



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Saúde Pública



Poluição e Sistemas de Esgotos Sanitários

Prof. Dr. Wanderley da Silva Paganini

São Paulo, setembro/2023.

Manancial

Corpo Receptor

CAPTAÇÃO

ADUÇÃO

RESERVAÇÃO

TRATAMENTO DE ÁGUA

DISTRIBUIÇÃO

REÚSO URBANO

LANÇAMENTO DE EFLUENTE

TRATAMENTO DE ESGOTOS

COLETA

REÚSO INDUSTRIAL

REÚSO

BIOSSÓLIDO

REÚSO AGRÍCOLA

Ciclo da Água no Saneamento



- ◆ Utilização das instalações do sistema público de esgotos (adesão)
- ◆ Esgotos em galerias de águas pluviais
- ◆ Águas pluviais no sistema público de esgotos
- ◆ Lixo no sistema de esgotamento sanitário





- *Esgoto sanitário*
- *Esgoto industrial*
- *Resíduos Sólidos*
- ***Poluição Difusa***



Andares da favela Curvica, em Jacarepaguá (RJ), jogam esgoto direto no leito da



O que é Poluição Difusa?

Urbanização e poluição difusa

Urbanização



Superfícies impermeabilizadas

→

Modificação nos padrões de escoamento



A água escoada superficialmente entra em contato com diversos poluentes

Lançamento no corpo receptor

Contaminação de rios, lagos e aquíferos



A poluição difusa é um dos grandes problemas sanitários das áreas urbanas, uma vez que está relacionada com a ocorrência de endemias, doenças de veiculação hídrica e perda de qualidade dos corpos d'água

Cargas difusas de poluição - Características

- São provenientes da **deposição de poluentes de forma dispersa**, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica
- Chegam aos corpos hídricos de forma intermitente, **associadas à precipitação**
- São **geradas a partir de extensas áreas de ocupação** antrópica e arrastadas pelo escoamento superficial
- O veículo de **transporte são as águas pluviais**
- **Difícil verificar o ponto de origem**, dificultando o controle, monitoramento e tratamento



Fontes de poluição difusa

Fertilizantes
Asfalto
Óleos e graxas
Metals
Deposição de poluentes nas ruas
Poluentes do ar
Borracha
Defensivos agrícolas
Fezes de animais
Nutrientes de efluentes de ETEs
Esgotos não coletados
Áreas contaminadas
Veículos
Gasolina
Desgaste de pavimentos
Material orgânico do solo
Lixo
Deposição atmosférica
Lançamentos clandestinos

Resultado das atividades humanas desenvolvidas no processo de ocupação e uso do solo na bacia urbana

Poluição difusa



Cidade de Salto| Mais de 17 toneladas de lixo são recolhidas após enchente



Fonte: Extraído de : <<https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,salto-recolhe-mais-de-17-toneladas-de-lixo-apos-enchente-no-rio-tiete,70002732387>>

Tapete de lixo levado pelo Tietê

Lixo carregado pelo Rio Tietê, que transbordou por causa das fortes chuvas, cobre jardim no Parque de Lavras, ponto turístico de Salto, Interior de SP.

METRÓPOLIS/PAOLA M.





Cerca de 17,6 toneladas de lixo e sujeira foram retirados de ruas e pontos turísticos de Salto, no interior de [São Paulo](#), depois que as áreas ribeirinhas foram [atingidas pela enchente do Rio Tietê](#) Estação, 22/02/19

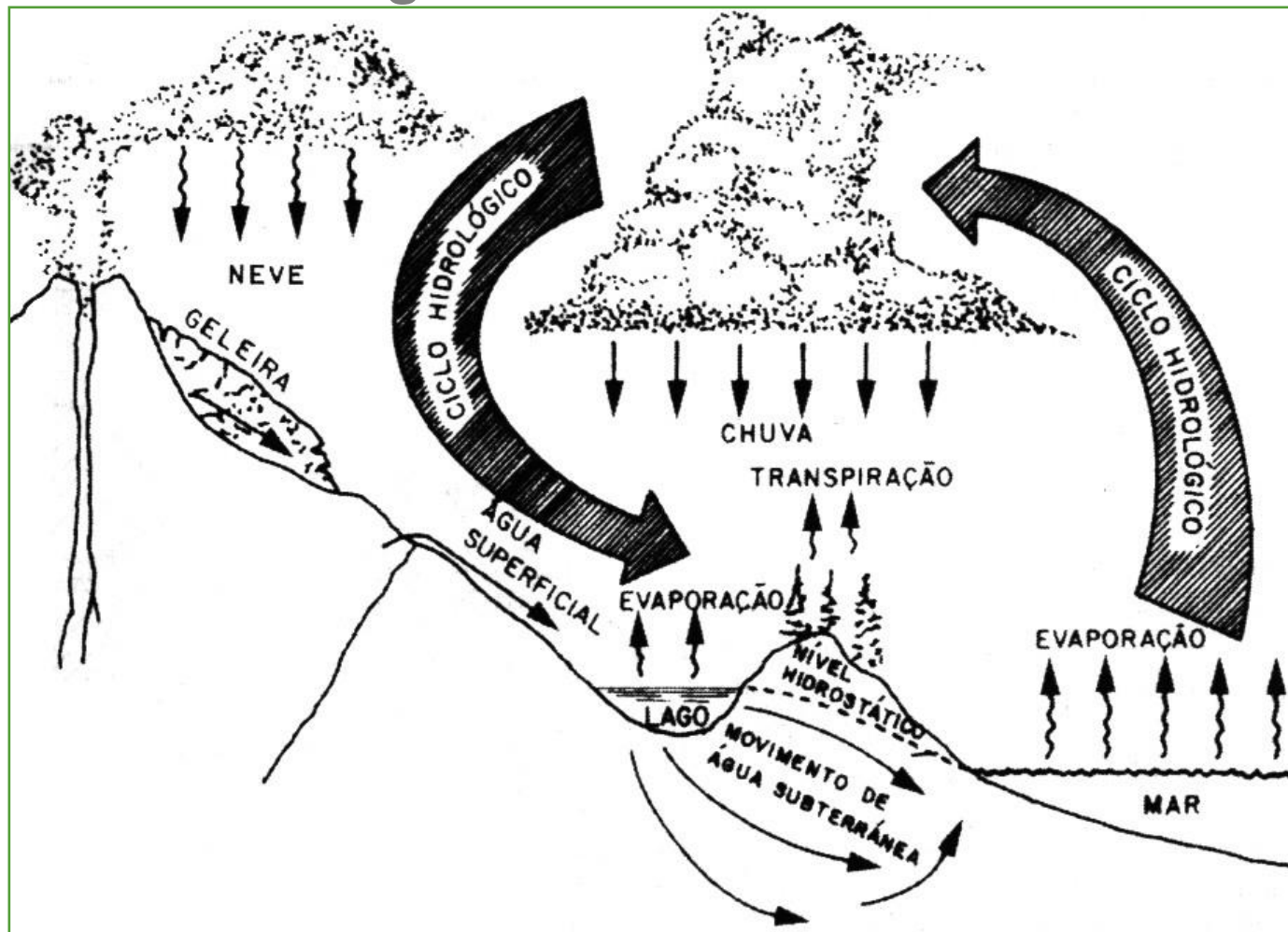
Poluição

Genericamente pode-se definir a poluição como uma distorção introduzida no ciclo da matéria e da energia na natureza, causando crescimento desmensurado de um de seus segmentos, que repercute nos demais, rompendo a harmonia previamente existente.

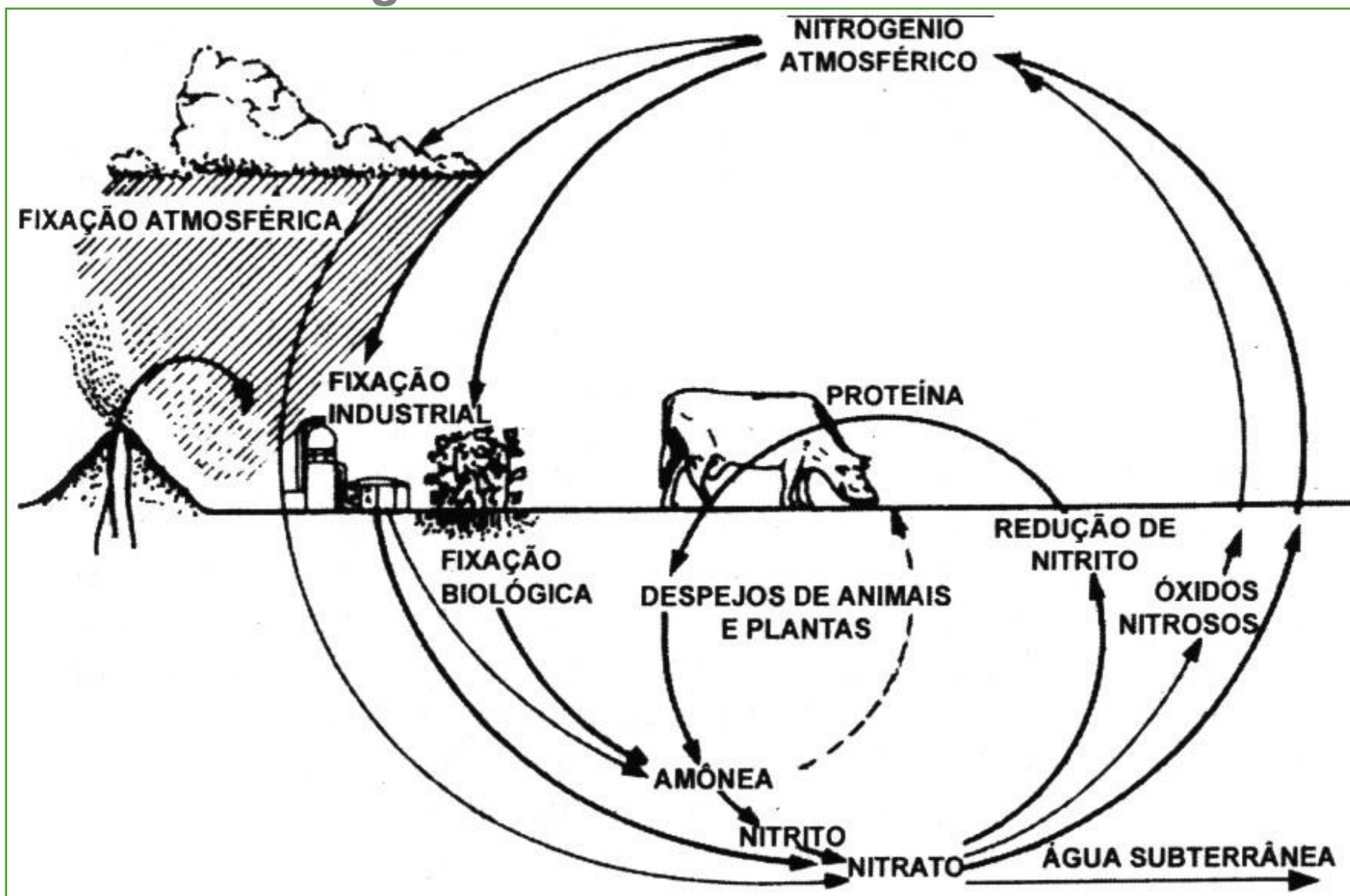
“Poluição é a colocação da energia e da matéria em lugar errado”

Ciclos essenciais

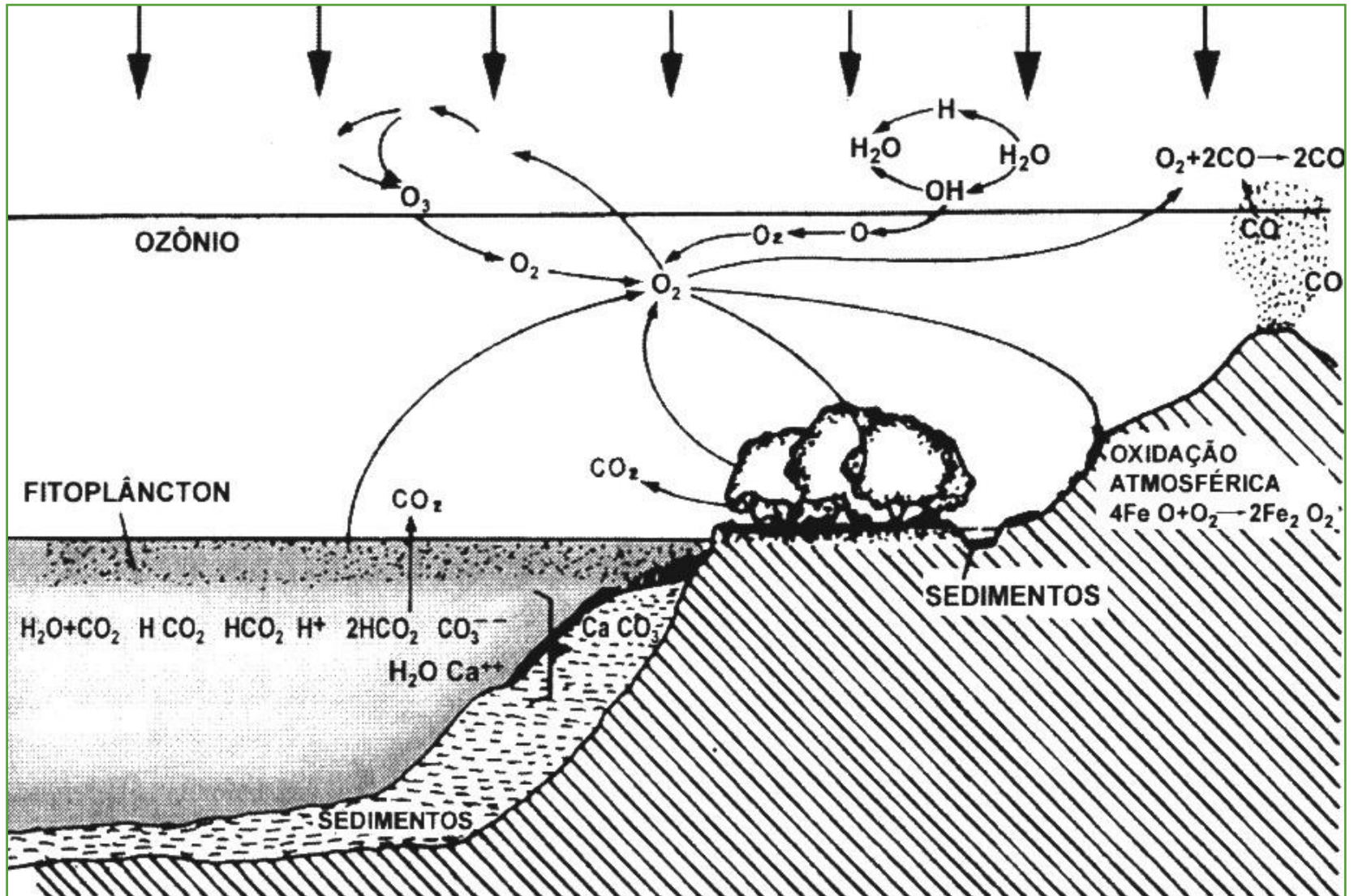
Ciclo Hidrológico



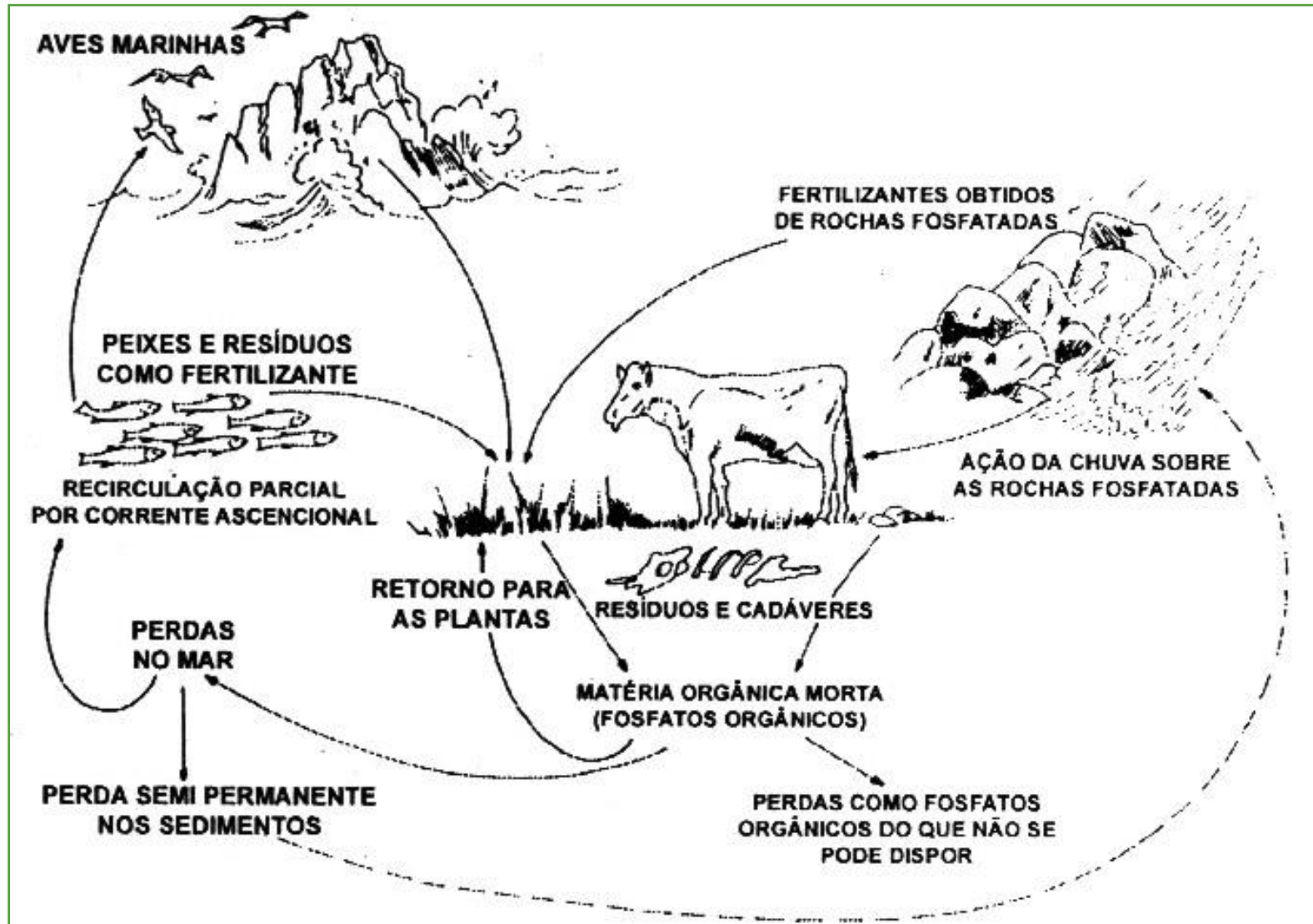
Ciclo do Nitrogênio



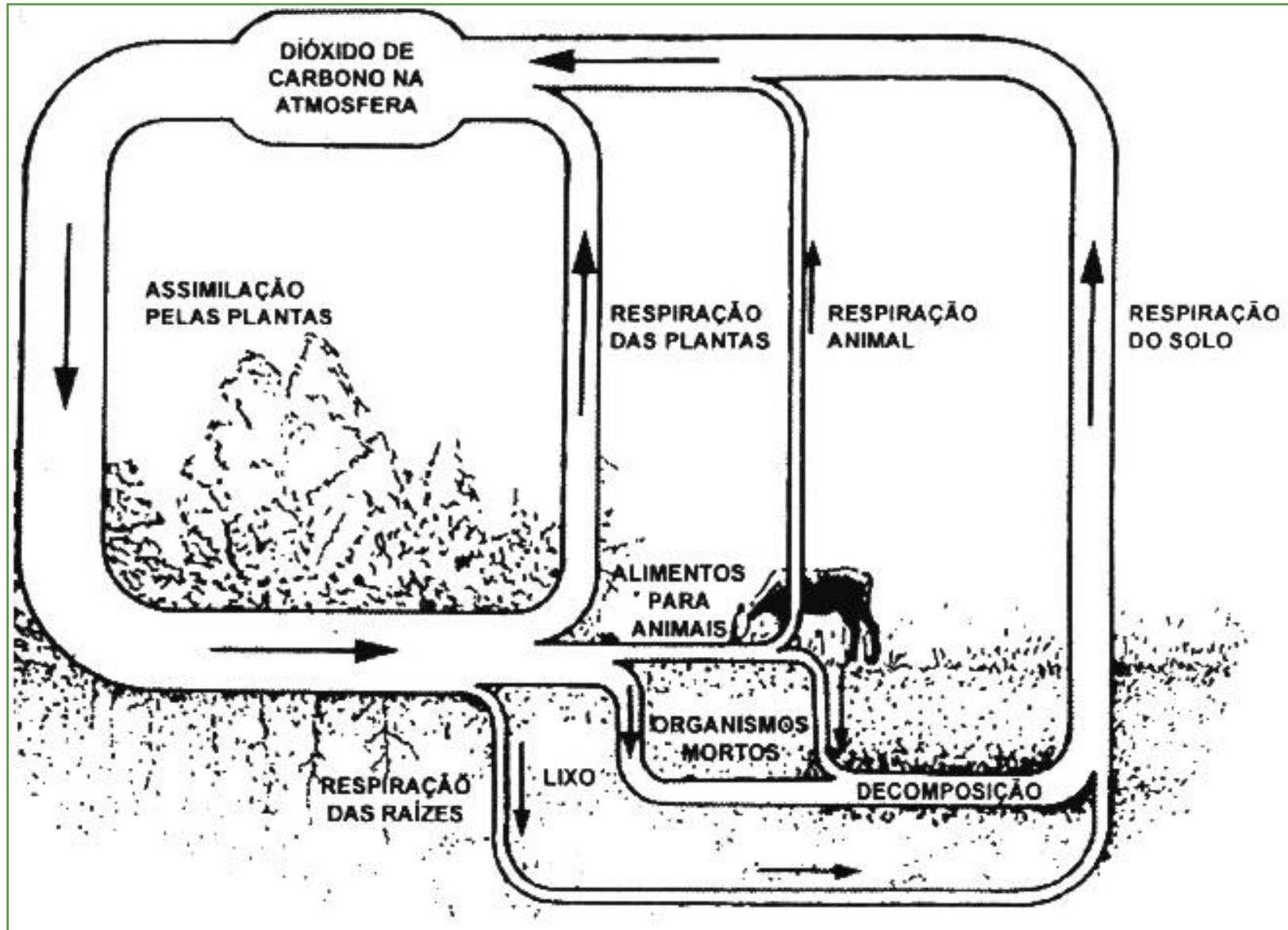
Ciclo do Oxigênio



Ciclo do Fósforo



Ciclo do Carbono



Poluição das águas

Define-se como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas, capaz de por em risco a saúde, a segurança e o bem-estar das populações ou que possa comprometer a fauna ictiológica e a utilização das águas para fins agrícolas, comerciais, industriais e recreativos.

Tipos de poluição

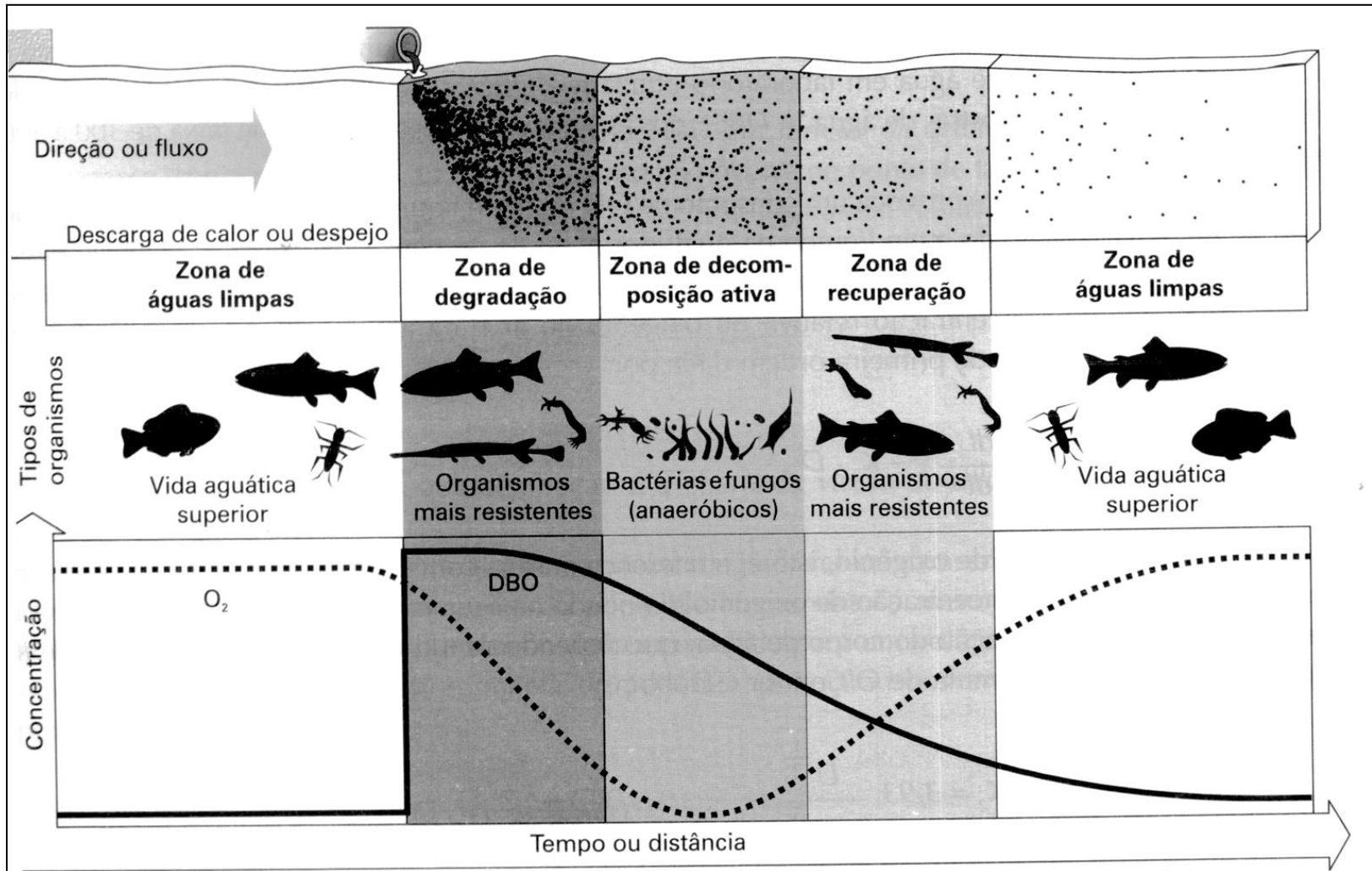
- Natural
- Industrial
- Urbana
- Agropastoril

Qualidade das águas

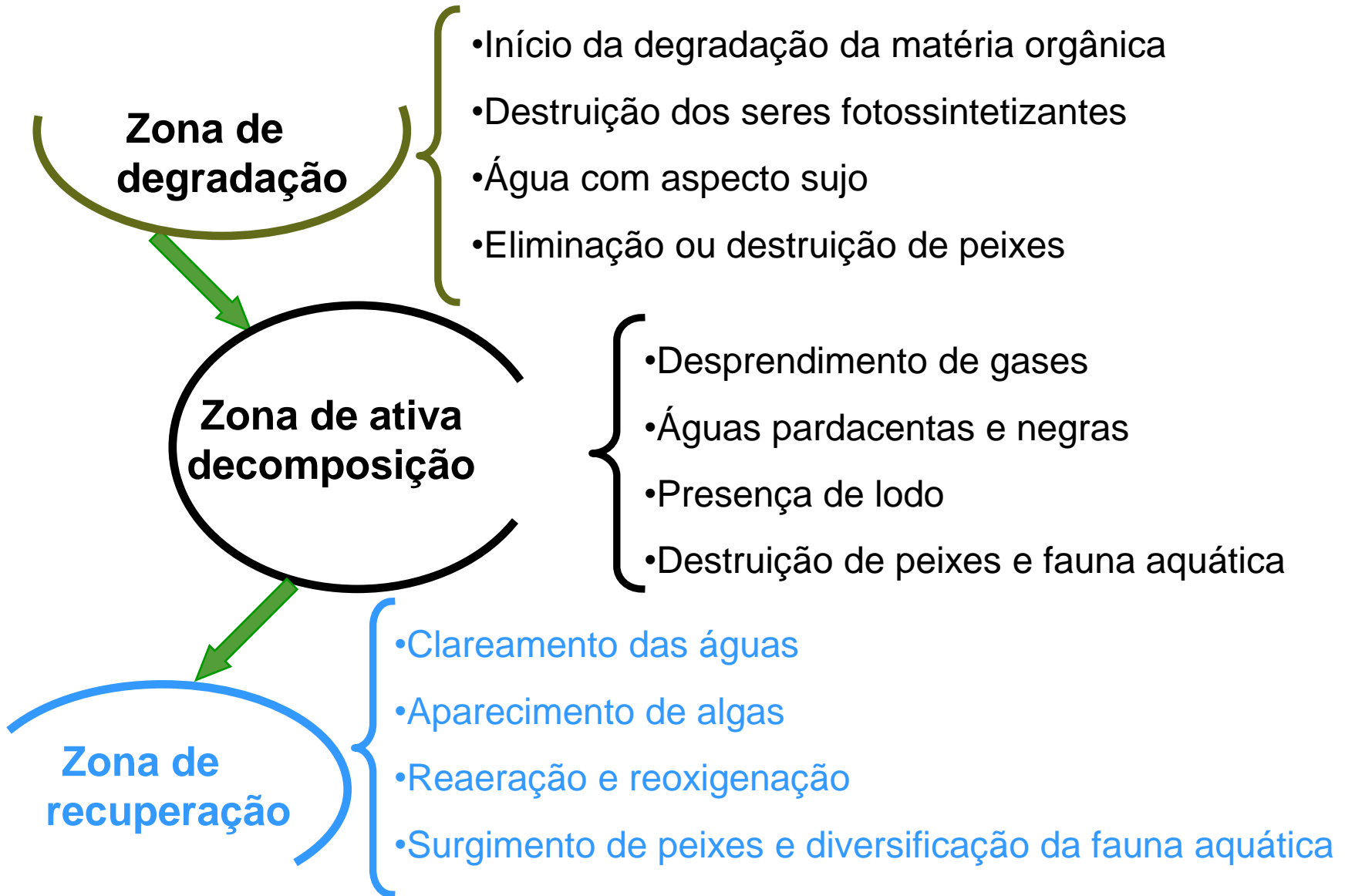
- *Alguns parâmetros de avaliação:*

- pH
- Temperatura
- DBO_{5,20}
- DQO
- OD
- Metais
- Praguicidas
- Nutrientes
- Turbidez
- Resíduo total
- Coliformes
- Helmintos (ovos)
- Protozoários (cistos)

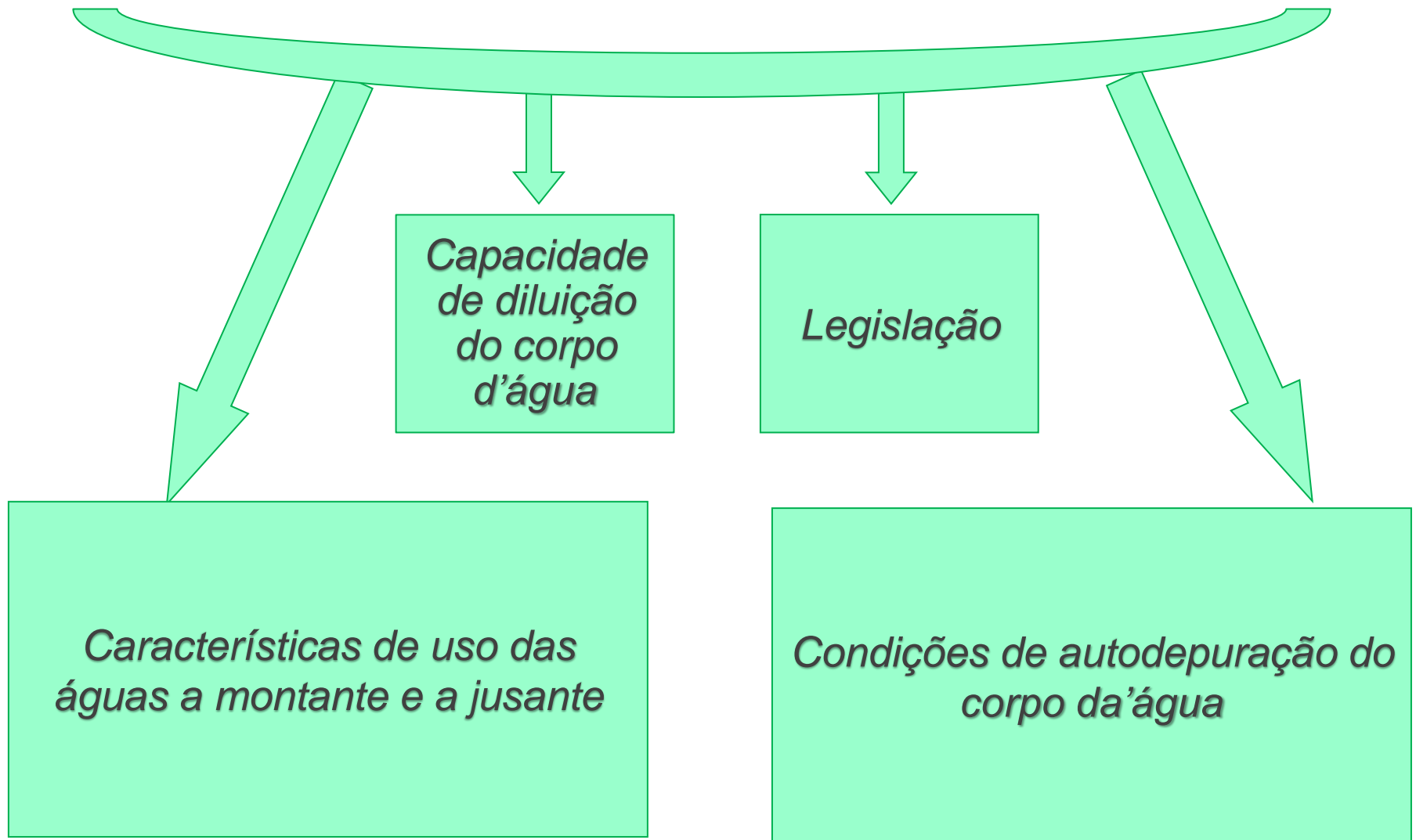
Processo de Autodepuração



Perturbações em um corpo receptor de poluentes



Controle e grau de tratamento exigido são função



Matéria Sólida

* Em média

- 99,92% → Água
- 0,08% → Matéria Sólida



Determina o dimensionamento e controle de operações das Unidades de Tratamento

Temperatura

- **Mais elevada que as águas de abastecimento e normalmente acima da temperatura do ar – auxilia na velocidade de decomposição dos esgotos**

Odor

**Odor de mofo
razoavelmente suportável**



esgoto fresco

**Odor de ovo podre
insuportável**



esgoto velho ou séptico

gás sulfídrico

Cor e Turbidez

- **Tonalidade acinzentada, acompanhada de alguma turbidez** →

esgoto fresco

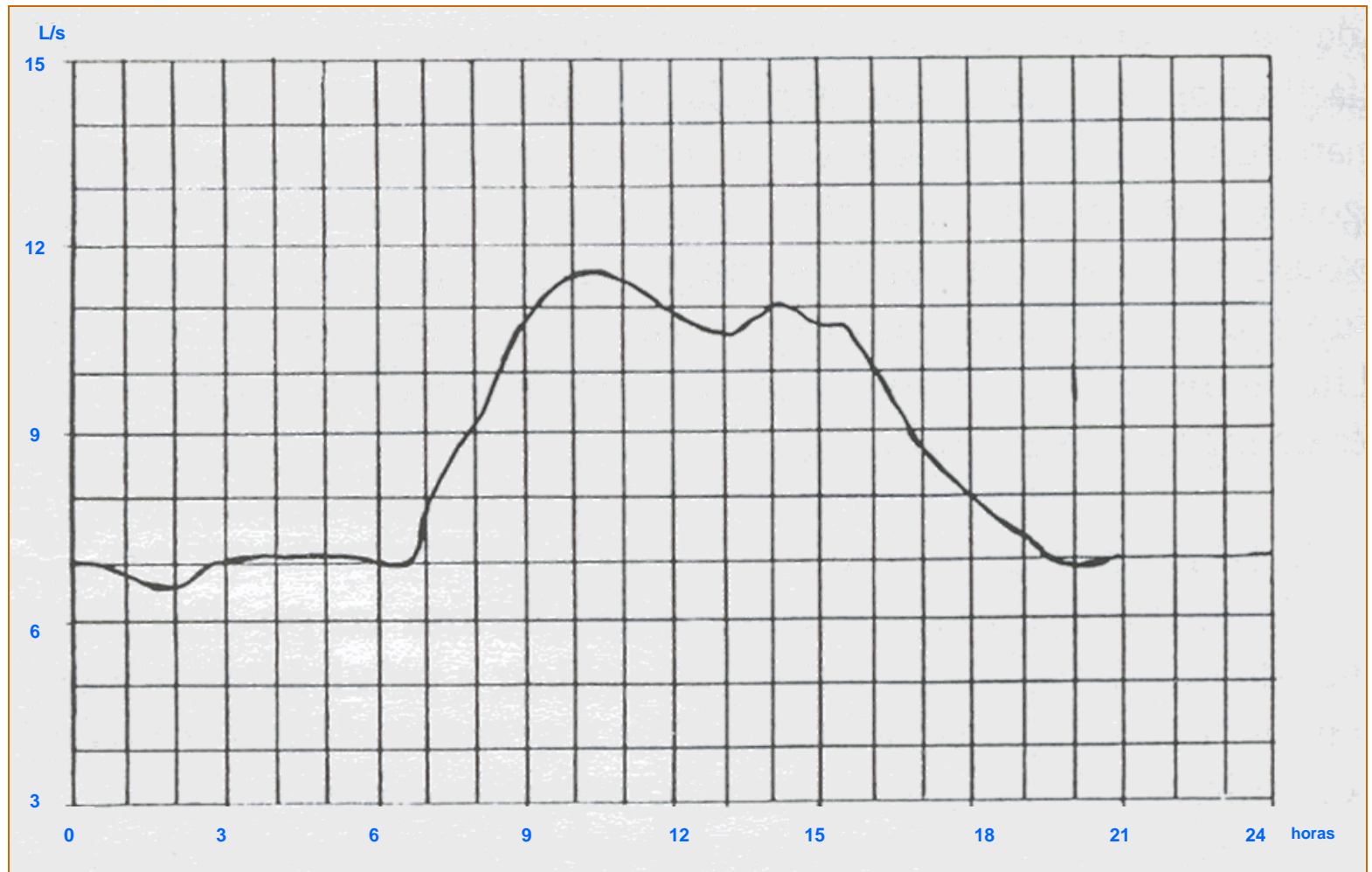
- **Tonalidade preta** →

esgoto velho, com
digestão iniciada
(decomposição parcial)

Variação de Vazão

- **Depende da época do ano, dos costumes dos habitantes, das características locais, das características do sistema de coleta adotado, entre outros**

Hidrograma Típico



Fonte: Cabral Jr. - CETESB

Matéria Orgânica

70% dos sólidos dos
esgotos são de origem
orgânica



Combinações



- Carbono
- Hidrogênio
- Oxigênio
- Nitrogênio

- Compostos de proteínas (40 a 60%)
- Carboidratos (25 a 50%)
- Gorduras e Óleos (10%)
- Uréia, fenóis, pesticidas e outros

- **Proteínas**

- Produtoras de nitrogênio e contém carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo, enxofre e ferro

- **Carboidratos**

- Contém carbono, hidrogênio e oxigênio, primeiras substâncias a serem destruídas pelas bactérias

- **Gorduras e óleos**

- Matéria graxa

- **Surfactantes**

- Espuma

Valores típicos de parâmetros de carga orgânica no esgoto (mg/L)

Parâmetros	Esgoto Forte	Esgoto Médio	Esgoto fraco
DBO_{5d,20°C}	300	200	100
C.O.T	150	75	30
O.D.	0	0	0
Nitrogênio Total	85	50	25
Nitrog. Orgânico	35	20	10
Amônia Livre	50	30	15
Nitritos, NO₂	0,10	0,05	0
Nitratos, NO₃	0,40	0,20	0,10
Fosfato Total	50	20	10
Ortofosfato	25	10	5
Polifosfato	25	10	5

Características dos esgotos domésticos brutos

Parâmetros	Faixa de variação dos valores (g/hab/dia)
DBO _{5d,20°C}	45 – 54
DQO	1,6 a 1,9 x DBO₅
Carbono Orgânico Total	0,6 a 1,0 x DBO₅
Sólidos Totais	170 – 220
Sólidos Suspensos	70 – 145
Areia	5 – 15
Graxas	10 – 30
Alcalinidade (CaCO₃)	20 – 30
Cloretos	4 – 8
Nitrogênio Total	6 – 12
Nitrogênio Orgânico	- 0,4 x N total
Nitrogênio Amoniacal	- 0,6 x N total
Nitratos	0,0 – 0,05 x N total
Fósforo Total	0,6 – 4,5
Fósforo Orgânico	- 0,3 x P total
Fósforo Inorgânico	- 0,7 x P total
Potássio (K₂O)	2,0 – 6,0
pH	6,8 – 8,0

Tratamento de esgotos

Tratamento preliminar

No tratamento preliminar são removidos os constituintes do esgoto que podem causar manutenção ou problemas operacionais nas plantas de tratamento. As operações mais comuns no tratamento preliminar se destinam a remoção de sólidos grosseiros e areia, por exemplo, através de gradeamento e desarenadores.. Sua maior aplicação é como precursor do tratamento secundário.

Tratamento primário

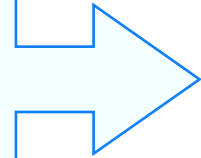
No tratamento primário é removida uma parcela da matéria orgânica e dos sólidos em suspensão, geralmente por sedimentação ou peneiramento. O efluente do tratamento primário ainda contém uma grande concentração de matéria orgânica e normalmente necessita de um tratamento complementar. Sua maior aplicação é como precursor do tratamento secundário.

Tratamento secundário

O tratamento de esgotos convencional ou secundário é destinado principalmente à remoção dos orgânicos biodegradáveis e dos sólidos em suspensão. Os processos normalmente utilizados no tratamento secundário dos esgotos são os processos biológicos por lodos ativados, sistemas de lagoas, filtros biológicos, etc.

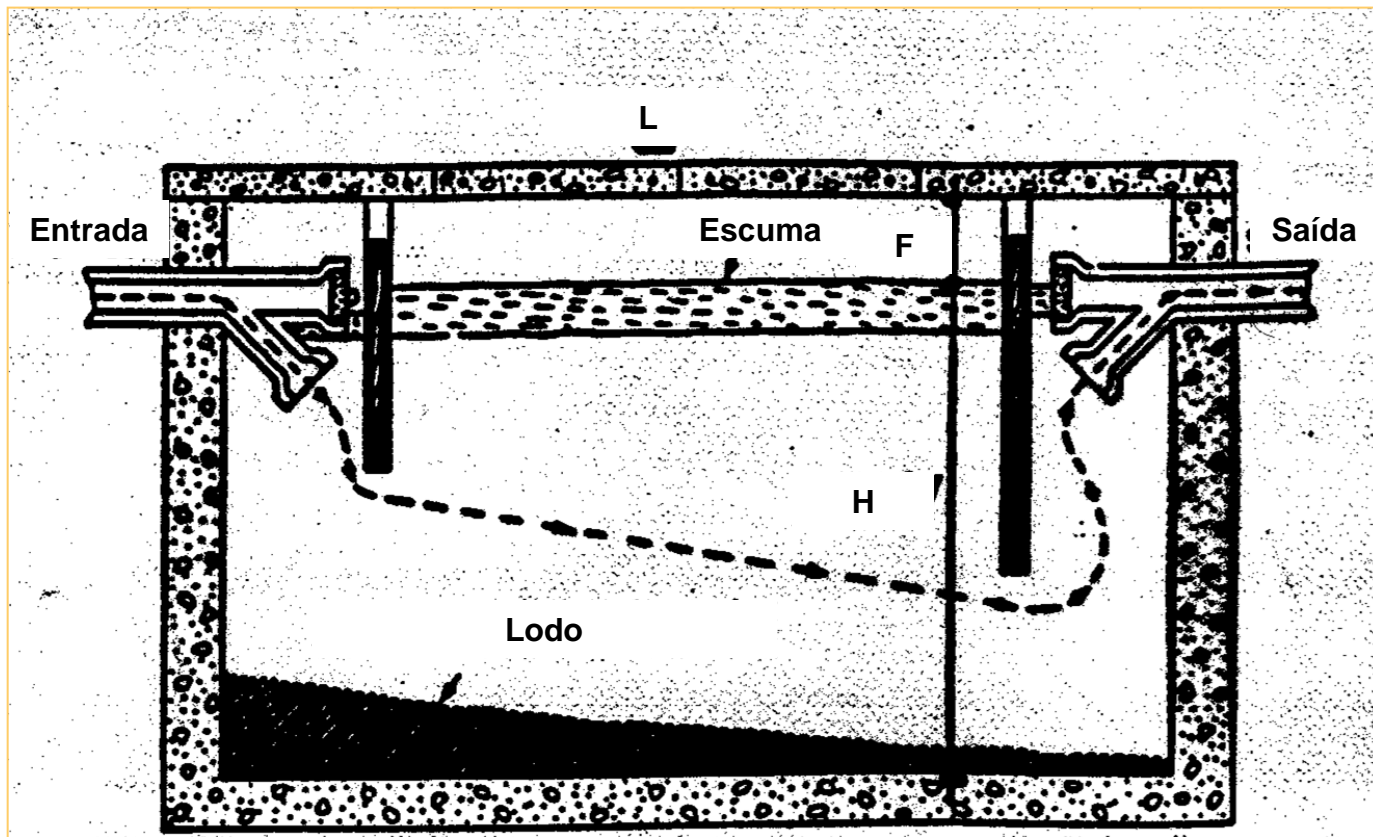
Tratamento terciário

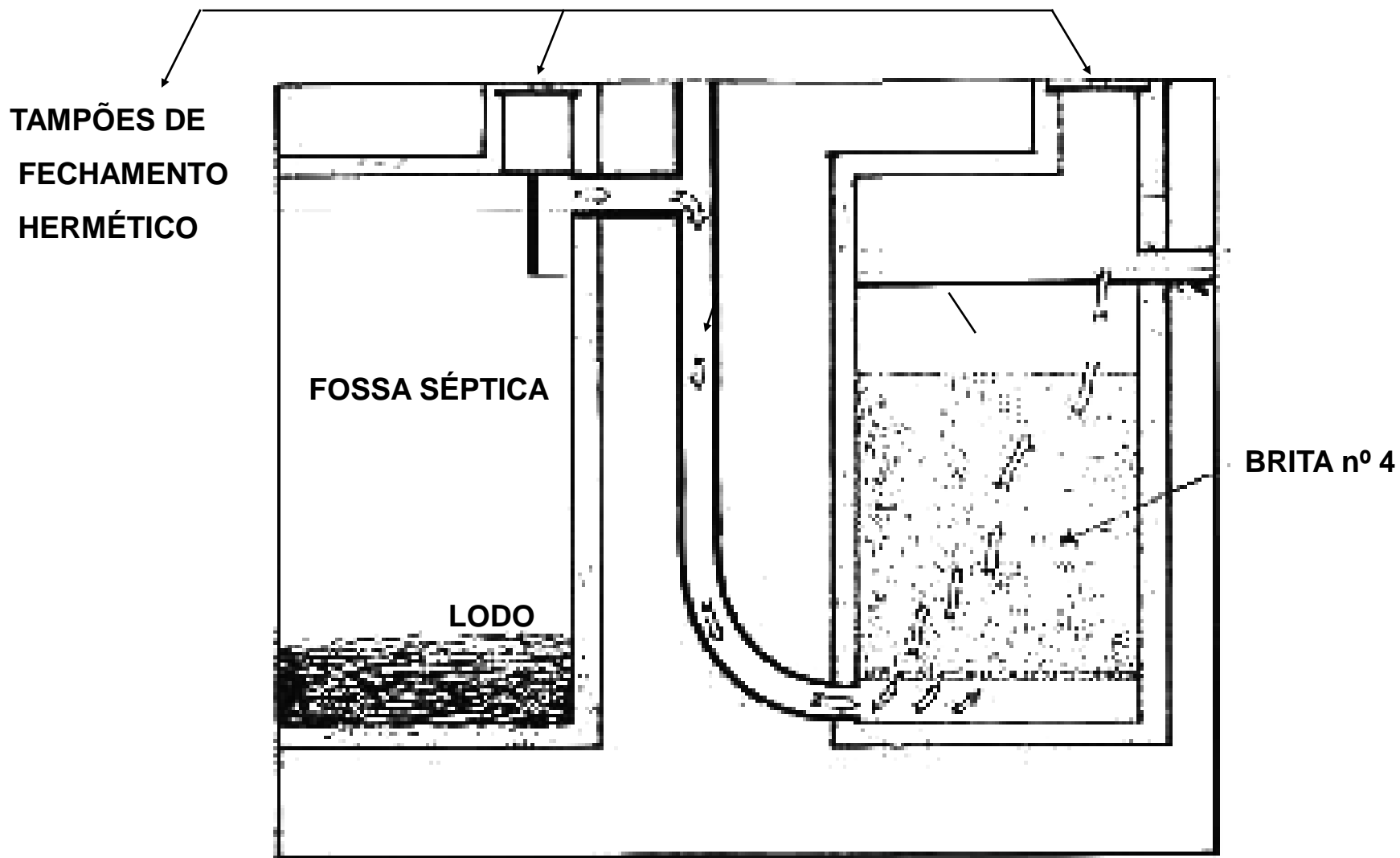
O tratamento avançado ou terciário dos esgotos pode ser definido com um nível de tratamento além daquele requerido no secundário, sendo usado para remover constituintes como nutrientes e compostos tóxicos, além de matéria orgânica e sólidos em suspensão não removidos no tratamento secundário. Para tanto podem ser utilizados processos de coagulação química, floculação ou sedimentação seguida de filtração, desinfecção, troca iônica, membranas, osmose reversa, etc



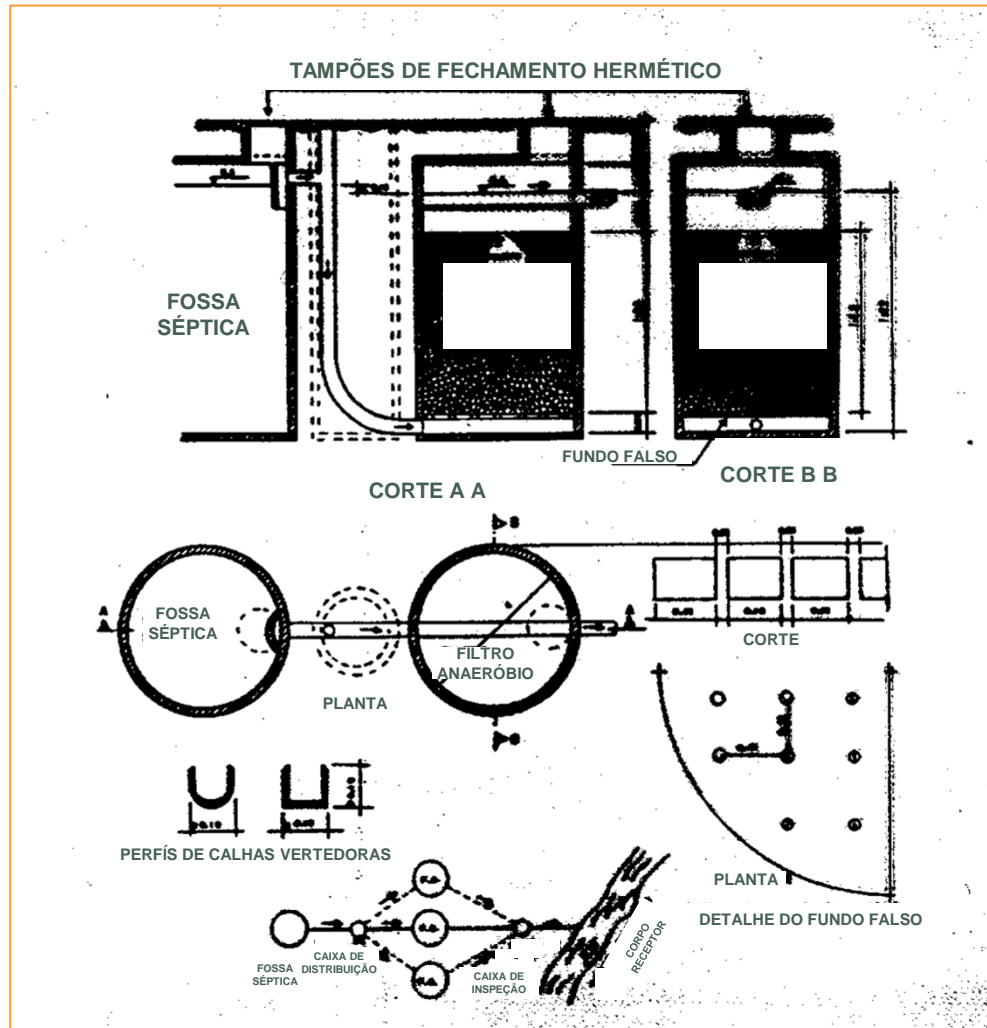
Processos de tratamento de esgotos

Seção transversal de uma fossa séptica em funcionamento

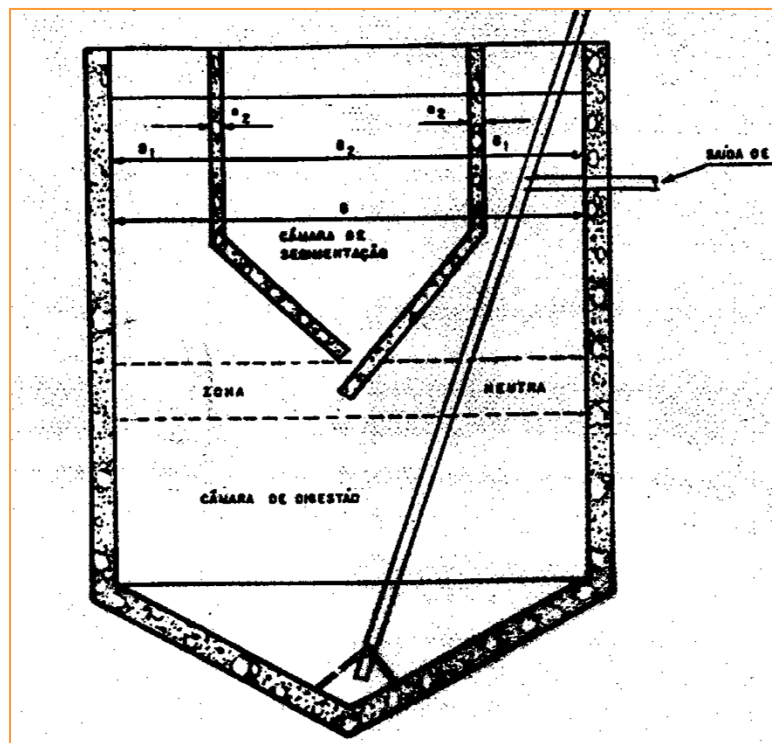




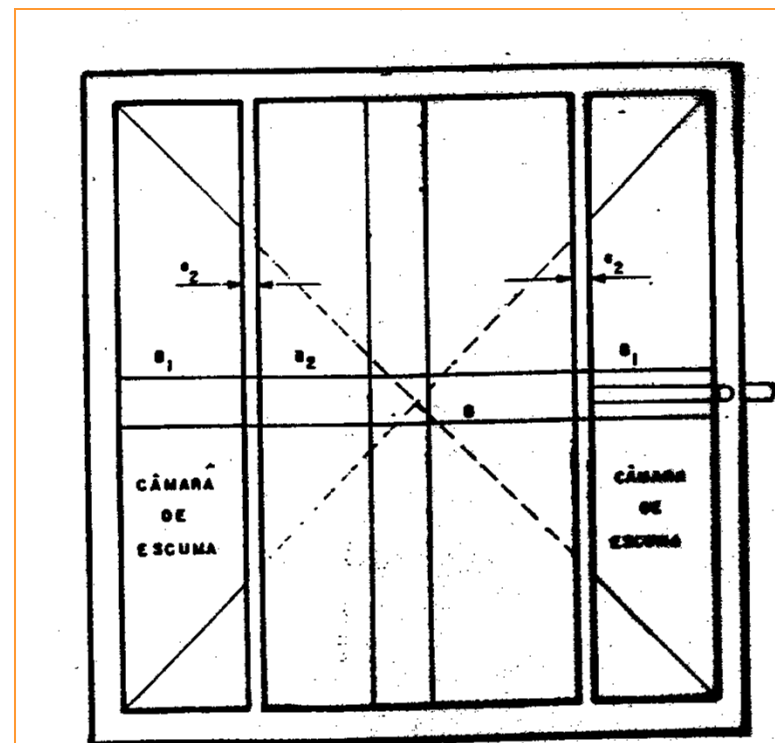
Filtro biológico | Filtro Anaeróbio



Esquema de um Tanque IMHOFF

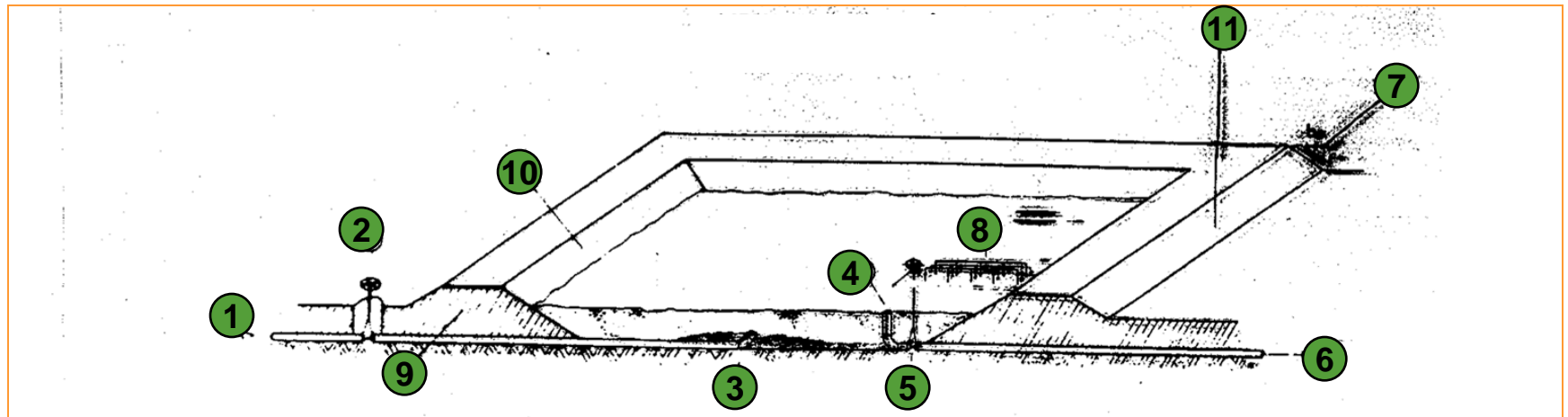


Corte



Planta

Lagoa de estabilização - perspectiva



1 – Afluente à ETE

2 – Registro de afluente

3 – Dispositivo de chegada

4 – Dispositivo de saída

5 – Registro de efluente

6 – Efluente

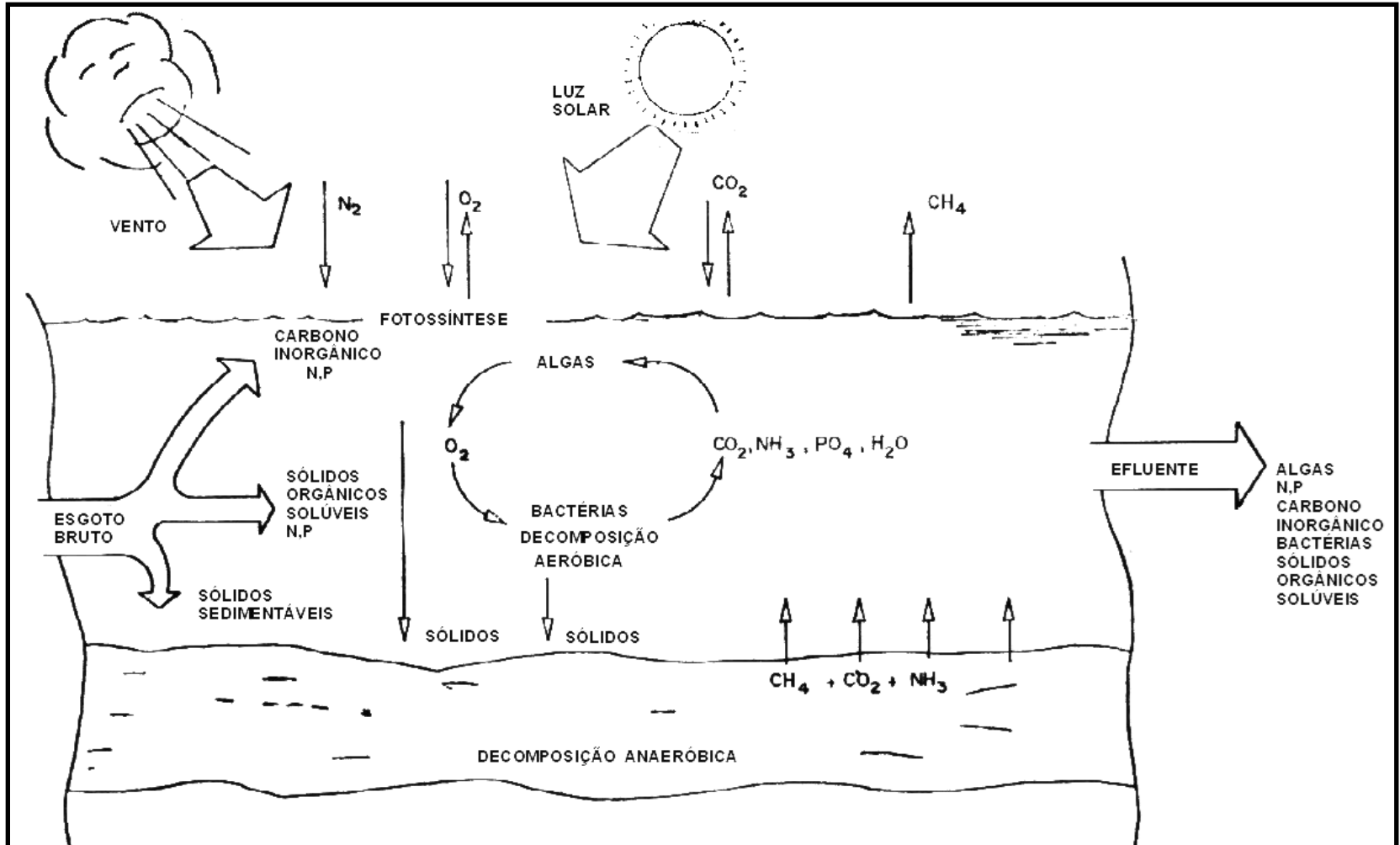
7 – Inclinação do dique: a, b

8 – Passadiço de acesso

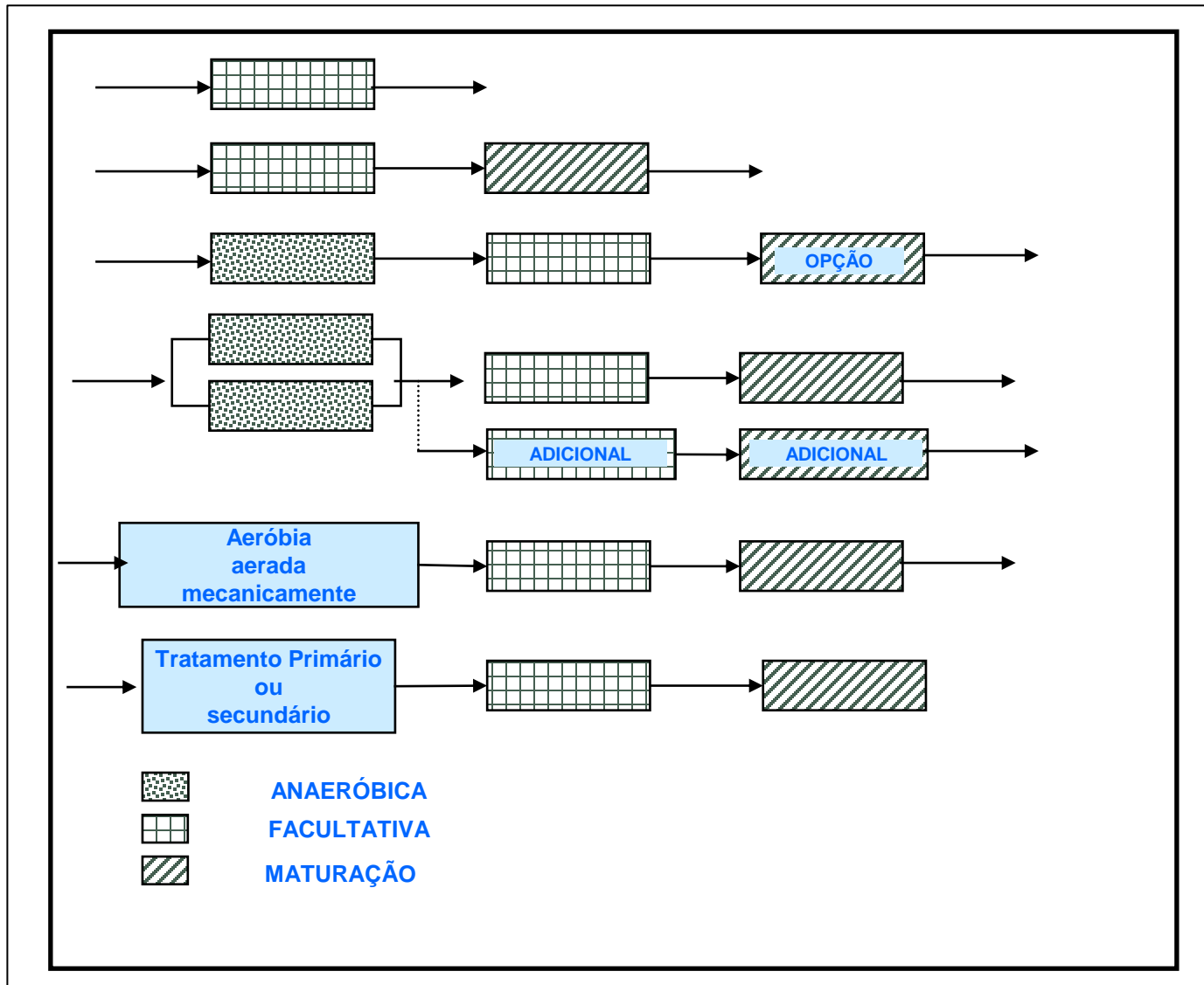
9 – Secção do dique

10 – Talude externo

Princípio de funcionamento da lagoa de estabilização



Sistemas típicos de lagoas de estabilização

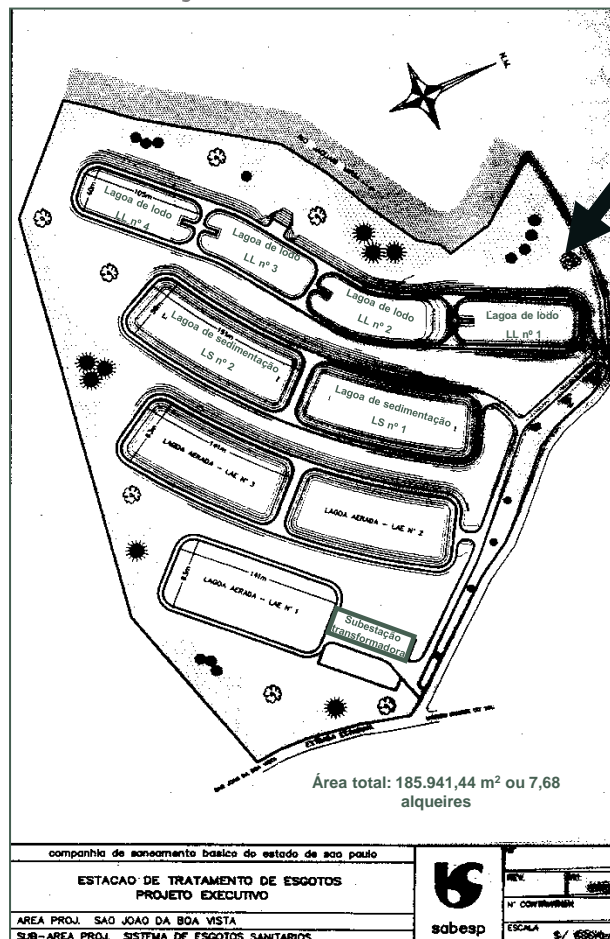


Estação de Tratamento de Esgotos - Lins



Lagoa aerada

Projeto executivo



Estação de tratamento de esgotos

ETE São João da Boa Vista

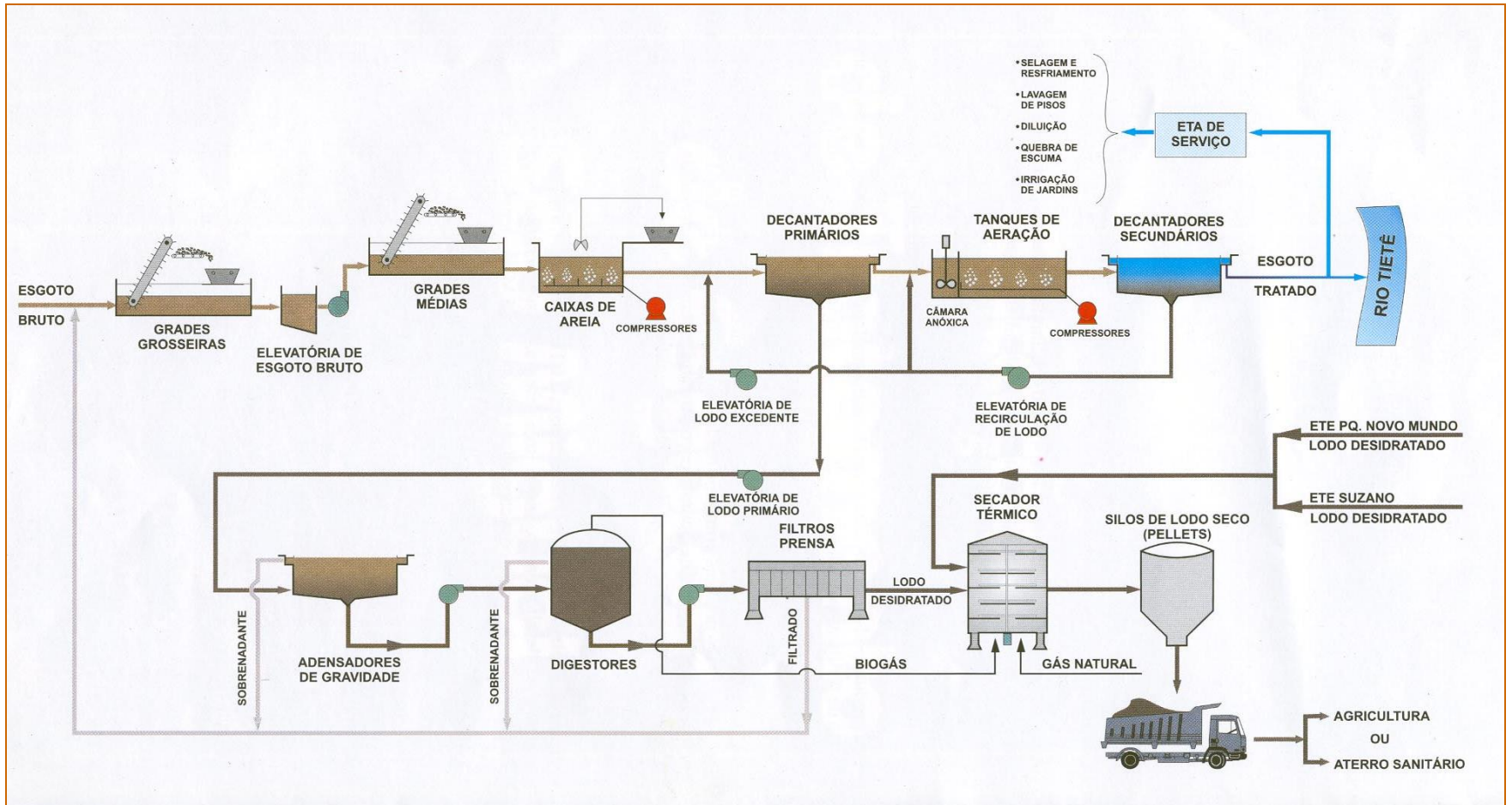


ETE Eugenio de Mello



Lodos ativados

Estação de Tratamento de Esgotos de São Miguel



ETE ABC



ETE Franca



ETE LAVAPÉS – São José dos Campos



Inconvenientes nos despejos industriais

Atividade	Acidez	Alcalinidade	Sólidos sedimentáveis	Óleos e graxas	Substâncias tóxicas	Substâncias com DBO elevada	Temperaturas elevadas	Equilíbrio biológico	Variabilidade nas vazões
Fabricação de material cerâmico			+++						
Fabricação de peças e ornamentos de cimento e gesso	+	+	++						
Siderúrgica e elaboração primária de produtos siderúrgicos	+++	+		+	+		+++		++
Galvanoplastia e similares	++++				+		++		+++
Garagens e postos de gasolina			+++	++++					
Fabricação de papel e papelão	++	+++	++++		+	++	+++	+	+
Preparação de peles e couros		++++	++++	+	+++	+++		++++	+++
Fab. prod. quim. gases, extrina, gomas, corantes, amido etc.	++	++	+		+	+		+++	++
Extração: óleo de coco, de amendoim e óleos não alimentícios				+++		+++			+
Fabricações de sabões e perfumaria		+++	++				+++	+	+++
Fabricação de tintas, vernizes e esmaltes					++		+		+
Fab. de desinfetantes e preparação de produtos de limpeza	+++				+++				+
Fabricação de produtos de petróleo e carvão	+	+++	+	++++	++++		+++		+
Fabricação de produtos químicos não especificados	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Beneficiamento e preparação de algodão e fibras			++			++			++
Fiação e tecelagem de algodão			+			+			+
Fiação e tecelagem de seda natural			+			+			+
Fiação e tecelagem de lã			+	+		+			+
Fiação e tecelagem de linho e caron			+		+				+
Lavanderias e tinturarias		++		+	++	+	+++	++	++
Preparação em conservas de frutas e legumes	+		+++		+	++++		+	+
Abate de animais e preparação de conservas de carne			++++	+++		++++		+	+++
Pasteurização do leite e fabricação de laticínios						++++		+	+
Fabricação e refinação do açúcar						++++	++	+	+
Fab. de vinhos e outras bebidas deriv. diretamente de frutas		+	+			+++	++	+	+
Fabricação de aguardente e licores		+	+			+++	+	+	+
Fabricação de cerveja		+	+			+++	+	+	+
Indústria gráfica			+	+	++		+	+	+

ETE Lodos Ativados Convencional





— Fase Líquida

Tanques de Aeração

Decantadores Primários

Decantadores Secundários

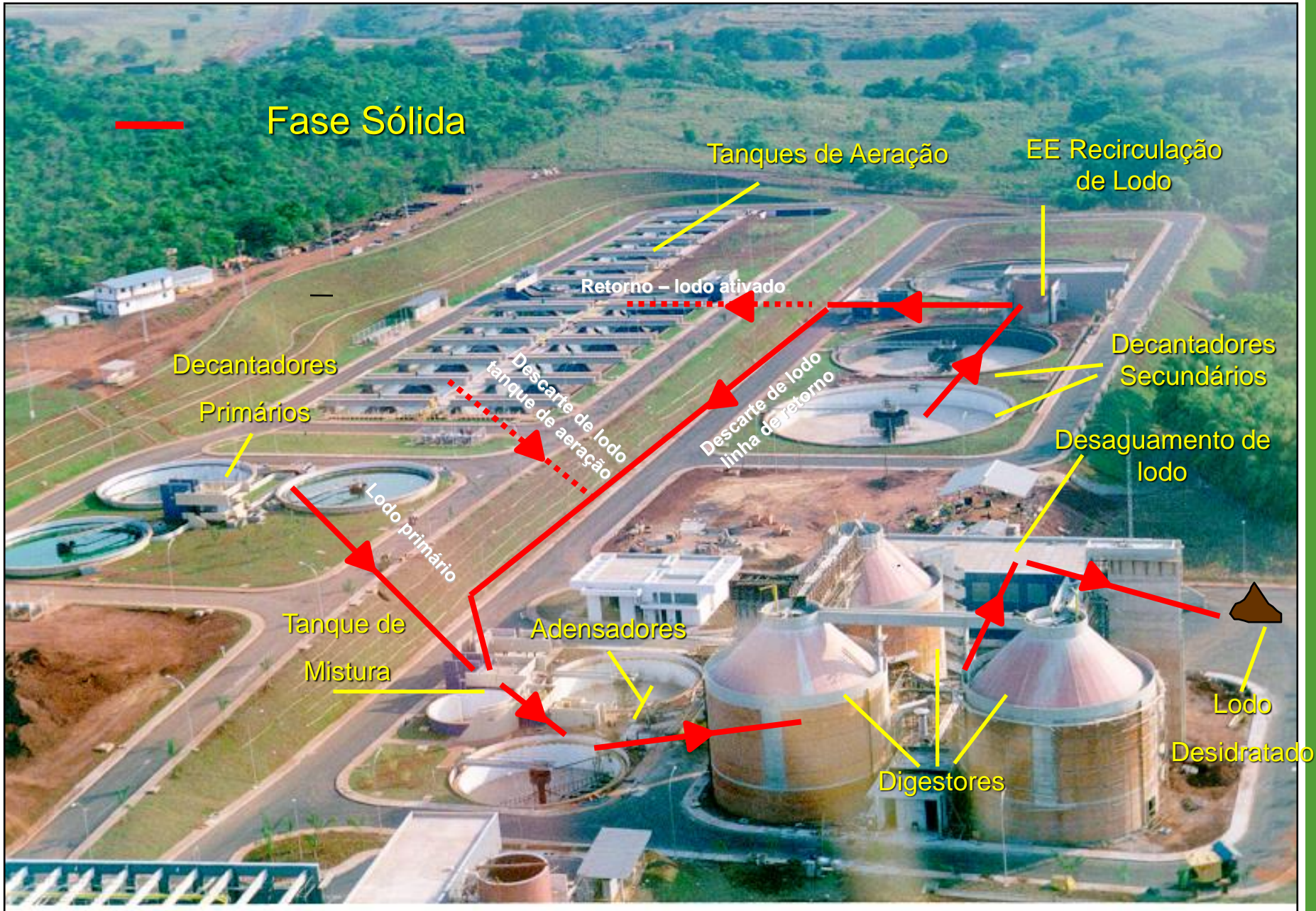
Efluente Final

Afluente

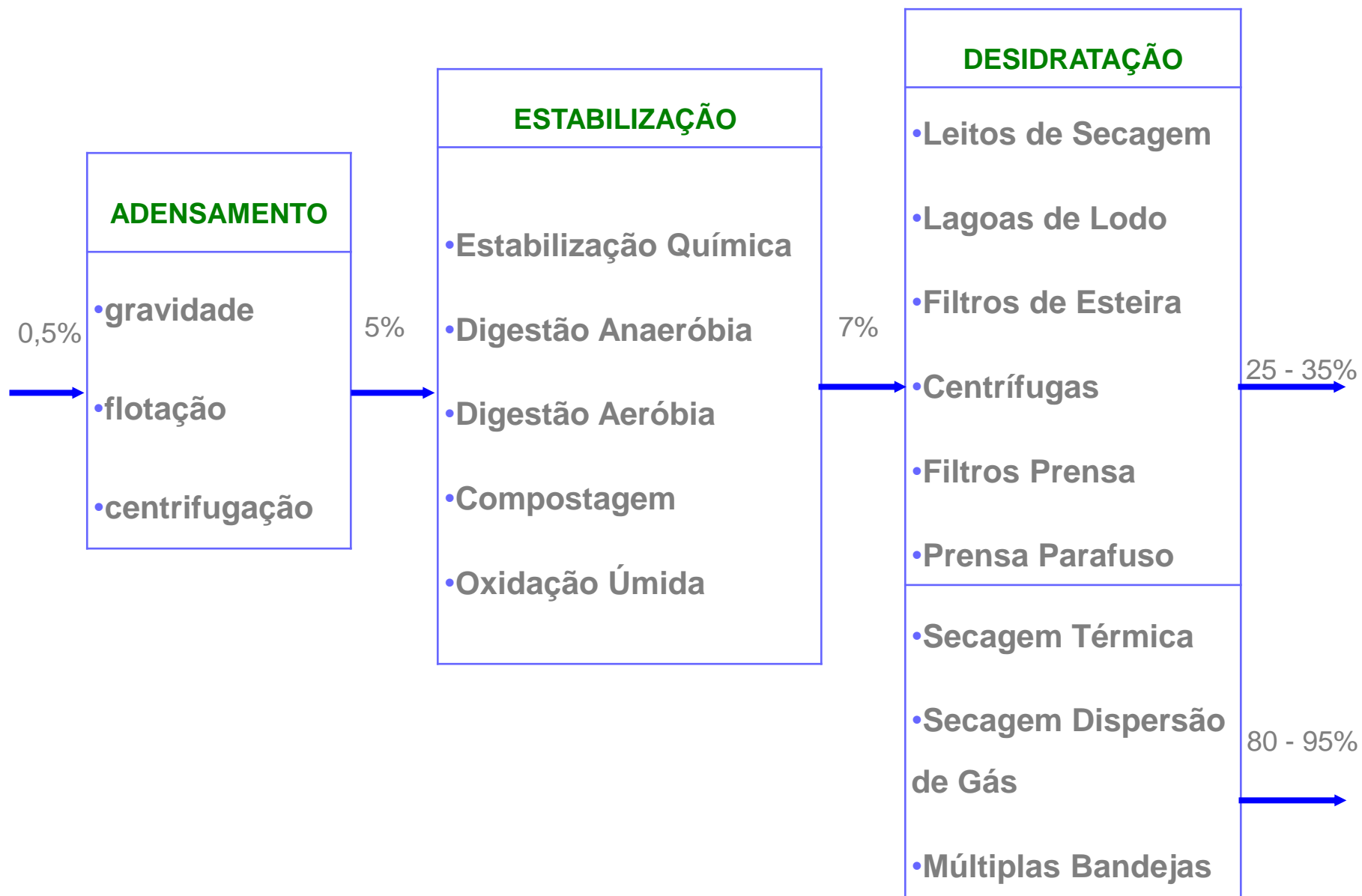
Caixa de Areia

EEE Bruto

Fase Sólida

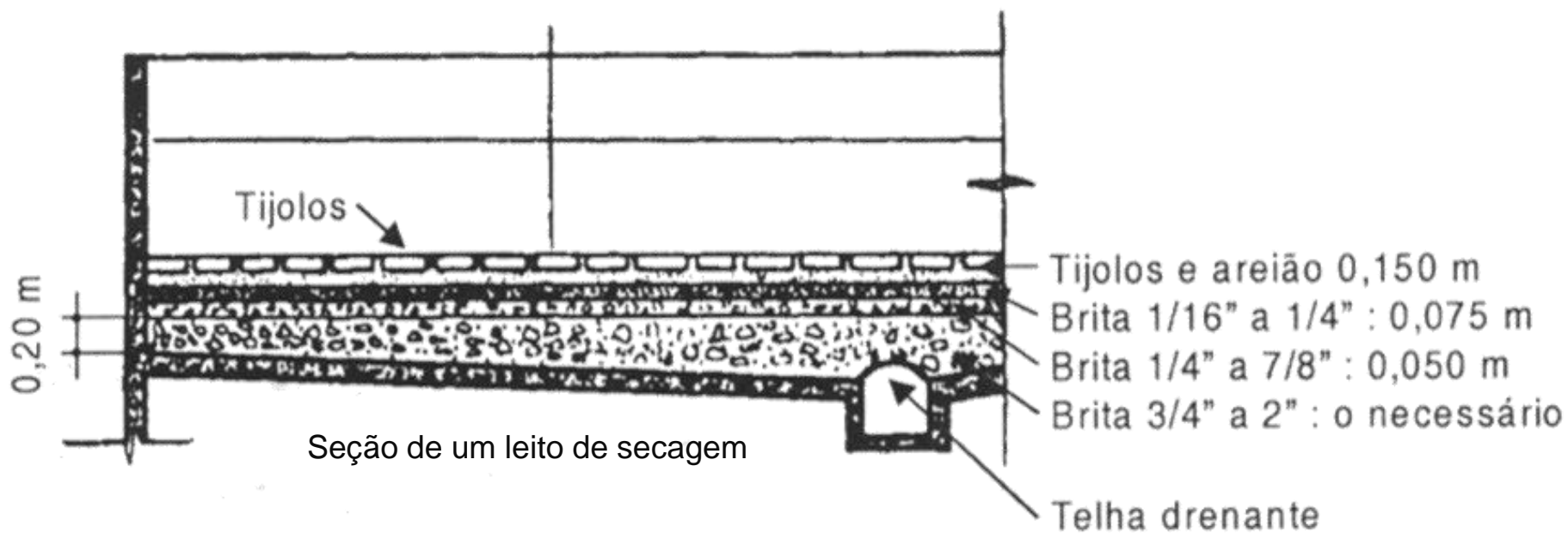


Processos de tratamento do lodo de esgoto



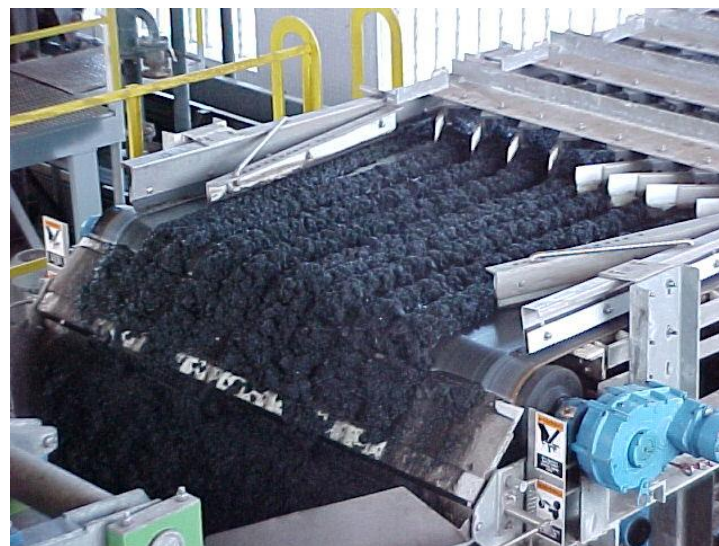
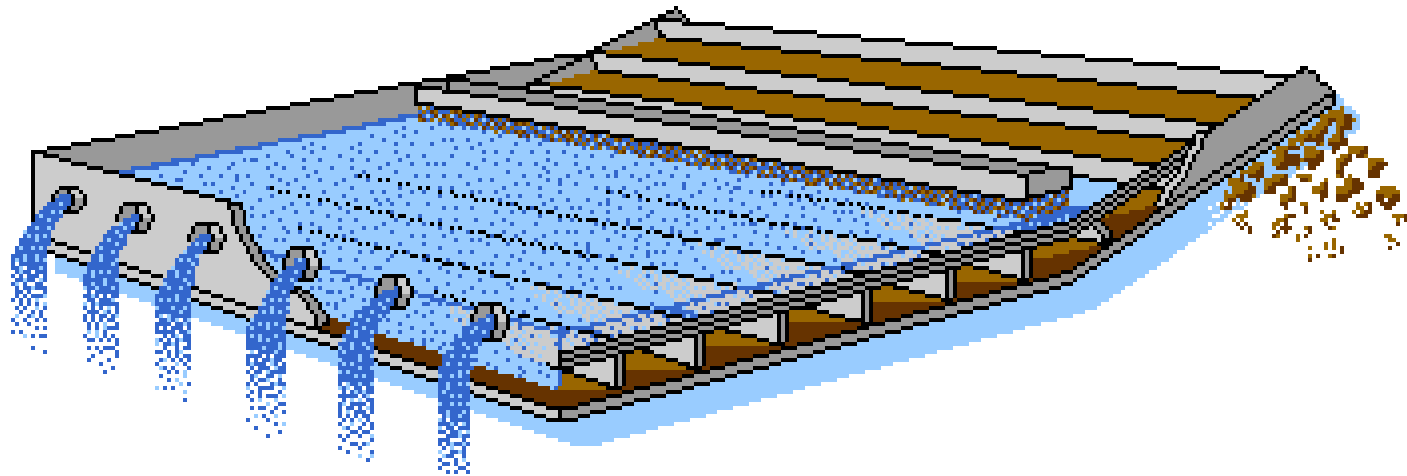
Desaguamento de lodo

Leitos de Secagem



Filtros prensa de esteira

“Belt filter press”



Filtros prensa de esteira

“Belt filter press”



Filtros prensa de esteira

“Belt filter press”

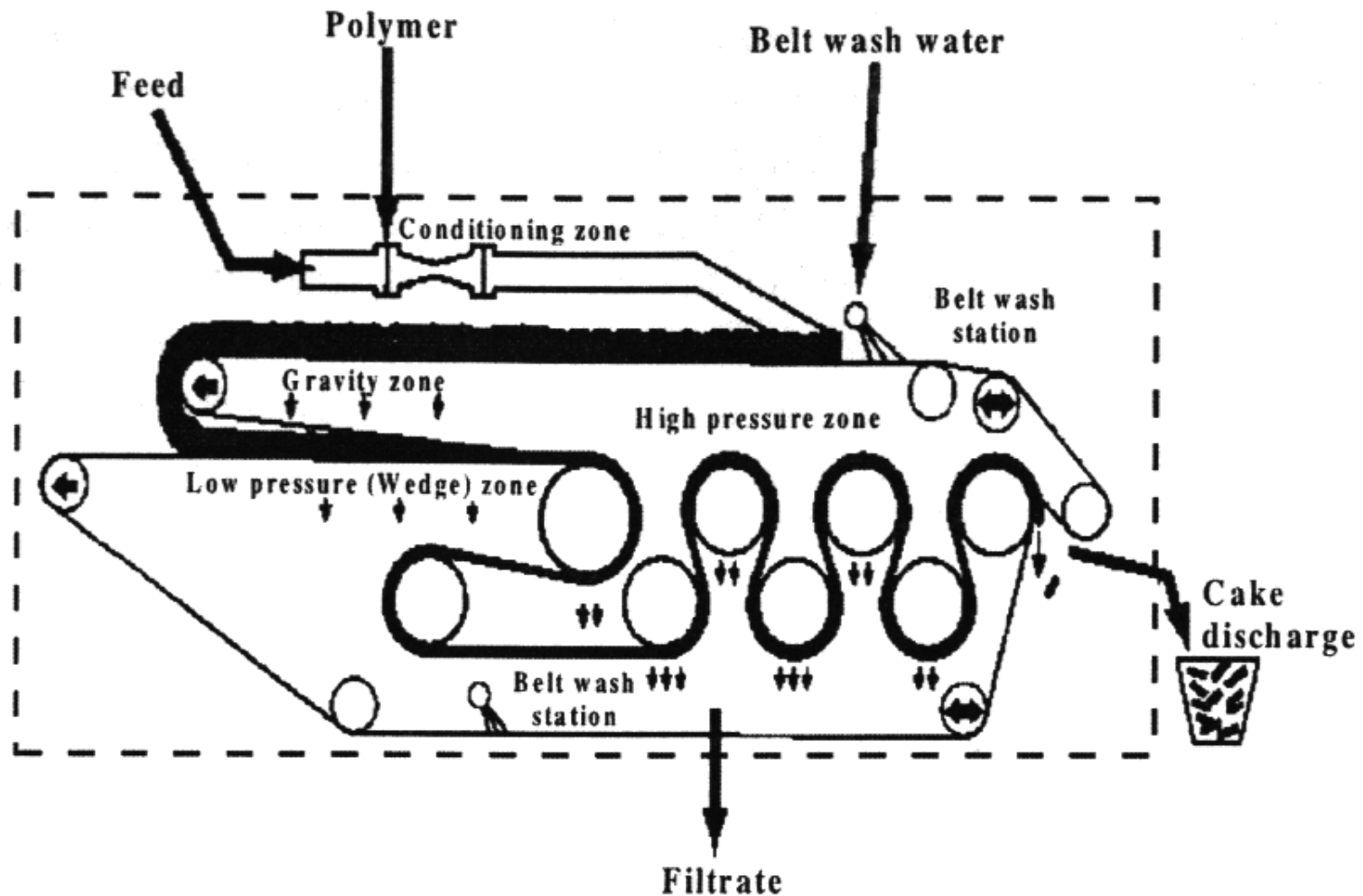
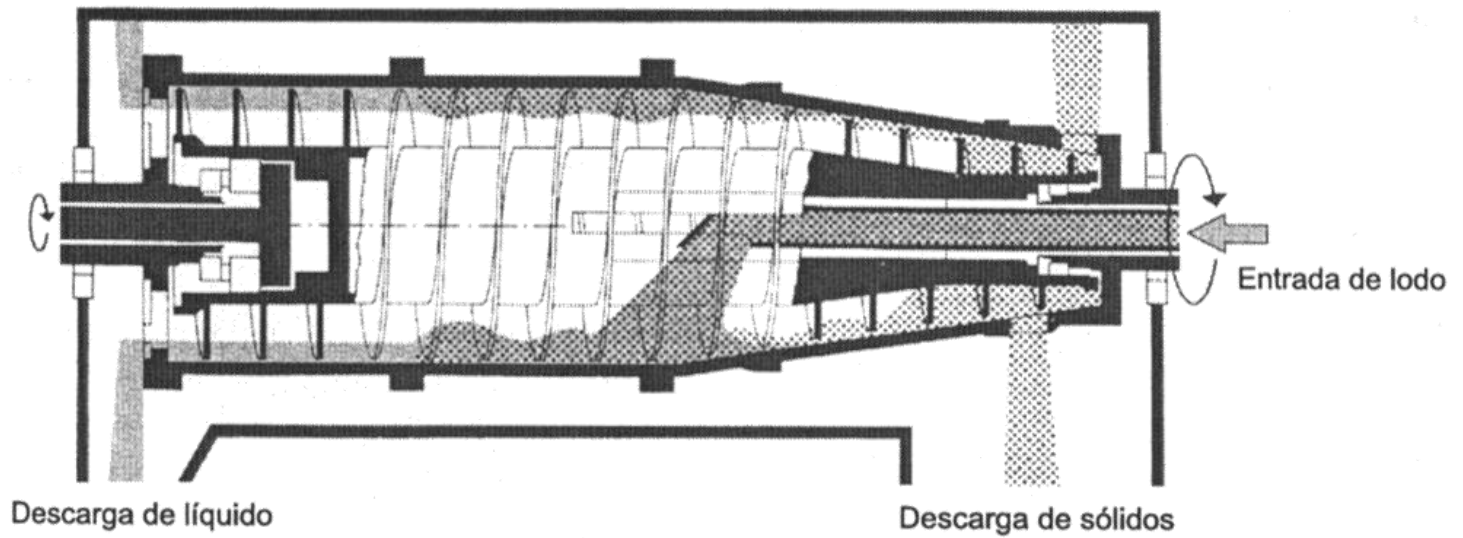


Diagrama esquemático de prensa desaguadora

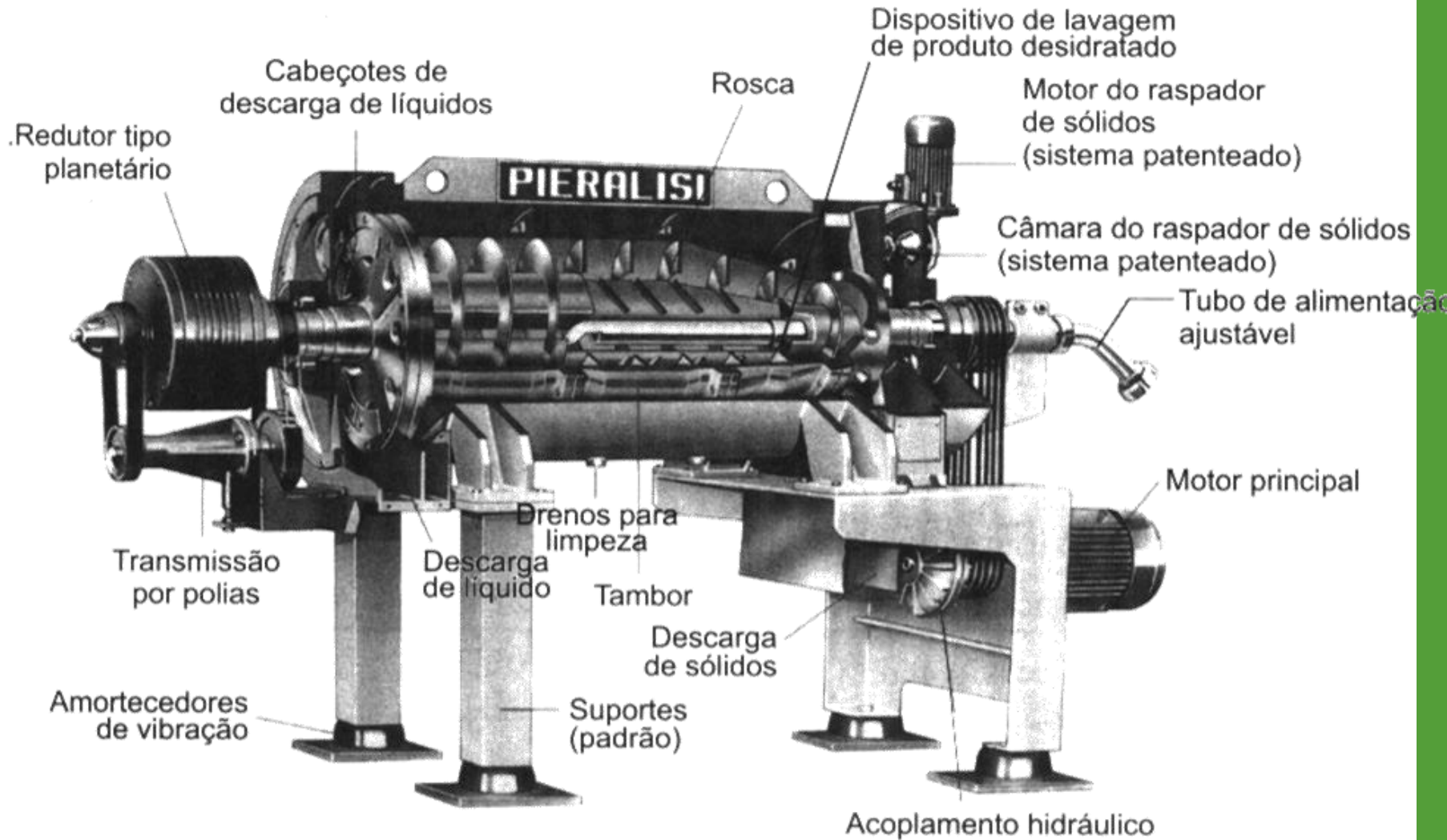
Centrífugas



Princípio de operação de uma centrífuga

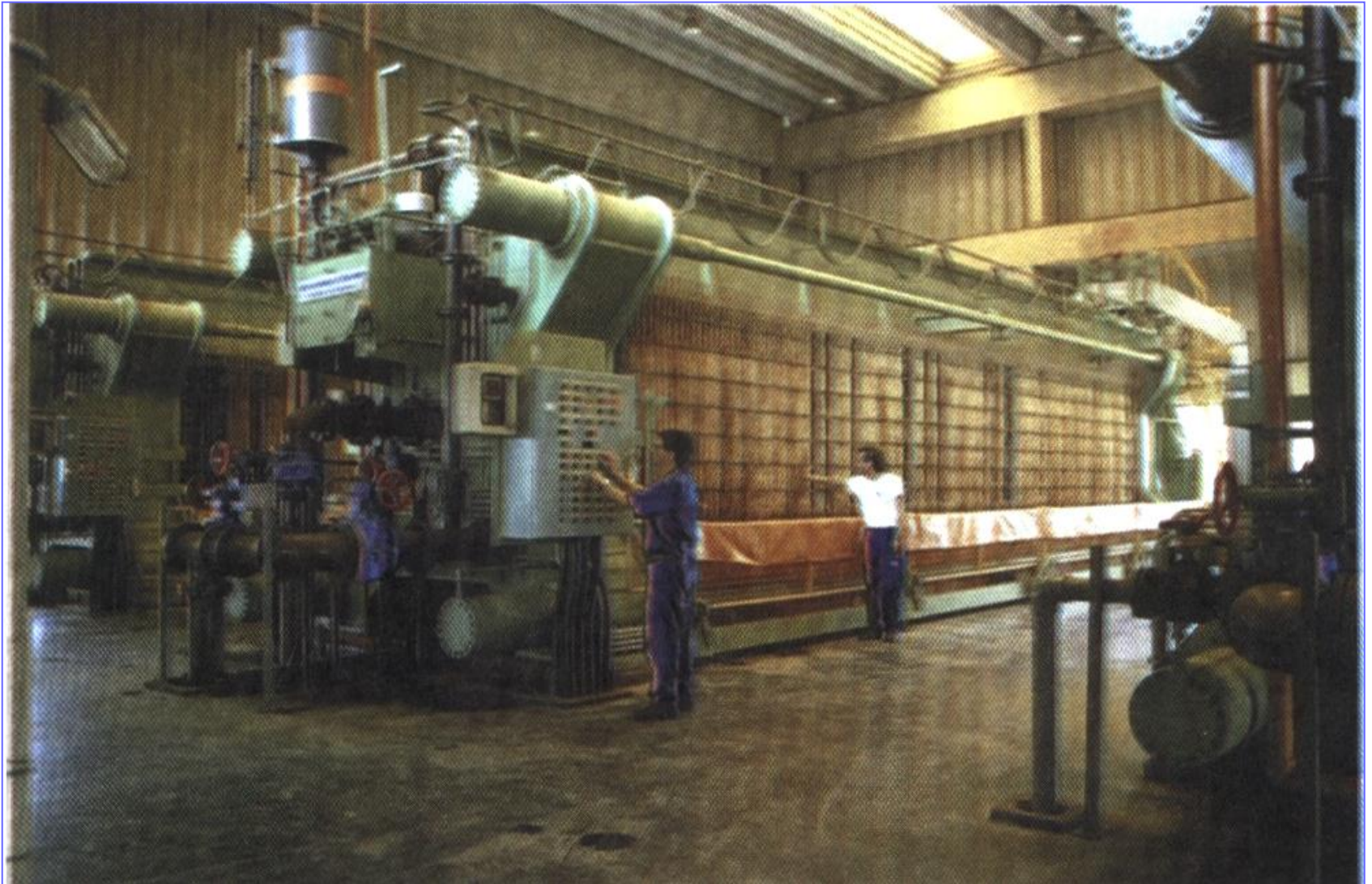


Centrífugas

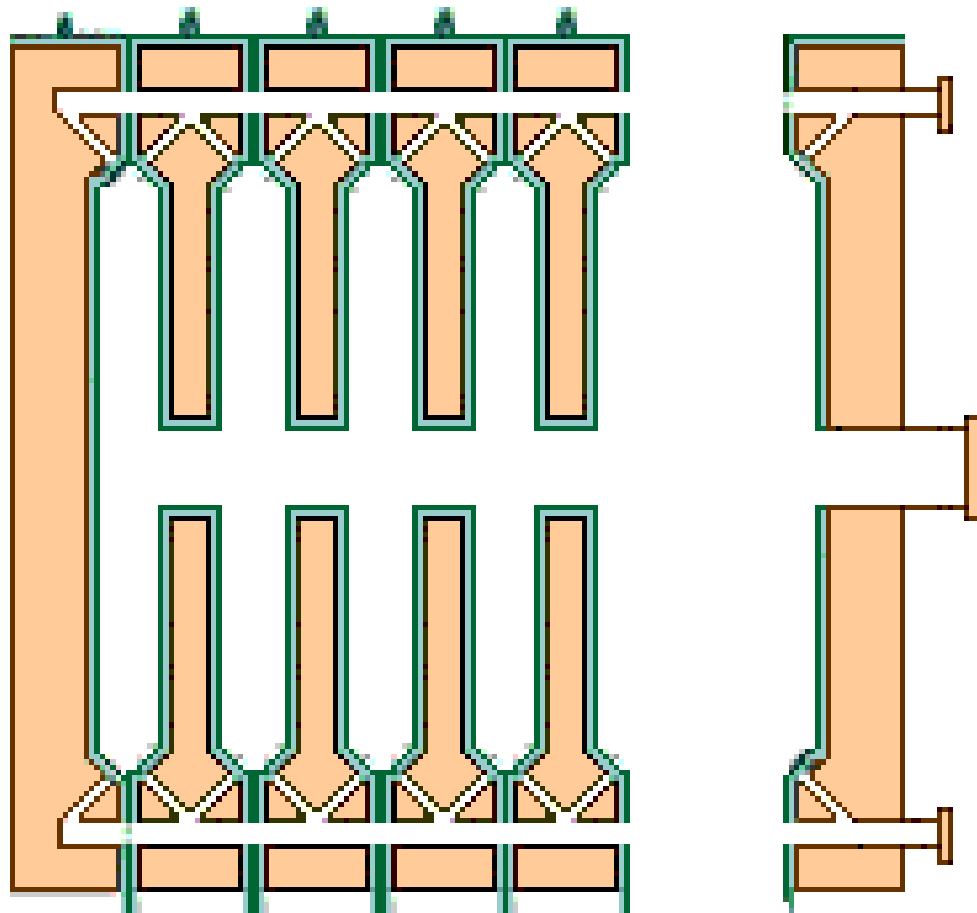


Representação em corte de uma centrífuga

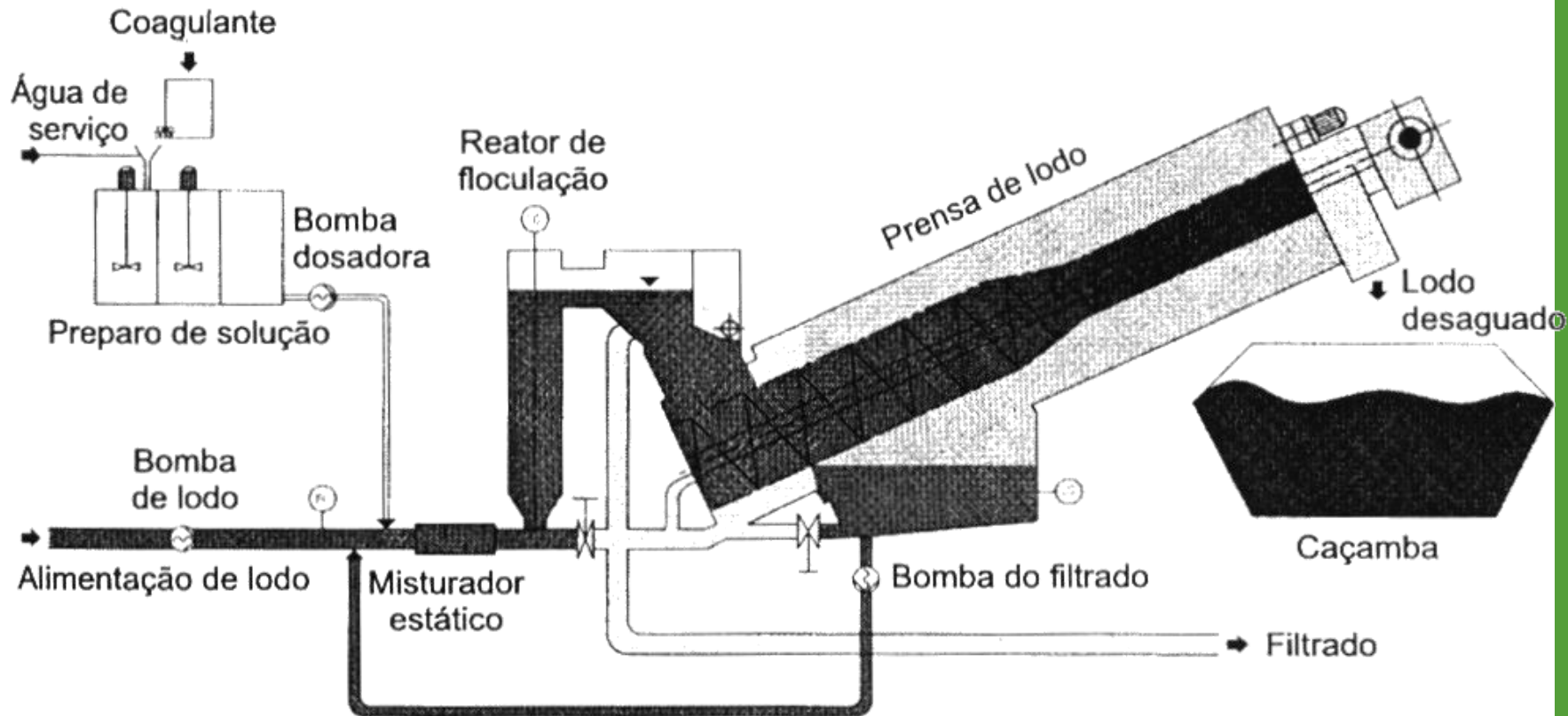
Filtro prensa de placas



Filtro prensa de placas



Prensa Parafuso – “Screw Press”



Representação esquemática de uma prensa parafuso

Secagem em Bags



Secagem em Bags



Ajuste da dosagem



Aplicação de polímero

Secagem em Bags





Leito de secagem



Cobertura do leito de secagem



Primeiro tanque – com lodo



Segundo tanque – com lodo



Lodo seco



Lodo seco



Tanque – sem lodo

Irrigação por aspersão

**Irrigação por aspersão – alta pressão móvel
Duratex, Botucatu, SP, Brasil**



Irrigação por sulcos e canais



Fonte: SABESP - Unidade de Negócio Baixo Tietê

Irrigação por gotejamento

Irrigação superficial por gotejamento - S^{de} Boker - Israel



Irrigação por gotejamento subsuperficial

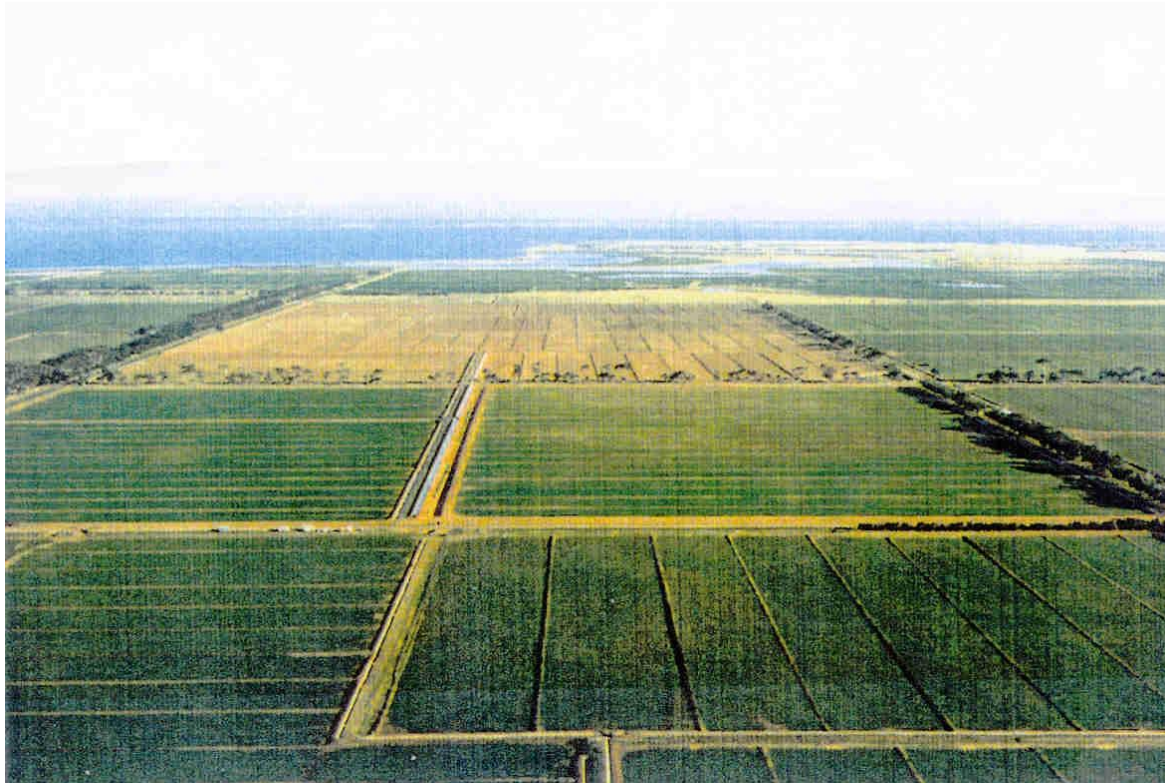
Irrigação sub-superficial por gotejamento - Haifa - Israel



Escoamento à superfície



Módulos de escoamento à superfície – Fazenda de Werribee, Austrália



Fonte: Melbourne Water













FIM