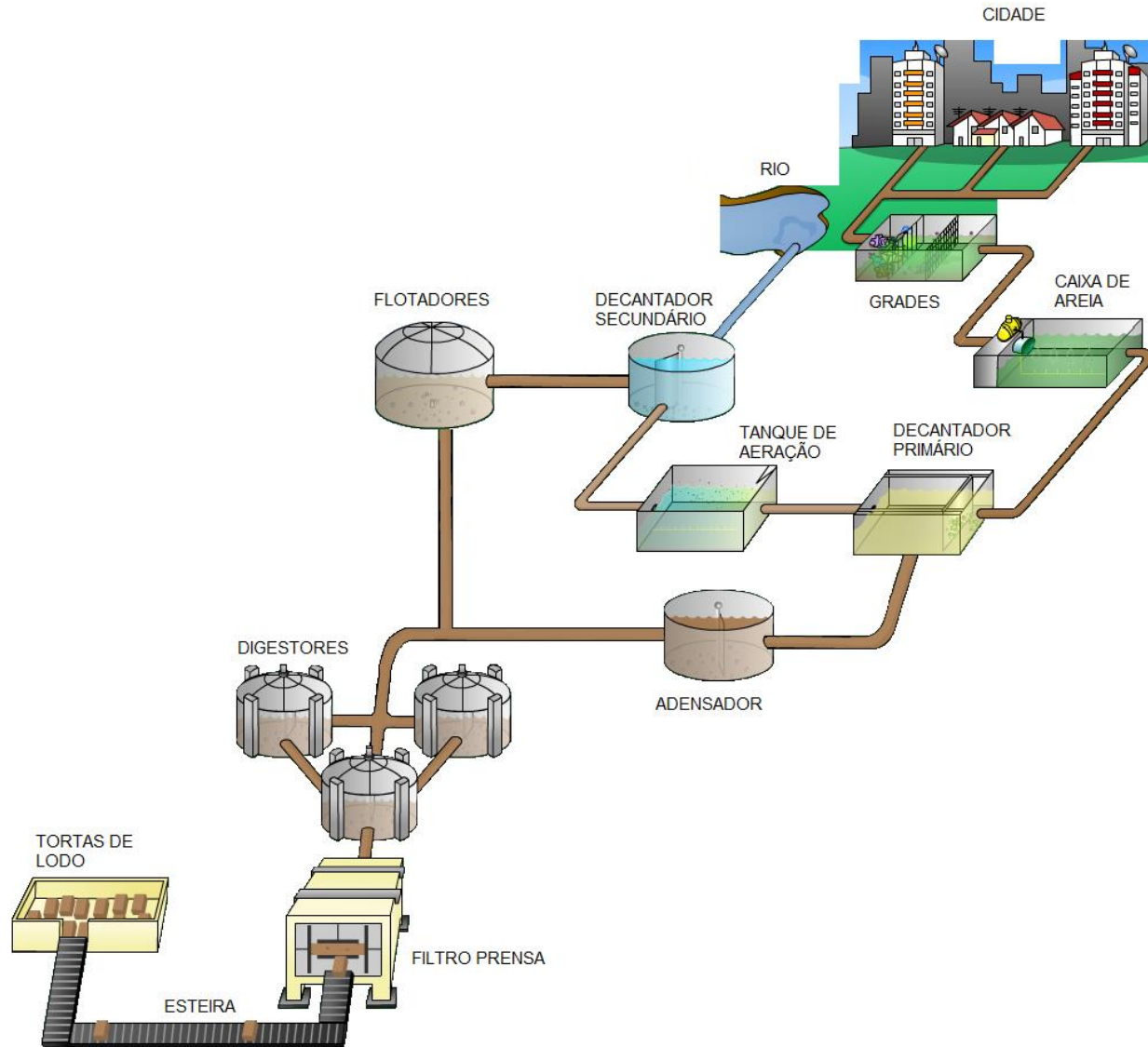


# TRATAMENTO DE ESGOTOS

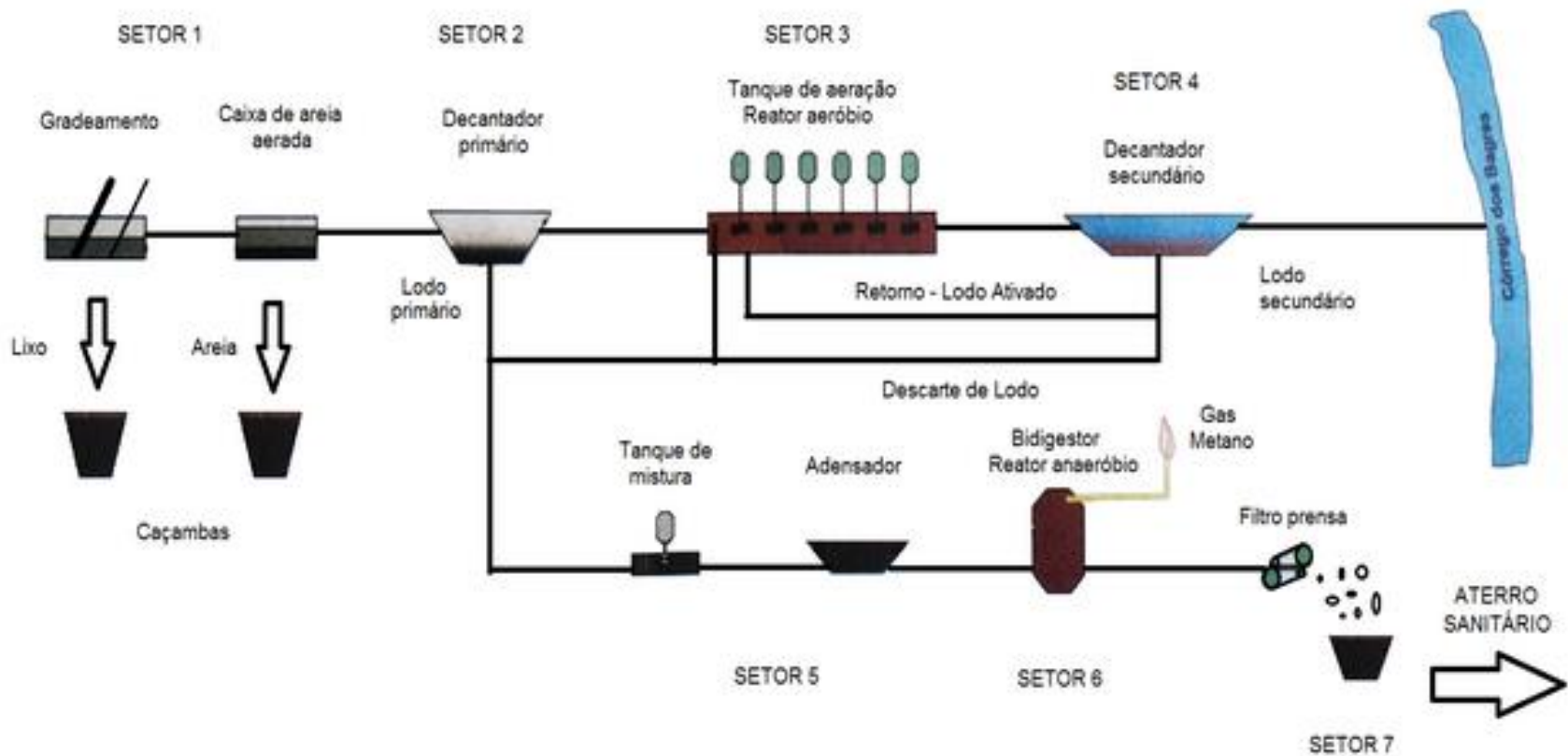
SANEAMENTO AMBIENTAL

Prof. Edmilson Cesar Bortoletto

# ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS



Esquema geral de uma estação de tratamento de esgotos (adaptado de SABESP, 2012).



ETE Franca (SABESP, 2006)



**TRATAMENTO PRELIMINAR** – Tem a função de eliminar os sólidos grosseiros que chegam à unidade de tratamento, assim como areia. As estruturas geralmente usadas no tratamento preliminar são grades, peneiras e desarenadores.

A remoção dos sólidos grosseiros tem como principais finalidades a proteção das unidades sequenciais de tratamento, a proteção dos dispositivos de transporte de esgotos (bombas e tubulações), a preservação estética dos corpos receptores e remoção parcial da carga poluidora, permitindo o fluxo do líquido e evitando obstruções e abrasão nos equipamentos (JORDÃO; PESSÔA, 2005; LEME, 2010; SPERLING, 2005).

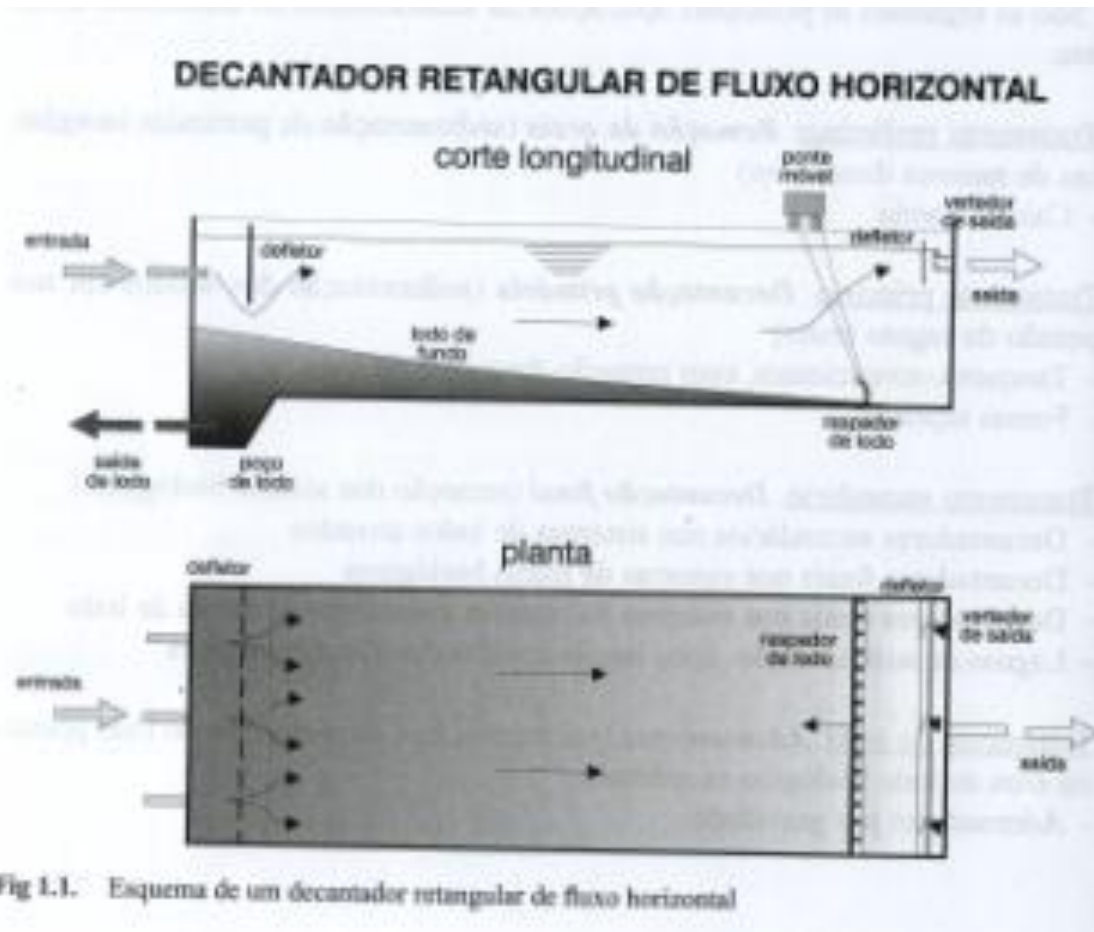
**TRATAMENTO PRIMÁRIO** - destina-se à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. As estruturas usadas no tratamento primário são os decantadores (circular ou retangular) e os flotadores. São processos físicos como: sedimentação e flotação.

Após passarem pelas unidades de tratamento preliminar os esgotos contêm ainda sólidos em suspensão não grosseiros, uma parte significativa desses sólidos é matéria orgânica. Os sólidos com massa específica maior do que a do lodo sedimentam (lodo primário) e os materiais como óleos, graxas e gorduras flutuam, permitindo sua remoção.

A eficiência de remoção de sólidos em suspensão situa-se em torno de 60 a 70% e a eficiência de remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pela decomposição de compostos orgânicos em torno de 25 a 35% (SPERLING, 2005).

A parte líquida sobrenadante do processo de Tratamento Primário é enviada para o processo de Tratamento Secundário.

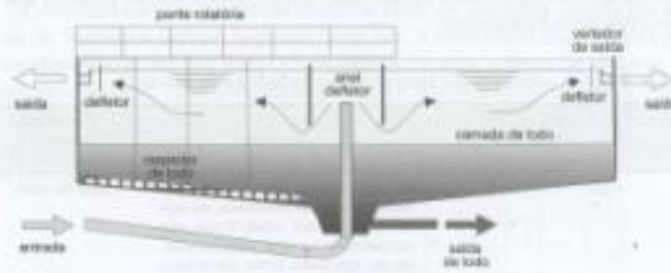
# SEDIMENTAÇÃO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS



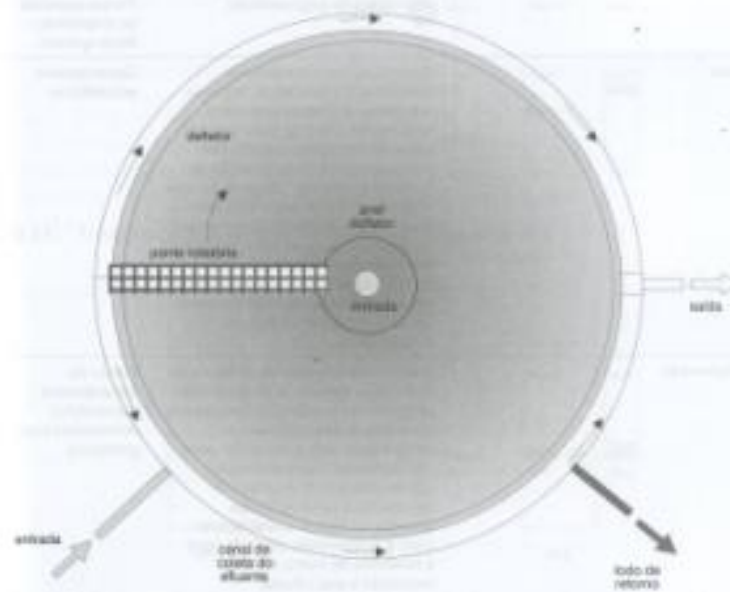


## DECANTADOR CIRCULAR

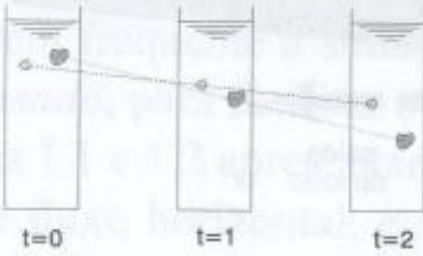
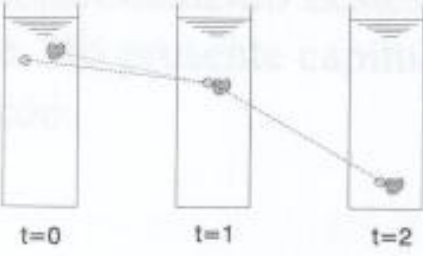
corte transversal



planta



## TIPOS DE SEDIMENTAÇÃO

Tipo	Esquema	Descrição	Exemplo de aplicação/ ocorrência
<i>Discreta</i>		As partículas sedimentam-se, mantendo a sua identidade, ou seja, não se aglutinam. Desta forma, são conservadas as suas propriedades físicas, tais como forma, tamanho e densidade.	Caixa de areia.
<i>Floculenta</i>		As partículas aglomeram-se à medida em que sedimentam. As características são alteradas, com o aumento do tamanho (formação de flocos) e, em decorrência, da velocidade de sedimentação.	Decantadores primários. Parte superior dos decantadores secundários. Flocos químicos no tratamento físico-químico.

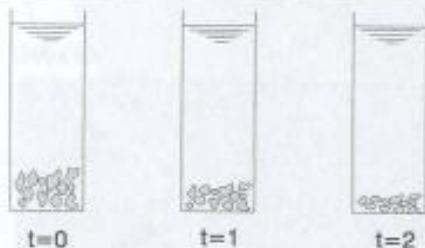
### Zonal



Quando se tem uma elevada concentração de sólidos, forma-se um manto que sedimenta como uma massa única de partículas (as partículas tendem a permanecer numa posição fixa com relação às partículas vizinhas). Observa-se uma nítida interface de separação entre a fase sólida e a fase líquida, e o nível da interface se move para baixo como resultado da sedimentação da manta de lodo. Neste caso, é a velocidade de sedimentação da interface que é utilizada no dimensionamento dos decantadores.

Decantadores secundários.

### Compressão



Caso a concentração de sólidos seja ainda mais elevada, a sedimentação pode ocorrer apenas por compressão da estrutura das partículas. A compressão ocorre devido ao peso das partículas, constantemente adicionadas como resultado da sedimentação das partículas situadas no líquido sobrenadante. Com a compressão, parte da água é removida da matriz do floco, reduzindo o seu volume.

Fundo de decantadores secundários. Adensadores por gravidade.

## **TRATAMENTO SECUNDÁRIO**

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica por meio de processos biológicos

A matéria orgânica se apresenta em duas formas (SPERLING, 2005):

- Matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada), a qual não é removida em processos meramente físicos, como o de sedimentação que ocorre no tratamento primário.
- Matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada), a qual é em grande parte removida no eventual tratamento primário, mas cujos sólidos de sedimentabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

## **TRATAMENTO TERCIÁRIO OU AVANÇADO**

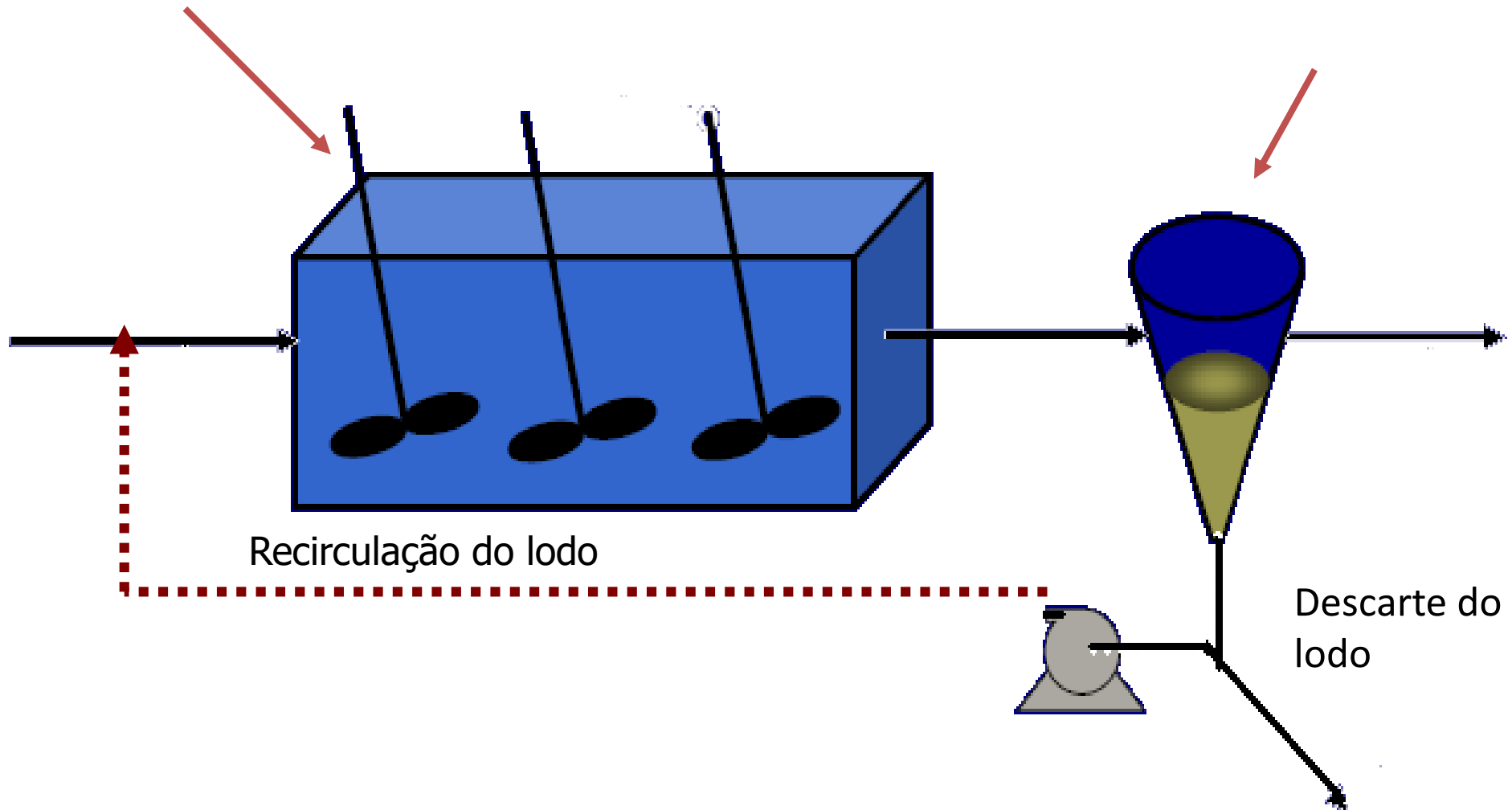
São processos químicos, que envolvem reações, sendo de forma geral empregados para remover fósforo, nitrogênio, agentes patogênicos (bactérias e vírus), cloro, adição ou remoção de gás, organismos não removidos em outros níveis de tratamento e outras substâncias químicas.

As unidades são usadas em conjunto com as unidades do tratamento primário (processos físicos) e secundário (processos biológicos). Os principais processos terciários são: aeração (sistema de transferência de gás), adsorção (carvão ativado), filtração, troca iônica, separação por membranas e desinfecção (cloro, ozônio e radiação) (LEME, 2010).

# LODOS ATIVADOS

Reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica.

Sedimentação dos sólidos -  
efluente final clarificado.



# LODOS ATIVADOS

## VANTAGENS:

- maior eficiência de tratamento;
- maior flexibilidade de operação;
- menor área ocupada.

## DESVANTAGENS:

- controle laboratorial acurado;
- custo de operação mais elevado;
- mão-de-obra especializada para operação e avaliação de processo.

# LODOS ATIVADOS

Variantes do processo de lodos ativados

## **a) Divisão do lodo quanto a idade:**

- Lodos ativados convencionais;
- Aeração prolongada.

## **b) Divisão quanto ao fluxo:**

- Fluxo contínuo;
- Fluxo intermitente



# LODOS ATIVADOS

Variantes do processo de lodos ativados

## **c) Divisão quanto ao afluente à etapa biológica do sistema de lodos ativados**

- Esgoto bruto;
- Efluente de decantador primário;
- Efluente de reator anaeróbico;
- Efluente de outro processo de tratamento de esgoto.

# LODOS ATIVADOS

## *Classificação dos sistemas em função da idade do lodo*

<b>Idade do lodo</b>	<b>Faixa de idade do lodo</b>	<b>Denominação usual</b>
Reduzidíssima	Inferior a 3 dias	Aeração modificada
Reduzida	4 a 10 dias	Lodos ativados convencional
Intermediária	11 a 17 dias	-
Elevada	18 a 30 dias	Aeração prolongada

Esta classificação se aplica tanto para *sistemas de fluxo contínuo* como para *fluxo intermitente ou batelada*

# LODOS ATIVADOS



**Tanque de Aeração**

# LODOS ATIVADOS



Tanque de aeração com sistema de ar difuso.

# LODOS ATIVADOS



Tanque de aeração por ar difuso em operação

# LODOS ATIVADOS



**Decantador Secundário**



Decantador primário seção retangular  
da ETE Barueri/SP (SABESP)

# LODOS ATIVADOS



Implantação de decantador secundário de seção circular



# LODOS ATIVADOS

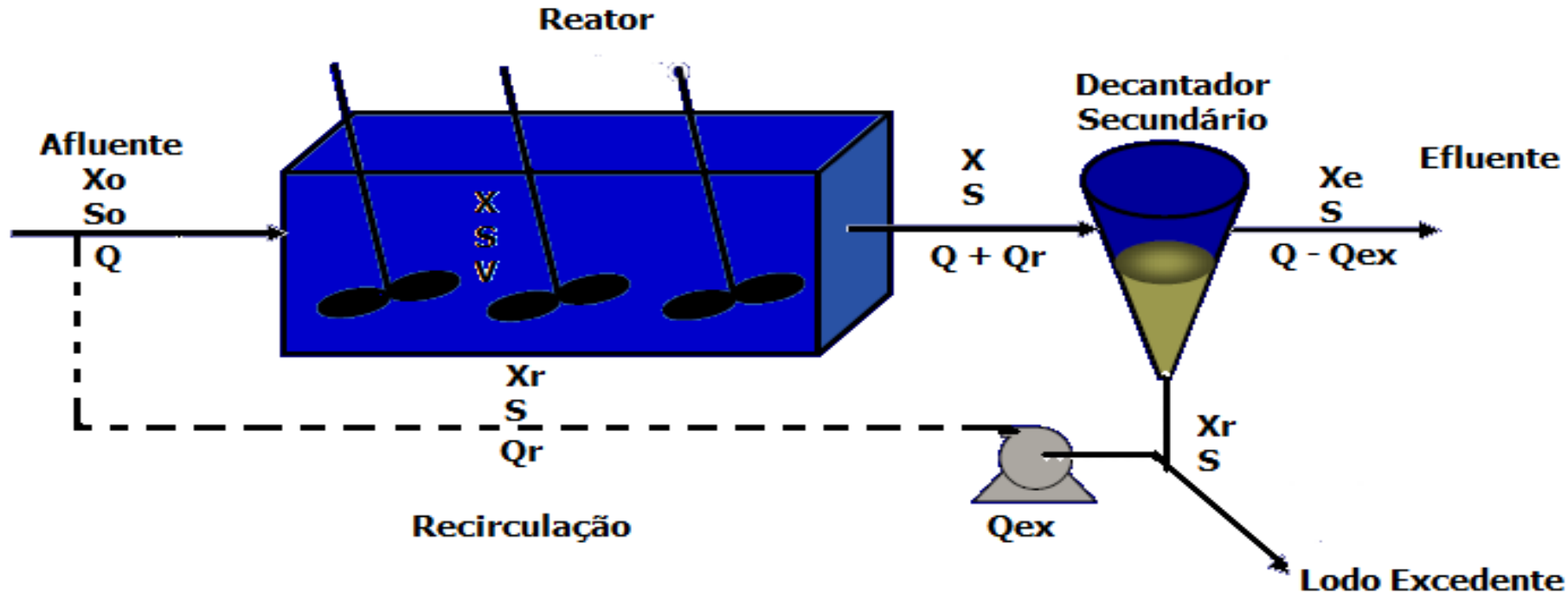


Decantador secundário de sistema de lodo ativado

## Eficiências típicas do processo de lodos ativados

Processo/Parâmetro	DBO Carbonácea (%)	DBO Nitrogenada (%)	Sólidos em Suspensão (%)
Lodos Ativados Convencionais	90	40	87
Lodos Ativados com Aeração Prolongada	95	85	94

# Representação esquemática do balanço de massa em um reator de mistura completa com recirculação.



$X_0$  = Concentração de sólidos em suspensão afluente (mg/L ou g/m<sup>3</sup>)

$S_0$  = Concentração de DBO afluente (mg/L ou g/m<sup>3</sup>)

$S$  = Concentração de DBO efluente (mg/L ou g/m<sup>3</sup>)

$Q$  = vazão afluente (m<sup>3</sup>/d)

$X$  = concentração de sólidos em suspensão no reator (mg/L ou g/m<sup>3</sup>)

$V$  = Volume do reator (m<sup>3</sup>)

$Q_r$  = vazão de recirculação (m<sup>3</sup>/d)

$Q_{ex}$  = Vazão de lodo excedente (m<sup>3</sup>/d)

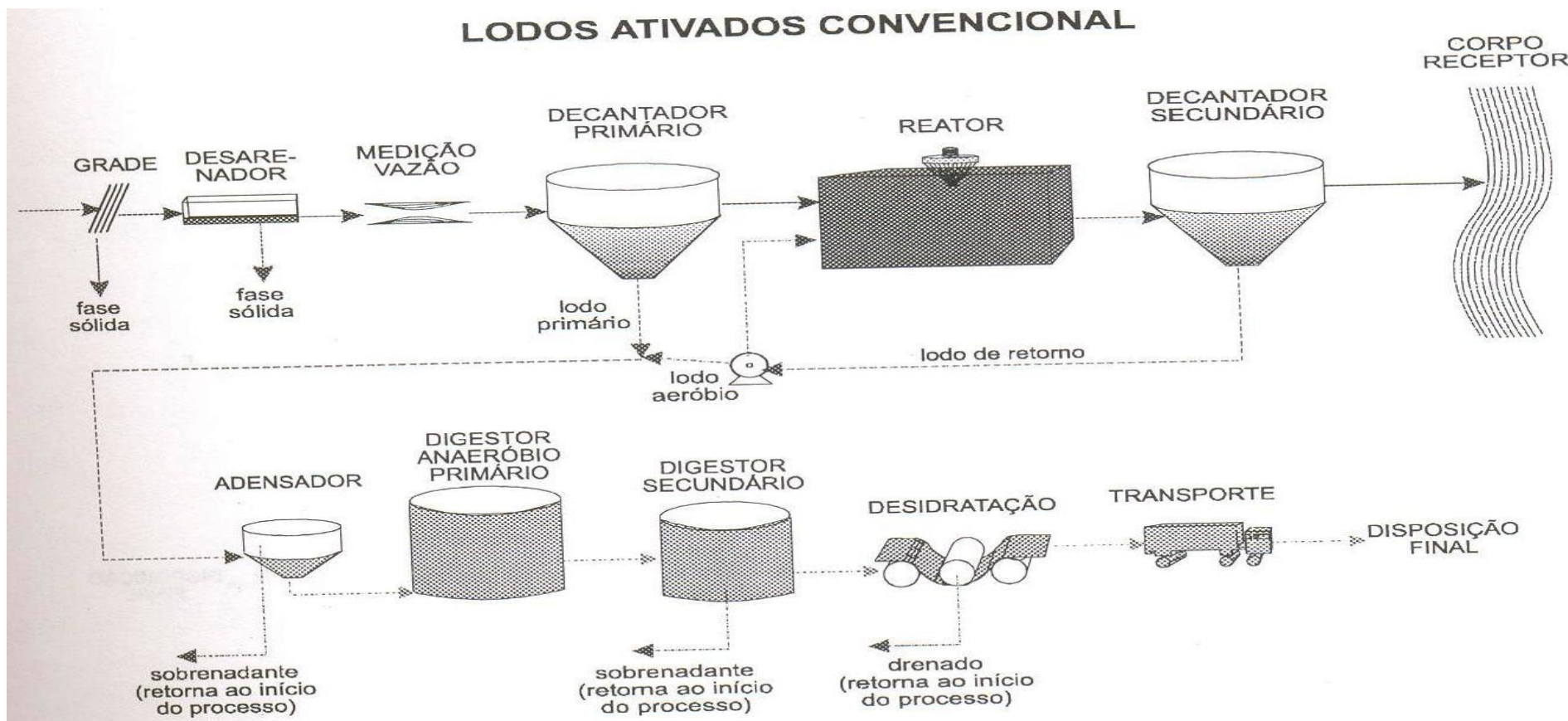
$X_r$  = Concentração de sólidos em suspensão no lodo recirculado (mg/L ou g/m<sup>3</sup>)

# **LODOS ATIVADOS**

Lodos ativados convencional(fluxo contínuo)

# LODOS ATIVADOS

## Lodos ativados convencional (fluxo contínuo)



Idade do lodo



4 a 10 dias

Tempo de detenção hidráulico



6 a 8 horas

# LODOS ATIVADOS

## Lodos ativados convencional(fluxo contínuo)

### *Vantagens*

- Elevada eficiência na remoção de DBO;
- Nitrificação usualmente obtida;
- Possibilidade de remoção biológica de N e P;
- Baixos requisitos de área;
- Processo confiável;
- Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes;
- Flexibilidade operacional

# LODOS ATIVADOS

## Lodos ativados convencional(fluxo contínuo)

### *Desvantagens*

- Baixa eficiência na remoção de coliformes;
- Elevados custos de implantação e operação;
- Elevado consumo de energia;
- Necessidade de operação sofisticada;
- Elevado índice de mecanização;
- Relativamente sensível a descargas tóxicas;
- Necessidade de tratamento completo do lodo e disposição final;
- Possíveis problemas ambientais ruídos e aerossóis

# **LODOS ATIVADOS**

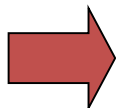
Aeração prolongada(fluxo contínuo)



# LODOS ATIVADOS

## Aeração prolongada(fluxo contínuo)

**Idade do lodo**

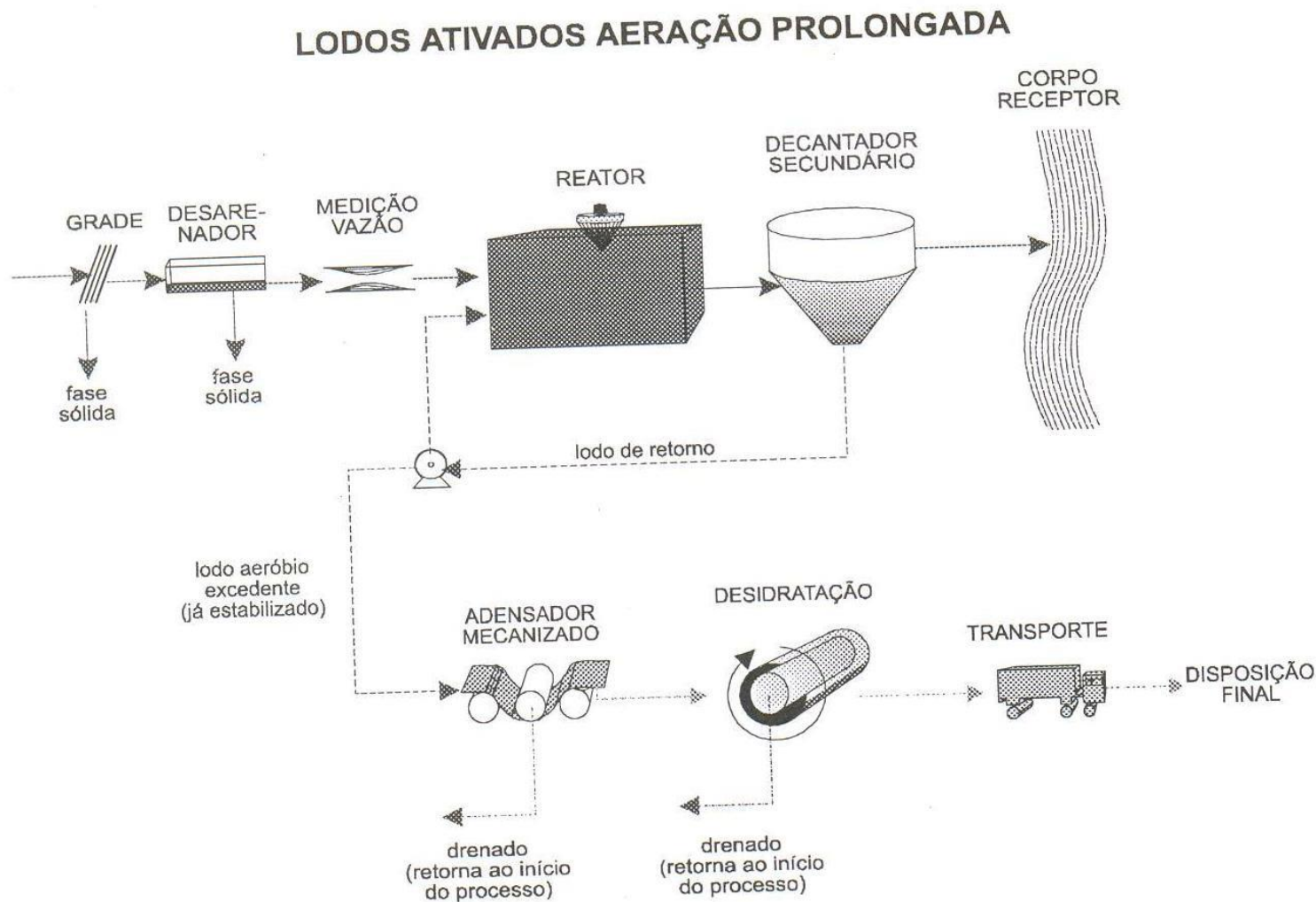


18 a 30 dias

- ✓ Mesma carga de DBO(que o convencional);
- ✓ Menor quantidade de alimentos para as bactérias;
- ✓ Maior quantidade de biomassa;
- ✓ Volume de reator aeróbio mais elevado;
- ✓ Estabilização da biomassa no próprio reator;
  
- ✓ Tempo de detenção hidráulico de 16 a 24 horas

# LODOS ATIVADOS

Aeração prolongada (fluxo contínuo)



# LODOS ATIVADOS

Aeração prolongada(fluxo contínuo)

## *Vantagens*

- Idem ao lodo ativado convencional;
- Maior eficiência na remoção de DBO;
- Nitrificação consistente;
- Mais simples conceitualmente que o convencional;
- Menor geração de lodo que o convencional;
- Elevada resistência a variação de carga e a carga tóxica;
- Satisfatória independência das condições climáticas.

# LODOS ATIVADOS

Aeração prolongada(fluxo contínuo)

## *Desvantagens*

- Baixa eficiência na remoção de coliformes;
- Elevados custos de implantação e operação;
- Sistema com maior consumo de energia;
- Necessidade de operação sofisticada;
- Elevado índice de mecanização(embora inferior ao convencional);
- Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final(embora inferior ao convencional);

# Idade do lodo

## Valores típicos da idade do lodo são:

- Lodos ativados convencional:  $\theta_c = 4$  a 10 dias
- Aeração prolongada:  $\theta_c = 18$  a 30 dias

## Para o tempo de detenção hidráulica

- Lodos ativados convencional:  $t = 6$  a 8 horas ( $< 0,3$  dias)
- Aeração prolongada:  $t = 16$  a 24 horas ( $< 0,67$  a 1,0 dias)

# **LODOS ATIVADOS**

Fluxo Intermitente (por batelada)

# LODOS ATIVADOS

Fluxo Intermitente (por batelada)

**Todas as unidades:**

Decantação primária

Oxidação biológica e

Decantação secundária



**Único Tanque**

**Pode ser utilizado:**

- ❖ Modalidade convencional;
- ❖ Modalidade aeração prolongada (mais comum).

# LODOS ATIVADOS

Fluxo Intermitente (por batelada)

**Aeração prolongada**



Tanque único

Digestão aeróbia do lodo

- ➡ Ciclos de operação com duração definidas
- ➡ Massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos
- ➡ Eliminação de decantadores separados



# LODOS ATIVADOS

Fluxo Intermitente(por batelada)

## Ciclos normais de tratamento:

- **Enchimento**

Entrada do esgoto bruto ou decantado no reator;

- **Reação**

Aeração/mistura da massa líquida contida no reator;

- **Sedimentação**

Sedimentação e separação dos sólidos em suspensão no esgoto tratado;

# LODOS ATIVADOS

Fluxo Intermitente(por batelada)

## Ciclos normais de tratamento:

- **Descarte do efluente tratado**

Retirada do esgoto tratado no reator

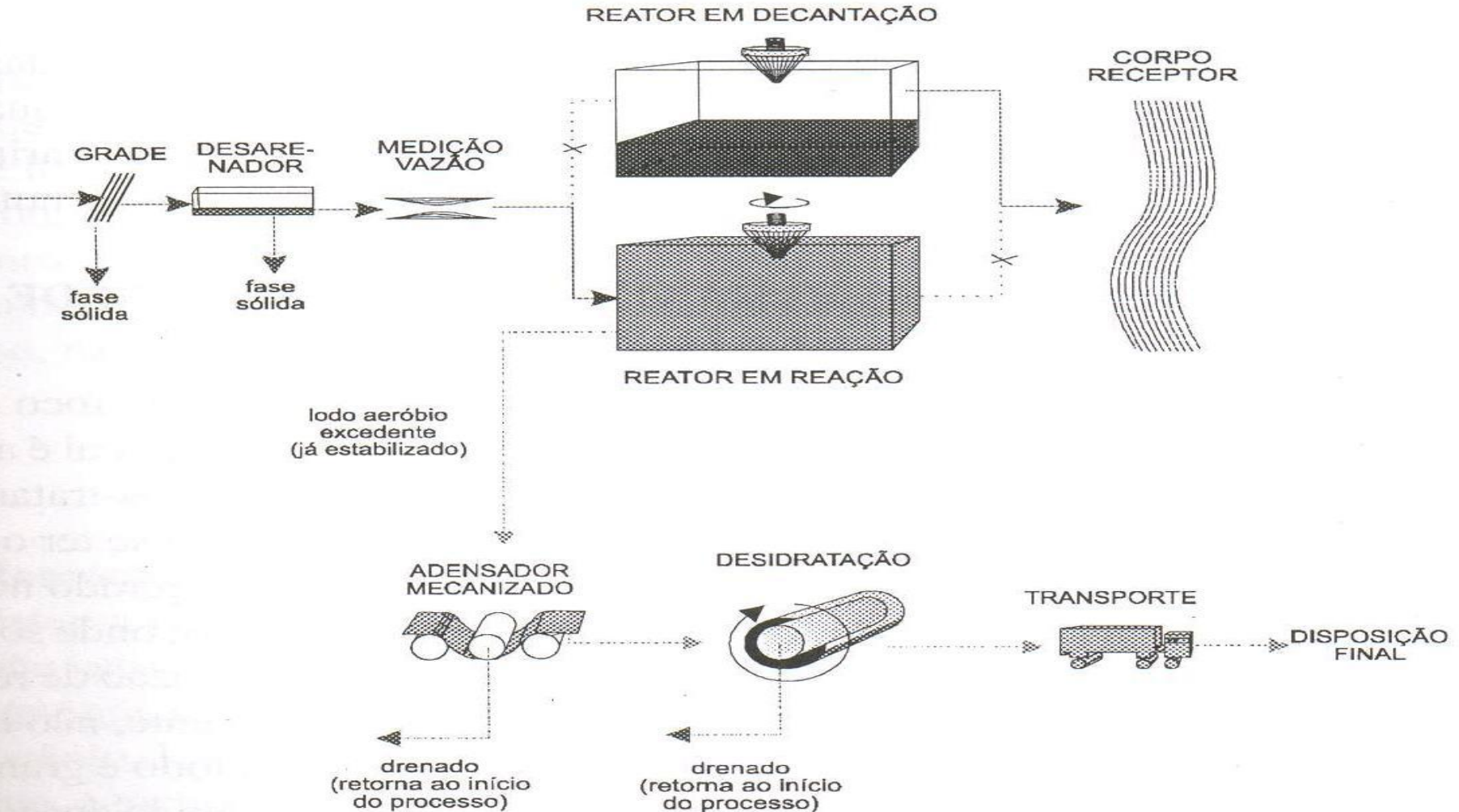
- **Repouso**

Ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente.

# LODOS ATIVADOS

## Fluxo Intermitente (por batelada)

### LODOS ATIVADOS - FLUXO INTERMITENTE



# LODOS ATIVADOS

Fluxo Intermitente(por batelada)

**Duração usual de cada ciclo pode ser alterada em função de:**

- Variação da vazão afluente;
- Necessidade de tratamento;
- Características do esgoto;
- Biomassa do sistema

# LODOS ATIVADOS

## Fluxo Intermitente(por batelada)

### *Vantagens*

- Elevada eficiência na remoção de DBO;
- Satisfatória remoção de N e possivelmente P;
- Baixo requisitos de área;
- Mais simples conceitualmente que outros sistemas de lodos ativados;
- Flexibilidade operacional;
- Decantador secundário e elevatória de recirculação de lodo não são necessários.

# LODOS ATIVADOS

## Fluxo Intermitente(por batelada)

### *Desvantagens*

- Baixa eficiência na remoção de coliformes;
- Elevados custos de implantação e operação;
- Maior potência instalada que os demais;
- Necessidade de operação sofisticada;
- Necessidade de tratamento completo do lodo e disposição final;
- Usualmente mais competitivo economicamente para populações pequenas a médias.

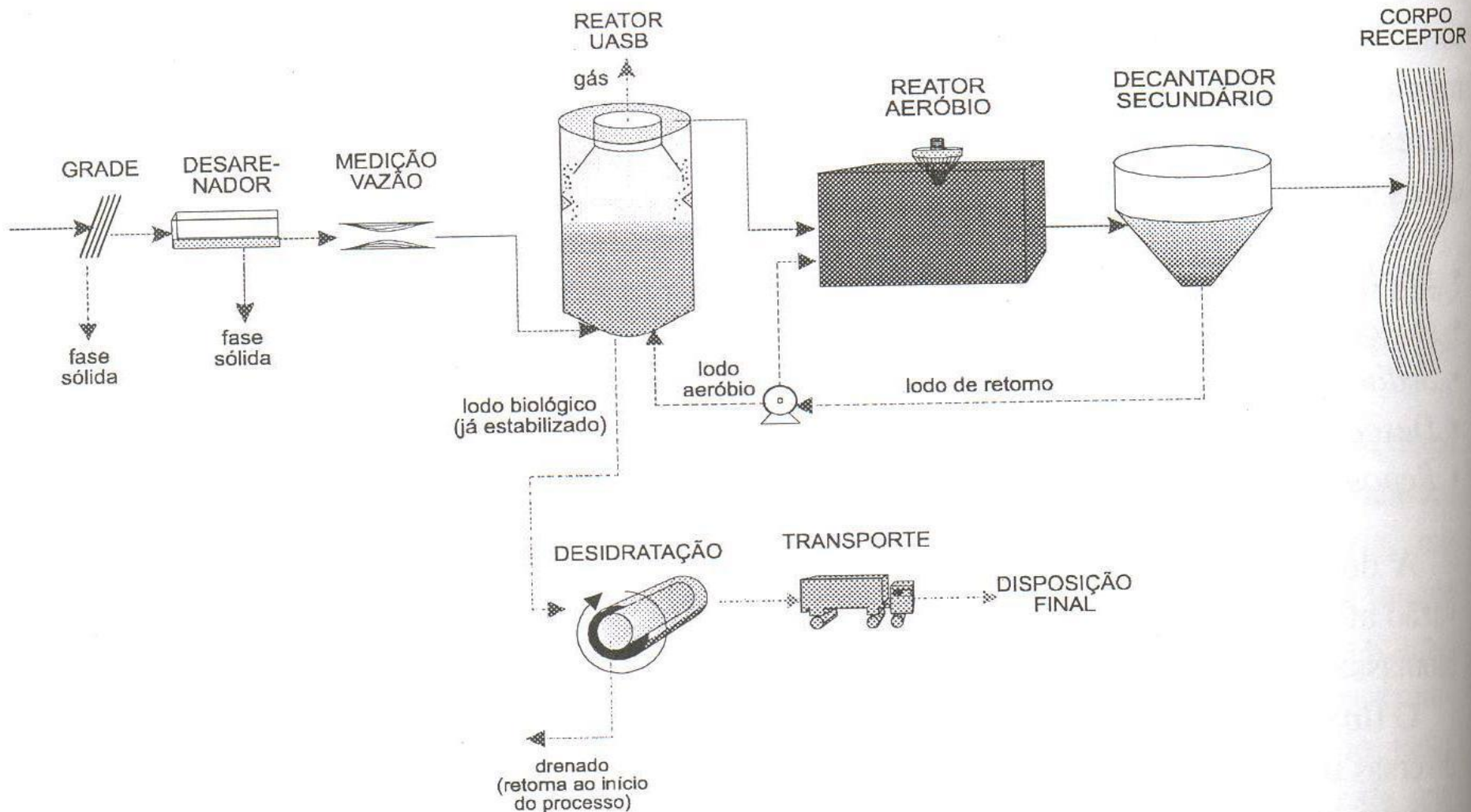
# **LODOS ATIVADOS**

Para o Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios

# LODOS ATIVADOS

Para o Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios

## REATOR UASB SEGUIDO POR LODOS ATIVADOS





Principais características dos sistemas de lodos ativados utilizados para o tratamento de esgotos domésticos

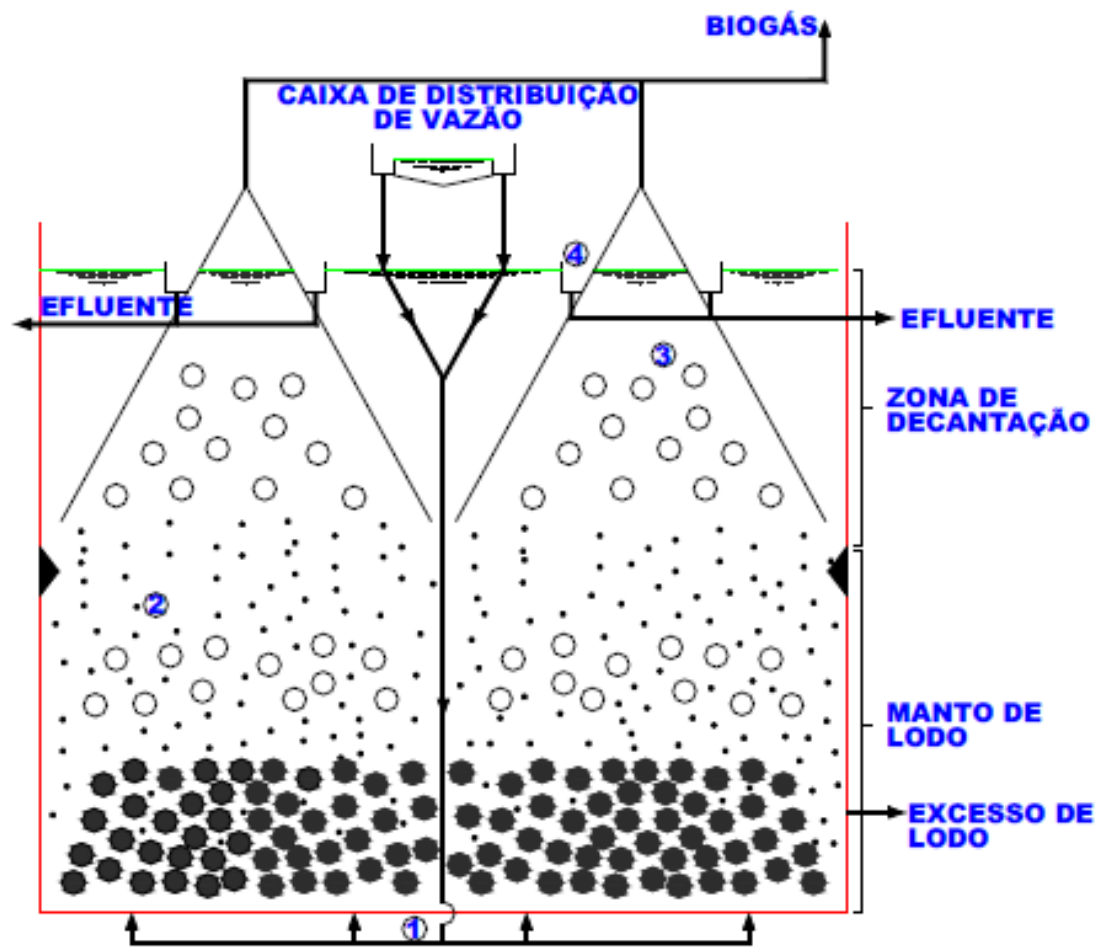
Item geral	Item específico	Modalidade		
		<b>Convencional</b>	<b>Aeração prolongada</b>	<b>UASB-Lodos Ativados</b>
<b>Idade do Lodo</b>	<b>Idade do Lodo(d)</b>	<b>4 a 10</b>	<b>18 a 30</b>	<b>6 a 10</b>
<b>Eficiência de remoção</b>	DBO(%)	85-95	93-98	85-95
	DQO(%)	85-90	90-95	83-90
	Sól.Suspensão(%)	85-95	85-95	85-95
	Amônia(%)	85-95	90-95	75-90
	Nitrogênio(%)	25-30	15-25	15-25
	Fósforo(%)	25-30	10-20	10-20
	Coliformes(%)	60-90	70-95	70-95

# Principais características dos sistemas de lodos ativados utilizados para o tratamento de esgotos domésticos

Item geral	Item específico	Modalidade		
		<b>Convencional</b>	<b>Aeração prolongada</b>	<b>UASB-Lodos Ativados</b>
<b>Área requerida</b>	Área (m <sup>2</sup> /hab)	0,2-0,3	0,25-0,35	0,2-0,3
<b>Volume</b>	Volume (m <sup>3</sup> /hab)	0,10-0,15	0,10-0,15	0,10-0,12
<b>Energia</b>	Potência Instalada(W/hab)	2,5-4,5	3,5-5,5	1,8-3,5
	Consumo energético (KWh/hab.ano)	18-26	0,10-0,25	14-20
<b>Custos</b>	Implantação(R\$/hab)	80-150	70-120	60-100
	Operação(R\$/hab.ano)	10-18	10-18	7-12

# Princípios de funcionamento do Reator Anaeróbio do tipo Ralf/Uasb (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket)





- **LODO PESADO**
- **LODO FINO**
- **BOLHA DE GÁS**

## Vantagens do processo

- A simplicidade na construção e operação, ocasionando um baixo investimento e custo operacional.
- Baixo consumo de energia (sem aeração)
- O reator RALF/UASB pode ser aplicado para qualquer população.
- O excesso de produção de lodo é baixa.
- O lodo produzido é bem estabilizado.
- Produz Metano que poderá ser utilizado para fins
- energético.

- A alimentação do reator pode ser paralisada por meses, sem prejuízo na eficiência do tratamento.
- Os nutrientes para a irrigação são conservados.

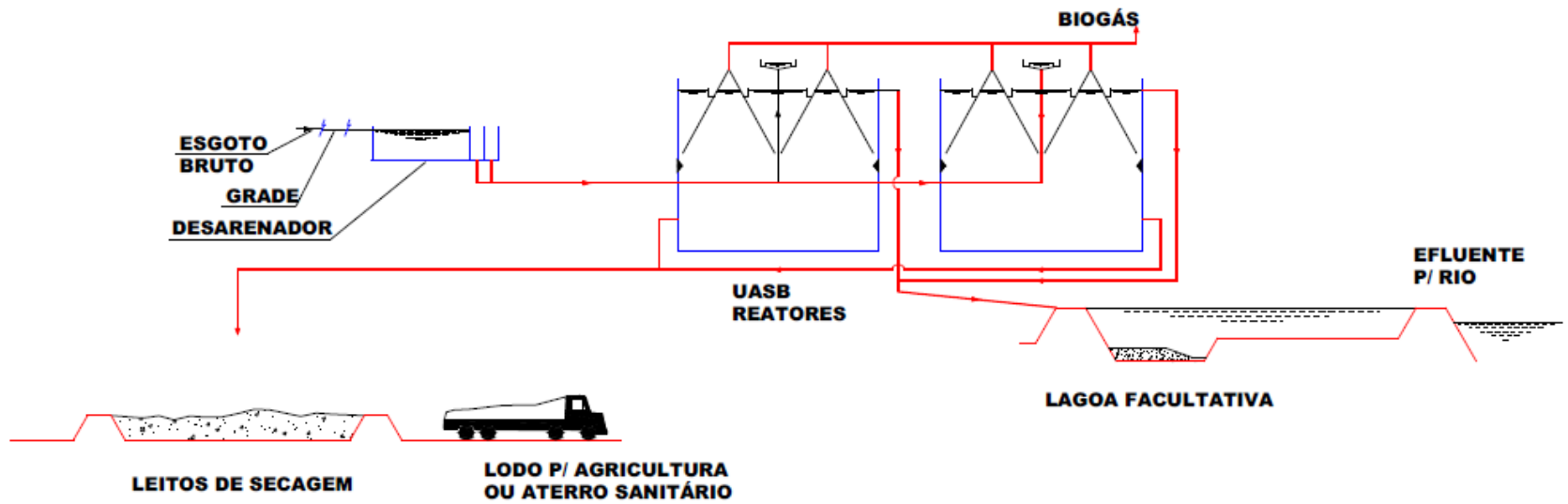
## Desvantagens do Ralf/UASB

- A remoção de DBO é limitada a 70 a 80%;
- O processo somente se aplica a esgotos com temperaturas maiores que 15º C ;
- O processo é afetado por um grande número de compostos químicos;
- As partidas das Etes levam de 3 a 4 meses;
- Remoção de nutrientes é baixa;
- A remoção de Coliformes e Patógenos é baixa;

## Desempenho dos reatores Ralf/Uasb

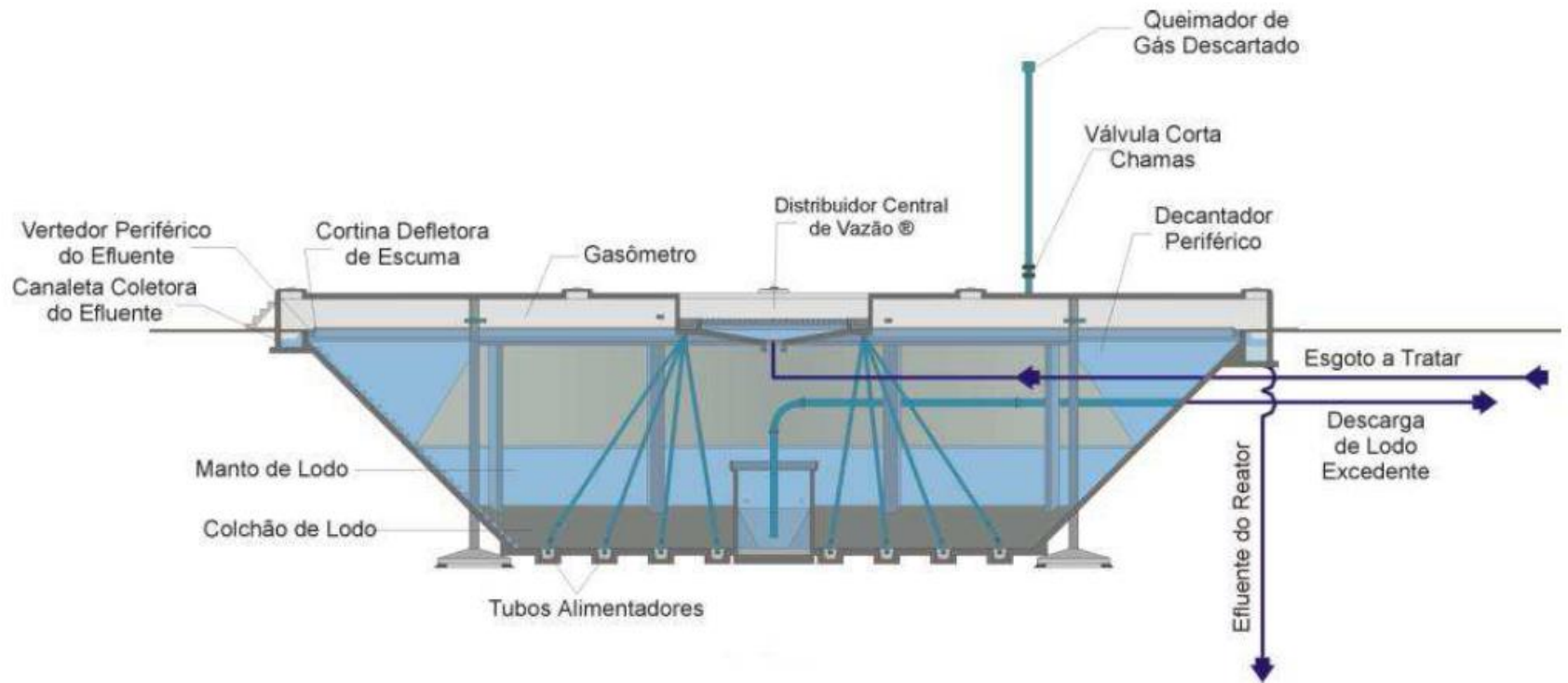
- Remoção de DQO: 50 a 75%
- Remoção de DBO: 60 a 85%
- Remoção de SST: 60 a 85%
- Remoção de Patogênicos: 85 %





ETE – Campo Mourão/PR







ETE Atuba Sul – Curitiba/PR