

# Processos de Tratamento de Efluentes Líquidos

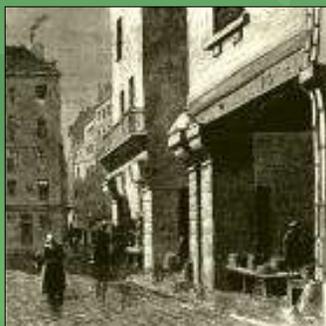
Prof. Maurício Alves da Motta Sobrinho  
DEQ - UFPE

## Histórico

No Princípios a humanidade era nômade

Depois fixou-se em residências isoladas

Na idade média vieram as **ciudades** e a **poluição**



Descarte de esgotos nas ruas

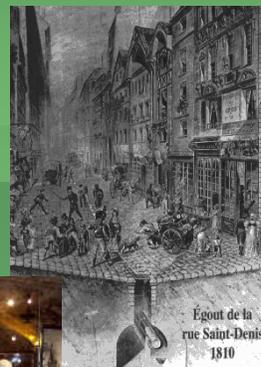
Água suja

Doenças

## Histórico

Século XIX – Construção dos Esgotos de Paris

Em 1348, a peste provocou várias morte e em seguida em 1832 foi a cólera que se propagou.



**Filtração** – Primeiro Processo de Tratamento de Água

## Autodepuração



Processo natural de recuperação quando corpo hídrico é poluído por lançamentos de carga orgânica biodegradável. Realiza-se por meio de processos físicos (diluição, sedimentação), químicos (oxidação) e biológicos.

## Objetivos

Visa a remoção da poluição presente (**inorgânica ou orgânica**) pelo uso de operações unitárias e processos químicos, biológicos e físicos, para posterior lançamento nos corpos receptores.

**Poluição** - alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que cause ou possa causar danos à saúde, à sobrevivência ou as atividades dos seres humanos e outras espécies ou ainda deteriorar materiais.



## Conceitos

**POLUIÇÃO DAS ÁGUAS** - alteração de suas características por ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Causam impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos.

**ESGOTO** – despejos dos diversos usos da água (doméstico, comercial, industrial, agrícola, entre outros).

**ESGOTO SANITÁRIO** – despejos constituídos de esgotos domésticos e industriais lançados na rede pública.

**RESÍDUO LÍQUIDO INDUSTRIAL** – resultante dos processos industriais, possui características próprias (inerente ao processo de fabricação).

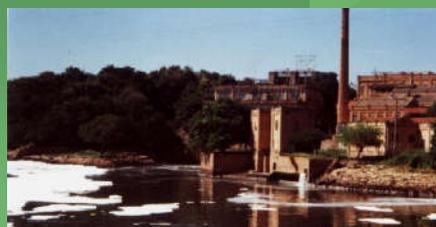
**ESGOTO DOMÉSTICO** – parcela mais significativa dos esgotos sanitários.

## Importância

Proteção da saúde pública  
(**microrg. patógenos**);  
Preservação do meio  
ambiente (**substâncias  
exercem ação deletéria**).

## Consequências da Poluição

Morte da fauna aquática;  
Escurecimento da água e maus odores;  
detergentes formam espumas;  
Nutrientes (NPK) levam a eutrofização.



## Tipos de Tratamento

- **TRATAMENTO PRELIMINAR E PRIMÁRIO** (processo mecânico ou físico) para retirar o material particulado em suspensão,
- **TRATAMENTO SECUNDÁRIO** (processo biológico) para remoção da carga orgânica solúvel presente,
- **TRATAMENTO TERCIÁRIO** (processo químico) para reduzir a DBO, os nutrientes, os patógenos e as substâncias tóxicas.

## Tratamento Preliminar

**Objetivos** : remoção de materiais flutuantes; remoção de material grosso e pesado e acondicionamento.

### **Importância**

Redução da DBO e dos S.S.

Aumenta a durabilidade dos equipamentos

**Composto por:** Gradeamento;  
Triturador;  
Caixa de Areia;  
Tanque Equalização;  
Caixa de Gordura.

## Gradeamento

**Objetivos:** Remoção do material grosseiro em suspensão;  
Proteção das tubulações, das bombas e rotores, etc.;  
Aumenta a eficiência na operação e desinfecção;

**Aspectos de Projeto:** Espaçamento de barras;  
Inclinação da grade;  
Condições hidráulicas.



Limpeza  
Manual ou  
Automática



## Caixa de Areia

**Objetivos :** Remover areia e outras partículas densas decantam com a redução da velocidade.  
Evitar a abrasão de bombas e obstrução de tubulações.

### Tipos usuais

**Caixa de areia tipo canal:** um ou mais canais longos e estreitos e com espaço no fundo para acúmulo de material. Possui coletores mecânicos.  $v = 0,3 \text{ m/s}$

**Caixa com fundo troncopiramidal:** mais usado em pequenas estações; os vertedouros de entrada e saída são situados em lados opostos, um raspador central empurra areia para tronco de pirâmide (fundo do tanque), de onde é removida por um transportador mecânico. Tempo de retenção = 15 a 20 min

## Caixa de Areia

### ETE DA MANGUEIRA

Pequeno Porte



### ETE DO JANGA

Grande Porte

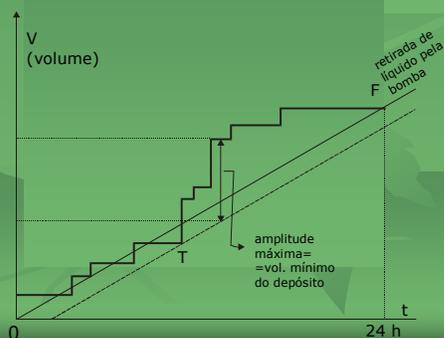


## Tanque de Equalização

**Objetivo:** Homogeneização da vazão e da concentração do efluente

**Consequências:**

Evita choques hidráulicos e de concentração (carga orgânica etc.);  
Neutralização do pH;  
Garante alimentação contínua.



## Tratamento Primário

### Objetivos

- Remoção da matéria orgânica decantável, (30 a 50% dos sólidos em suspensão);
- Remoção da espuma que flutua para a superfície.

### Composto por

- Sedimentação Primária
- Flutuação com ar dissolvido
- Coagulação química

### Eficiência de Remoção

60 % de sólidos suspensos (S.S.)

35 % de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

## Sedimentação

**Objetivos:** separação dos sólidos em suspensão para partículas com diâmetros médios menores que 5 mm.

Numa ETE esta operação usa-se em três situações:

- Nas caixas de areia
- Nos decantadores primários
- Nos decantadores secundários (clarificadores)

A operação de sedimentação ou decantação é designada por **clarificação** quando o interesse principal é obter um líquido sobrenadante “purificado”.

Denomina-se por **espessamento** no caso de se pretender concentrar as partículas em suspensão.

## Tipos de Sedimentação

- **Discreta:** não há interação entre as partículas, que conservam as suas propriedades durante todo o processo.
- **Floculante:** há aglomeração das partículas, por isso as suas propriedades mudam (caso dos decantadores primários).
- **Zonal:** as partículas formam um manto, com uma interface distinta com a fase líquida (caso dos decantadores secundários - lodos ativadas ou da coagulação com alumina - lodos químicos).

## Sedimentação Primária



## Sedimentação Primária

**DECANTADORES PRIMÁRIOS** recebem o esgoto bruto, antes do tratamento secundário

**DECANTADORES CIRCULARES:** custos baixos de aquisição de equipamentos e manutenção quando comparados aos retangulares.

### ASPECTO DE PROJETO

Profundidade: 3 – 4 metros

Tempo de retenção: 2 – 3 horas

### MECANISMO

Carreamento de lodo sedimentado e sólidos flutuantes.

## Sedimentação Primária



## Tratamento Secundário

- Tratamento Biológico
  - Aeróbios
    - Lodos Ativados
    - Filtro Biológico
    - Sistema de Lagoas
  - Anaeróbios
    - Digestão Anaeróbia
- Tratamento Físico-Químico
  - Processos Oxidativos Avançados
  - Processos por Membranas
  - Cloração

## Tratamento Biológico

- Quanto à Fixação da Biomassa
  - Biomassa Livre
    - Lodo Ativado
    - Sistema de Lagoas
    - Digestão Anaeróbica
  - Biomassa Fixa
    - Filtros Biológicos
    - Discos Biológicos
- Quanto ao Oxigênio
  - Aeróbios
  - Anaeróbios
  - Anóxicos

## Filtros Biológicos

**Mecanismo:** Aspersão de esgoto doméstico sobre meio fixo produz filme biológico que remove a MO.

- Os tanques percoladores foram usados pela primeira vez em 1893.
- Os tanques podem ter diâmetros até 60 metros, e uma profundidade de cerca de 3 metros, quando os leitos são feitos de inertes.
- Se o leito for de material sintético, as profundidades podem ser 10 vezes superiores e chamam-se então biorres.

**Bio-Filme** formado por bactérias, fungos, protozoários

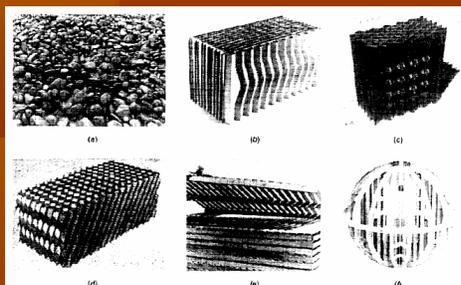
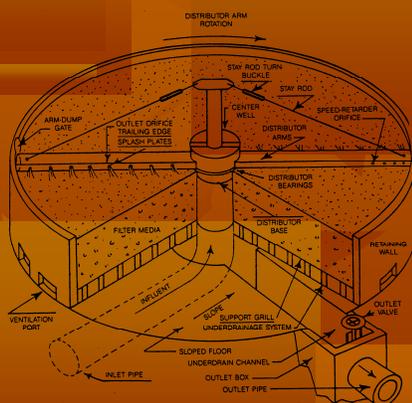
## Filtros Biológicos

**Problema:** Colmatagem da passagem (desenvolvimento biológico)  
Alagamento do leito;  
Redução da eficiência;  
Odores desagradáveis.

**Clima Quente** → **Luz Solar** → **Crescimento de Algas**

**Funcionamento:** Esgoto bombeado para tubo vertical central e segue para distribuidor rotativo (gira continuamente). Braços rotativos distribuem esgoto por orifícios. O dreno de fundo recebe o esgoto tratado e permite passagem de ar.

## Filtros Biológicos



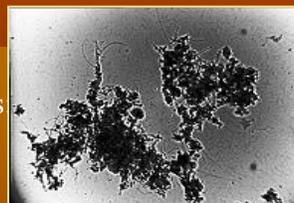
**FIGURE 10-33** Typical packing media for trickling filters: (a) rock, (b) and (c) plastic-vertical flow, (d) plastic-cross flow, (e) redwood horizontal, and (f) random pack. (Figs. (c) and (d), from American Suripac Corp., (e) from Neptune Microfloc, and (f) from Jaeger Products, Inc.)

## Lodo Ativado

Termo originado devido à suspensão bacteriana que retorna ao tanque de aeração.

**Autodepuração artificialmente acelerada.**

Floco é formado por dois grupos de Bactérias  
**Zoogleas e Filamentosas**



Detalhe de um floco

Os Flocos ficam em suspensão devido ao aporte de  $O_2$

Podem promover uma total oxidação da DBO, além da remoção de compostos nitrogenados (anoxia).

## Lodo Ativado

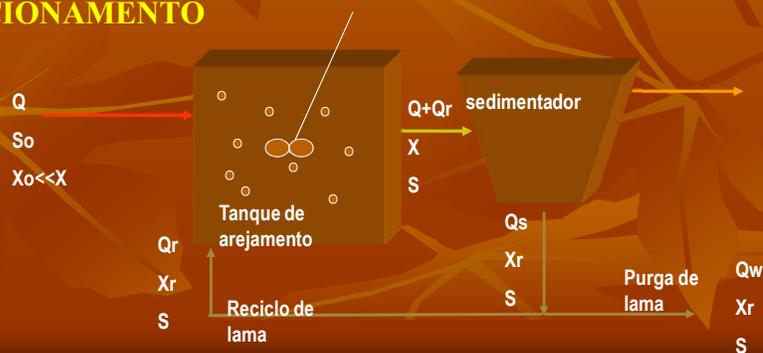
### CARACTERÍSTICAS

Alta eficiência de remoção de DBO ( $\uparrow 90\%$ )

Pequena área para construção

Alto custo envolvendo construção, operação, **energia**

### FUNCIONAMENTO



## Lodo Ativado

Injeção de Ar (**Metabolismo, Respiração e Crescimento Celular**)

Bolhas de ar geradas por ar comprimido  $\rightarrow$  através de um difusor submerso ou aerador mecânico  $\rightarrow$  mistura turbulenta passa ar ao líquido.

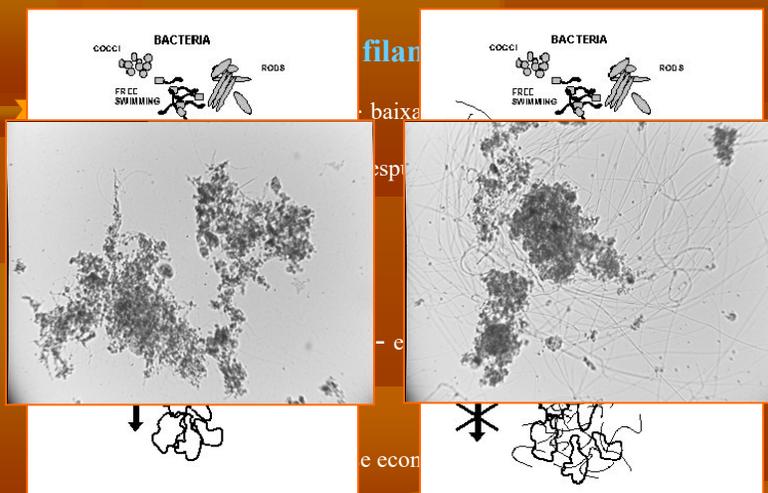


**Transferência de  $O_2$**

Características do efluente;

Características do sistema de aeração.

## Lodo Ativado



Técnica atual – Microscopia ótica com quantificação manual

## Lagoas

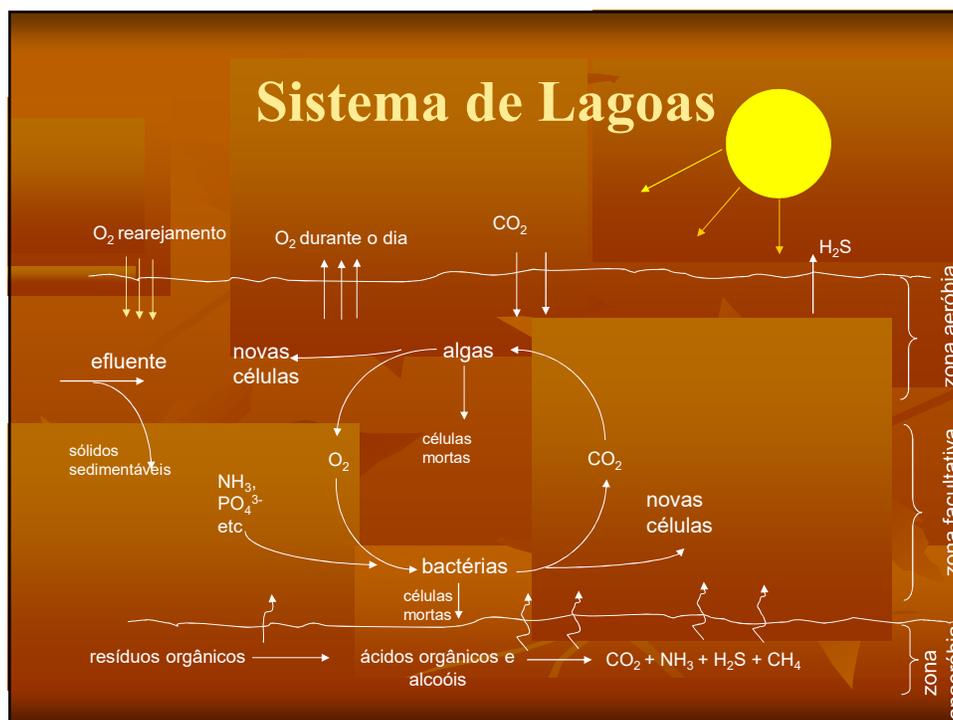
- São métodos de baixo custo, baixa tecnologia, mas que requerem uma área elevada.
- Existem vários tipos de Lagoas para estabilização de esgotos que normalmente se utilizam em seqüências variadas:
  - Facultativas
  - Anaeróbias
  - Aeróbias
  - De maturação
  - Outros tipos: de macrófitas, de piscicultura



## Lagoas

Os sistemas de lagoas, compreendendo uma série adequada de lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação apresentam um número de vantagens face a outros sistemas de tratamento:

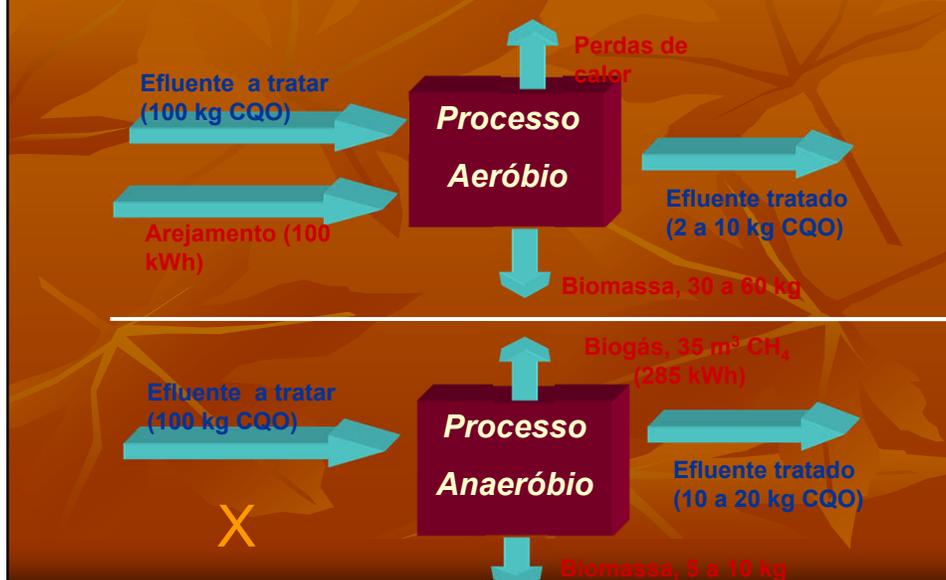
- São normalmente a forma mais económica de tratamento, quer em termos de construção como de operação e manutenção. Em geral não necessitam de fonte adicional de energia, para além da solar.
- Conseguem reduzir a concentração de patogéneos até níveis bastante baixos o que é de grande importância quando o efluente tratado vai ser reutilizado na agricultura ou aquacultura.
- Absorvem choques hidráulicos e orgânicos
- Toleram concentrações elevadas de metais pesados

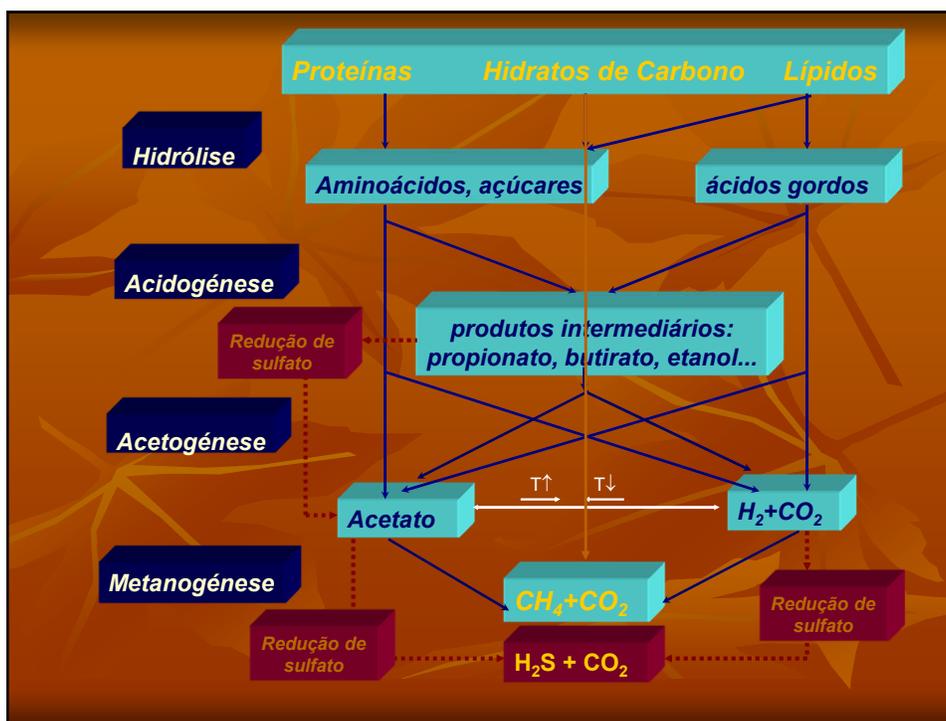


## Digestão Anaeróbia

- Na digestão anaeróbia, os microrganismos envolvidos não podem sobreviver na presença de oxigênio.
- A digestão anaeróbia é mais lenta que os processos aeróbios, mas tem a vantagem de produzir muito menos lamas. A maioria da matéria orgânica é convertida a  $\text{CO}_2$  e metano.
- O ecossistema anaeróbio - muito complexo - começa com bactérias **hidrolíticas** que decompõem as matérias complexas em substâncias mais simples, estes compostos orgânicos são transformados por bactérias **acidogênicas** em ácidos orgânicos que por sua vez são transformadas por outro conjunto - as bactérias **acetogênicas** - em ácido acético, o qual por sua vez é convertido por bactérias **metanogênicas** a metano. Outras bactérias metanogênicas aproveitam parte do  $\text{CO}_2$  e combinam-no com o hidrogênio para produzir mais metano.

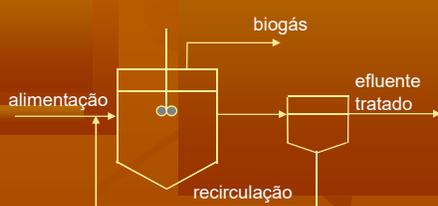
## Digestão Anaeróbia





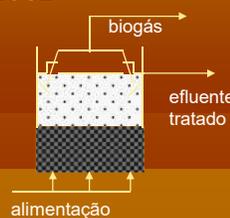
## Processos de Digestão Anaeróbica

### Processo de contato



Agitação mecânica ou por meio de biogás. Pode ter um sistema de desgasificação intermédio.

### UASB/EGSB



A retenção de biomassa é devida à sua estruturação na forma granular.

O **UASB** (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) admite tempos de retenção de 6 horas.

O **EGSB** (Expanded Granular Sludge Bed) é como o UASB, mas tem uma recirculação e pode funcionar com 2 horas de TRH.

Bons para efluentes solúveis facilmente biodegradáveis

## Obrigado pela Atenção

Maiores Informações

R- 7268

[mottas@ufpe.br](mailto:mottas@ufpe.br)

[leaq2005@yahoo.com.br](mailto:leaq2005@yahoo.com.br)

[www.ufpe.br/leaq](http://www.ufpe.br/leaq)