



**SAAE – Serviço autônomo de Água e Esgoto**

## **Sistemas de Tratamento de Esgoto**

**Aracruz, junho de 2006**

## **1. Tecnologias de tratamento**

O tratamento biológico é a forma mais eficiente de remoção da matéria orgânica dos esgotos. O próprio esgoto contém grande variedade de bactérias e protozoários para compor as culturas microbiais mistas que processam os poluentes orgânicos. O uso desse processo requer o controle da vazão, a recirculação dos microorganismos decantados, o fornecimento de oxigênio e outros fatores. Os fatores que mais afetam o crescimento das culturas são a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, o fornecimento de oxigênio, o pH, a presença de elementos tóxicos e a insolação.

Havendo oxigênio livre (dissolvido), são as bactérias aeróbias que promovem a decomposição. Na ausência do oxigênio, a decomposição se dá pela ação das bactérias anaeróbias. A decomposição aeróbia diferencia-se da anaeróbia pelo seu tempo de processamento e pelos produtos resultantes. Em condições naturais, a decomposição aeróbia necessita três vezes menos tempo que a anaeróbia e dela resultam gás carbônico, água, nitratos e sulfatos, substâncias inofensivas e úteis à vida vegetal. O resultado da decomposição anaeróbia é a geração de gases como o sulfídrico, metano, nitrogênio, amoníaco e outros, geralmente, gases malcheirosos.

A decomposição do esgoto é um processo que demanda vários dias, iniciando-se com uma contagem elevada de DBO, que vai decrescendo e atinge seu valor mínimo ao completar-se a estabilização. A determinação da DBO é importante para indicar o teor de matéria orgânica biodegradável e definir o grau de poluição que o esgoto pode causar ou a quantidade de oxigênio necessária para submeter o esgoto a um tratamento aeróbio.

## **2. Definições**

### **2.1 Esgotamento Sanitário**

**CORPO RECEPTOR** - Qualquer corpo d'água, onde é lançado o esgoto sanitário.

**ELEVATÓRIA** – Estação do sistema de esgotamento sanitário, na qual o esgoto é elevado por meio de bombas para tubulação ou a outra unidade do sistema em nível superior.

**FILTRO BIOLÓGICO** - Sistema de tratamento no qual o esgoto passa por um leito de material de enchimento recoberto com microorganismos e ar, acelerando o processo de digestão da matéria orgânica.

**FOSSA SÉPTICA** – A canalização das águas servidas e dos dejetos provenientes de sanitários é ligada a uma fossa, na qual a matéria esgotada passa por processo de tratamento ou decantação, sendo ou não a parte líquida conduzida em seguida para um desaguadouro geral da área, região ou município.

**FOSSA SÉPTICA DE SISTEMA CONDOMINIAL** - Dispositivo tipo câmara, enterrado, destinado a receber o esgoto para separação e sedimentação do material orgânico ou mineral, transformando-o em material inerte.

**INTERCEPTOR** – Rede de tubulação, localizada geralmente em fundos de vale ou nas margens de curso d'água, que recebe esgotos coletados nas redes coletoras e conduz até a estação de tratamento ou ao local de lançamento.

**LAGOA AERADA** – Lagoa de tratamento de água residuária, em que a aeração mecânica ou por ar difuso é usada para suprir a maior parte do oxigênio necessário.

**LAGOA AERÓBIA** – Sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica ocorre quando existe equilíbrio entre a oxidação e a fotossíntese, para garantir condições aeróbias em todo o meio.

**LAGOA ANAERÓBIA** – Sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada predominantemente por processos de fermentação anaeróbia, imediatamente abaixo da superfície, não existindo oxigênio dissolvido.

**LAGOA DE MATURAÇÃO** - Processo de tratamento biológico usado como refinamento do tratamento prévio por lagoas, ou outro processo biológico. Reduz bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes e uma parcela negligenciável da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

**LAGOA FACULTATIVA** – Sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica ocorre em duas camadas, sendo a superior aeróbia e a inferior anaeróbia, simultaneamente.

**LAGOA MISTA** - Conjunto de lagoas anaeróbias e aeróbias, dispostas em uma determinada ordem, com o objetivo de reduzir o tamanho do sistema.

**LODO ATIVADO** - Sistema de tratamento no qual os flocos de lodo recirculam com alta concentração de bactérias, acelerando o processo de digestão da matéria orgânica.

**REATOR ANAERÓBIO** – Sistema de tratamento fechado onde se processa a digestão do esgoto, sem a presença de oxigênio.

**REDE GERAL DE ESGOTO** – A canalização das águas servidas e dos dejetos provenientes de sanitário é ligada a um sistema de coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não disponha de estação de tratamento da matéria esgotada.

**VALO DE OXIDAÇÃO** – Reator biológico aeróbio de formato característico, que pode ser utilizado para qualquer variante do processo de lodos ativados ou comporte um reator em mistura completa.

## **2.2 Etapas do Tratamento de Esgoto**

**Tratamento Preliminar** - remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. A remoção da areia previne, ainda, a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações e facilita o transporte dos líquidos. É feita com o uso de grades que impedem a passagem de trapos, papéis, pedaços de madeira, etc; caixas de areia, para retenção deste material; e tanques de flutuação para retirada de óleos e graxas em casos de esgoto industrial com alto teor destas substâncias.

**Tratamento Primário** - os esgotos ainda contém sólidos em suspensão não grosseiros cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente. Os sólidos sedimentáveis e flutuantes são retirados através de mecanismos físicos. Os esgotos fluem vagarosamente, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto. Os materiais flutuantes como graxas e óleos, de menor densidade, são removidos na superfície. A eliminação média do DBO é de 30%.

**Tratamento Secundário** - processa, principalmente, a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo. Após as fases primária e secundária a eliminação de DBO deve alcançar 90%. É a etapa de remoção biológica dos poluentes e sua eficiência permite produzir um efluente em conformidade com o padrão de lançamento previsto na legislação ambiental. Basicamente, são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica que ocorrem no

corpo receptor, sendo que a diferença está na maior velocidade do processo, na necessidade de utilização de uma área menor e na evolução do tratamento em condições controladas.

**Tratamento Terciário** - remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária.

**Etapa de Desinfecção** - grande parte dos microorganismos patogênicos foi eliminada nas etapas anteriores, mas não a sua totalidade. A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural - lagoa de maturação, por exemplo - ou artificial - via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta. A lagoa de maturação demanda grandes áreas, pois necessita de pouca profundidade para permitir a penetração da radiação solar ultravioleta. Entre os processos artificiais, a cloração é o de menor custo, mas pode gerar subprodutos tóxicos, como organoclorados. A ozonização é muito dispendiosa e a radiação ultravioleta não se aplica a qualquer situação. O desenvolvimento tecnológico no tratamento de esgotos está concentrado na etapa secundária e posteriores. Uma das tendências verificada é o aumento na dependência de equipamentos em detrimento do uso de produtos químicos para o tratamento. Os fabricantes de equipamentos para saneamento, por sua vez, vêm desenvolvendo novas tecnologias para o tratamento biológico.

### **3. Sistemas de Tratamento de Esgoto utilizados pelo SAAE**

Em seus processos de Tratamento de Esgoto, o SAAE-Aracruz utiliza 3 tipos de tratamento, conhecidos como Lagoas de Estabilização, Filtros Biológicos e Reatores UASB. Cada processo atende as localidades segundo suas necessidades. Para apresentação dos sistemas serão utilizados exemplos de tratamento ligados às localidades em que elas estão implantadas. Para exemplificação do processo de Tratamento de Esgoto por Lagoas de Estabilização será apresentada a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Coqueiral, enquanto que a Estação de Guaraná tipifica uma ETE de reator UASB.

### **4. Sistema de tratamento de Esgoto – Lagoa de Estabilização**

A estação de tratamento de esgoto de Coqueiral se baseia em processos de tratamento por lagoas de estabilização e possui cerca de 30 anos de funcionamento. Conforme descrito, processos de tratamento de efluente geralmente são realizados através de tratamentos biológicos, que agem diretamente com sínteses realizadas por microorganismos.

O sistema de lagoas de estabilização da bacia do Piraquêaçu possui duas lagoas anaeróbias e uma lagoa de característica facultativa (aeróbica).

#### **4.1 Dimensões das Lagoas**

#### **4.2 Lagoas Anaeróbias**

Cada lagoa anaeróbia possui uma área aproximada de 360 m<sup>2</sup>, representando uma área total física de 720 m<sup>2</sup>.

Quanto a questões de profundidade, foram medidos vários pontos com diferentes profundidades, com respectivas espessuras de camada de lodo (ativada).

Em termos gerais, as lagoas anaeróbias possuem profundidade de aproximadamente 2,00 m, com espessuras de camada de lodo próximas a 0,50m.

### 4.2.1 Lagoa Facultativa

A lagoa facultativa, presente nos sistemas de tratamento da bacia do Piraquêaçu, possui uma área total de 12544 m<sup>2</sup>. Conforme ocorrido com as lagoas anaeróbias, o processo de medição das profundidades e espessuras das camadas de lodo apresentaram vários pontos de amostragem. No entanto, em termos gerais, a lagoa facultativa possui uma profundidade de 1,10 m, com camada de lodo de aproximadamente 0,60 m.

### 4.3 Capacidade total

De acordo com os números sugeridos cada lagoa anaeróbia possui uma capacidade total de 720 m<sup>3</sup> de matéria orgânica e inertes. No entanto, o volume final de cada lagoa está diretamente ligado às atividades microbiológicas do tratamento.

Seguindo a mesma metodologia, calcula-se que o volume total da lagoa facultativa esteja próximo de 13798,5 m<sup>3</sup>, sendo igualmente influenciado pelas atividades microbiológicas.



**Foto 1: Lagoas de Estabilização**



#### **4.4 Taxa de Remoção de DBO (Demanda Orgânica Biodegradável)**

Para Processos de Tratamento de Esgoto através de Lagoas de Estabilização é recomendada uma taxa de remoção de DBO5 acima de 80%, segundo procedimentos operacionais da CETESB.

#### **4.5 Análises e Resultados**

Periodicamente são coletadas amostras para análises em laboratórios especializados em caracterização de efluentes urbanos. As coletas e análises cumprem as exigências das portarias relacionadas, e os resultados encontrados para o produto final adequado indicam valores dentro dos limites, segundo resolução CONAMA 357 de março de 2005, art. 34 para efluentes de qualquer espécie.

Nestes tipos de análises, são levantados dados a respeito de PH, Temperatura, Sólidos Totais, Sólidos Totais dissolvidos, Sólidos Suspensos, Sólidos Sedimentáveis, DBO5, DQO, Coliformes Fecais e Coliformes Totais.

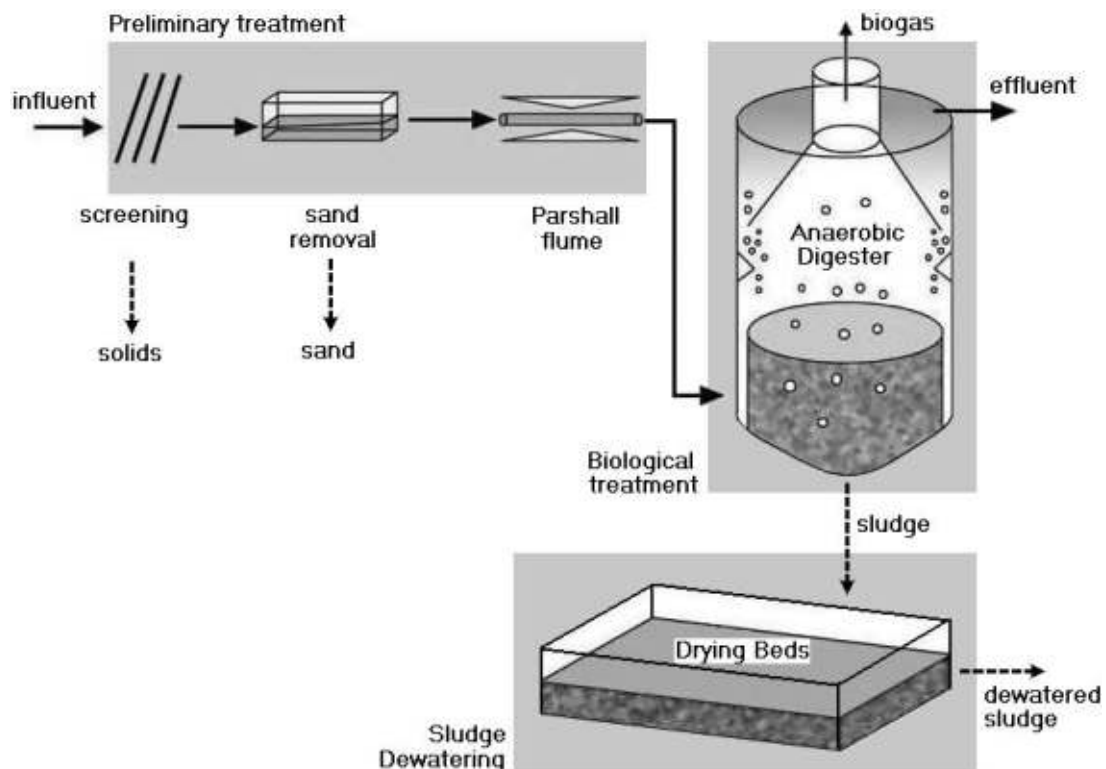
## 5. Estação de Tratamento de Esgoto – Reator UASB

A estação de tratamento de esgoto de Guaraná se baseia em processo de tratamento por reator UASB. Comumente aos processos de tratamento de efluente, uma planta de tratamento por Reator UASB age diretamente com sínteses realizadas por microorganismos.



Foto 2: Estação de Tratamento de Esgoto de Guaraná

### 5.1 Fundamentos do Reator UASB



### **Características:**

- Biomassa cresce dispersa – formação de grânulos de bactérias que servem como meio suporte
- Concentração de biomassa elevada – manta de lodo
- Formação de CH<sub>4</sub> (metano) e CO<sub>2</sub>
- Biogás – metano - queima ou reaproveitamento
- Baixa produção de lodo – já estabilizados – leitos de secagem
- Não há necessidade de decantação primária

O reator UASB em sua coluna ascendente consiste de um leito de lodo, sludge bed, uma zona de sedimentação, sludge blanket, e o separador de fase, gas-solid separator - GSS (Narnoli e Mehrotra, 1996). Este separador de fases, um dispositivo característico do reator (van Haandel e Lettinga, 1994), tem a finalidade de dividir a zona de digestão (parte inferior), onde se encontra a manta de lodo responsável pela digestão anaeróbia, e a zona de sedimentação (parte superior). A água residuária, que segue uma trajetória ascendente dentro do reator, desde a sua parte mais baixa, atravessa a zona de digestão escoando a seguir pelas passagens do separador de fases e alcançando a zona de sedimentação.

A água residuária após entrar e ser distribuída pelo fundo do reator UASB, flui pela zona de digestão, onde se encontra o leito de lodo, ocorrendo a mistura do material orgânico nela presente com o lodo. Os sólidos orgânicos suspensos são quebrados, biodegradados e digeridos através de uma transformação anaeróbia, resultando na produção de biogás e no crescimento da biomassa bacteriana. O biogás segue em trajetória ascendente com o líquido, após este ultrapassar a camada de lodo, em direção ao separador de fases.

No separador de fases, a área disponível para o escoamento ascendente do líquido deve ser de tal forma que o líquido, ao se aproximar da superfície líquida livre, tenha sua velocidade progressivamente reduzida, de modo a ser superada pela velocidade de sedimentação das partículas, oriundas dos flocos de lodo arrastados pelas condições hidráulicas ou flotados. Isto possibilita que

este material sólido que passa pelas aberturas no separador de fases, alcançando a zona superior do reator, possa se sedimentar sobre a superfície inclinada do separador de fases. Naturalmente que esta condição dependerá das condições hidráulicas do escoamento. Desse modo, o acúmulo sucessivo de sólidos implicará conseqüentemente, no aumento contínuo do peso desse material o qual, em um dado momento, tornar-se-á maior que a força de atrito e, então, deslizarão, voltando para a zona de digestão, na parte inferior do reator. Assim, a presença de uma zona de sedimentação acima do separador de fases resulta na retenção do lodo, permitindo a presença de uma grande massa na zona de digestão, enquanto se descarrega um efluente substancialmente livre de sólidos sedimentáveis (van Haandel e Lettinga, 1994).

Na parte interna do separador de fases fica a câmara de acumulação do biogás que se forma na zona de digestão. O projeto do UASB garante os dois pré-requisitos para digestão anaeróbia eficiente: a) através do escoamento ascensional do afluente passando pela camada de lodo, assegura-se um contato intenso entre o material orgânico e o lodo e b) o decantador interno garante a retenção de uma grande massa de lodo no reator (van Haandel e Catunda, 1995). Com o fluxo ascendente a estabilização da matéria orgânica ocorre na zona da manta de lodo, não havendo necessidade de dispositivos de mistura, pois esta é promovida pelo fluxo ascensional e pelas bolhas de gás (Oliva, 1997).

## **5.5 Análises e Resultados**

Como ocorrido em processos de tratamento por lagoa de estabilização, periodicamente são coletadas amostras dos produtos do Reator UASB para análises em laboratórios especializados em caracterização de efluentes urbanos. As coletas e análises cumprem as exigências das portarias relacionadas, e os resultados encontrados para o produto final adequado indicam valores dentro dos limites, segundo resolução CONAMA 357 de março de 2005, art. 34 para efluentes de qualquer espécie. Nestes tipos de análises, são levantados dados a respeito de PH, Temperatura, Sólidos Totais, Sólidos

Totais dissolvidos, Sólidos Suspensos, Sólidos Sedimentáveis, DBO5, DQO, Coliformes Fecais e Coliformes Totais.

## **6. Estação de Tratamento de Esgoto – Filtro Biológico**

Como exemplo de tratamento de filtração Biológica, pode ser apresentado o sistema de Tratamento de Esgoto de Barra do Sahy, que é comum a outras localidades atendidas pelo SAAE.



**Foto 3: Sistema de Tratamento de Esgoto – Filtro biológico**

### **6.1 Princípio de Funcionamento**

Filtros biológicos são unidades de tratamento de esgotos destinados a oxidação. O efluente é aspergido continuamente sobre um leito de pedras justapostas entre os quais o ar pode circular.

O ambiente ecológico desempenhado pelo filtro biológico tem como condicionantes a matéria orgânica, luz, oxigênio, temperatura e pH. O leito de pedras, atravessado por líquido contendo matéria orgânica e os outros fatores acima citados, propicia o desenvolvimento de microrganismos aeróbios. A variabilidade dos fatores de oxigenação também permite desenvolvimento anaeróbio, resultando em uma alternância de condições que permite a predominância de organismos facultativos.

As populações microbianas nos leitos dos filtros biológicos são principalmente bactérias heterotróficas, consumidoras da matéria orgânica predominante e por isso consideradas os principais agentes primários da purificação.

## **6.2 Análises e Resultados**

Da mesma forma que ocorrem nas outras estruturas de tratamento, são realizadas coletas e análises para cumprimento das portarias relacionadas. Nestes tipos de análises, são levantados dados a respeito de PH, Temperatura, Sólidos Totais, Sólidos Totais dissolvidos, Sólidos Suspensos, Sólidos Sedimentáveis, DBO5, DQO, Coliformes Fecais e Coliformes Totais.