

Realização:



Associação dos Engenheiros Arquitetos,
Agrônomos e Técnicos de Itápolis

Apoio:



TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

Gustavo Almeida Frata

Engenheiro Químico e de Segurança do Trabalho,
Mestre e Doutor em Tecnologia Ambiental



21 de setembro de 2021



Objetivo Principal desta apresentação:

- ✓ Despertar a curiosidade sobre o assunto: Aprender sempre, para o uso das águas de forma racional e desenvolvimento de processos adequados a cada caso!



- ✓ Incentivar novas pesquisas; e



- ✓ Reflexão sobre a preservação ambiental, especialmente das águas.



Assuntos a serem abordados:

- **Introdução – Tratamento de Esgoto**
- **Concepção de ETE**
(caracterização, geração e escolha do processo de tratamento)
- **Legislação**
- **Principais Processos de Tratamento de esgoto**

Esquema típico de um sistema de abastecimento de água (SAA) e sistema de esgotamento sanitário (SES)



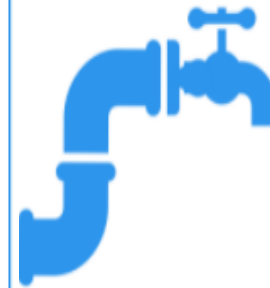
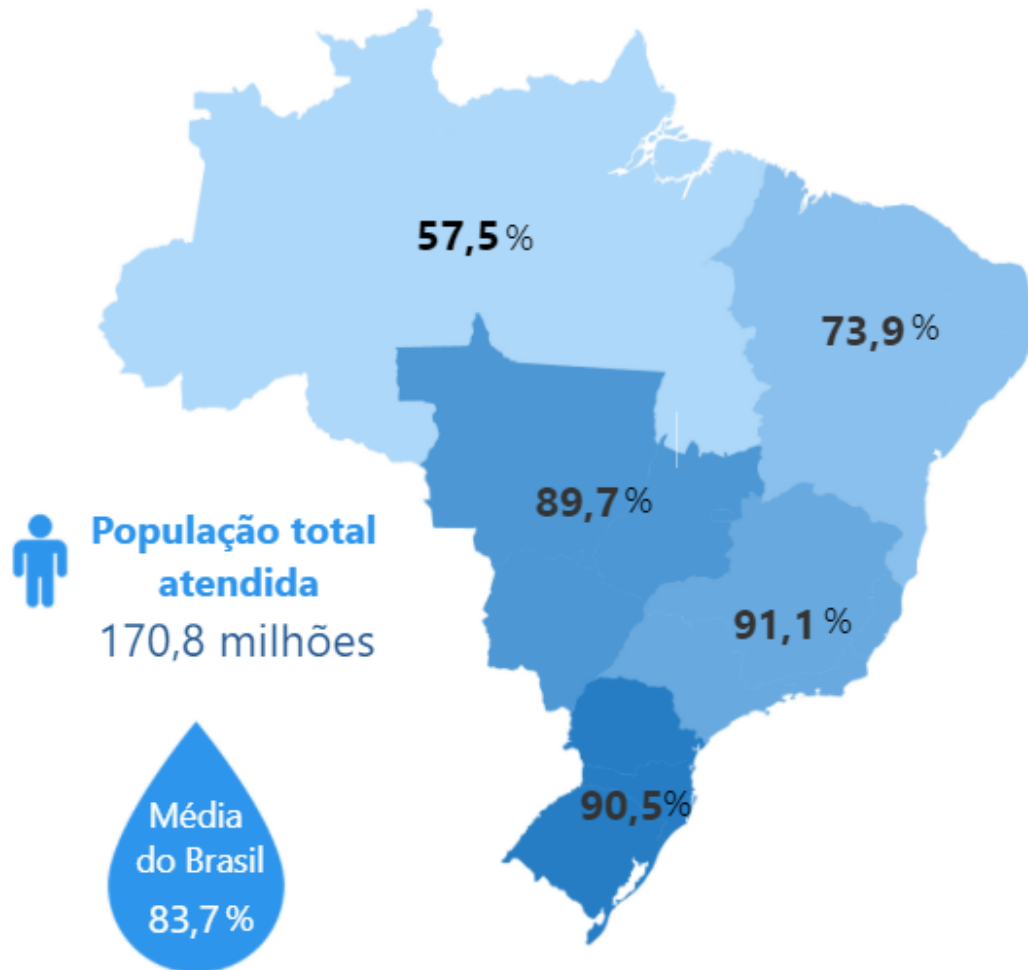
• Saneamento Básico

“**SANEAMENTO** é o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, protegendo e melhorando as condições de vida urbana e rural.” (FUNASA, 2006)



• Abastecimento de água no Brasil - 2019

Índice de atendimento total de água



Consumo médio
153,9 l/hab./dia



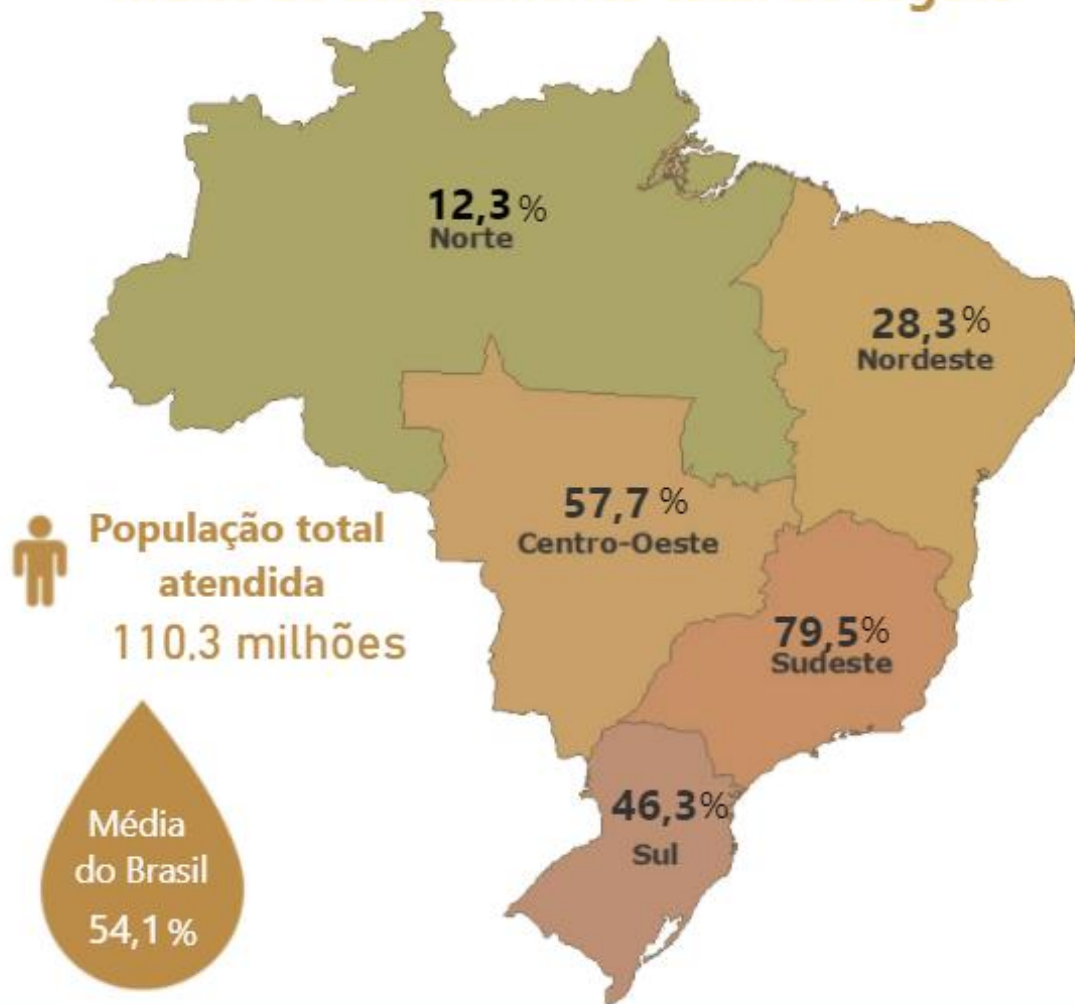
Água potável não contabilizada
ou perdida na distribuição

39,2%

Fonte: SNIS (2020).
SNIS Sistema Nacional de
Informações sobre Saneamento

• Esgotamento Sanitário no Brasil - 2019

Índice de atendimento total de esgoto



Tratamento de esgoto gerado



49,1 %

é tratado

Fonte: SNIS (2020).
SNIS Sistema Nacional de
Informações sobre Saneamento

ESGOTO

A água após ser eliminada dos diversos usos a que se destina, tais como banho, lavagem das mãos, de roupa, louça e de carros, uso sanitário, produção industrial e outros, passa a ser denominada de **esgoto** ou **efluente**.

Composição do esgoto:



Sólidos e inúmeros organismos vivos, tais como bactérias, vírus, vermes e protozoários, os quais são liberados junto com os dejetos humanos.

- **Legislação**

Resolução
CONAMA
nº357, de 17 de
março de 2005

classificação dos corpos d'água e as diretrizes para seu enquadramento e concentrações da mistura após o lançamento dos efluentes

Resolução
CONAMA 430,
de 13 de março
de 2011

condições e padrões para o lançamento nos corpos d'água

Decreto 8.468
(08/09/1976)

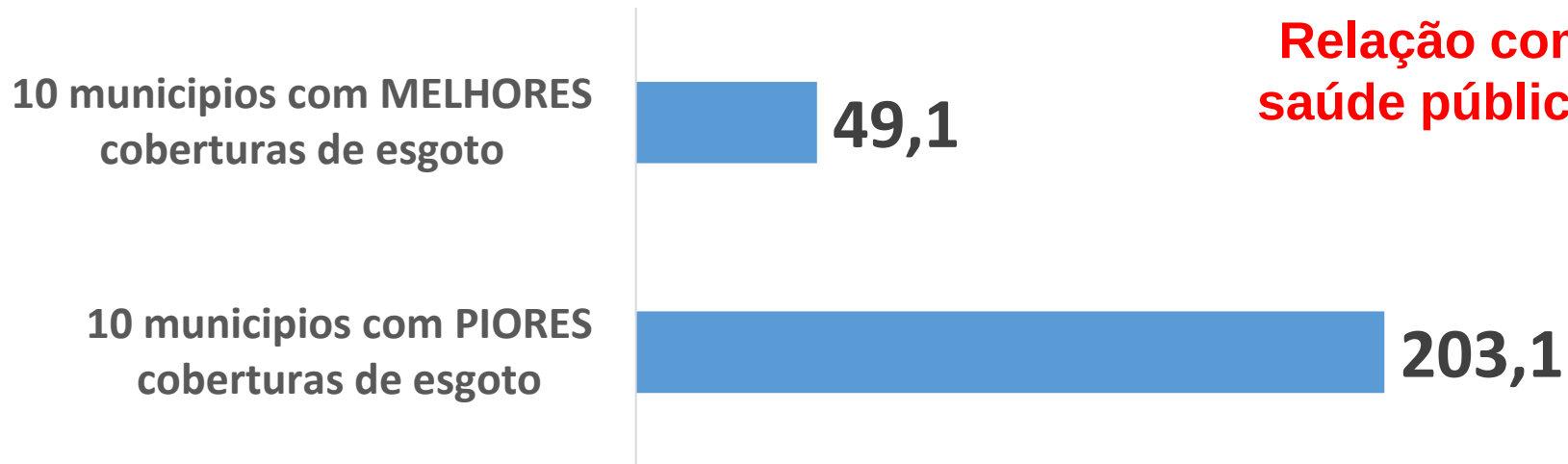
REGULAMENTO DA LEI nº 997, DE 31 DE MAIO DE 1976, QUE DISPÕE SOBRE A PREVENÇÃO E O CONTROLE DA POLUIÇÃO DO MEIO AMBIENTE

TRATAMENTO E IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE PÚBLICA

**Taxa média de internação
por diarreia por ano**



**Relação com
saúde pública!**



A coleta e o tratamento do esgoto (ou efluente líquido) e do lodo gerado no tratamento são atividades de grande importância para a saúde pública.

A elevada incidência de doenças de veiculação hídrica tem como causa epidemiológica principal, a contaminação de fontes de águas e mananciais. A proteção dos mananciais é realizada, em parte, pela destinação correta dos efluentes e resíduos do tratamento (lodo).

Estudos de concepção devem definir:

- Impacto ambiental do lançamento no corpo receptor



- Objetivos do tratamento (lançamento em corpo d'água; reuso)



- Níveis do tratamento



- Eficiência de remoção desejada



CONCEPÇÃO DE ETE

- Esgoto doméstico
- Infiltração na Rede
- Contribuições específicas

Esgoto Sanitário

- Padrões de lançamento
- Padrões de qualidade

Esgoto Tratado

**Estação de
Tratamento de
Esgotos**

- Caracterização**

Composição típica
de esgotos
sanitários.

CONSTITUINTE	Concentração (mg/l, onde não indicado)		
	Forte	Médio	Fraco
1 Sólidos Totais	1200	720	350
1.1 Dissolvidos totais	850	500	250
1.1.1 Fixos	525	300	145
1.1.2 Voláteis	325	200	105
1.2 Suspensos totais	350	220	100
1.2.1 Fixos	75	55	20
1.2.2 Voláteis	275	165	80
2 Sólidos sedimentáveis (ml/l)	20	10	5
3 DBO ₅ , 20°C	400	220	110
4 Carbono Total (TOC)	260	160	80
5 DQO	1000	500	250
6 Nitrogênio Total (como N)	85	40	20
6.1 Orgânico	35	15	8
6.2 Amônia Livre	50	25	12
6.3 Nitritos	0	0	0
6.4 Nitratos	0	0	0
7 Fósforo Total	15	8	7
7.1 Orgânico	5	3	1
7.2 Inorgânico	10	5	3
8 Cloretos	100	50	30
9 Alcalinidade (como CaCO ₃)	150	100	50
10 Graxas	150	100	50

Fonte: adaptado, METCALF; EDDY, 2003.

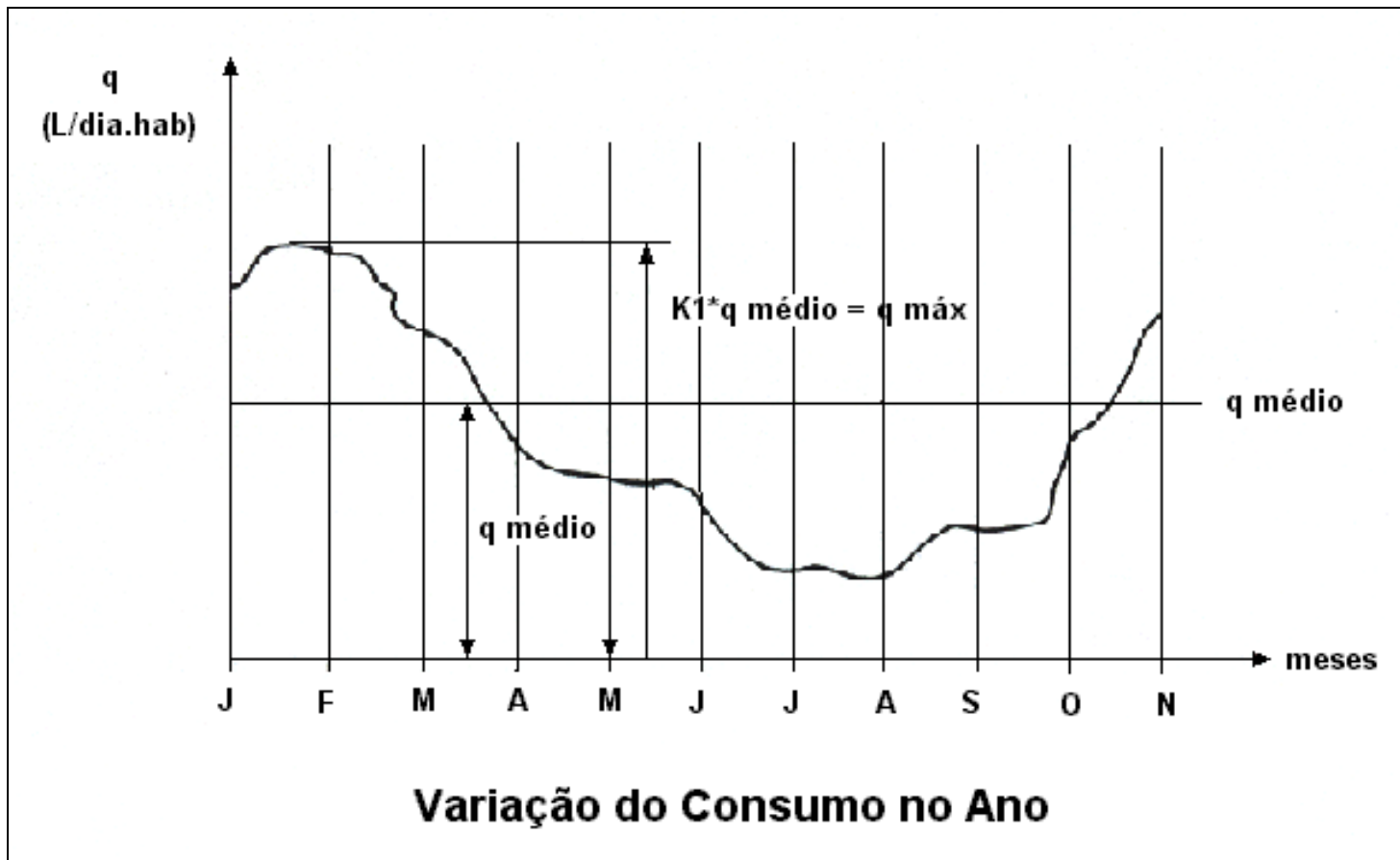
• Geração

Produção de esgotos por atividade e usuário.

Atividade/usuário	Unidade	Esgoto (L/d)
Ocupantes Permanentes:		
- Residência		
Padrão alto	pessoa	160
Padrão médio	pessoa	130
Padrão baixo	pessoa	100
- Hotel	pessoa	100
- Alojamento provisório	pessoa	80
Ocupantes temporários:		
Fábrica em geral	pessoa	70
Escritório	pessoa	50
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50
Escolas e locais de longa permanência	pessoa	50
Bares	pessoa	6
Restaurantes e similares	refeição	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2
Sanitários públicos	Bacia sanitária	480

Fonte: adaptado da
NBR 7229, 1993.

VAZÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICO



Vazão Máxima Diária: $Q_D = Q_{MÉD} \times k_1$ ($k_1 = 1,2$)

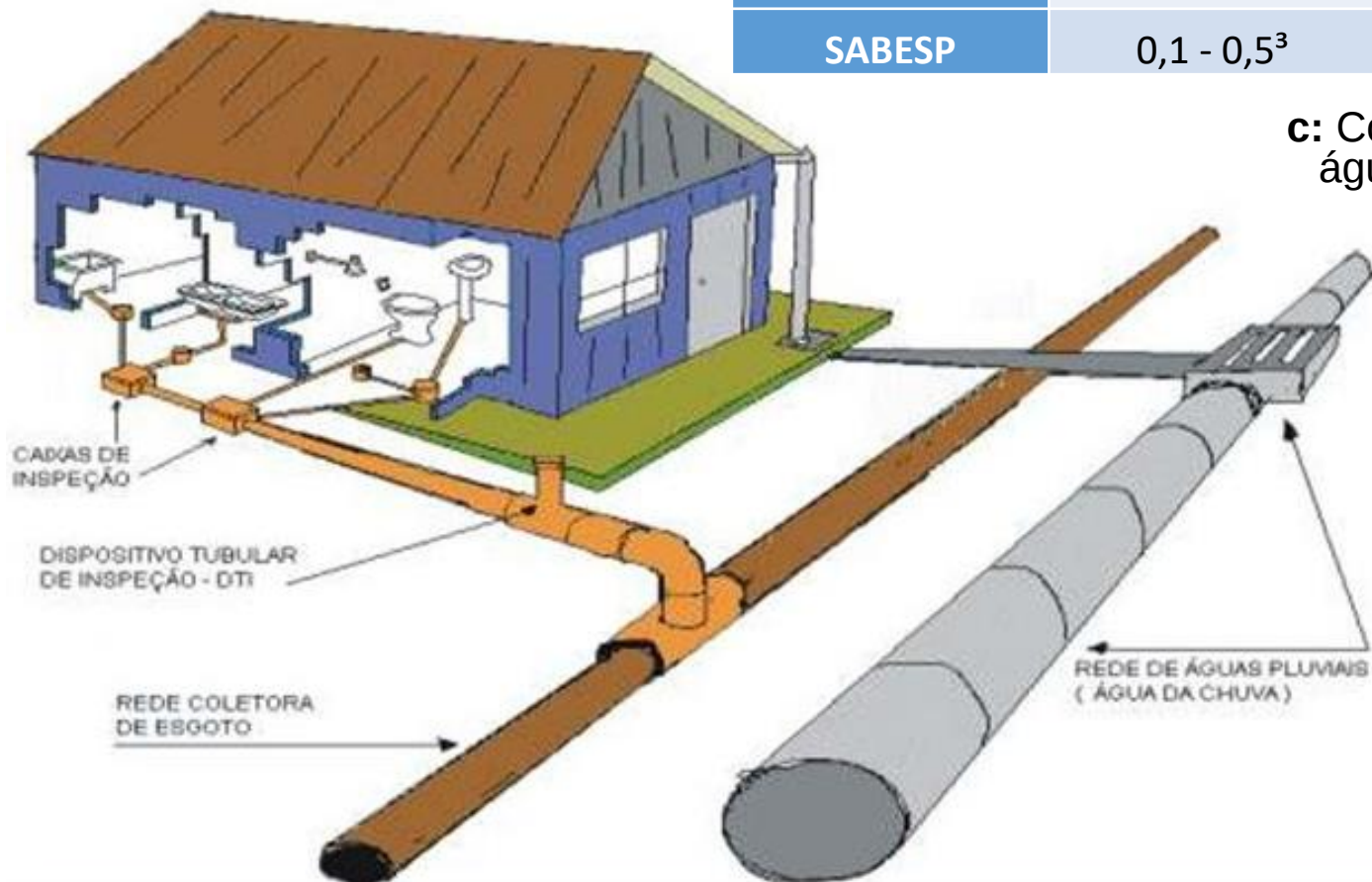
VAZÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICO



Vazão Máxima Horária: $Q_{MÁX,ED} = Q_{MÉD} \times k_1 \times k_2$ ($k_2 = 1,5$)

- Sistema Separador Absoluto

	Taxa de Infiltração (L/s.km)	Coeficiente de Retorno
Azevedo Neto ¹	0,2 - 0,8	0,75 - 0,85
NBR-9646/1986 ²	0,05 - 1,0	0,8
SABESP	0,1 - 0,5 ³	0,8

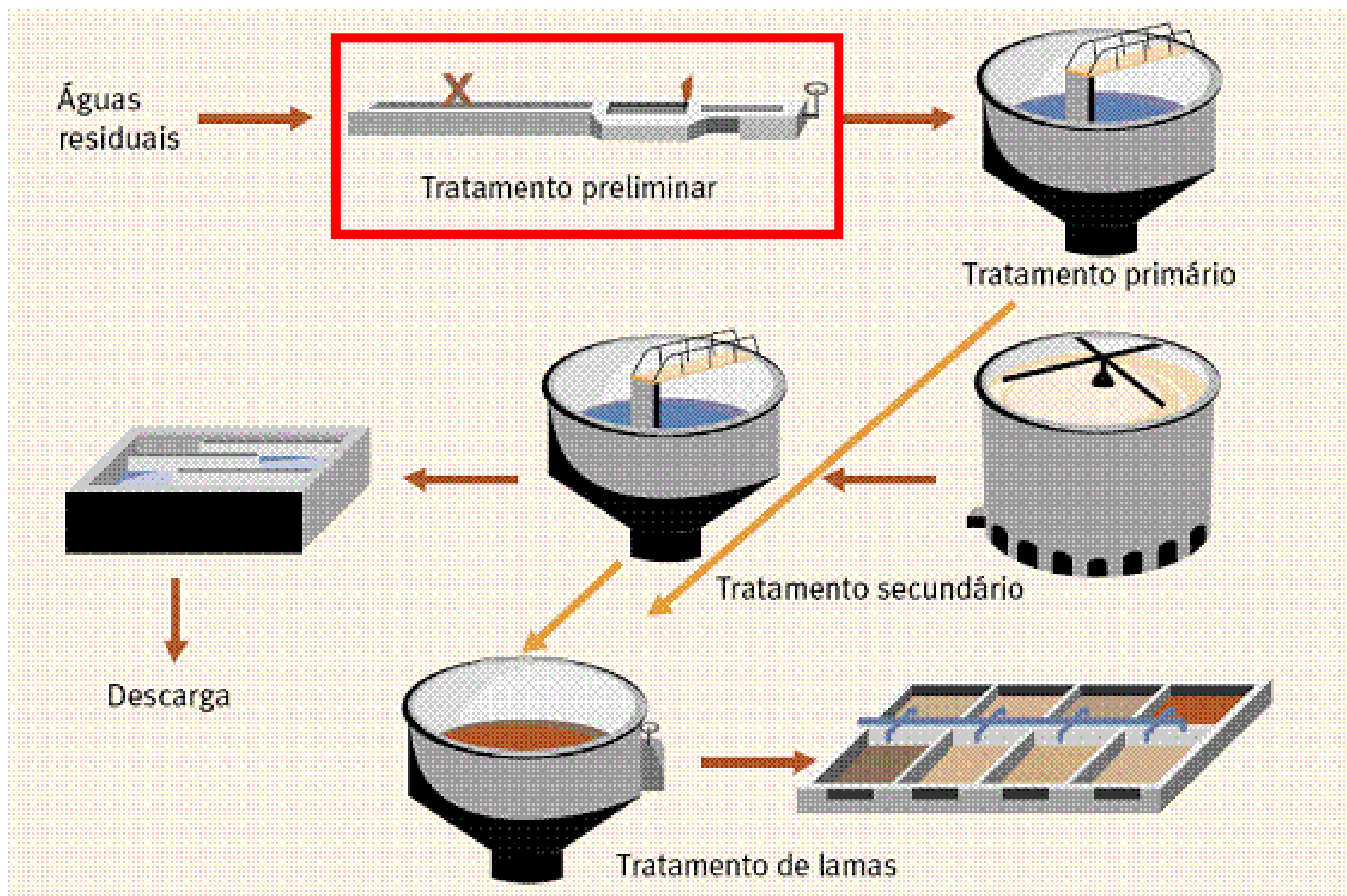


c: Coeficiente de retorno água/esgoto ($c = 0,8$)

NÍVEIS DE TRATAMENTO:

Nível	Remoção
<i>Preliminar</i>	- Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia)
<i>Primário</i>	- Sólidos em suspensão sedimentáveis - DBO em suspensão (matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis)
<i>Secundário</i>	- DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão fina, não removida no tratamento primário) - DBO solúvel (matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos)
<i>Terciário</i>	- Nutrientes - Patogênicos - Compostos não biodegradáveis - Metais pesados - Sólidos inorgânicos dissolvidos - Sólidos em suspensão remanescentes

Sistemas de Tratamento de Esgoto



Tratamento Preliminar

- Destina-se principalmente a remoção de :
 - Sólidos grosseiros (gradeamento);
 - Areia (caixa de areia);
 - Gordura e óleos.
- Objetivos:
 - Proteção dos dispositivo de transporte dos esgotos
 - Proteção da unidades de tratamento subsequentes
 - Proteção dos corpos receptores

Tratamento Preliminar

Unidades componentes



Tratamento Preliminar

Gradeamento:

- Retenção de Material com dimensões maiores que o espaçamento entre as barras



Tratamento Preliminar

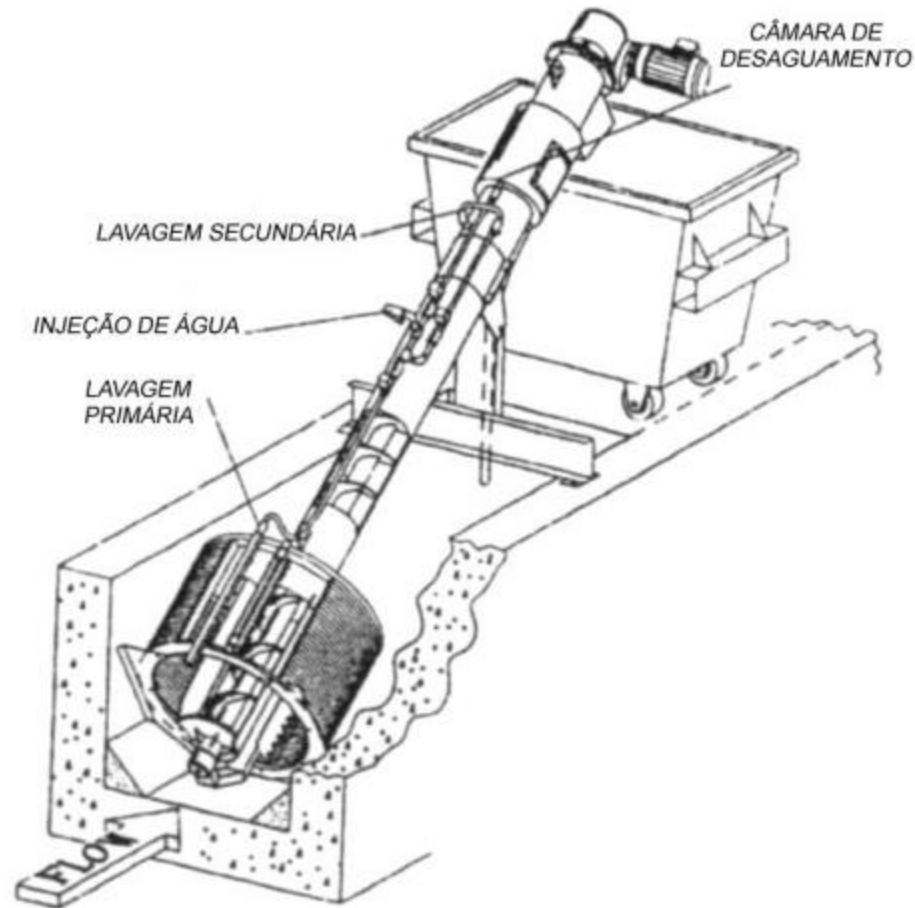


Gradeamento

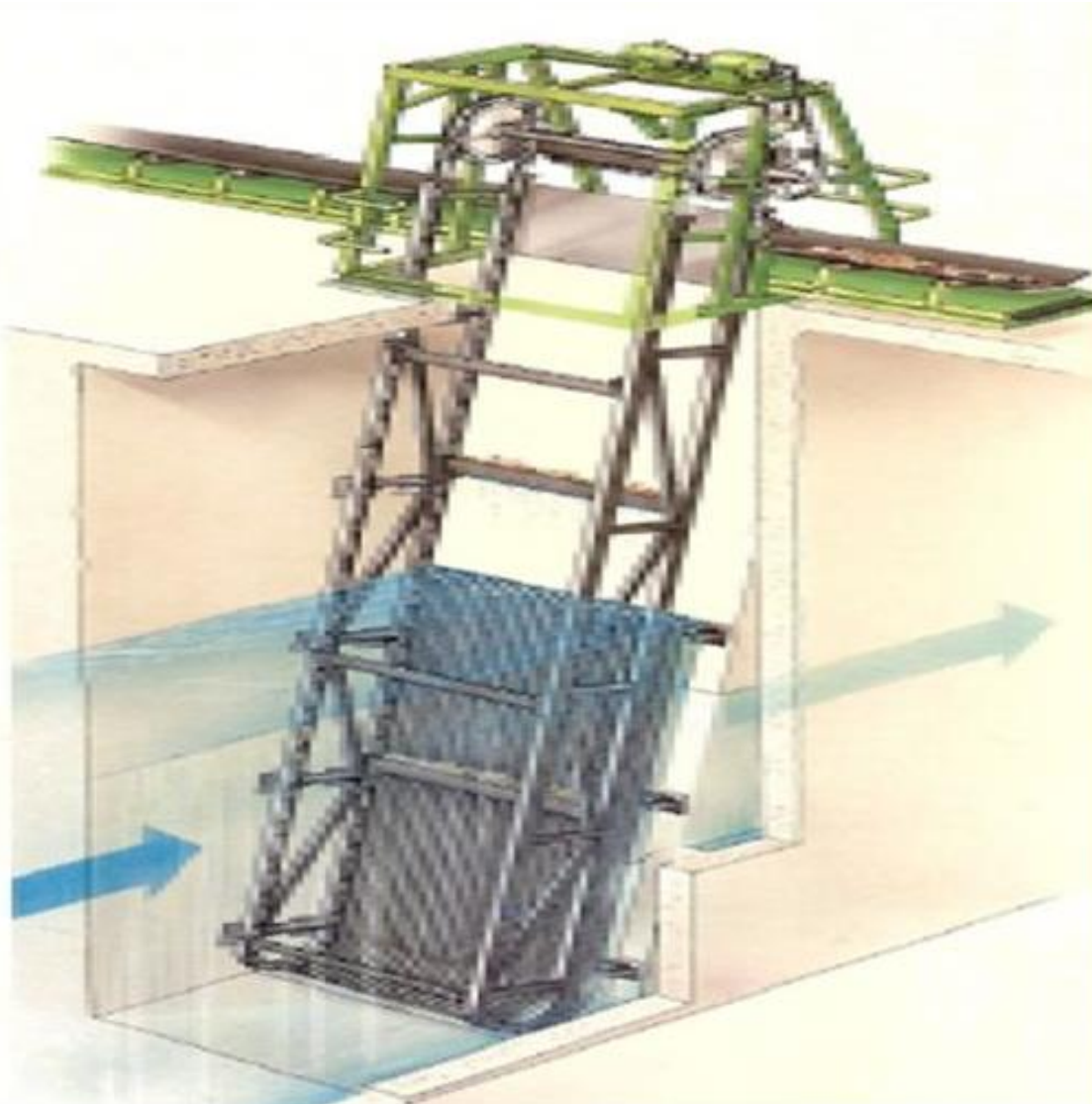


REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS

Cesto rotativo



REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS



Grade
Mecanizada do
tipo
Cremalheira

REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS



Grade
Mecanizada do
tipo
Cremalheira

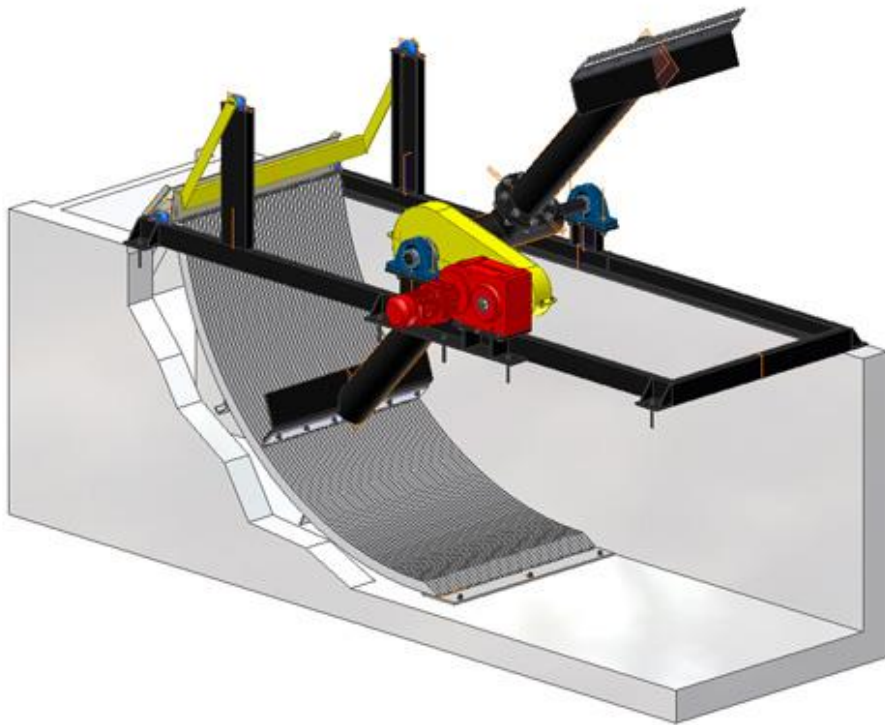
REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS



Grade
Mecanizada do
tipo
Cremalheira



REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS



Grade Mecanizada
Giratória



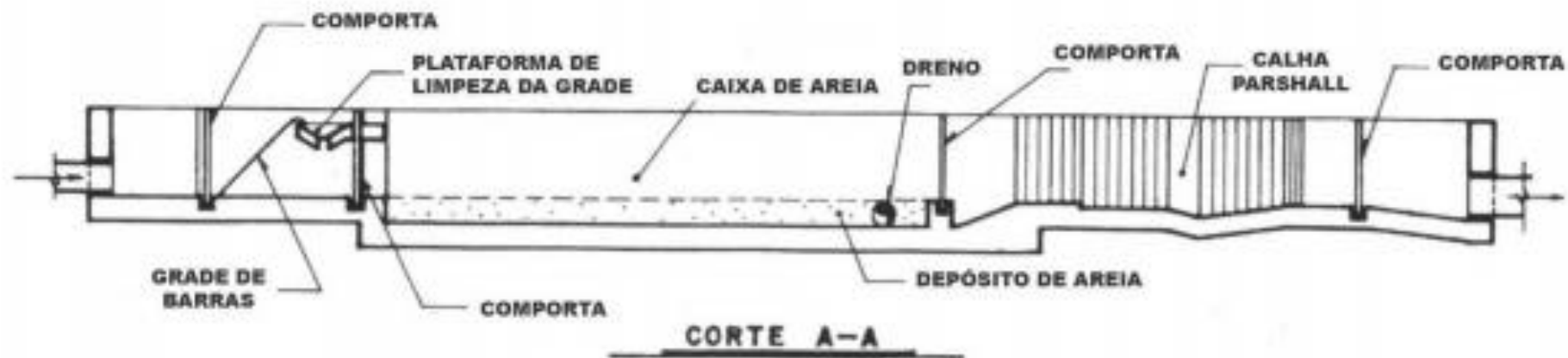
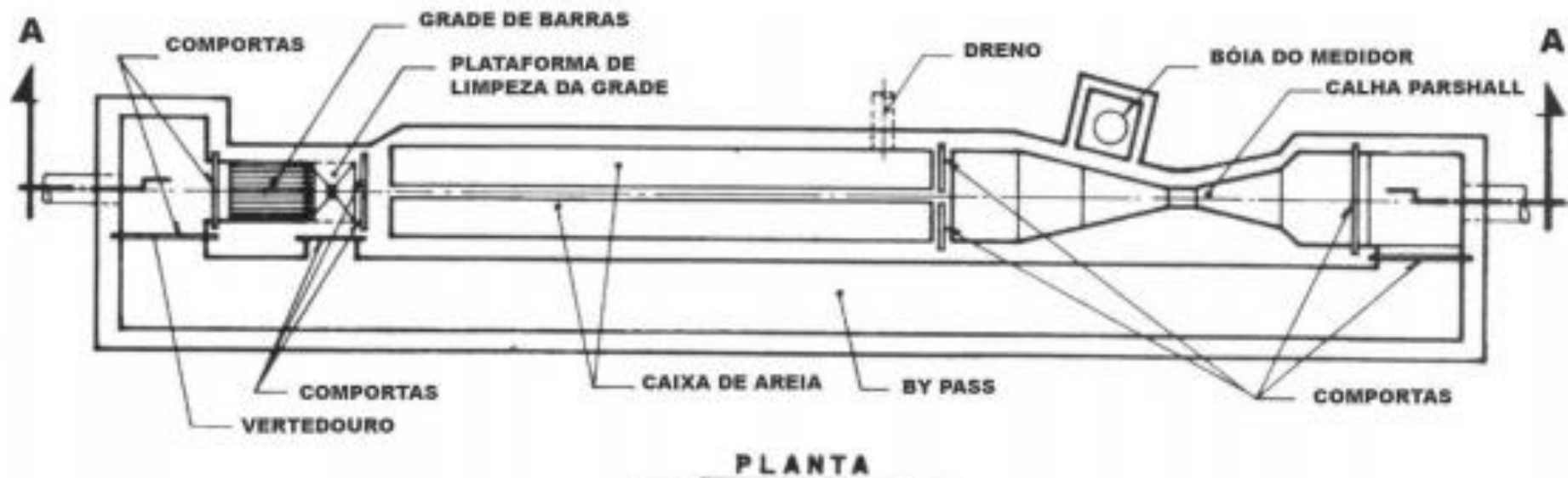
Tratamento Preliminar

Desarenação:

Finalidades básicas:

- Evitar abrasão nos equipamentos e tubulações
- Eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, sifões, etc.
- Facilitar o transporte do líquido





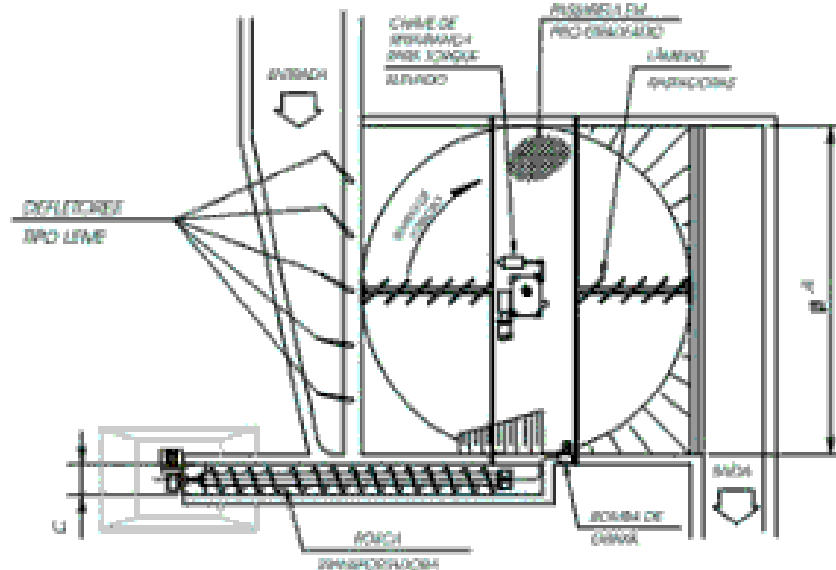
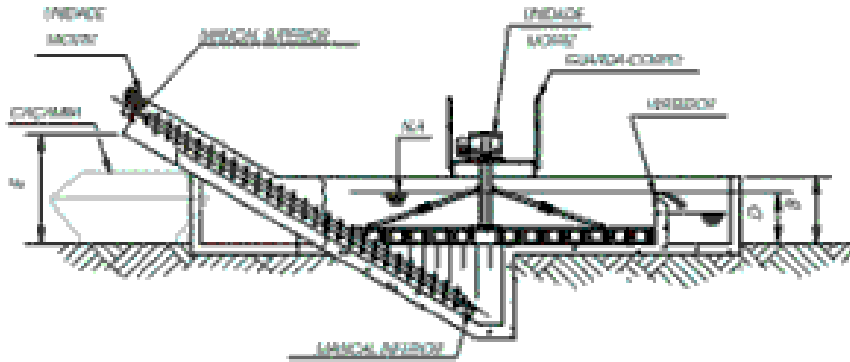
REMOÇÃO DE AREIA - DESARENADOR



Caixa de areia de limpeza manual



REMOÇÃO DE AREIA - DESARENADOR



Caixa de areia de limpeza
mecanizada

Tratamento Preliminar

Medição de Vazão:



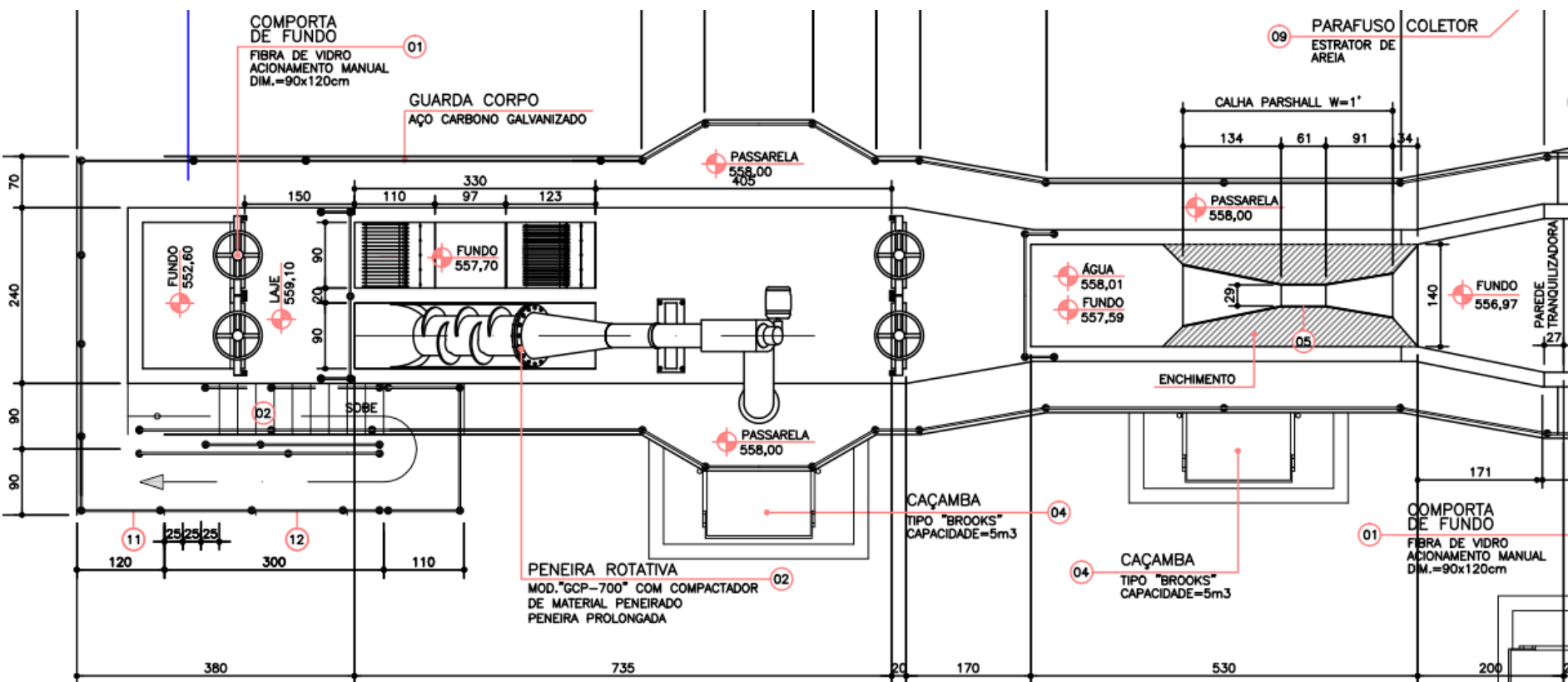
Calha Parshall

Tratamento Preliminar

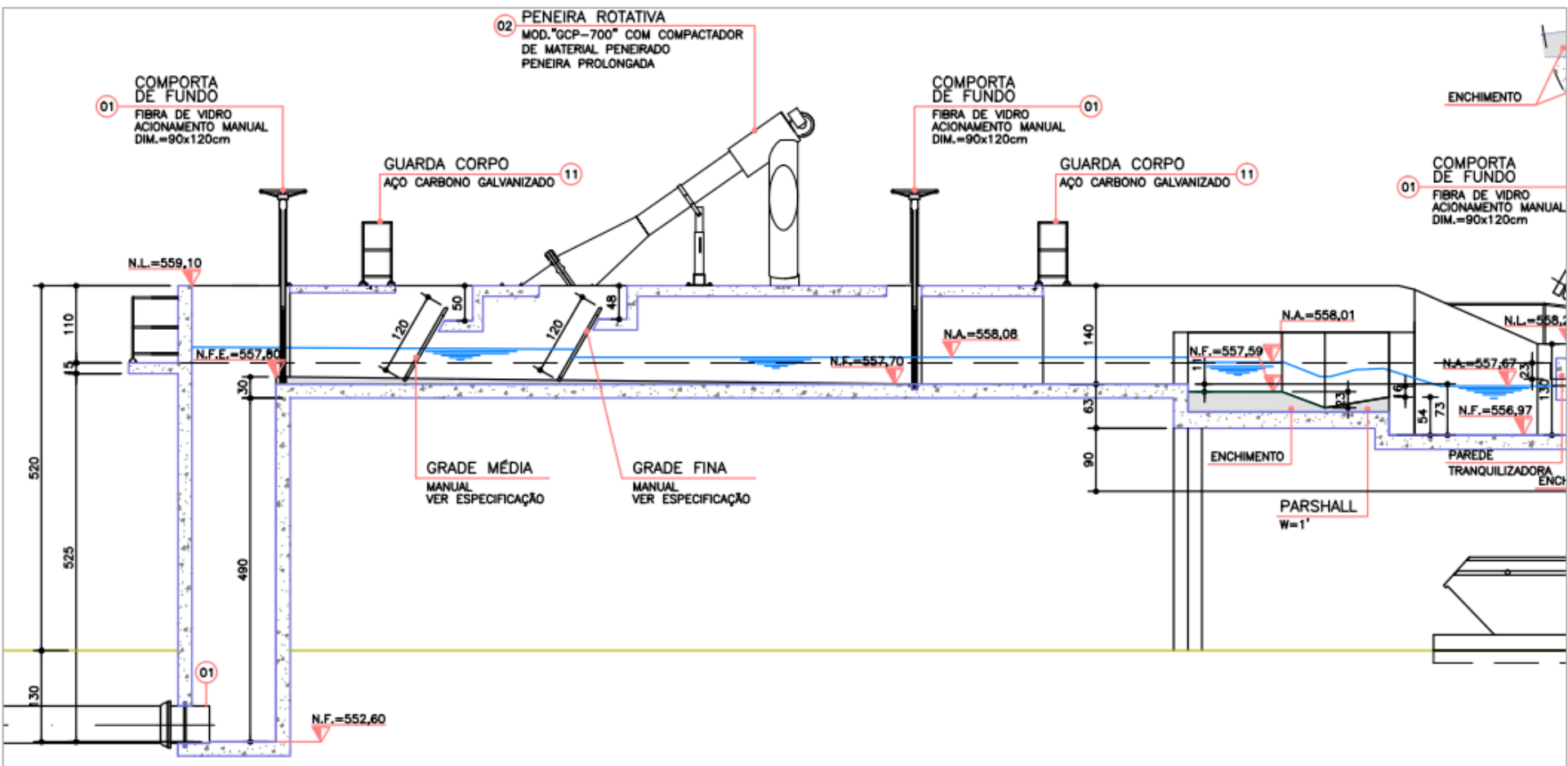


Gradeamento,
Caixa de Areia e
Medidor de
Vazão

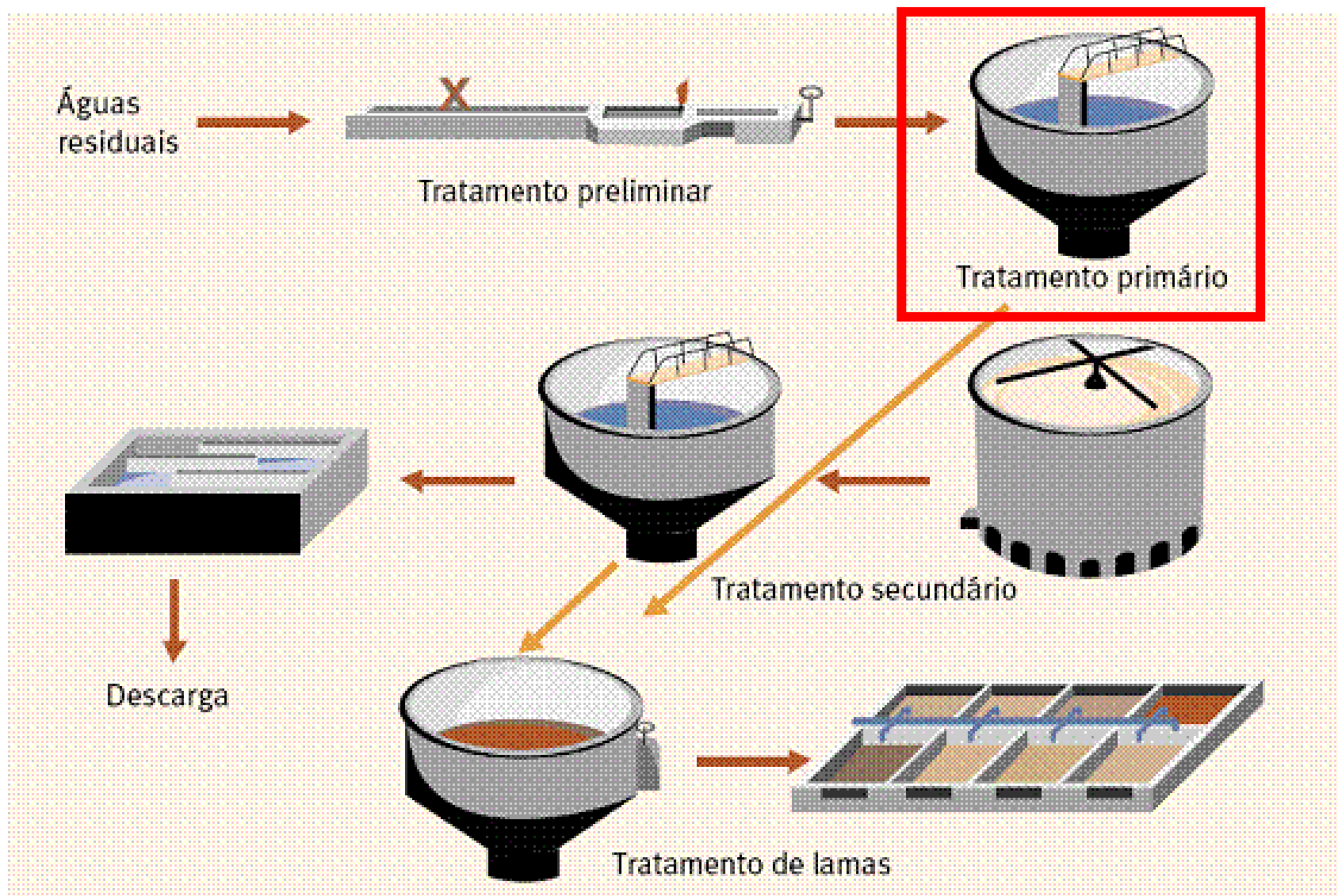
Tratamento Preliminar



Tratamento Preliminar



Sistemas de Tratamento de Esgoto



Tratamento Primário

Destina-se a remoção de:

- Sólidos em suspensão sedimentáveis
- Sólidos flutuantes

Objetivos:

- Reduzir a carga de sólidos e DBO dirigida ao tratamento secundário

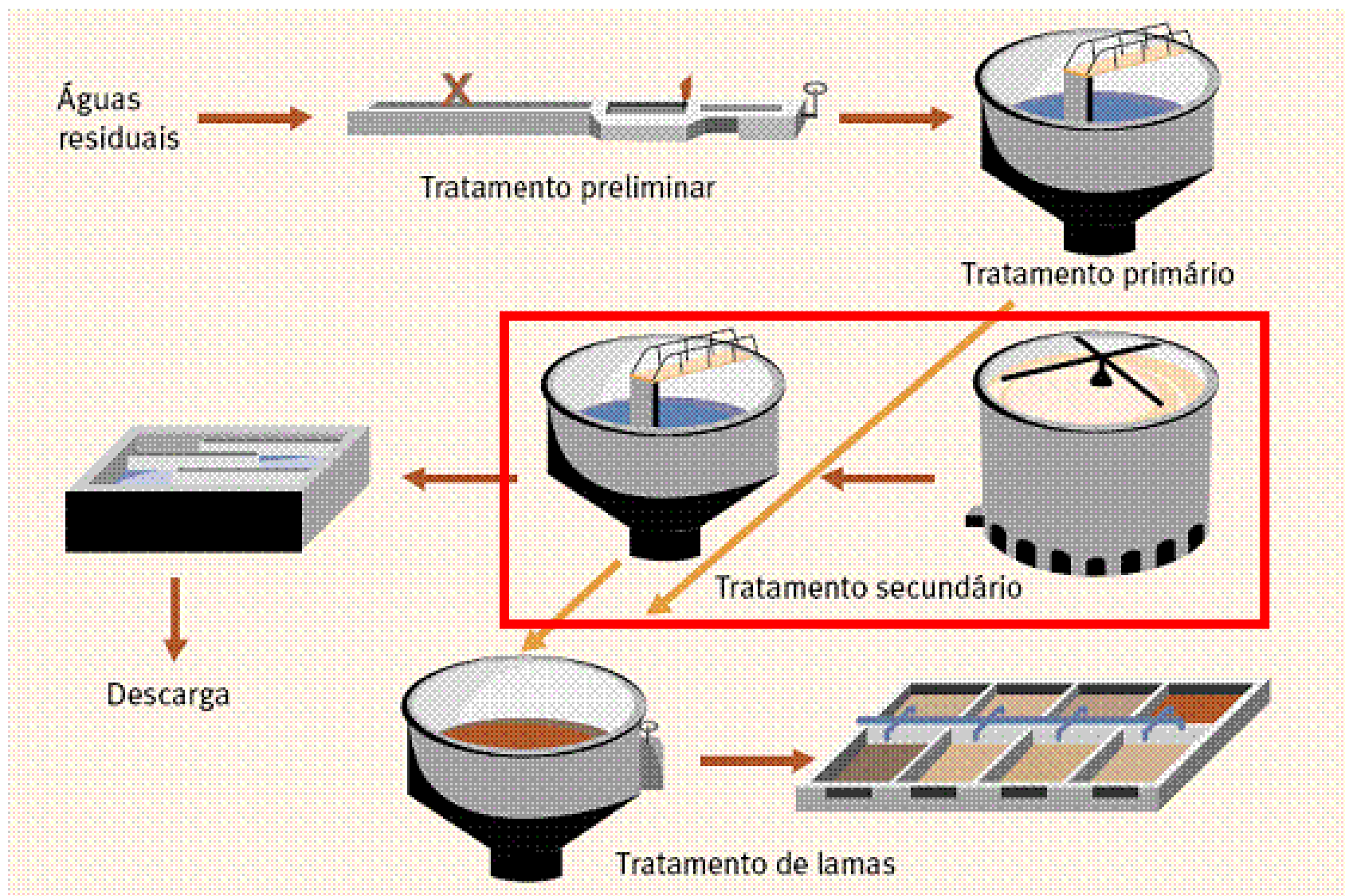
A função desta unidade é clarificar o esgoto, removendo os sólidos que isoladamente ou em flocos, podendo sedimentar pelo seu próprio peso (Lodo primário – não digerido - grande porcentagem de matéria orgânica ainda não estabilizada)

Tratamento Primário

Decantador Primário



Sistemas de Tratamento de Esgoto



Tratamento Secundário

Objetivo:

• Remoção de matéria orgânica que se apresenta sob as formas:

- Matéria orgânica solúvel
- Matéria orgânica em suspensão

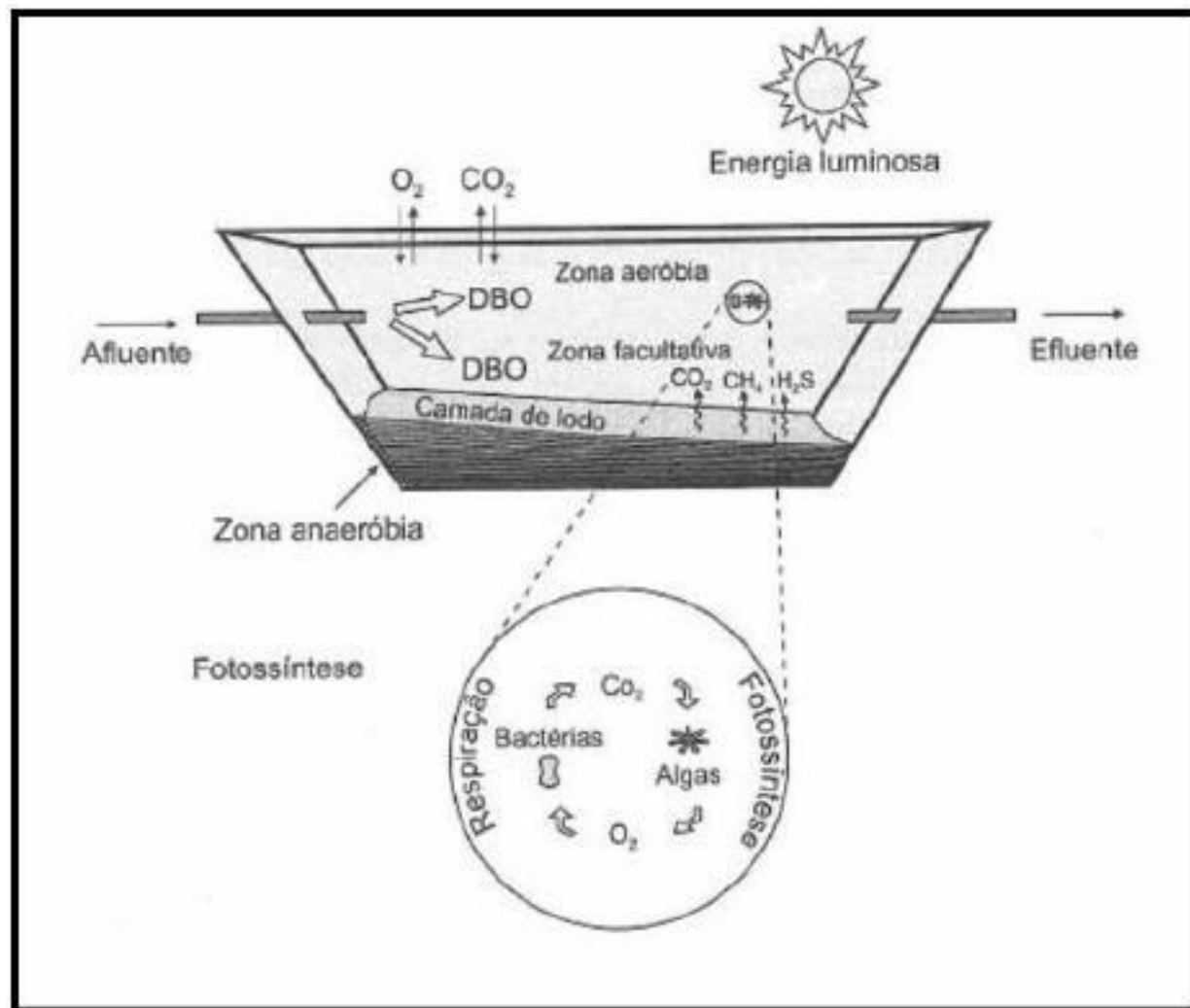
Inclusão de uma etapa biológica

Bactérias + matéria orgânica → bactérias + H₂O +
CO₂ e CH₄ (condições anaeróbias)

- Lagoas (anaeróbia, aerada, facultativa e maturação);
- Reatores operados em UASB (anaeróbio);
- Reatores operados em Lodos Ativados (aeróbio) (convencional, alta taxa e batelada);

Tratamento Secundário

LAGOAS



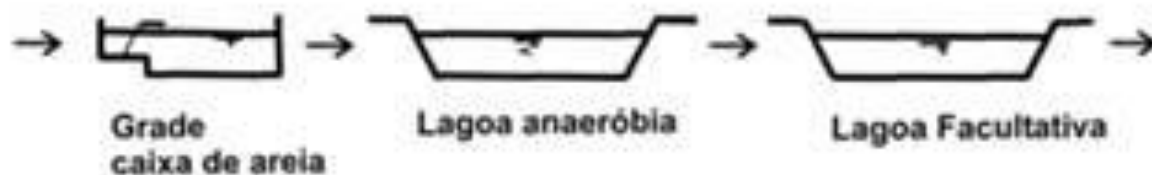
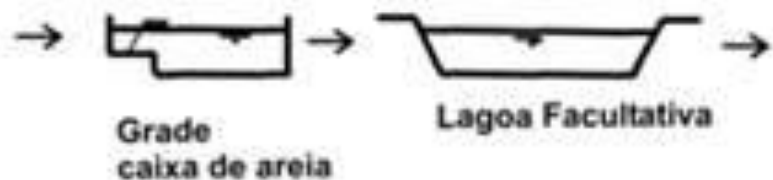
Tratamento Secundário

Lagoas

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela **oxidação bacteriológica** (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) **e/ou redução fotossintética das algas**. De acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica, as lagoas costumam ser classificadas em: facultativas, anaeróbias, aeradas e de maturação.

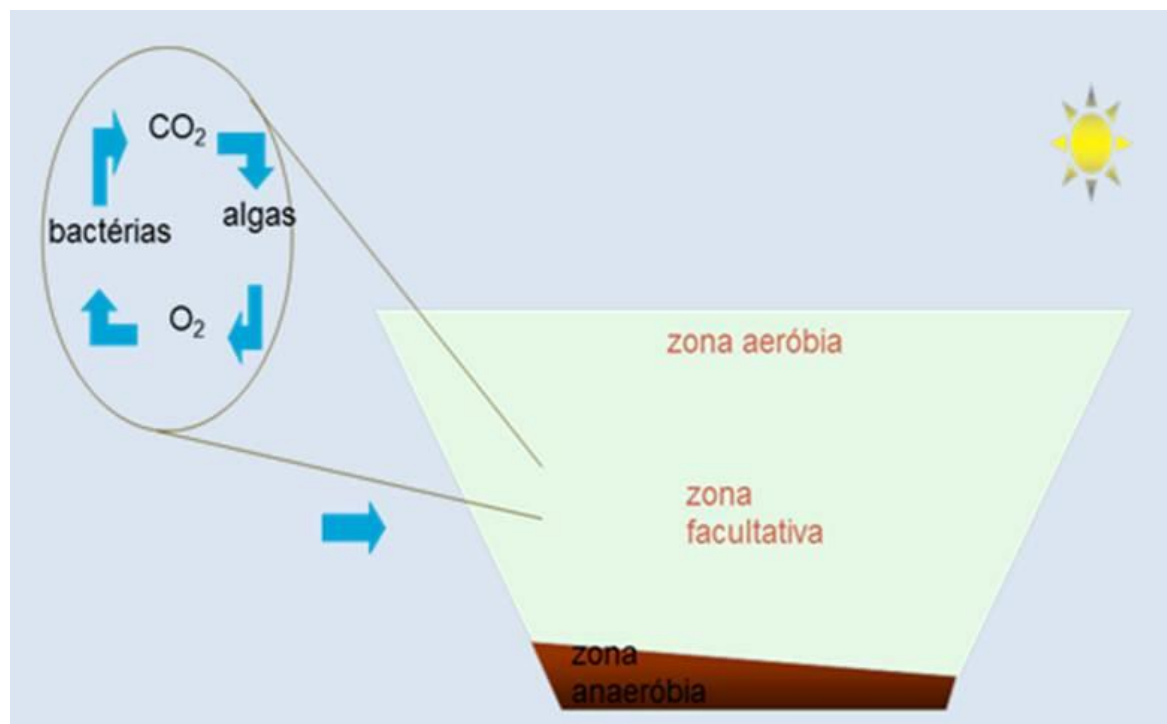
Tratamento Secundário

Lagoas



Tratamento Secundário

Lagoas



ETE Pendências, Pendências/RN



ETE Ponta Negra, Natal/RN

Tratamento Secundário

Lagoas



Tratamento Secundário

Lagoa Anaeróbia

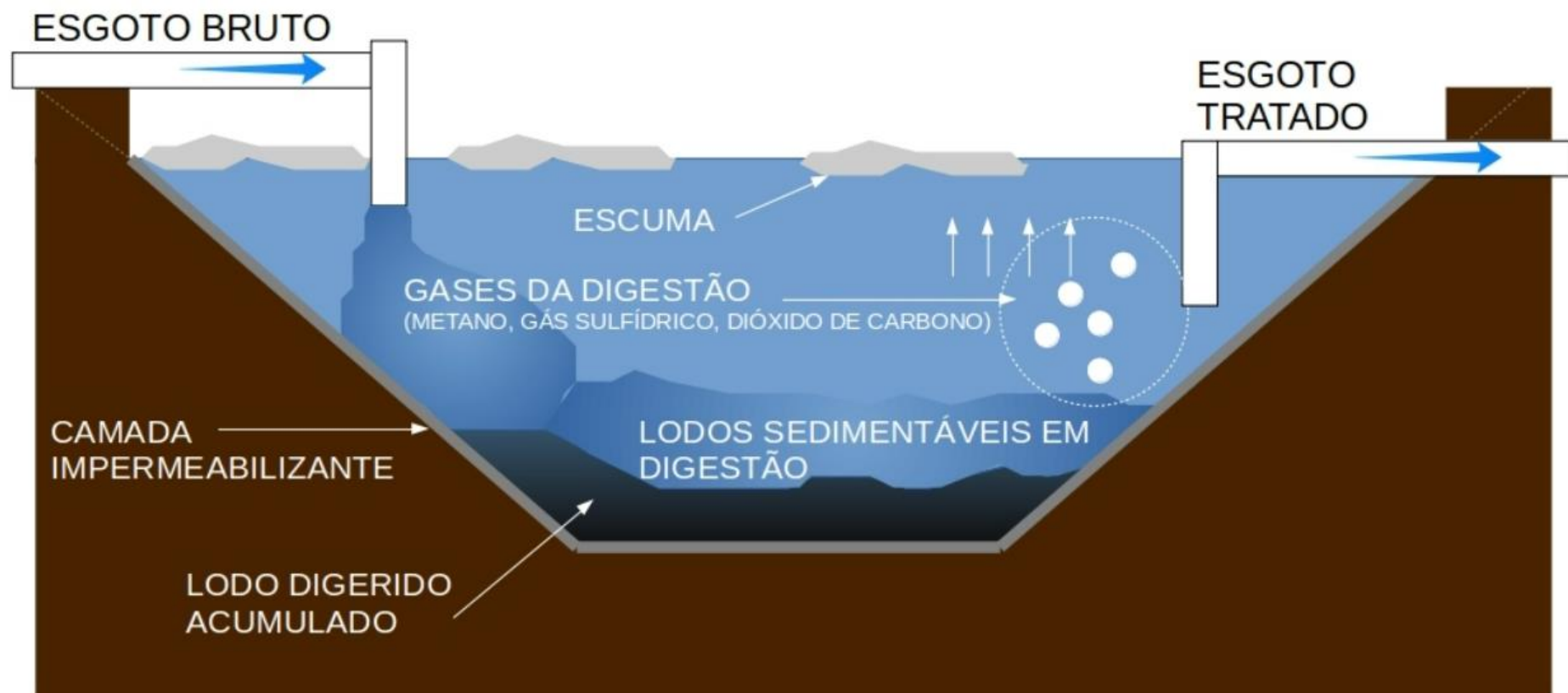


Figura 2.19 - Esquema de uma lagoa anaeróbia.

Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior.

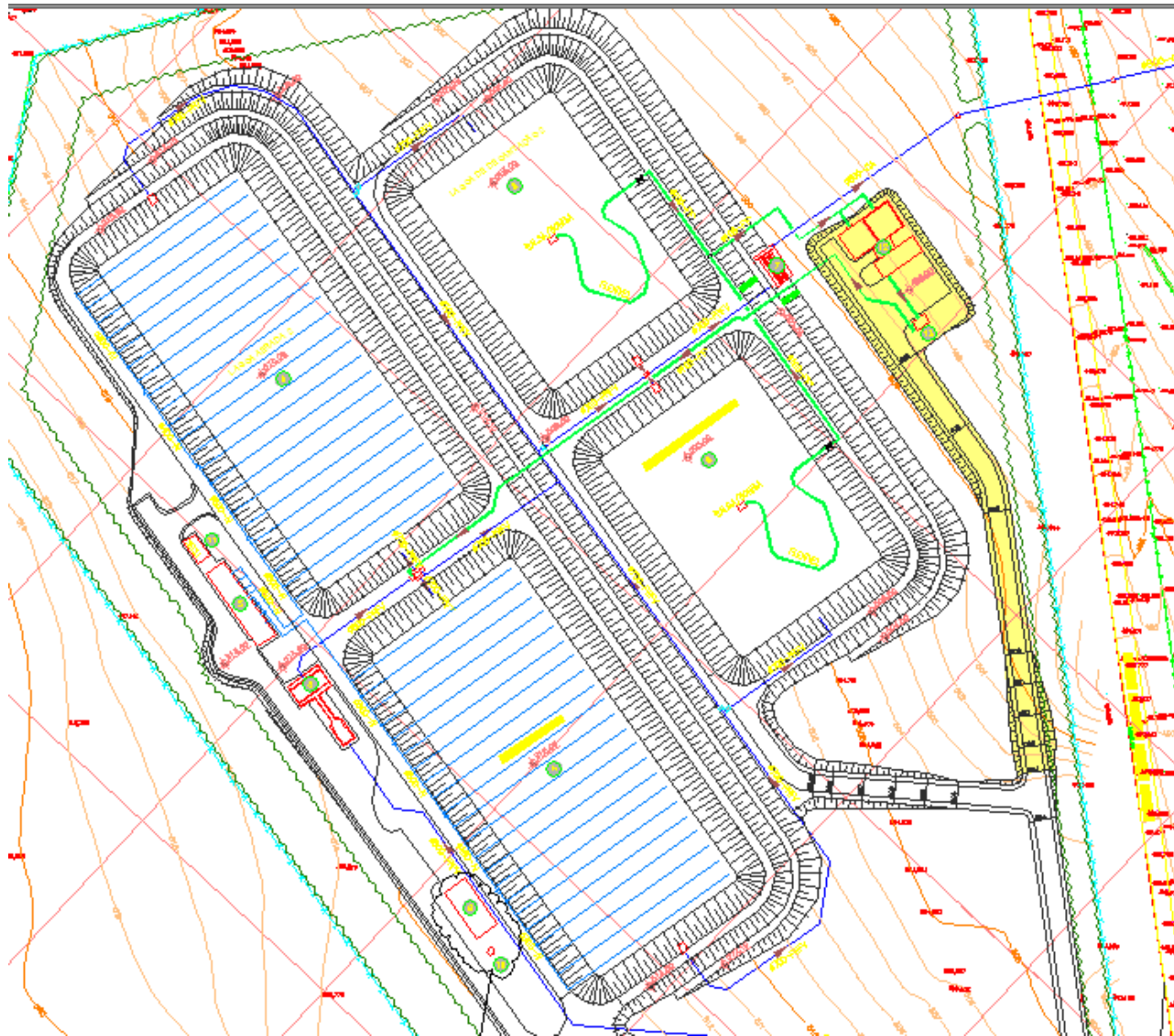
Tratamento Secundário

**Lagoas
aeradas**



Tratamento Secundário

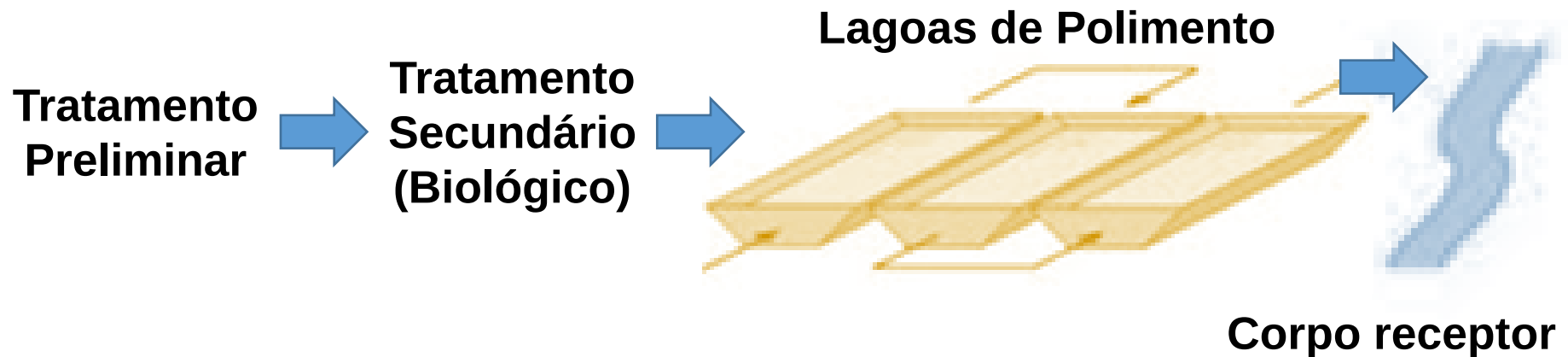
Lagoas



Tratamento Secundário

Lagoas

Lagoa de Maturação



Tratamento Secundário

PROCESSO ANAERÓBIO

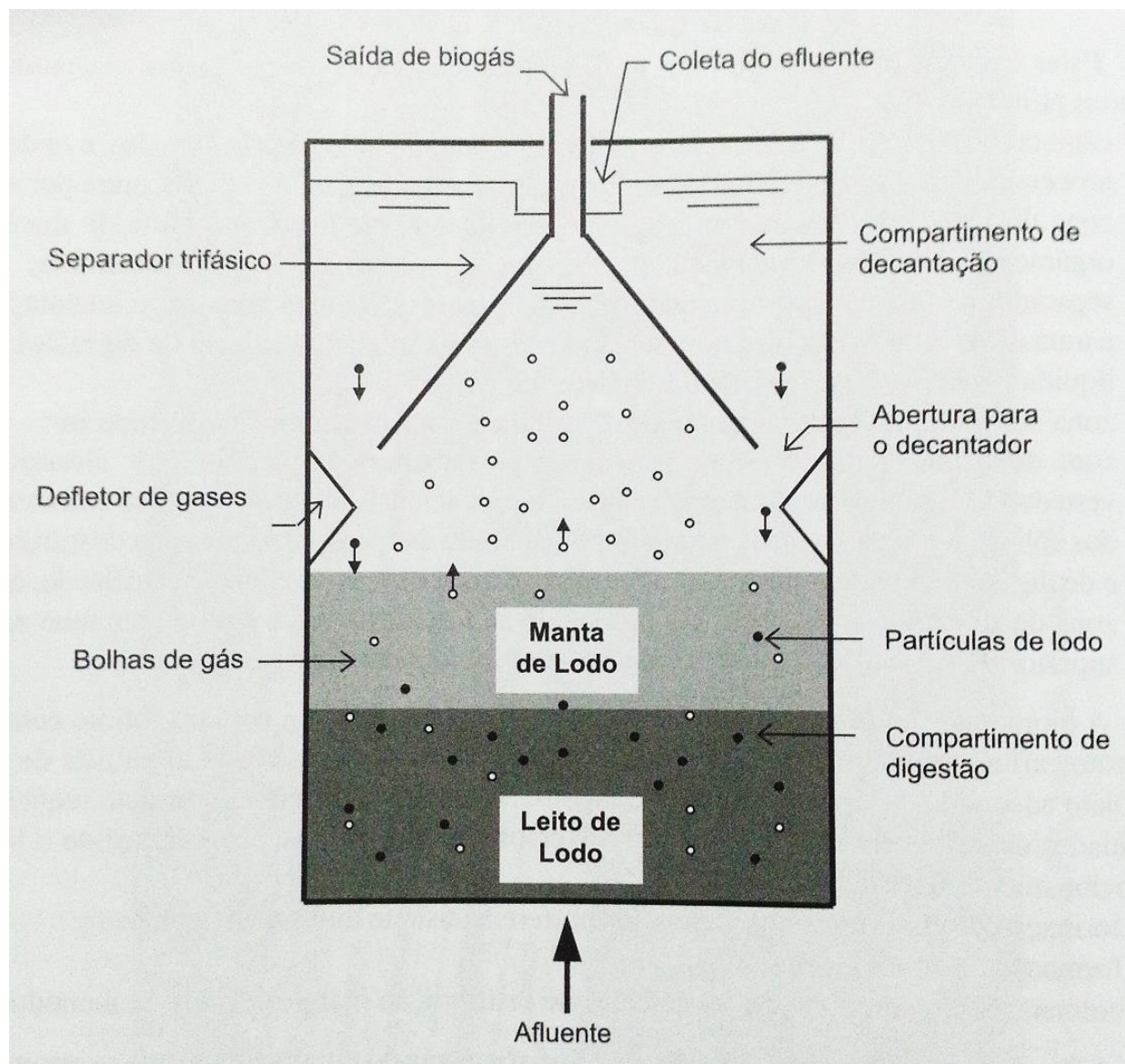
UASB

Upflow Anaerobic
Sludge Blanket

RAFA

Reator Anaeróbio
de Fluxo
Ascendente e
Manta de Lodo

A eficiência
atinge de 65%
a 75%



Reator UASB

A eficiência atinge de 65% a 75% de remoção de DBO.

- **Legislação:**
DBO_{5,20} inferior a 60,0 mg/L ou redução de 80% em seu valor



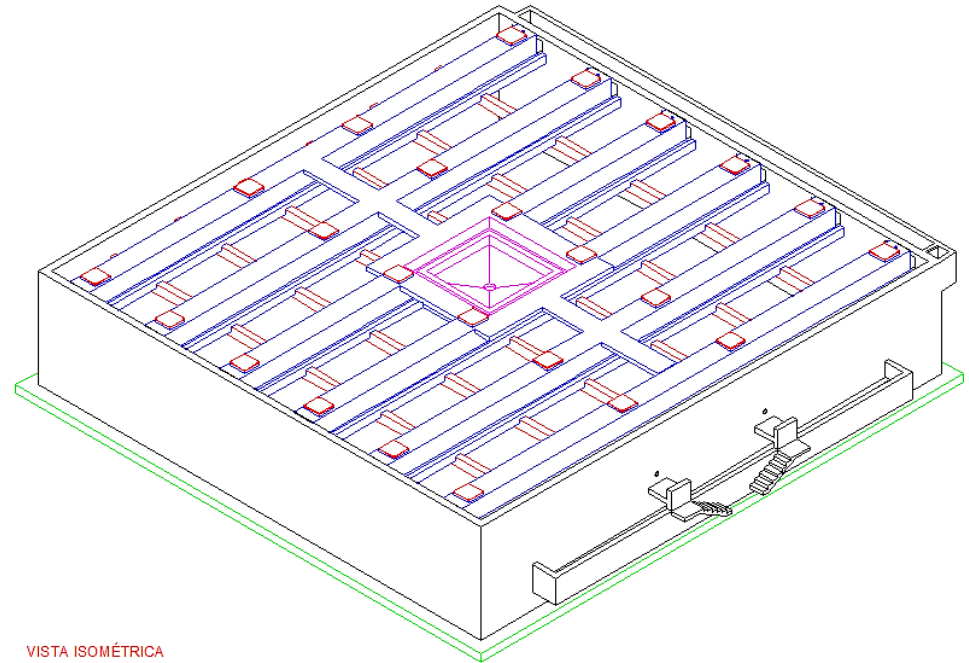
Distribuição do afluente
no reator UASB



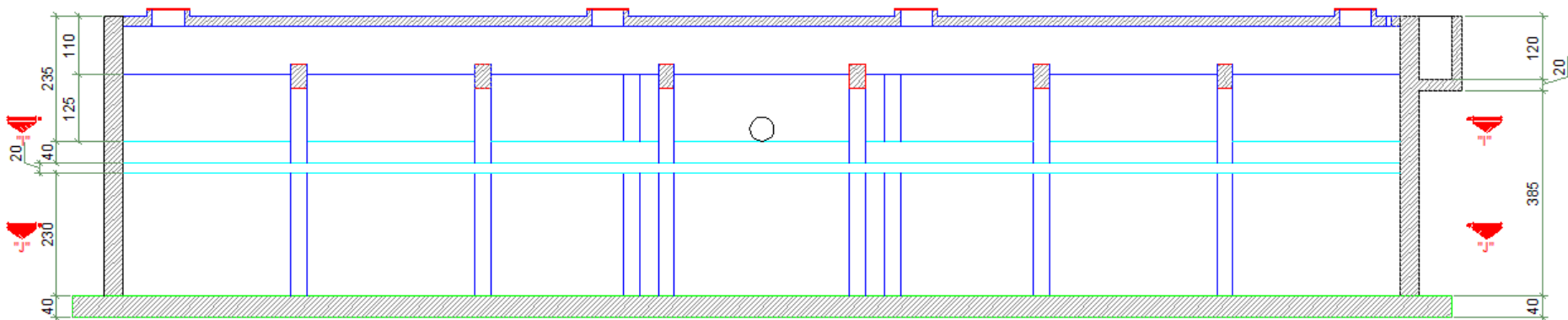
Reator UASB

-disposição geral-

SSC: SSSC



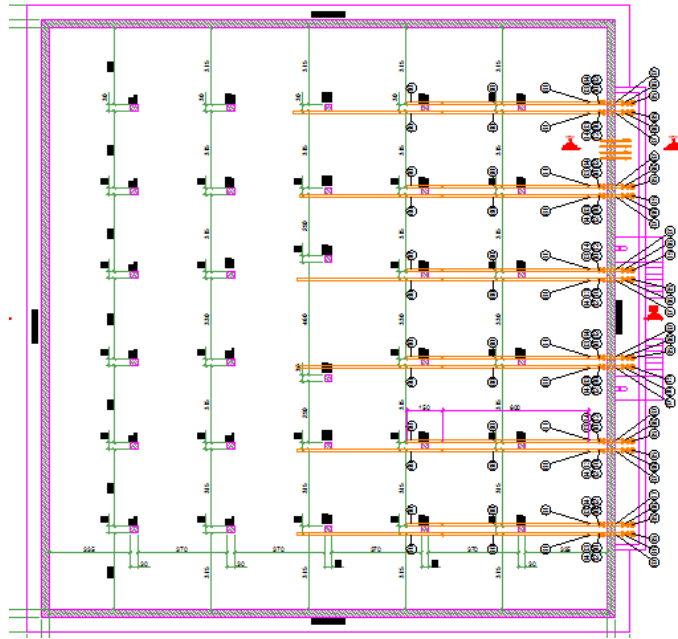
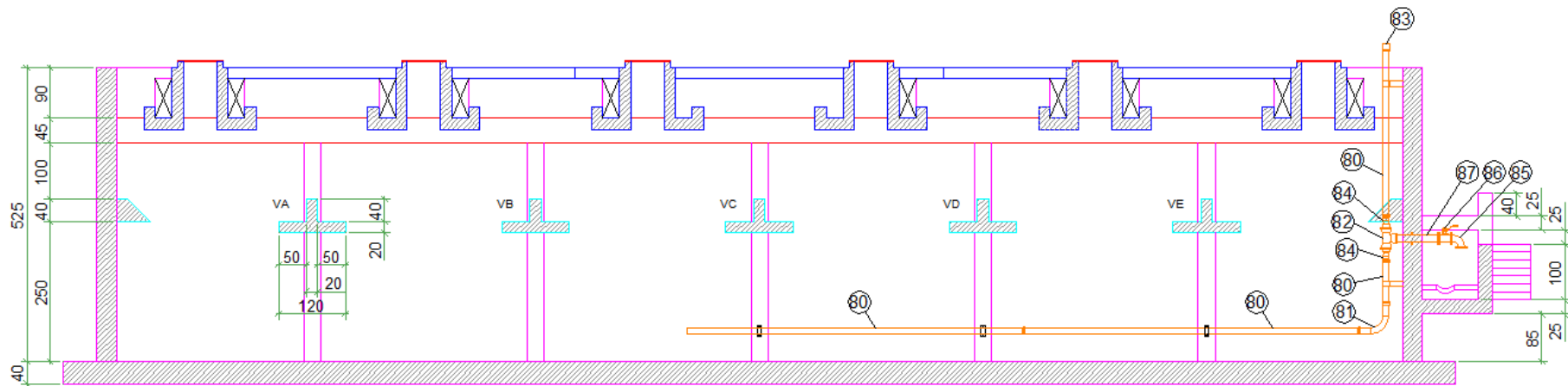
VISTA ISOMÉTRICA
SSC: SSSC



CORTE C-C

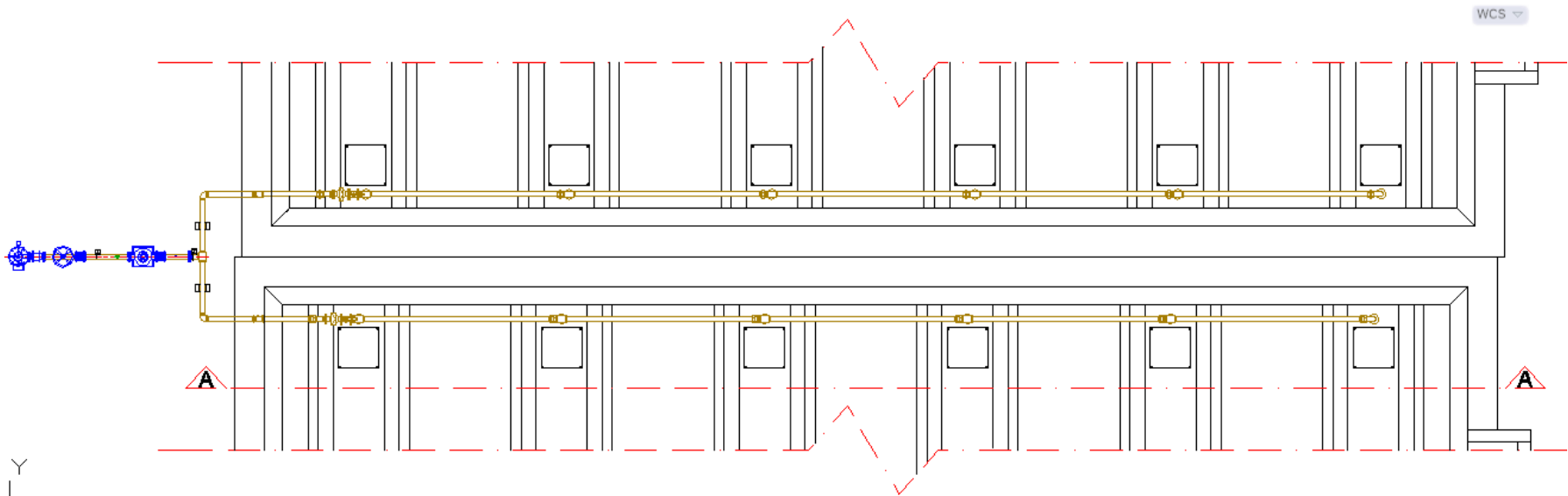
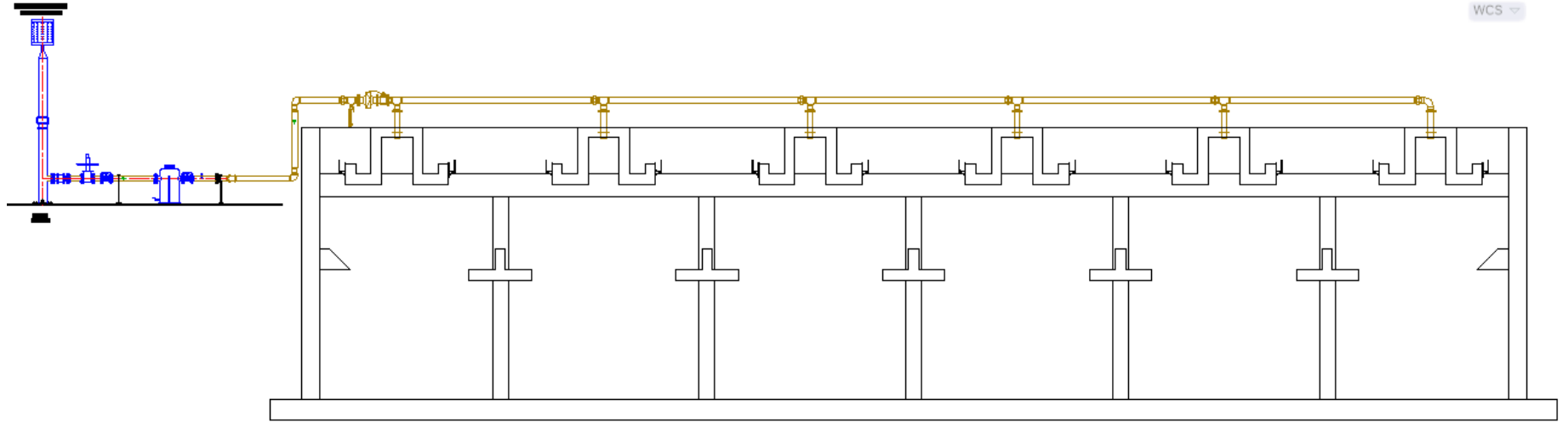
Reator UASB

-descarte de lodo excedente-



Reator UASB

-queimador de gases-



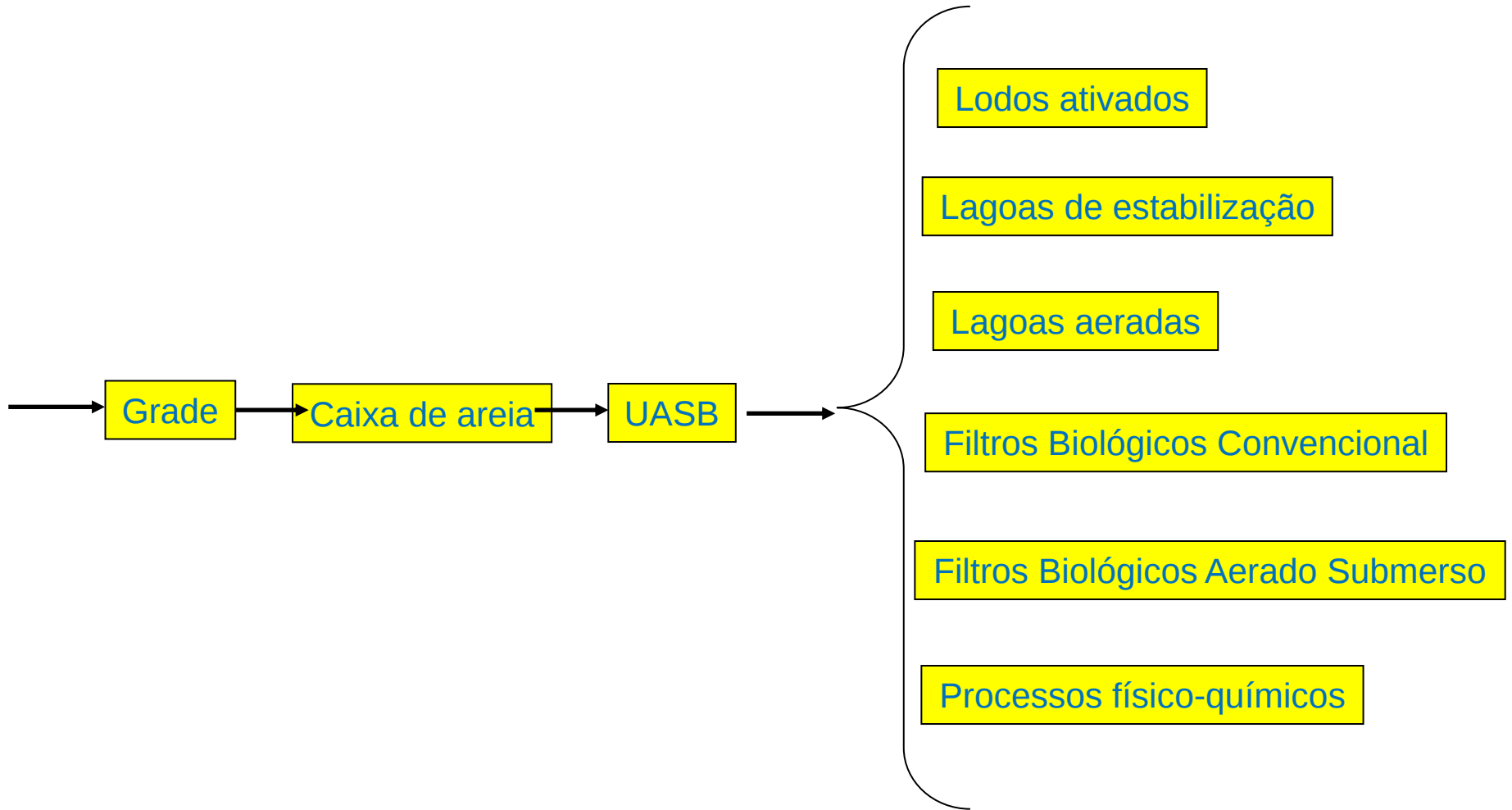
Reator UASB

Queimador de Gases



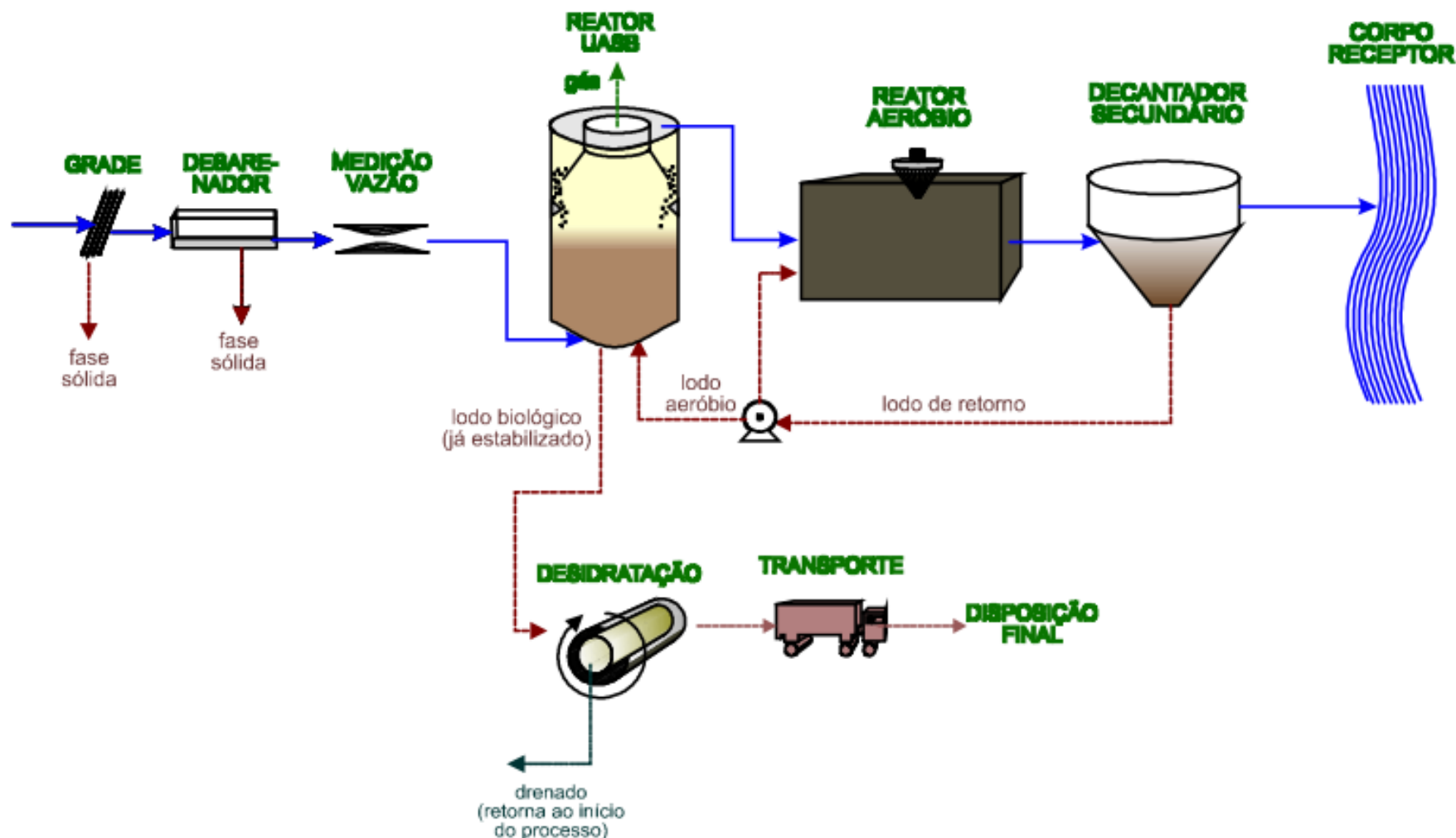
No processo de digestão de esgotos domésticos, as proporções típicas de metano e dióxido de carbono no biogás variam de 70 a 80 % de CH_4 e 20 a 30% de CO_2 .

Tratamento Secundário



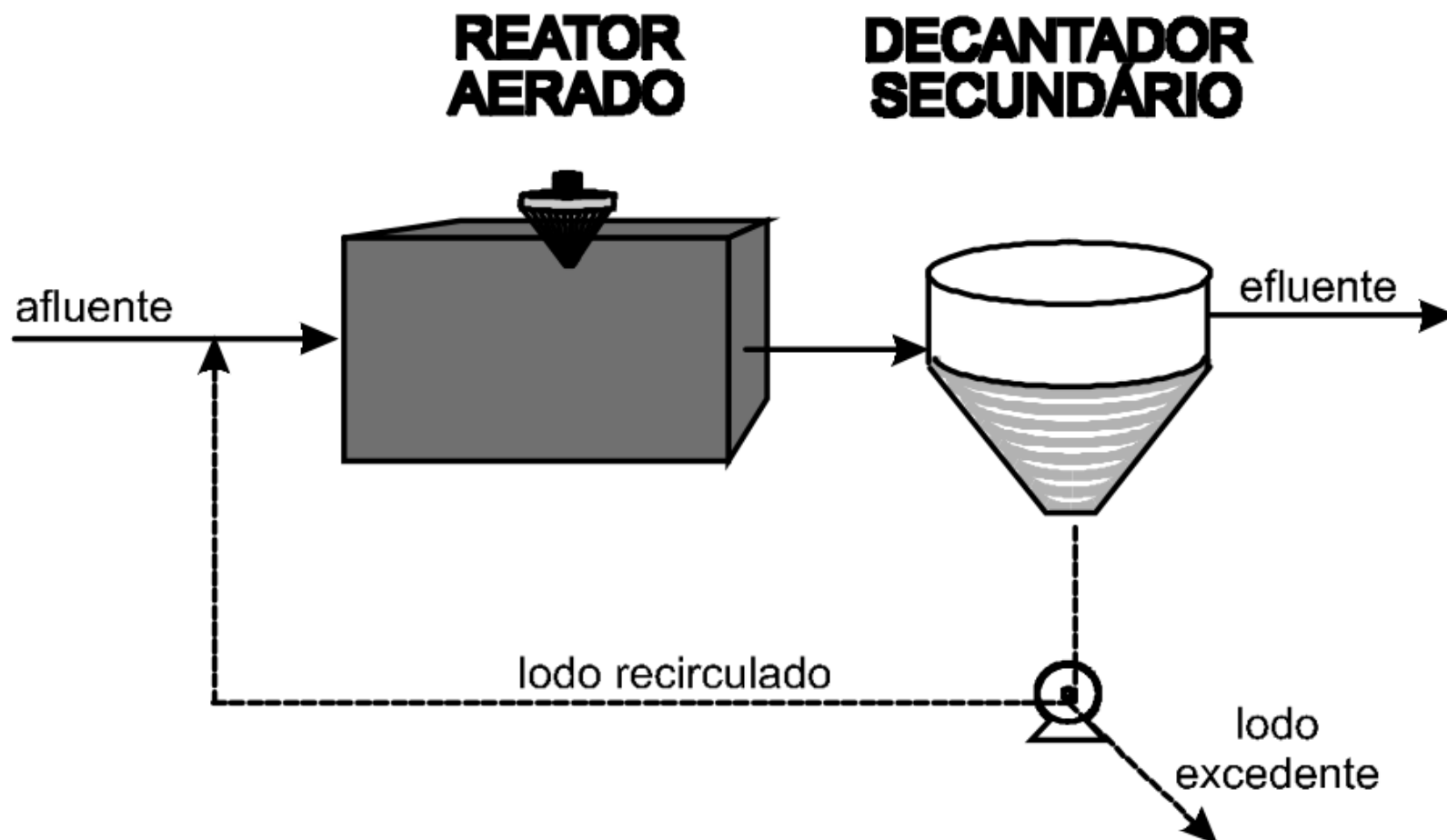
Tratamento Secundário

REATOR UASB SEGUIDO POR LODOS ATIVADOS



Tratamento Secundário

LODOS ATIVADOS – UNIDADES BÁSICAS



Tratamento Secundário

LODOS ATIVADOS – AERAÇÃO PROLONGADA



Tratamento Secundário

LODOS ATIVADOS – AERAÇÃO PROLONGADA



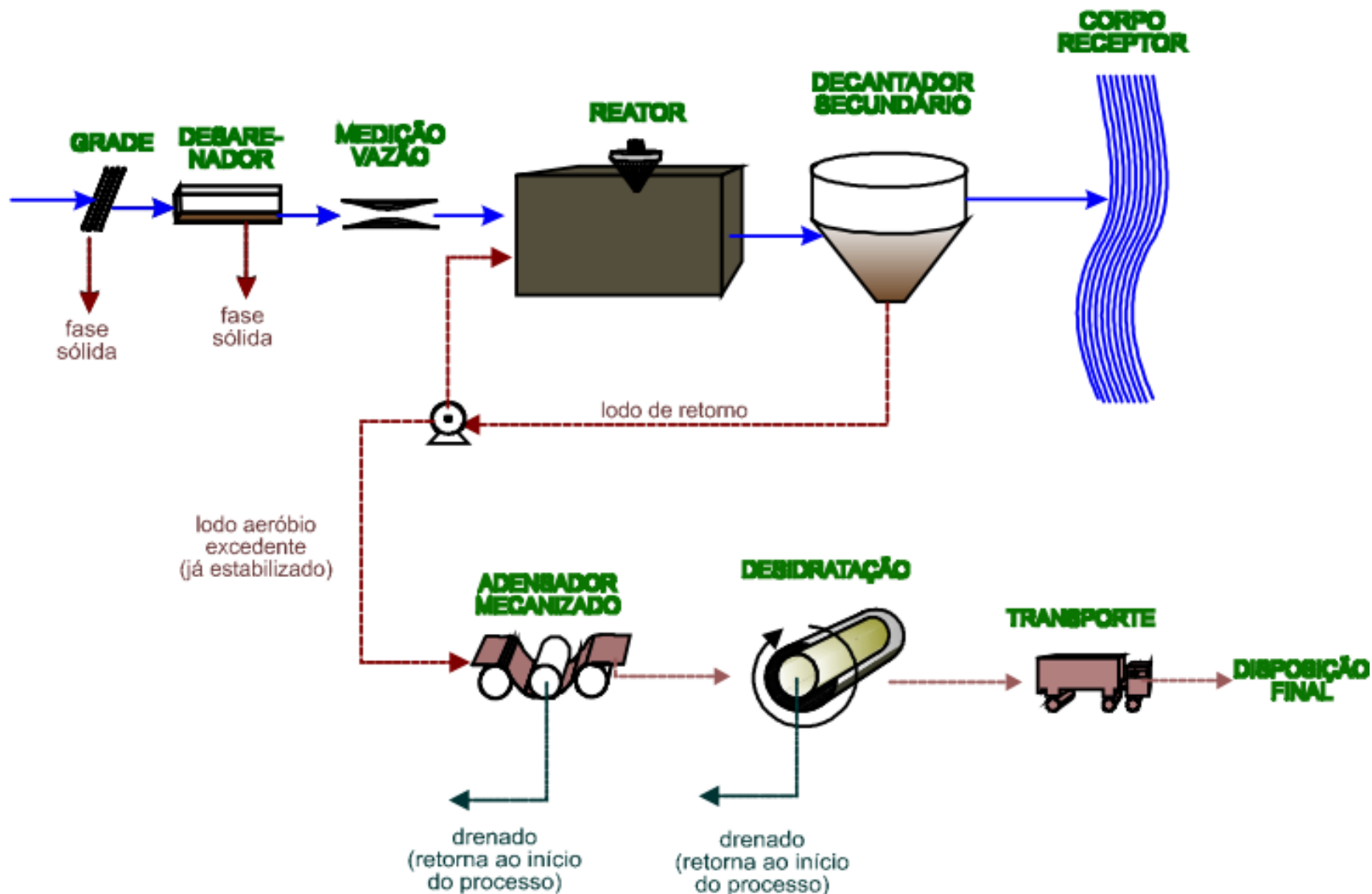
Tratamento Secundário

LODOS ATIVADOS – CONVENCIONAL

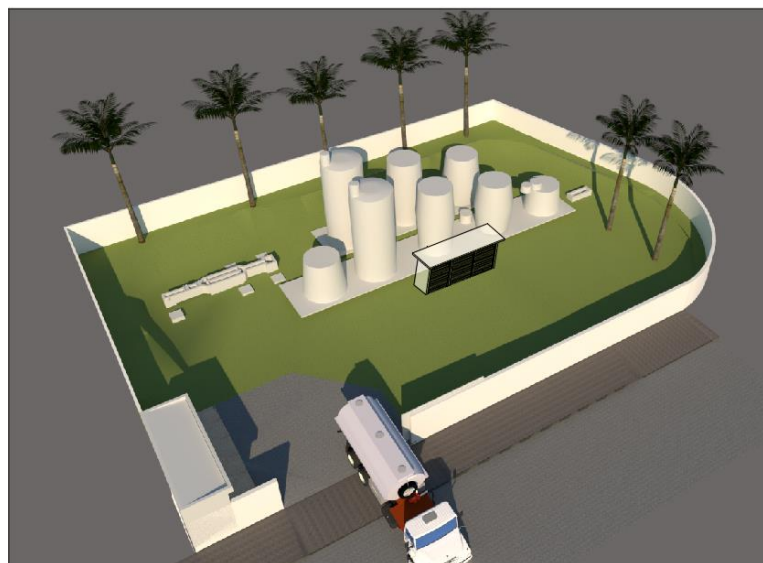
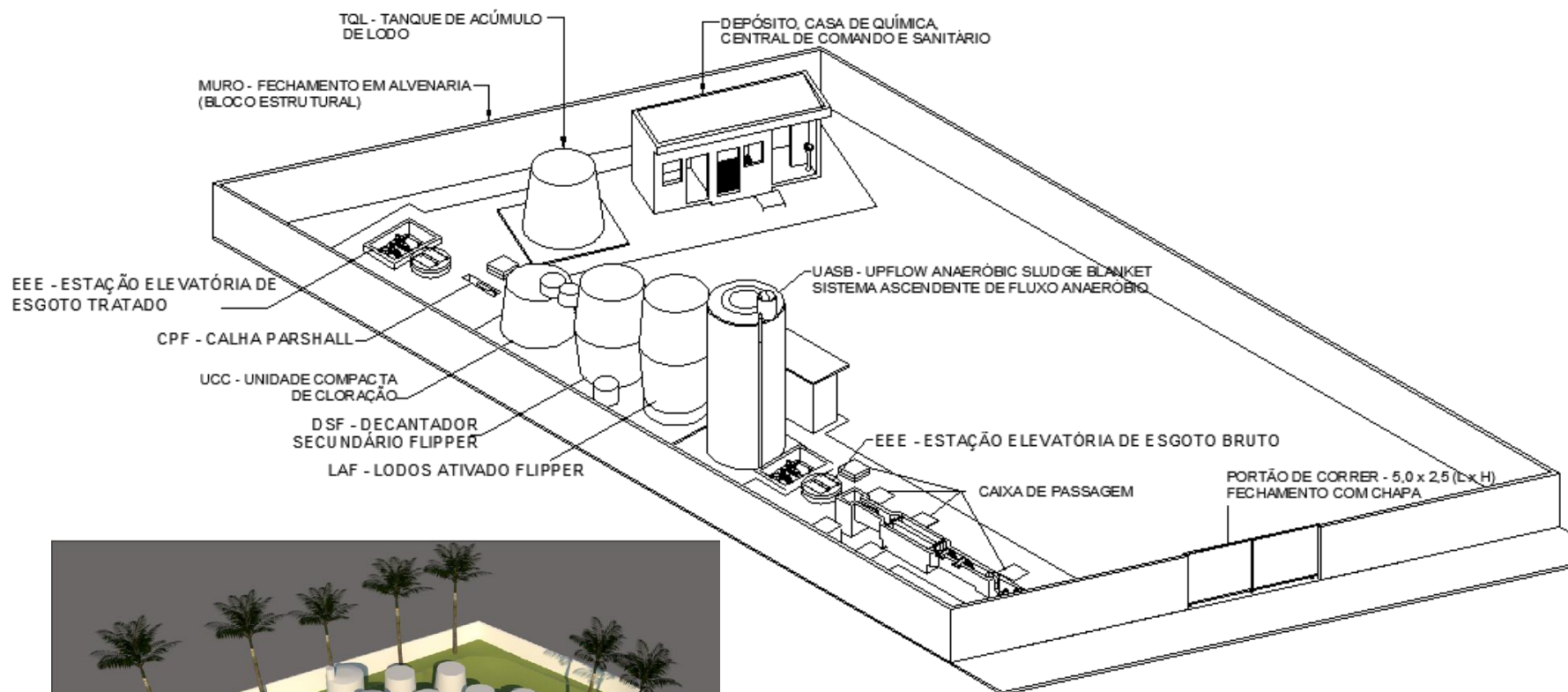


Tratamento Secundário

LODOS ATIVADOS AERAÇÃO PROLONGADA

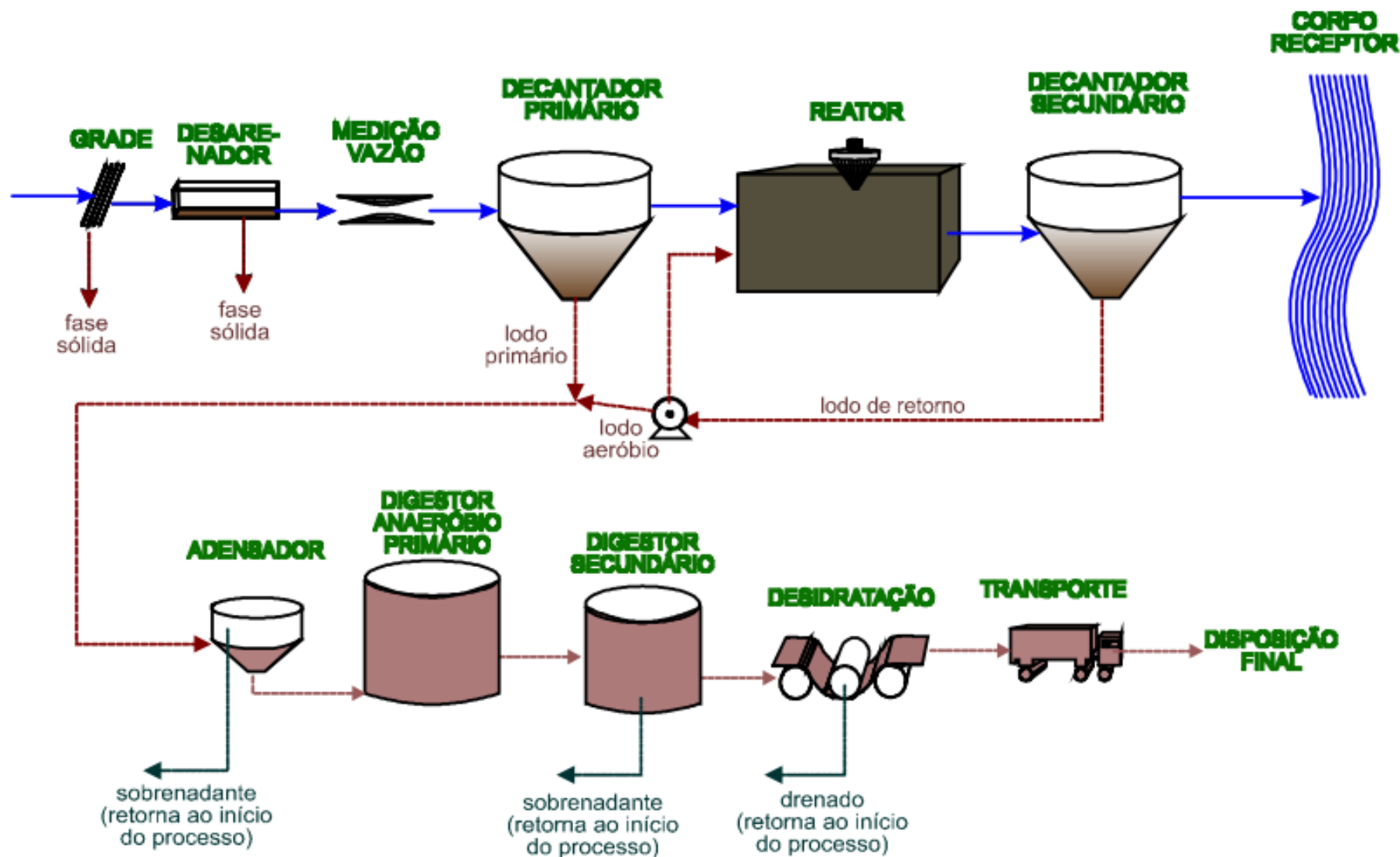


Tratamento Secundário

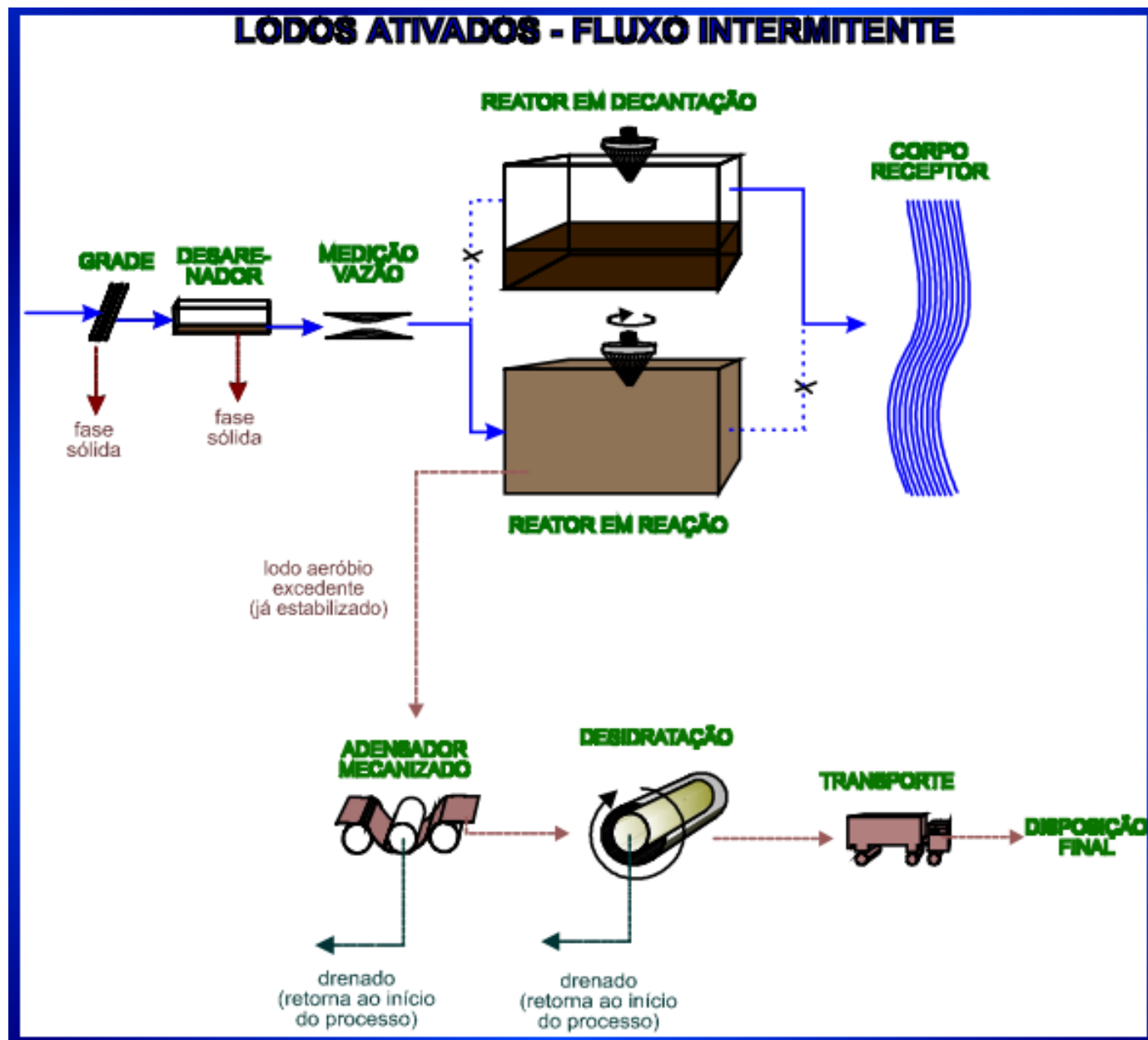


Tratamento Secundário

LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL



Tratamento Secundário



Escolha da Tecnologia

Felizmente, do ponto de vista técnico, já são conhecidas **inúmeras opções** para se fazer o tratamento dos esgotos. Cada uma delas com suas vantagens e/ou desvantagens do ponto de vista de **área necessária, eficiência obtida** no tratamento, utilização ou não de **equipamentos eletromecânicos** com consequente **consumo ou não de energia, sofisticação** ou não de implantação e operação, necessidade ou não de **mão-de-obra especializada**.

Escolha da Tecnologia

Isso pode facilitar a **escolha de uma técnica** mais adequada para cada caso, existindo opções adaptadas tanto para as **pequenas comunidades** quanto para as **megalópoles**. Cada cidade, com suas características próprias de **clima, topografia, preço dos terrenos, características do corpo d'água** a ser utilizado para fazer os despejos tratados irá ditar a(s) técnica(s) a serem escolhidas.

Escolha da Tecnologia

*“É necessário, por parte do projetista e do operador, um conhecimento aprofundado e integrado de cada sistema, envolvendo não apenas as cargas hidráulica e orgânica aplicadas, mas também fatores **nem sempre diretamente mensuráveis**. Características específicas de cada afluentes, aspectos microbiológicos nos reatores, aspectos hidráulicos nas estruturas de entrada, saída e transferência, zonas mortas, curtos-circuitos hidráulicos, condições de funcionamento dos equipamentos eletromecânicos, além de detalhes de projeto, construção e manutenção, devem ser analisados de maneira conjunta, para se tentar estabelecer e entender as várias inter-relações existentes em uma estação de tratamento de esgotos.” (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005, p.368)*

Cada um fazendo a sua parte



- ✓ Usar água de forma racional, sempre;
- ✓ Não jogar óleos e outros contaminantes na rede de esgoto (separar para coleta seletiva ou descarte adequado);
- ✓ Descartar adequadamente fármacos vencidos;
- ✓ Descartar adequadamente embalagens de agrotóxicos (zona rural);
- ✓ Ser participativo na cobrança dos titulares pelos serviços de saneamento em geral;

Resumo

Esgotamento Sanitário

- **Geração** (consumo per capita, coeficiente de retorno), **Características** (DBO, Carga) e **Vazão** (Máx. Diária k_1 e Máx. Horária k_2 , vazão de infiltração e industrial);
- **Coleta e Afastamento** (sistema separador absoluto);
- **Legislação – lançamento** (CONAMA 357 e 430; Decreto 8.468);
- **Sistemas de Tratamento** (Níveis: Preliminar, Primário, Secundário e Terciário);
- **Classificação Geral** dos Sistemas de Tratamento Biológico (Aeróbio e Anaeróbio);
- **Escolha da Tecnologia de Tratamento;**



**Obrigado a
Todos!**



Realização:



AEAATI

Associação dos Engenheiros
Arquitetos, Agrônomos e Técnicos
de Itápolis



Gustavo Almeida Frata

frata@novaes.eng.br

gfrata@unaerp.br

gustavo@terravantiengenharia.com.br

Apoio:

CONFEDA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA
Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



MUTUA-SP
CAIXA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA