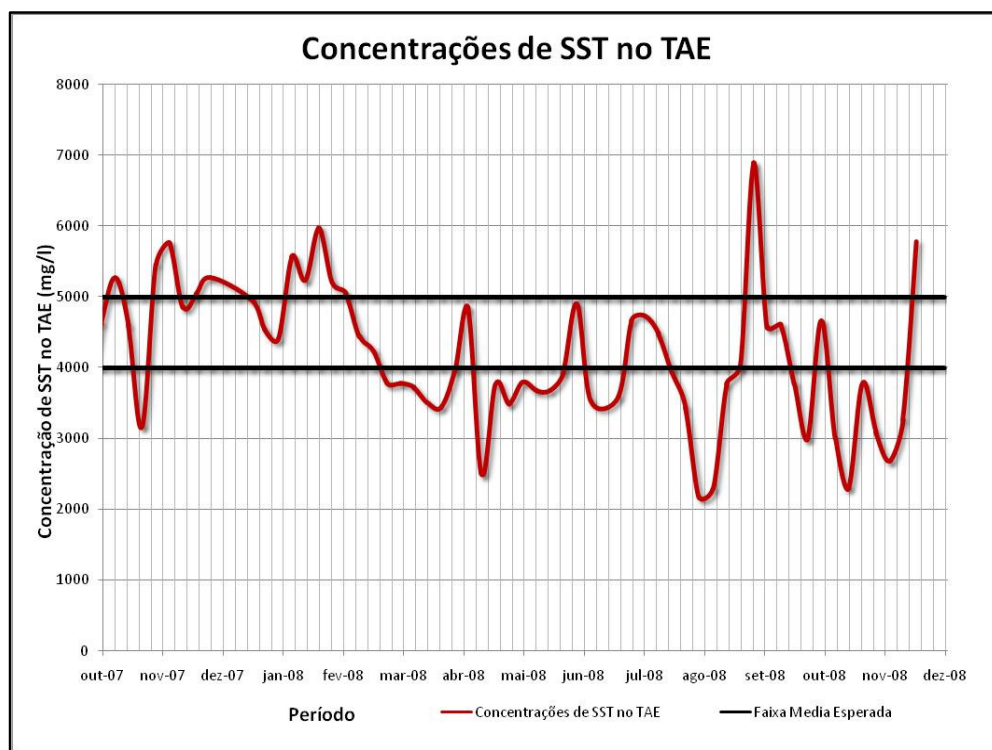
### 5.1.2 Concentrações de SST no Tanque de Aeração

As avaliações de SST no TAE são realizadas semanalmente, visando o controle de sólidos no sistema. Sabe-se que a concentração media típica de SST no TAE é da faixa de 4000 a 5000 mg/l, entretanto, esses valores podem variar fora da faixa indicada, dependendo das características locais (VON SPERLING, 2002). O objetivo é o de se manter a concentração de SST no TAE constante, já que caso um nível adequado de SST seja mantido, é implicitamente esperado que a qualidade do efluente seja boa.

Para o controle de SST no TAE, utiliza-se frequentemente, a manipulação da vazão de lodo excedente, embora possa ser utilizada, dentro de certos limites, a manipulação da vazão de lodo de retorno. A resposta do sistema a variações da vazão

de lodo excedente é lenta (reduzida massa de sólidos extraída, comparada com a massa total existente). Com relação à vazão de lodo de retorno, de acordo com Von Sperling (2002) a resposta no decantador secundário é rápida (menor massa de sólidos presente no decantador), ao passo que no reator a resposta é lenta (maior massa de sólidos e, em decorrência, maior inércia).

De modo a auxiliar a análise da eficiência de remoção de DQO e SST na etapa biológica, procurou-se avaliar a flutuação da concentração de SST no TAE. A Figura 6 apresenta a variação das concentrações de SST no TAE.



**Figura 6: Flutuação das concentrações de SST no TAE.**

Observa-se que no período compreendido entre o início do estudo e janeiro de 2008, as concentrações de SST no TAE atingiram valores superiores a 5000 mg/l, apresentando media para este período de 4830 mg/l, valor este dentro da faixa considerada ideal. O período entre janeiro de 2008 e abril de 2008, apresentou uma queda nas concentrações, proporcionando uma media de 4272 mg/l para este período, e uma menor variação das concentrações. Como apresentado anteriormente, este período coincide com os ótimos valores de idade do lodo observados. Já no período

seguinte, compreendido entre maio de 2008 e dezembro de 2008 observa-se uma concentração média de 3800 mg/l, com eventuais picos de concentração elevado, como observado em análise no mês de setembro, quando atingiu-se concentração igual a 6890 mg/l.

### 5.1.3 Relação A/M

A relação alimento/microrganismo (A/M) representa a carga de substrato por unidade de massa de lodo. O objetivo é o de se manter constante o valor de A/M de forma a garantir uma remoção de substrato uniforme. O valor de A/M é frequentemente ajustado por experiência durante a operação. O procedimento para se controlar A/M, é o de se ajustar a concentração de SST (através do descarte de lodo excedente ou da variação da vazão de lodo de retorno) em função da carga afluenta de substrato, de forma a manter A/M constante (VON SPERLING, 2002). O calculo pode ser efetuado em função das concentrações de DBO afluenta ou de SSV. Como a presente avaliação trata de valores de DQO e SST, optou-se por utilizar estes valores na presente avaliação. O cálculo de A/M se da de acordo com a equação abaixo:

$$\frac{A}{M} = \frac{Q_{afluenta} * DQO_{afluenta}}{V_{TAE} * SST_{TAE}}$$

Onde:

$\frac{A}{M}$  = Relação alimento/microrganismo;

$Q_{afluenta}$  = Vazão Afluenta ao TAE (m<sup>3</sup>/semana);

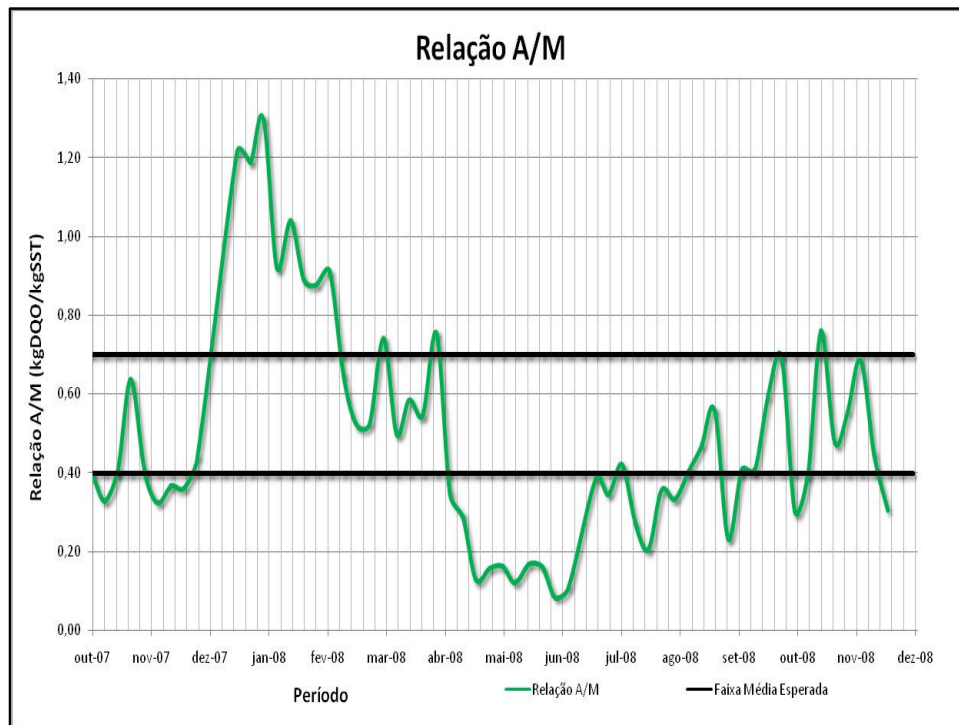
$DQO_{afluenta}$  = Concentração de substrato afluenta (g/m<sup>3</sup>);

$V_{TAE}$  = Volume do TAE (m<sup>3</sup>)

$SST_{TAE}$  = Concentração de sólidos suspensos totais no TAE (g/m<sup>3</sup>);

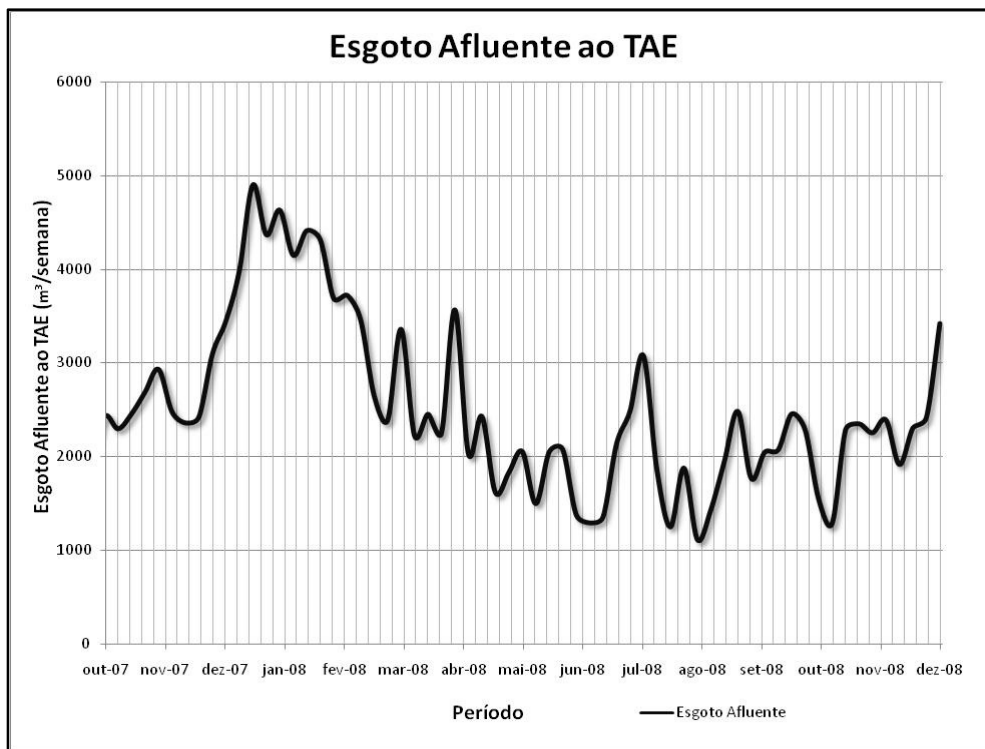
Como as análises de DQO afluenta são realizadas bimestralmente e o calculo para a relação A/M considerou valores semanais, tanto de esgoto afluenta como de concentrações de SST no TAE, considerou-se para o calculo os valores médios entre

duas análises subseqüentes de DQO para o período compreendido entre as mesmas, assim como realizado no cálculo da idade do lodo. Os valores encontrados podem ser consultados na Tabela 3. A Figura 7 apresenta a variação dos valores obtidos para a relação A/M durante o período em estudo.



**Figura 7: Flutuação da relação A/M no período em estudo.**

No período inicial do estudo, observam-se elevados valores para a relação A/M. A partir de janeiro de 2008 ocorre uma queda acentuada, mantendo-se levemente constante a partir de junho de 2008. A flutuação da relação A/M é similar a observada para a vazão de esgoto afluente, apresentada na Figura 8, cuja sazonalidade é bem marcante, visivelmente elevada nos períodos de temporada de verão, compreendido entre os meses de dezembro e março. Isto mostra que as concentrações de SST no TAE se mantiveram ligeiramente constantes, não acompanhando exatamente a variação de substrato afluente. Isto se dá devido ao fato de a relação A/M ser um parâmetro essencialmente estacionário, e a sua associação com a qualidade do efluente não é válida em condições dinâmicas, as quais predominam nas estações de tratamento de esgotos.



**Figura 8: Flutuação da vazão de esgoto afluente ao TAE.**

O controle instantâneo de A/M utilizando a variação de lodo de retorno para alterar os níveis de SST no TAE são limitadas, devido à elevada massa de sólidos no reator. A manipulação do descarte de lodo gera efeitos e médio prazo, sendo, portanto incapaz de absorver transientes e variações diárias da carga de substrato afluente (VON SPERLING, 2002). Além disso, aumentos de SST no TAE, para manter A/M constante podem causar uma sobrecarga de sólidos afluente ao decantador secundário, com uma possível deterioração da qualidade final do efluente.

## 5.2 Eficiência de tratamento

### 5.2.1 DQO

A etapa biológica do sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho apresentou ótimos resultados quanto à redução dos valores de DQO. Na Tabela 4 são apresentados os resultados referentes às concentrações no esgoto afluente ao TAE e no efluente do DCS, e a respectiva eficiência de remoção para o período.

**Tabela 4: Concentrações de DQO afluente e efluente, e as respectivas eficiências.**

DQO (mg/l)				
Amostra	Data	Afluente TAE	Efluente DCS	Eficiência de Remoção (%)
1	24/10/07	159.84	8.80	94.49
2	14/12/07	562.50	36.00	93.60
3	21/02/08	625.00	26.90	95.70
4	24/04/08	176.00	40.00	77.27
5	25/06/08	112.00	10.20	90.89
6	26/08/08	511.03	83.00	83.76
7	28/10/08	360.48	65.49	81.83
8	15/12/08	374.92	26.78	92.86
<b>Mínimo</b>		<b>112.00</b>	<b>8.80</b>	<b>77.27</b>
<b>Máximo</b>		<b>625.00</b>	<b>83.00</b>	<b>95.70</b>
<b>Média</b>		<b>360.22</b>	<b>37.15</b>	<b>88.80</b>
<b>Desvio Padrão</b>		<b>196.28</b>	<b>25.79</b>	<b>6.87</b>

Observa-se que o valor médio afluente ao TAE para o período em estudo foi de 360,22 mg/l, apresentando concentrações máxima e mínima de 625,00 mg/l e 112,00 mg/l respectivamente. As concentrações máximas e mínimas do efluente do DCS foram de 83,00 e 8,80 mg/l respectivamente, e media de 37,15 mg/l.

Verifica-se desta forma uma eficiência media de redução das concentrações de DQO na etapa biológica da ordem de 88%, que apesar de estar ligeiramente abaixo da faixa considerada típica, que é de 90 a 95 % de remoção (VON SPERLING, 2002), pode ser considerada ótima, já que esses valores são típicos, podendo variar para fora da faixa, dependendo das condições locais, sendo aceitáveis pequenas variações. Observa-se ainda que somente em 3 das 8 amostras a eficiência manteve-se abaixo dessa faixa. A máxima eficiência de remoção verificada foi no mês de fevereiro de 2008 com 95,7% de remoção, enquanto que a mínima observada foi de 77, 27% no mês de abril de 2008.

A Figura 9 apresenta a flutuação das concentrações de DQO afluente e efluente a etapa biológica ao longo do período em estudo, assim como a variação da eficiência de remoção.

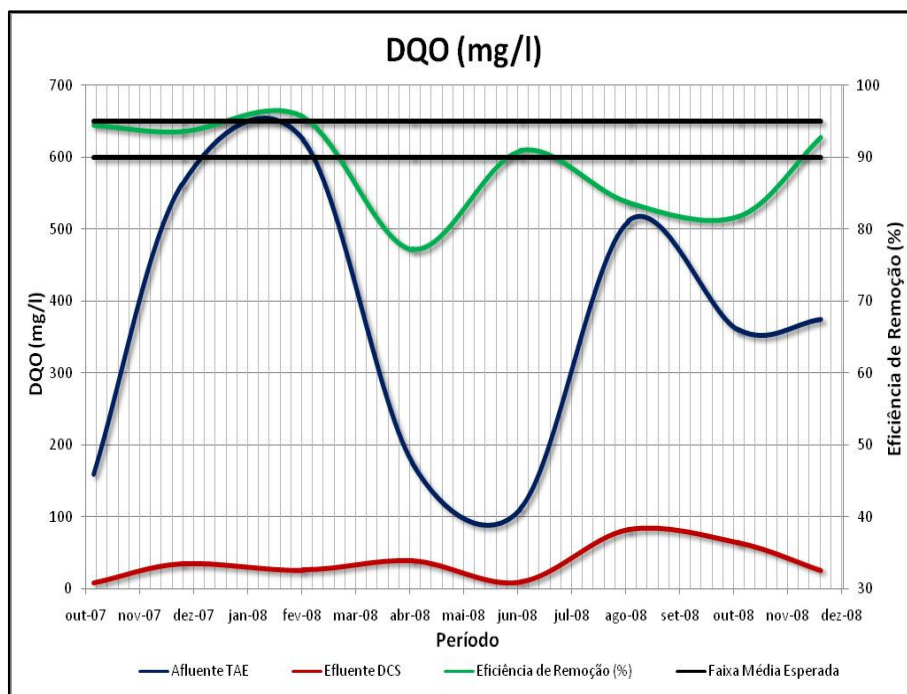


Figura 9: Flutuação das concentrações de DQO afluente e efluente, e eficiência de remoção.

### 5.2.2 SST

A avaliação da eficiência de remoção das concentrações de sólidos suspensos totais na etapa biológica do sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho, apresentou uma crescente melhoria ao longo do período avaliado. Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes às concentrações no esgoto afluente ao TAE e no efluente do DCS, e a respectiva eficiência de remoção para o período.

Tabela 5: Concentrações de SST afluente e efluente ao sistema, e as respectivas eficiências.

SST (mg/l)				
Amostra	Data	Afluente TAE	Efluente DCS	Eficiência de Remoção (%)
1	24/10/07	100.00	61.00	39.00
2	14/12/07	100.00	61.00	39.00
3	21/02/08	80.00	36.00	55.00
4	24/04/08	113.00	2.00	98.23
5	25/06/08	10.00	< 1.00	90.00
6	26/08/08	85.00	< 5.00	94.12
7	28/10/08	80.00	< 5.00	93.75
8	15/12/08	112.00	< 5.00	95.54
<b>Mínimo</b>		<b>10.00</b>	<b>&lt; 1.0</b>	<b>39.00</b>
<b>Máximo</b>		<b>113.00</b>	<b>61.00</b>	<b>98.23</b>
<b>Média</b>		<b>85.00</b>	<b>22.00</b>	<b>75.58</b>
<b>Desvio Padrão</b>		<b>33.03</b>	<b>26.58</b>	<b>26.44</b>

Observa-se que o valor médio afluente ao TAE para o período em estudo foi de 85,00 mg/l, apresentando concentrações máxima e mínima de 113,00 mg/l e 10,00 mg/l respectivamente. As concentrações máximas e mínimas do efluente do DCS foram de 61,00 e menores que 1,00 mg/l respectivamente, apresentando valor médio de 22,00 mg/l.

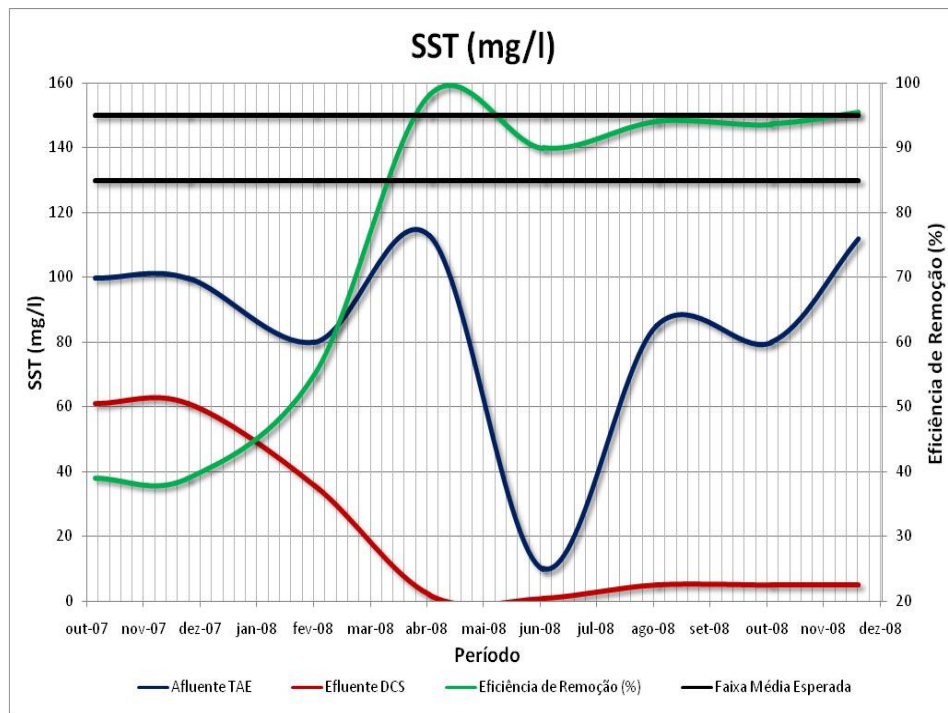
Verifica-se para o período uma eficiência média de redução das concentrações de SST na etapa biológica de 75,58%, apresentando valor mínimo e máximo respectivamente de 39% e 98,23%. Observa-se que este valor fica abaixo da faixa de eficiência típica definida entre 85 e 95% (VON SPERLING, 2002), entretanto, percebe-se um excelente progresso na eficiência de remoção ao longo do período em estudo. Inicialmente, nas análises de outubro e dezembro de 2007 a eficiência foi de 39%, enquanto que na análise seguinte o valor foi de 55%. Já no período posterior, compreendido entre abril de 2008 e dezembro de 2008, a eficiência média foi de 94,33%, apresentando todos os valores acima da faixa de 90% de eficiência e se mantendo nesta zona de eficiência.

Como visto anteriormente, nos meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2008 houve modificações no sistema visando a melhoria da eficiência. Entre elas a entrada em operação da recirculação interna do TAE e o inversor de frequência no



bombeamento de esgoto da estação elevatória central para o TAE, de forma a manter sempre, mesmo que mínima, uma vazão afluyente ao TAE evitando períodos “secos” sem a entrada de esgoto no reator, coincidem com a crescente melhoria da eficiência de remoção do sistema. É interessante frisar que este período coincide também com a redução da idade do lodo, assim como as concentrações de SST se mantendo na faixa de 4200 mg/l no TAE.

A Figura 10 apresenta a flutuação das concentrações de SST afluyente ao TAE e efluente do DCS ao longo do período em estudo, assim como a variação da eficiência de remoção.



**Figura 10: Flutuação das concentrações de SST afluyente e efluente, e eficiência de remoção.**

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De maneira geral, o presente estudo mostrou que a etapa biológica do sistema de tratamento de esgotos do Resort Costão do Santinho em Florianópolis, constituída por um Tanque de Aeração e um Decantador Secundário, apresentou um bom desempenho na remoção dos parâmetros DQO e SST, no período em avaliação.

Os resultados mostraram uma eficiência média de 88% na remoção de DQO que apesar de estar ligeiramente abaixo da faixa considerada ideal, pode ser considerado excelente, já que esta pode variar dependendo das condições locais, assim como o valor encontrado para a eficiência de remoção de SST, que foi de 75% para o período.

Observou-se que os esforços realizados visando à melhoria da eficiência, dentre eles a entrada em funcionamento da recirculação interna e a instalação de um inversor de frequência regularizando as vazões afluentes ao TAE, surtiram efeito, de forma que houve uma elevação da eficiência a partir janeiro de 2008. Verificou-se uma remoção de 95% para DQO em fevereiro de 2008 e 98% para SST em abril.

De modo geral, percebeu-se que o período que apresentou melhor eficiência foi entre os meses de janeiro e abril de 2008. A concentração de SST no TAE manteve-se constante, com média de 4200 mg/l, enquanto que a idade do lodo apresentou média de 30 dias para este período. Entretanto, a relação A/M apresentou constante variação.

Recomenda-se a instalação de medidores de vazão nas linhas de recirculação interna e de lodo recirculado, de forma a se ajustar uma vazão de lodo de retorno que acompanhe a flutuações da carga afluente ao TAE. Propõe-se ainda elevar a frequência de realização de análises dos parâmetros em questão, principalmente no período de temporada, haja vista a marcante sazonalidade de ocupação do Resort e consequentemente, a afluência de esgoto a ETE.

É interessante ressaltar que o gerenciamento do sistema com base nos indicadores operacionais como concentração de SST no TAE, relação A/M e idade do lodo, deve ser integrado de forma a haver uma combinação dessas variáveis, ao invés da abordagem usual de se controlar o sistema em função de apenas uma variável, já que como visto anteriormente, o período de melhor desempenho

apresentou ótimos valores para idade do lodo e concentrações de SST no TAE, enquanto que a relação A/M apresentou-se inadequada neste período.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V., SPRELING, M.V., FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 484p.

JORDÃO, E, P., PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NIKU, S., SCHROEDER, E.D. **Factors affecting effluent variability from activated sludge processes.** *Journal Water Pollution Control Association*, v. 53, n. 5, p. 546 - 559, May, 1981b.

SILVA JUNIOR, R. J. C. **A indústria da água como atividade econômica.** Bio, 1996.

VON SPERLING. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 243p.

VON SPERLING. M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 211p.

VON SPERLING. M. **Lodos Ativados.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 428p.

## **8. ANEXOS**

### **Anexo 1**



