

6º Seminário de Saúde Ambiental:

“Água potável: Desafios e soluções para a garantia desse direito humano”

Mesa: Tecnologia e Gestão de Saneamento

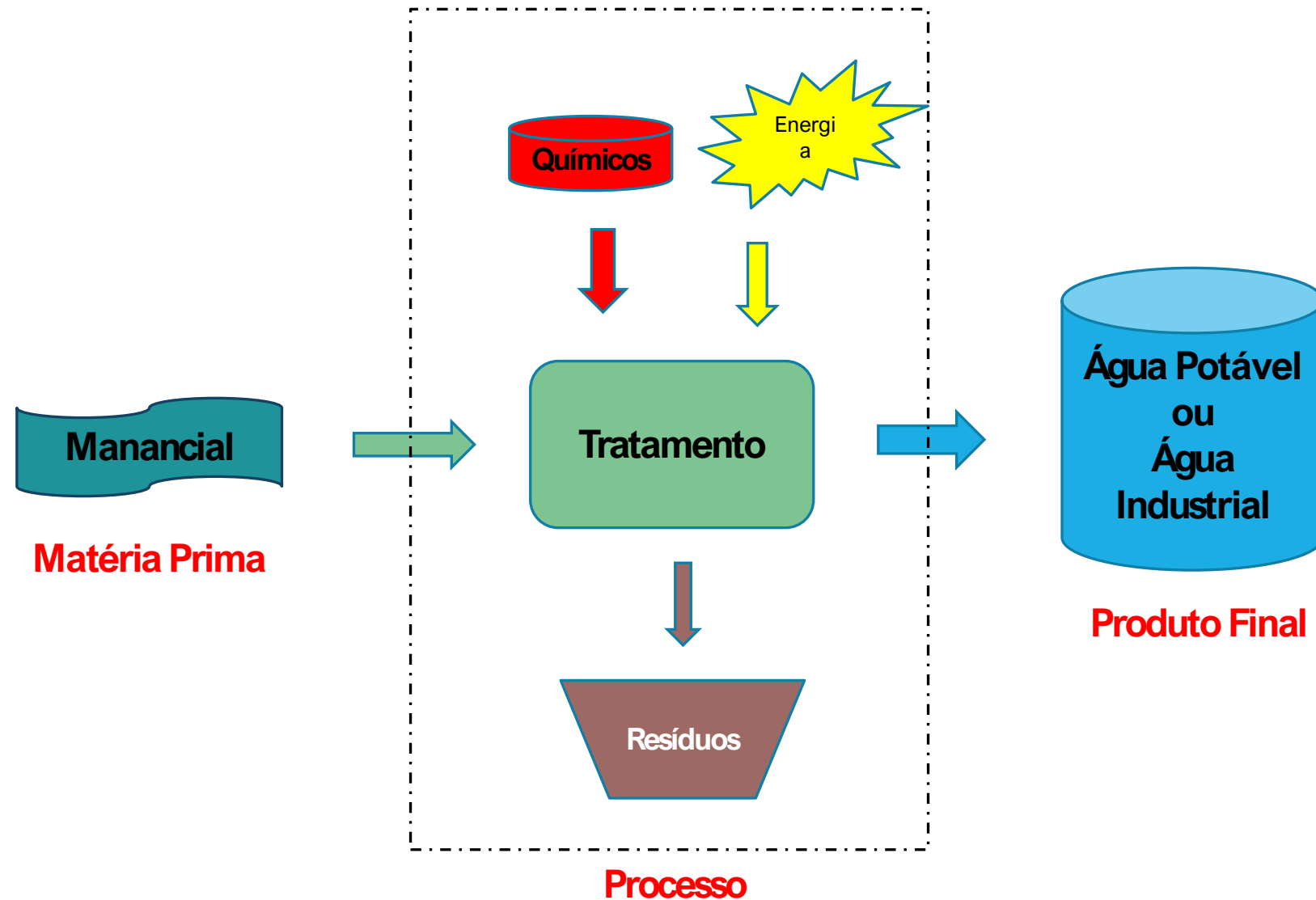
27/06/2023

Tratamento de lodo de ETA

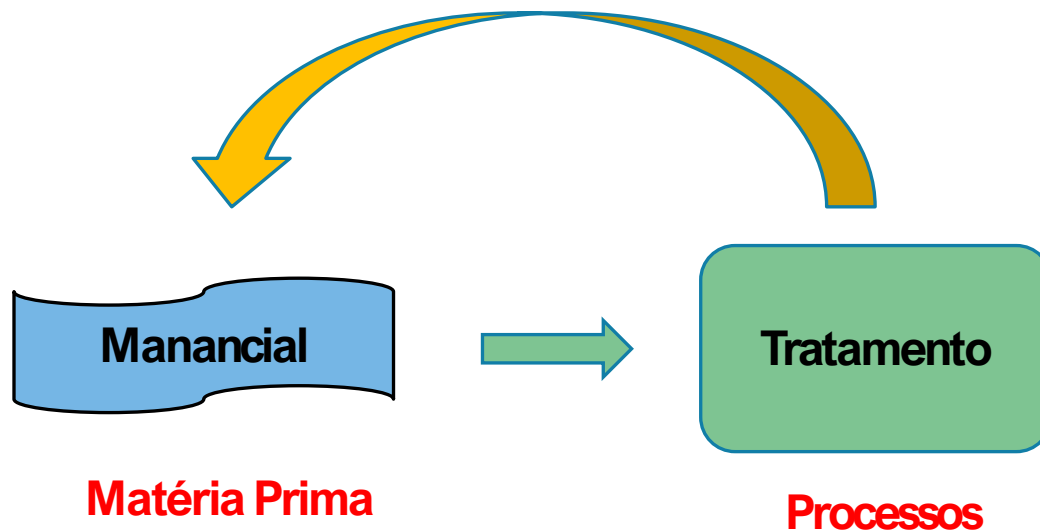


Foto: fonte Trata Brasil

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA



ALTERNATIVAS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA

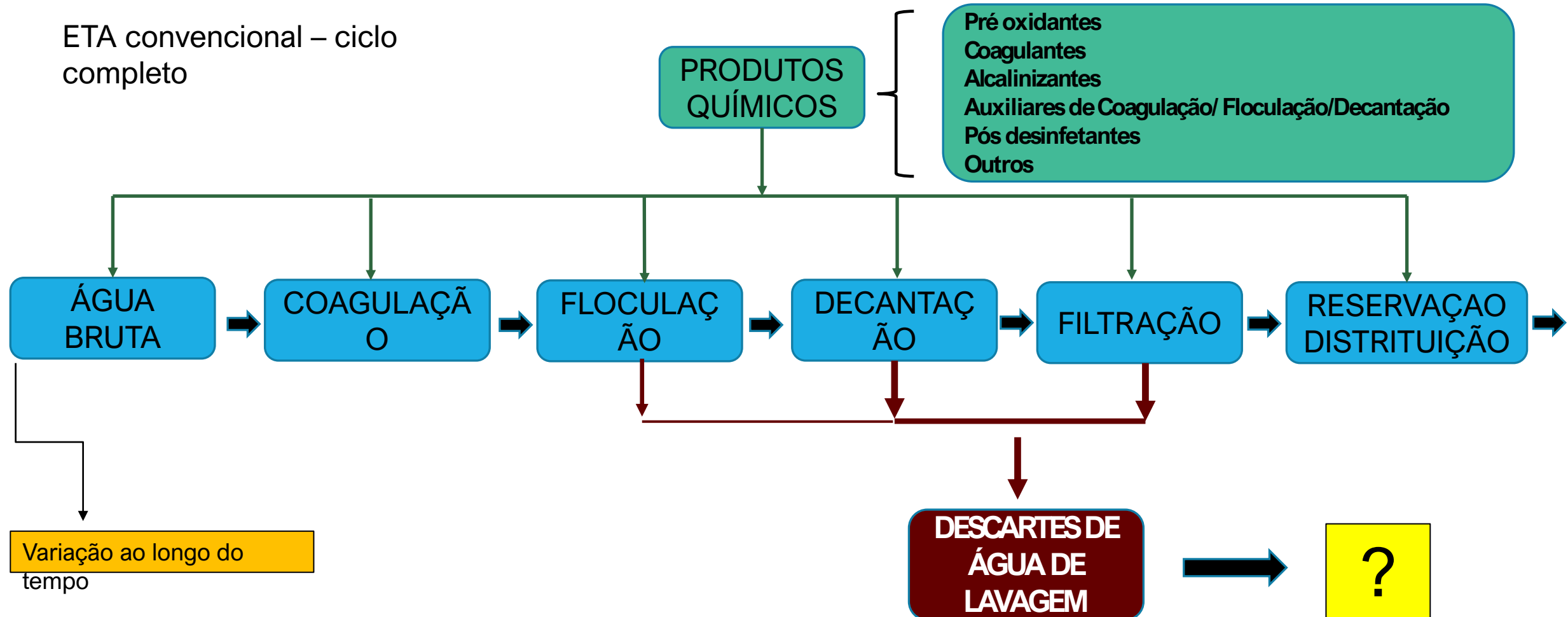


Geração de Resíduos de ETAs:

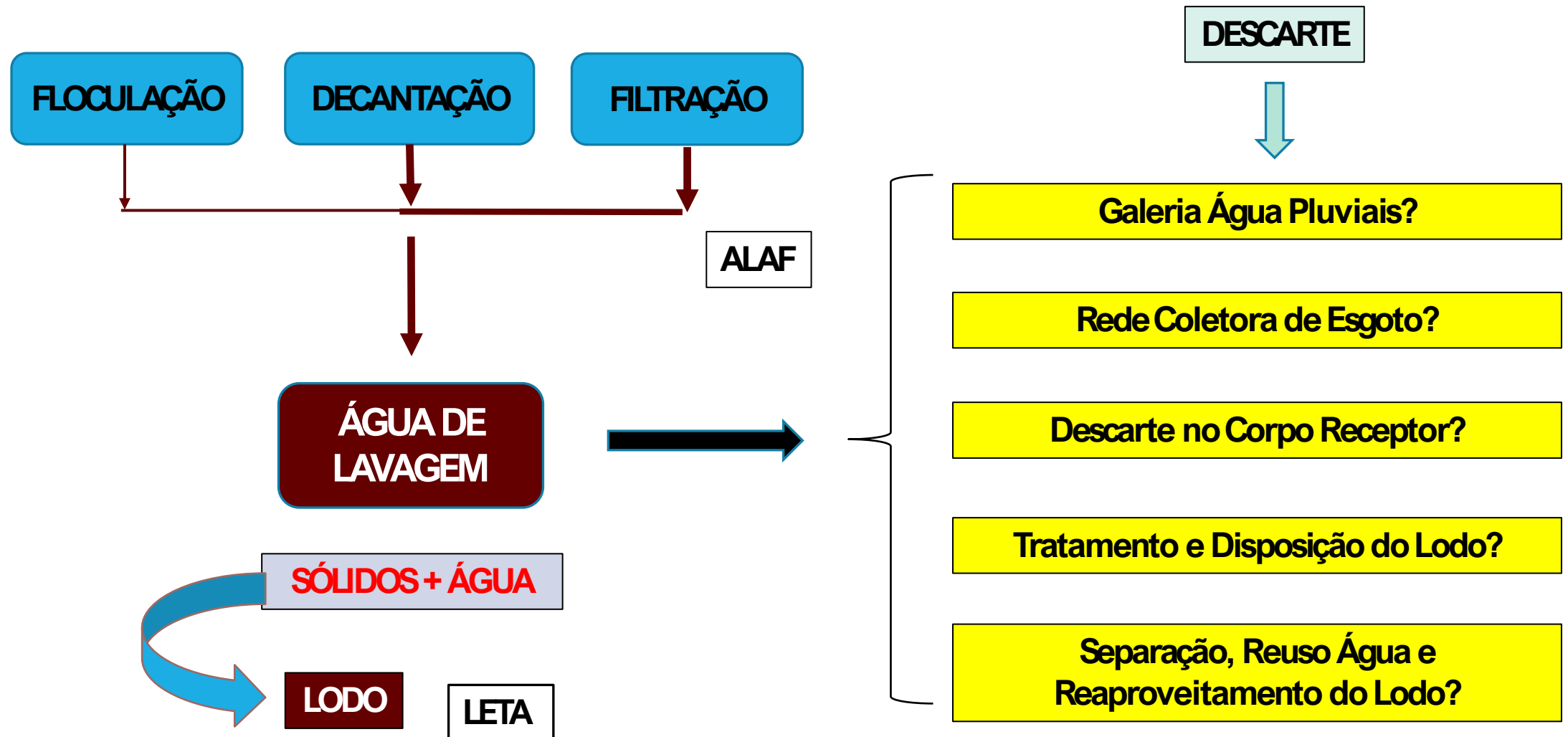
Função da tecnologia de tratamento empregada, tipo de coagulante, condições operacionais da ETA, características do manancial, etc.

- Filtração Lenta
- Filtração Direta Ascendente
- Filtração Direta Descendente
- Dupla Filtração
- Floto-Filtração
- Filtração em múltiplas etapas
- ETA convencional de ciclo completo
- ETA convencional + complementos
- Membranas
- Outras

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL



DESTINO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS E LODO



GERAÇÃO DE RESÍDUOS

➤ Principais Resíduos gerados nas ETAs

- **Lodo dos floculadores e decantadores:** produzidos em menores volumes, porém, com alta concentração de sólidos;
- **Água de lavagem dos filtros (ALAF):** produzida em maiores volumes, porém, com menores concentrações de sólidos;

➤ Qualidade e quantidade dos resíduos gerados depende de diversos fatores:

- Características da água bruta;
- Processo de tratamento;
- Produtos químicos utilizados no tratamento;
- Método de limpeza dos decantadores e lavagem dos filtros;
- Nível de automação e controle dos processos e operações na ETA. (Eficiência Operacional).

LIMPEZA DOS DECANTADORES

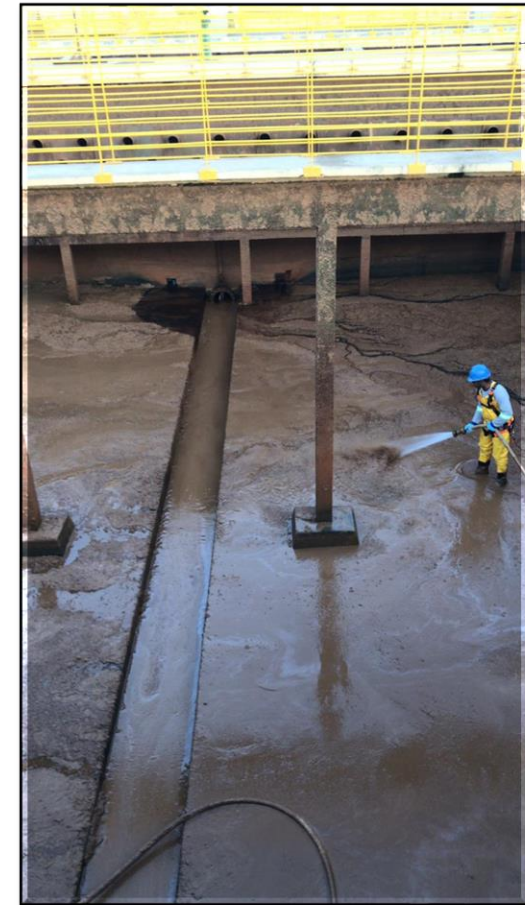
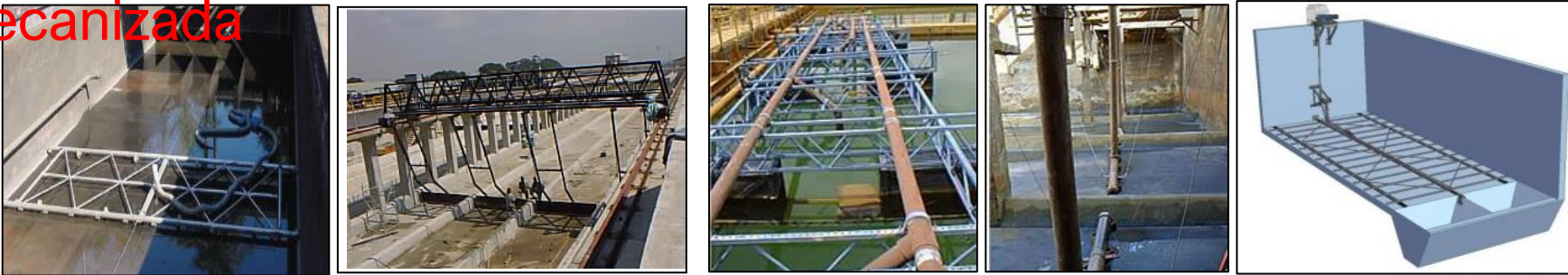
Limpeza Manual ou Mecanizada

- Influencia a frequência de lavagens e volume descartado e a concentração de sólidos descartados

Limpeza Manual



Limpeza Mecanizada

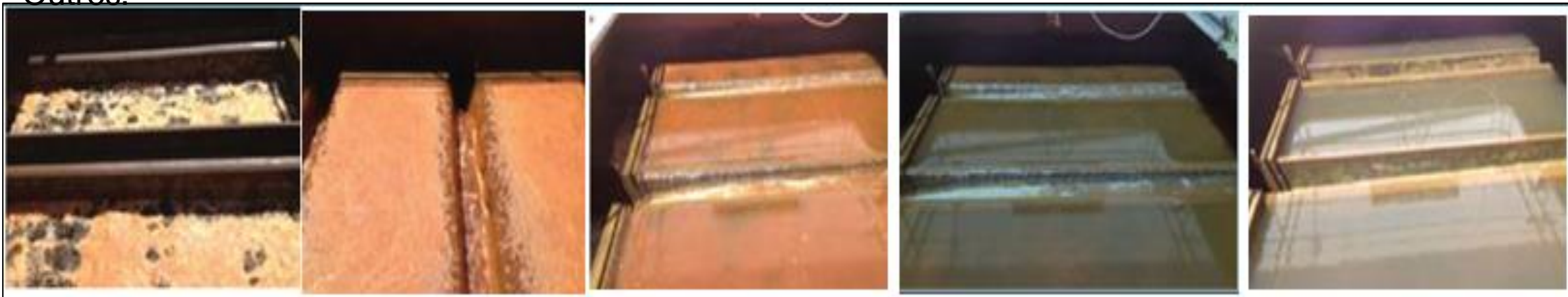


Fotos: Fonte Ângela Di Bernardo

LAVAGEM DOS FILTROS

Lavagens dos Filtros:

- ciclo de lavagens;
- tempo de lavagem;
- tipo de lavagem: somente água ou com ar e água;
- qualidade da água decantada;
- condições do material filtrante;
- velocidade de lavagem;
- Outros.



Fotos: Fonte Ângela Di Bernardo

CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS GERADOS

O resíduo gerado (Lodo de ETA = LETA) é constituído basicamente:

- Frações inorgânicas – compostas por argilas, siltes, areias, coloides;
- Compostos Orgânicos
- Produtos Químicos (adicionados no tratamento + os existentes na água bruta)
- Microrganismos (Algas, bactérias, vírus, etc)



PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS GERADOS

- ❖ A caracterização e quantificação de resíduos gerados em ETAs são fatores preponderantes à definição de métodos de minimização, tratamento e disposição final.
- ❖ Cada linha geradora de resíduos apresenta características distintas em termos de vazão e concentração de sólidos.
- ❖ Pode-se quantificar a produção dos resíduos, e em particular de sólidos, através de três métodos:
 - Formulações empíricas;
 - Análise de balanço de massa; e
 - Determinação em campo.
- ❖ Volume produzido resíduos: 2 a 5% da água bruta aduzida;



CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS GERADOS

- A NBR 10004/2004, dispõe sobre a definição e classificação de resíduos sólidos Classificados em:
 - Classe I - perigosos, Classe II - não perigosos (Classe II A – não inertes; Classe II B – inertes)
 - NBR- (Solubilização de Resíduos) – Ensaio de solubilização para definição de material inerte
- De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004) o LETA é classificado como um resíduo sólido (Classe IIA – não perigoso e não inerte)
- Pode ser disposto em aterro de resíduos ou Aterro Sanitário.

CARACTERÍSTICAS VISUAIS DO LODO

DIFERENÇAS DE:

- CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS
- COR



Fonte: Salus
Engenharia



IMPACTOS DOS DESCARTES IN NATURA NOS CORPOS D'ÁGUA

O lançamento inadequado do LETA em corpos hídricos pode causar vários impactos como aumento da quantidade de sólidos em suspensão, assoreamento, mudança de cor, aumento das concentrações de alumínio e aumento da demanda química do oxigênio (CORDEIRO, 1999 e SILVA, 2011).

Segundo o IBGE (2010), existem 5.564 municípios no Brasil, dos quais 2.098 possuem ETAs, que totalizam cerca de 7.500 estações. Ainda grande parte delas sem o devido tratamento dos lodos.

	1.2.1.8	Implantação de Unidades de Tratamento de Lodo nas ETAs	2021	2035	Alta	22.500.000,00	Outras fontes
--	---------	--	------	------	------	---------------	---------------

Plano de Bacia
2020 - 2035

Plano Estratégico:
ECA – Enquadramento Corpos de
Água



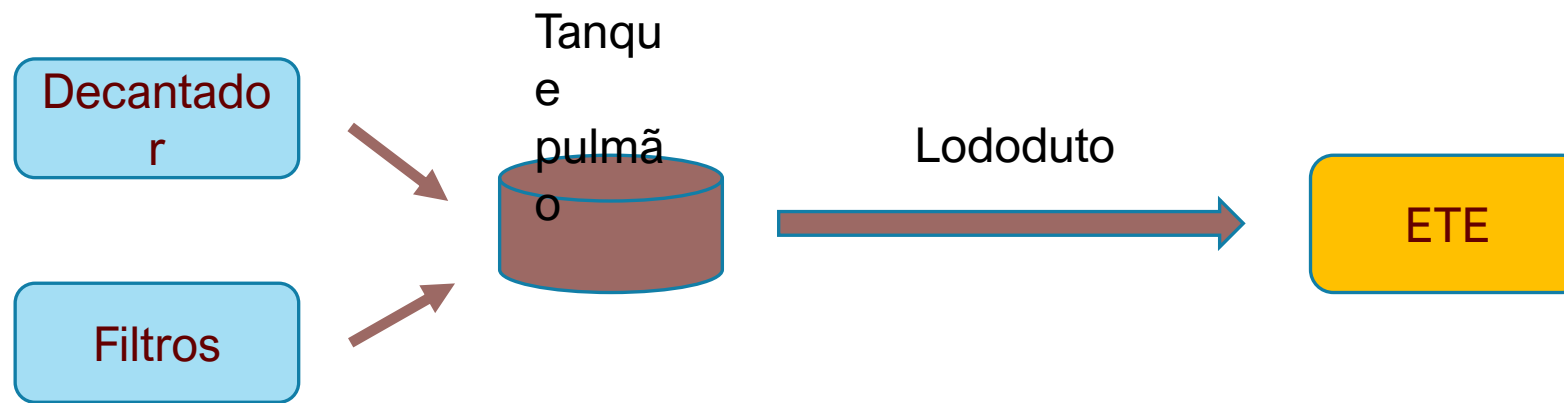
IMPACTOS DOS DESCARTES IN NATURA NOS CORPOS D'ÁGUA

- Assoreamento;
- Matéria Orgânica - Diminuição do O₂ dissolvido;
- Alterações físicas, químicas e biológicas (aumento turbidez, cor, sólidos, etc);
- Lançamento de altas concentrações de químicos (Al e Fe);
- Destruição da camada bentônica;
- Toxicidade;
- Prejuízo as condições estéticas;
- Variação nas comunidades biológicas (estrutura, distribuição, abundância e diversidade);
- Aumento no custo de recuperação e potabilização;
- Degradação da qualidade ambiental do entorno;
- Diminuição da potencialidade de uso a jusante; e
- Não é permitido pela legislação (padrões de



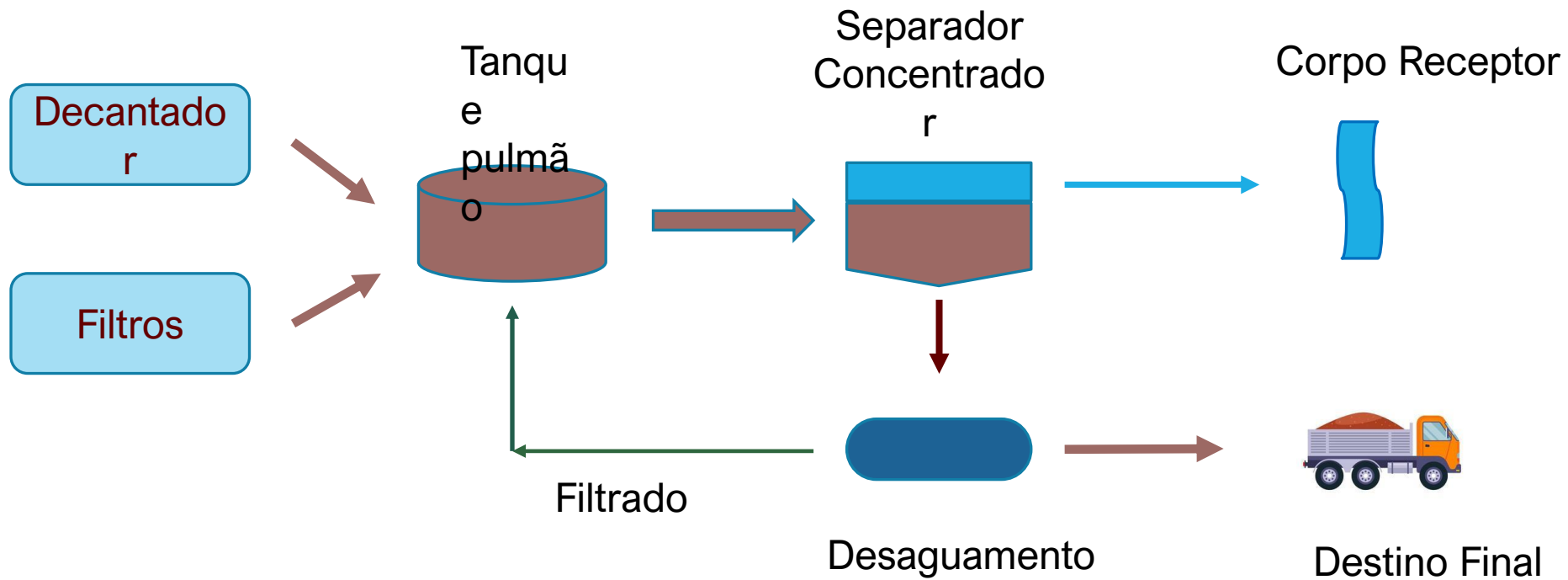
ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Transporte até uma ETE



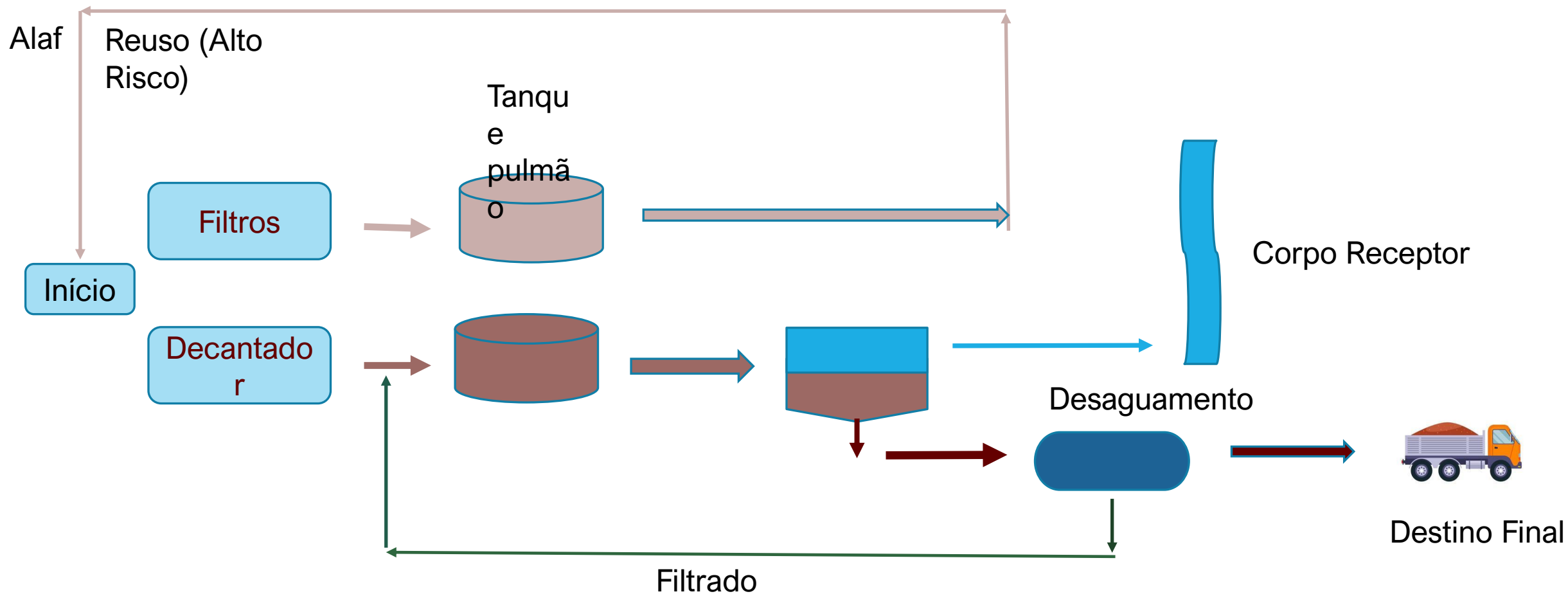
ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Tratamento por separação de fases



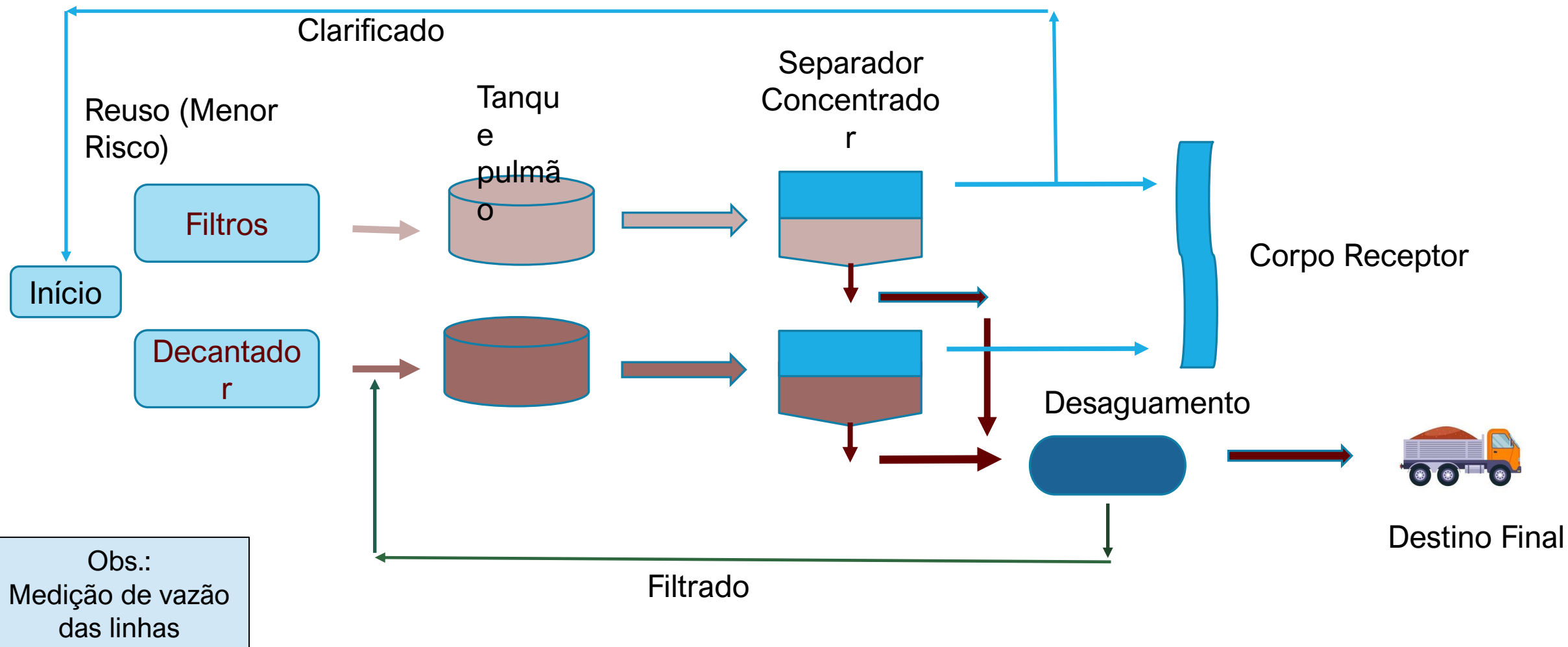
ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Tratamento por separação e reuso da ALAF



ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Tratamento por separação e reuso do Clarificado da ALAF



ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Fatores influentes para escolha da melhor Alternativa:

1. **Caracterizações e ensaios**: em escala de laboratório com objetivo de “prever” o comportamento lodo e desempenho das tecnologias adotadas. (Técnicas de amostragem e ensaios para a melhor representatividade);
2. **Estudo de alternativas** comparativos (Avaliações: Técnicas, Ambientais, Econômicas e Financeiras);
3. **Porte** da ETA, **localização** da ETA, **corpo receptor**;
4. **Custos** de Implantação e Operação;
5. **Tecnologias** apropriadas para cada caso;
6. Contratação e execução de **projetos** adequados (qualidade x prazo – termo de referência adequados);
7. **Cenários** (futuro): Legislação, gestão hídrica da bacia hidrográfica (quantidade e qualidade manancial), segurança da água, gestão dos resíduos.

SEPARAÇÃO DA FASES - RETIRADA DA ÁGUA DO LODO



Fonte: BF&Dias

RETIRADA DA ÁGUA DO LODO

Importância da forma de água dentro do floco

Água livre – água não associada aos sólidos: facilmente separada por sedimentação gravitacional simples;

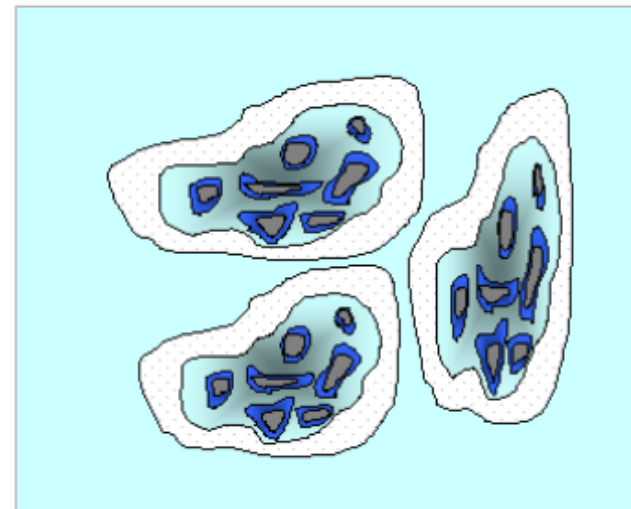
Água intersticial ou capilar – água presente no interior ou intimamente ligada aos flocos: liberada na quebra do floco, mediante força mecânica;

Água vicinal – associada às partículas sólidas/estrutura molecular da água/pontes de hidrogênio: Não removida por meios mecânicos;

Água de hidratação – água quimicamente ligada às partículas sólidas: liberada por destruição termoquímica das partículas.

❖ Tamanho de partículas – 10 a 20 μm

❖ Frações de água no lodo



■ Água de hidratação ligada à superfície das partículas

■ Água vicinal

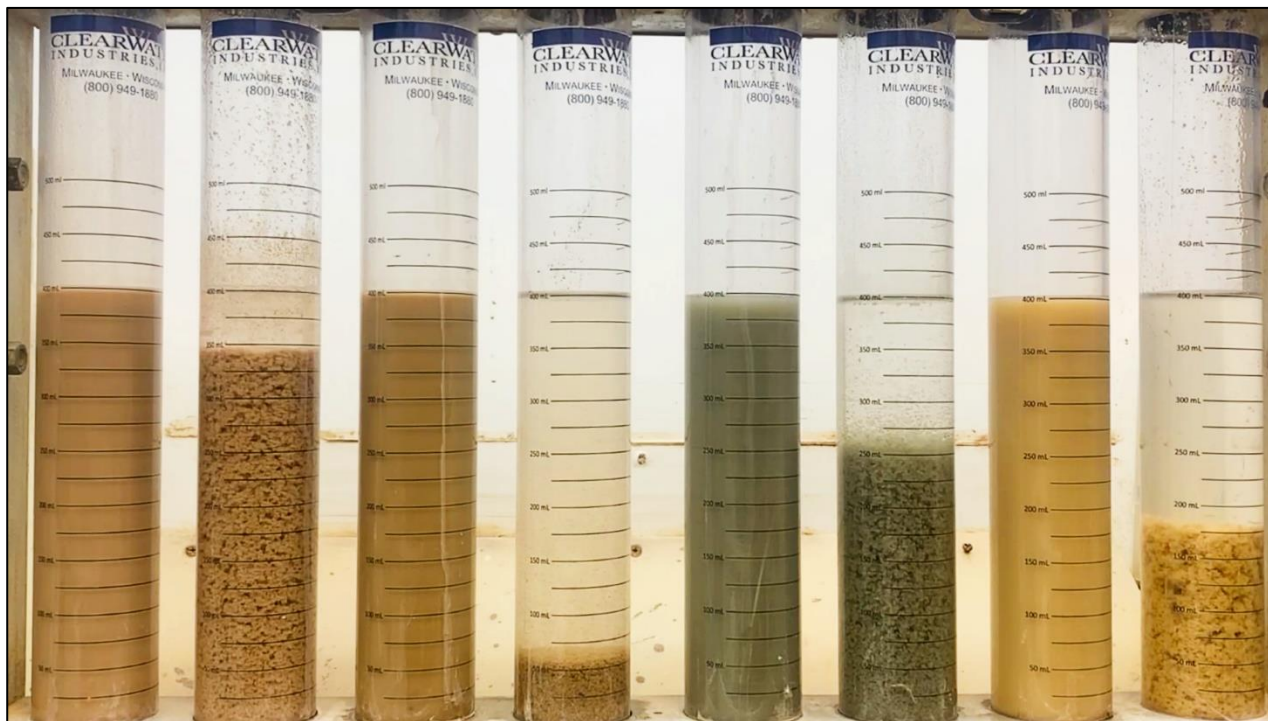
■ Água intersticial

■ Água livre

Fonte: Realli 99

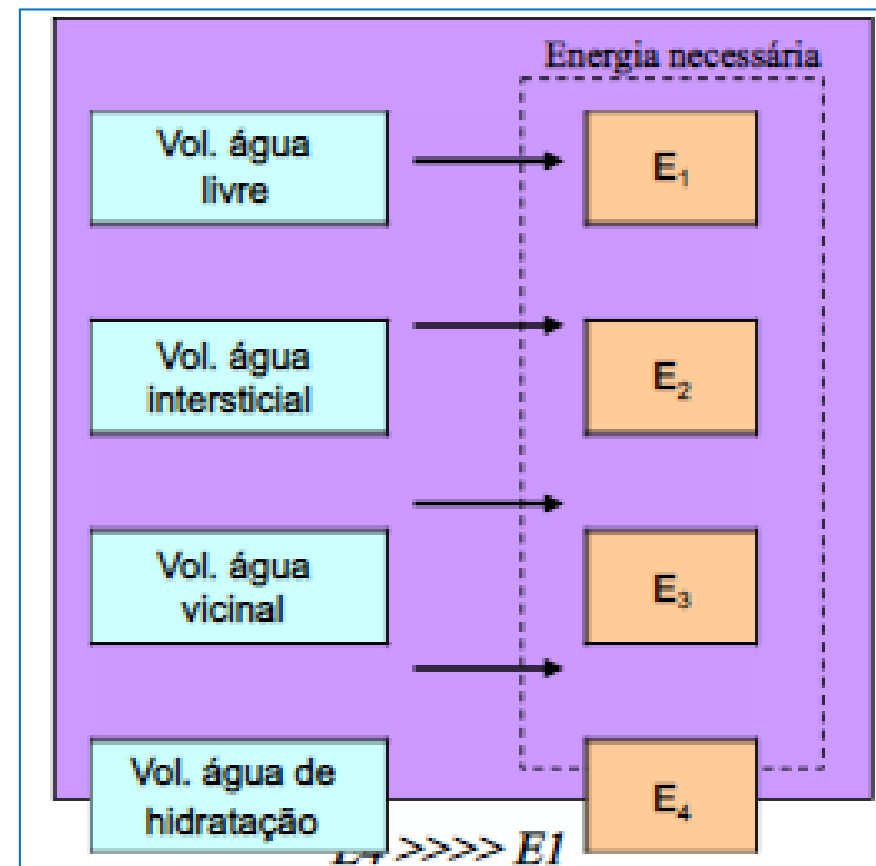
RETIRADA DA ÁGUA DO LODO

ESCOLHA ADEQUADA DE POLÍMEROS



Testes com diversos tipos de polímeros - Clearwater

ENERGIA PARA DESAGUAMENTO



Energia requerida para remoção dos diferentes volumes de água constituintes do lodo de ETAs. (Realli 99)

ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO

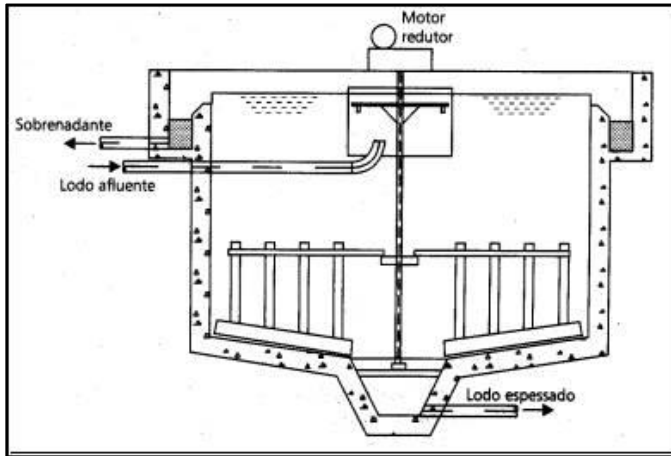
Vários são os métodos que podem ser utilizados nessa tarefa, podendo ser aplicados sistemas naturais ou mecânicos, como:

- **Adensadores;**
- **Lagoas de lodo;**
- **Leitos de secagem;**
- **Bags;**
- **Filtro-prensa;**
- **Centrífuga;**
- **Mesa ou prensa Desaguadora;**
- **Secadores; e**
- **Outros.**



ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO

ADENSADOR GRAVIMETRICO



Fonte: Unicamp

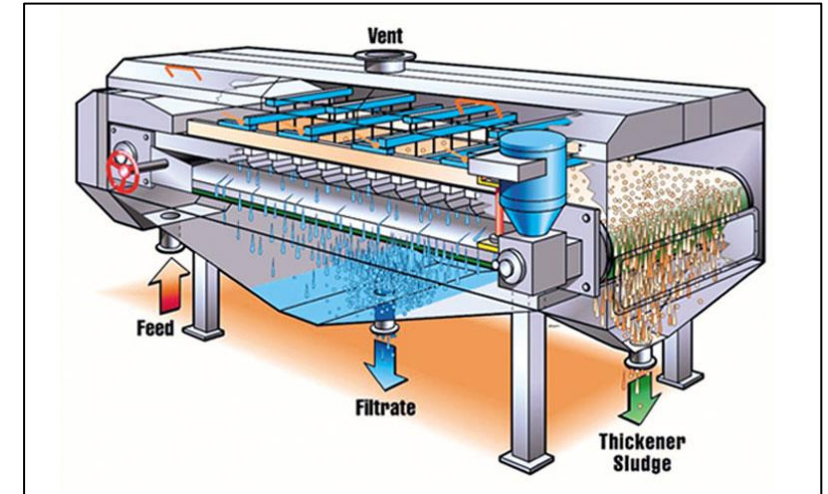


Fonte: Sigma

SEPARAR O LÍQUIDO DO SÓLIDO E CONCENTRAR OS SÓLIDOS



ADENSADOR MECÂNICO



Fonte: Filmedia



Tipo parafuso - Huber

ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO



Fonte: Cali Laguna Achon - UFSCar

LAGOAS DE LODO



Fonte: Soludraga



Fonte: Cristiano Carvalho/Caesb



ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO

LETOS DE SECAGEM



ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO



BAGS



ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO

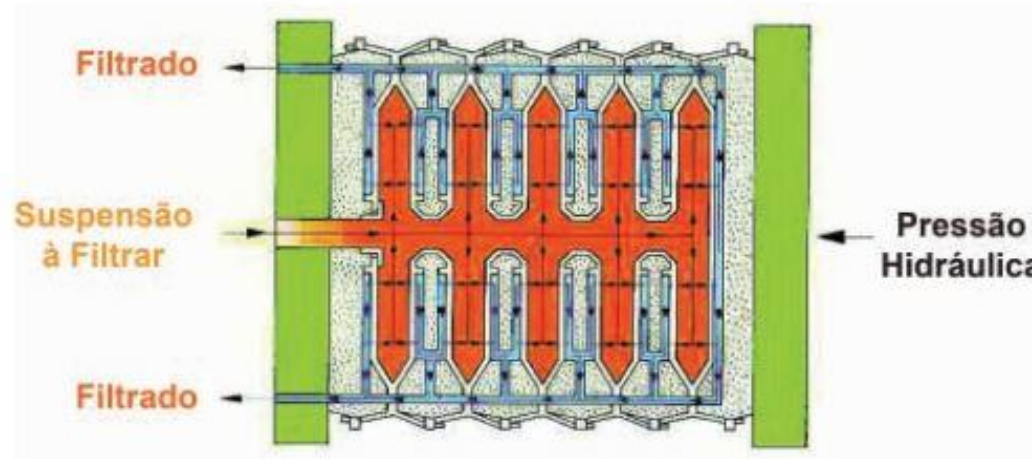


Fonte: Bomax

FILTROS PRENSA



Fonte: Portal Tratamento de
Água



ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO



**DECANTERS OU
CENTRÍFUGAS**



ALTERNATIVAS DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO

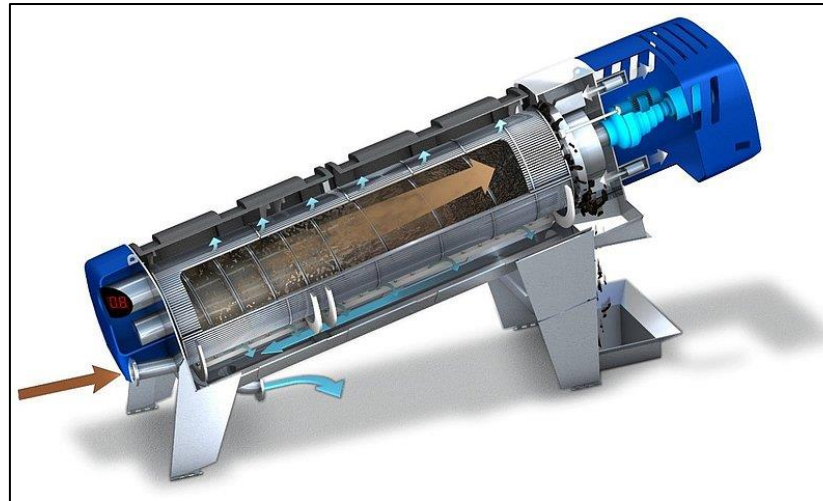
OUTROS EQUIPAMENTOS

Caçamba Especial
Drenante



Fonte: Salus
Engenharia

Screw Press



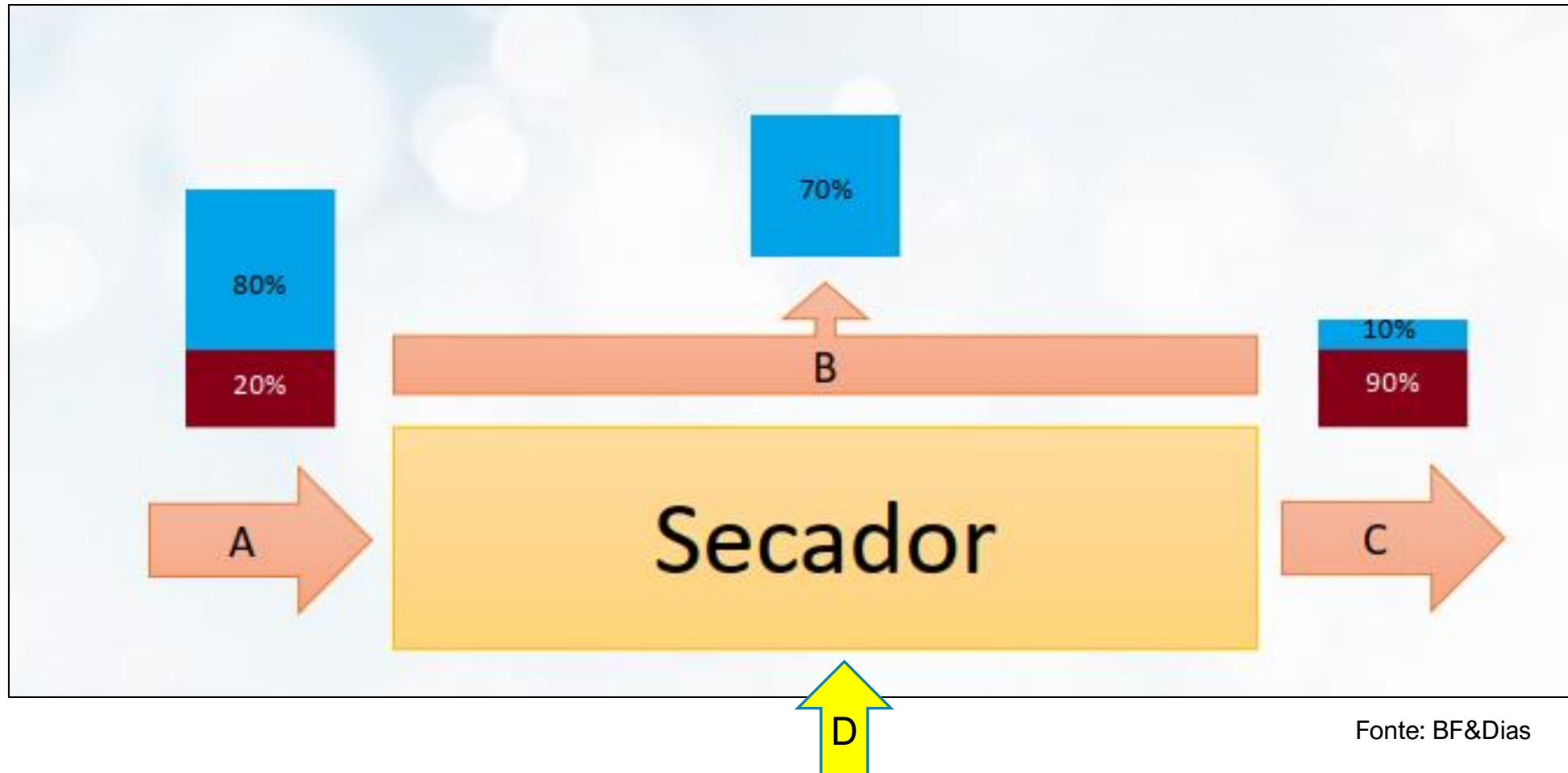
Fonte: Huber

Skid



Fonte: Pieralisi

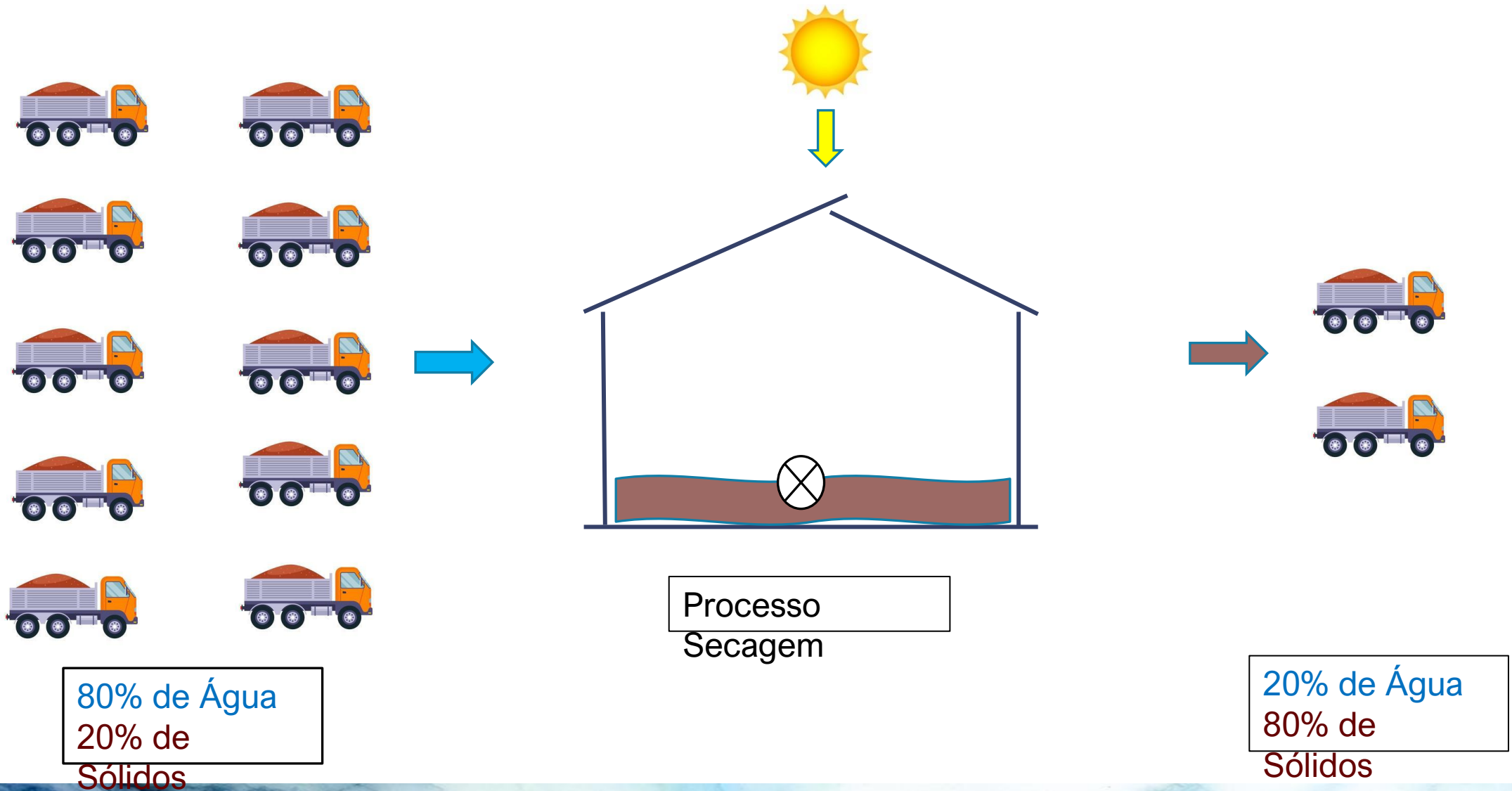
PROCESSO DE SECAGEM TÉRMICA



A = Lodo Úmido
B = Água
Evaporada
C = Lodo Seco
D = Energia

Fonte: BF&Dias

PROCESSO DE SECAGEM SOLAR



PROCESSO DE SECAGEM - SOLAR

■ O Electric Mole®

- Processos em batelada
- Produz lodo Classe A
- Totalmente automatizado*
- Simples e robusto
- Exigência baixa em construção civil
- Admite lodo adensado/desaguado
- Solução plug and play
- O Electric Mole pode operar em mais de uma linha de secagem
- A manutenção é realizada fora do leito de secagem



DISPOSIÇÃO FINAL OU REAPROVEITAMENTO DO LODO

- **Aterro Sanitário;**
- Aterro Próprio;
- Disposição no solo;
- Reuso Industrial;
- Incineração;
- Agricultura;
- Recuperação dos coagulantes;
- Material de cobertura para aterros sanitários;
- Impermeabilizantes;
- Construção Civil: Fabricação de tijolos, artefatos de concreto, clínquer de cimento, material



Fonte: UFRJ



Fonte: Redalyc



Fonte: Portal Saneamento Básico



Fonte:
FATEC



Nogales Internacional

REUSO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS – ATENÇÃO

Não há legislação específica no Brasil para o retorno da água de lavagem dos filtros/descargas dos decantadores ou de efluentes do tratamento de lodo ao início da ETA:

- Qual água reutilizar:
- Clarificado da água de lavagem dos filtros?
- Clarificado das descargas dos decantadores?
- Clarificado de adensamento e desaguamento?
- Qual qualidade requerida ?
- Qual vazão máxima x vazão da ETA?
- Qual o melhor ponto da ETA para retornar?
- Quais parâmetros monitorar para segurança?



Fonte: Angela Di Bernardo

REUSO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS

Porquê Reutilizar!

- A escassez hídrica
- Custo energético
- Diminuição das perdas no processo de tratamento - Redução perdas gerais
- Paralisação do lançamento in natura nos corpos d'água (exigência ambiental)

Porquê Não Reutilizar!

- O clarificado atende aos padrões de lançamento e não desenquadra o corpo d'água
- Aumento do Risco Microbiológico e do Risco Químico
- Diminuição das perdas no processo de tratamento - Depende do bom projeto e da operação eficiente Sistema
- Custos adicionais de monitoramento (Ex.: Giardia e Criptosporidium)

BENEFÍCIOS X
RISCOS



Fonte: Ângela Di Bernardo

REUSO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS

Tomada Decisão: Avaliar Riscos e Benefícios

- Avaliação da qualidade da água bruta (manancial) – histórico (Giardia – Cryptosporidium);
- Normas e experiências Internacionais: Máximo 10% da vazão da ETA – Turbidez e SST;
- Reutilizar somente o Clarificado da Água de Lavagens dos Filtros (mais seguro);
- Monitoramento da água reutilizada (parâmetros físicos, químicos e microbiológicos);
- Prevenir a contaminação na fonte de água – Cuidar dos mananciais;
- Remover/reduzir a contaminação no tratamento de água (múltiplas barreiras);
- Tanque de equalização de vazão para água de recirculação;
- Existência de um sistema de tratamento de resíduos.



EXEMPLOS



ETA TIAÇUPEBA – INFORMAÇÕES GERAIS

INAUGURADA EM MARÇO DE 1992,

COM FORNECIMENTO DE 10 M³/S PARA BAIRROS DA ZONA LESTE DE SÃO PAULO

CONTRATO ASSINADO PARA AMPLIAÇÃO EM 2008, DE 10 **PARA 15 M³/S**

4,5 MILHÕES DE HABITANTES BENEFICIADOS DA ZONA LESTE E DE 9 MUNICÍPIOS DA GRANDE SÃO PAULO, 1.500 EMPREGOS DIRETOS/INDIRETOS GERADOS

EQUIPAMENTO PIERALISI JUMBO 3



FORNECIMENTO DE 6X JUMBO 3

CAPACIDADE DE TRATAMENTO DE 180 M³/H DE LODO

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS – 93%

CONSUMO DE POLÍMERO – 8Kg/ Ton SST



EXEMPLOS

ETA JUTURNAÍBA – INFORMAÇÕES GERAIS

CAPACIDADE DE TRATAMENTO **DE 1.100 L/S**

MUNICÍPIOS ATENDIDOS: SAQUAREMA, SILVA JARDIM E ARARUAMA

97% DA POPULAÇÃO RECEBE ÁGUA TRATADA



 **PIERALISI**
CIRCULAR THINKING

EQUIPAMENTOS SKID MAIOR 1 + SKID MAIOR 3 + JUMBO 4

FORNECIMENTO DE 1X SKID DE MAIOR1 + 1X SKID MAIOR 3 E 1X JUMBO 4

CAPACIDADE DE TRATAMENTO DE 55 M³/H DE LODO

SST NO LODO DESIDRATADO – 30% SST

O LODO DESIDRATADO É REAPROVEITADO NA CONFEÇÃO DE TIJOLOS

CONSUMO DE POLÍMERO – 8Kg/ Ton SST



EXEMPLOS



EQUIPAMENTO PIERALISI

FORNECIMENTO DE 1X MAIOR 1

CAPACIDADE DE TRATAMENTO **DE 5,5 M³/H DE LODO**

CLIENTE POSSUI CONTRATO DE MANUTENÇÃO COM A PIERALISI



NOVELIS – INFORMAÇÕES GERAIS

UMA DAS LÍDERES EM RECICLAGEM E PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO

GRUPO POSSUI CERCA DE 12.690 FUNCIONÁRIOS EM 9 PAÍSES

+82 BILHÕES DE LATAS RECICLADAS POR ANO



EXEMPLOS



EQUIPAMENTO PIERALISI JUMBO 2 E JUMBO 3

FORNECIMENTO DE 1X JUMBO 2 E 1X JUMBO 3

CAPACIDADE DE TRATAMENTO DE **50 M³/H DE LODO**

CLIENTE POSSUI SISTEMAS DE ESPESSAMENTO DE LODO PIERALISI

CLIENTE POSSUI CONTRATO DE MANUTENÇÃO PIERALISI



CBA – INFORMAÇÕES GERAIS

PRODUTORA DE ALUMÍNIO TOTALMENTE INTEGRADA NA CADEIA PRODUTIVA

PRODUZEM O ALUMÍNIO DO INÍCIO AO FIM

COMPROMETIMENTOS COM A COMUNIDADE:

- MELHORIA NA EDUCAÇÃO PÚBLICA;
- FOMENTO À GERAÇÃO DE RENDA E FORTALECIMENTO DE CADEIAS PRODUTIVAS;
- ENGAJAMENTO E EMPODERAMENTO DAS COMUNIDADES.



EXEMPLOS



Dados do projeto

- Cliente: Consórcio Construtor São Lourenço - **SABESP**
- Escopo: Estação de Tratamento de Água para abastecimento da zona oeste de São Paulo – **ETA Vargem Grande**
- Vazão de tratamento: **6 m³/s**;
- População atendida: 2 milhões
- Geração de lodo: **2853 m³/dia**
- Vazão de sólidos: **14267 kg/h**

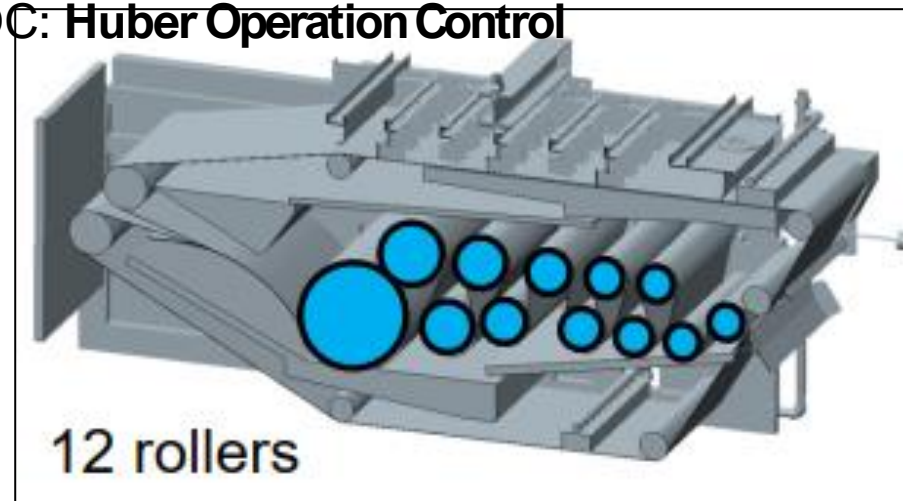


ETA Vargem Grande - Sabesp

Modelo do equipamento: **Bogenpress BS (Combi-System)**

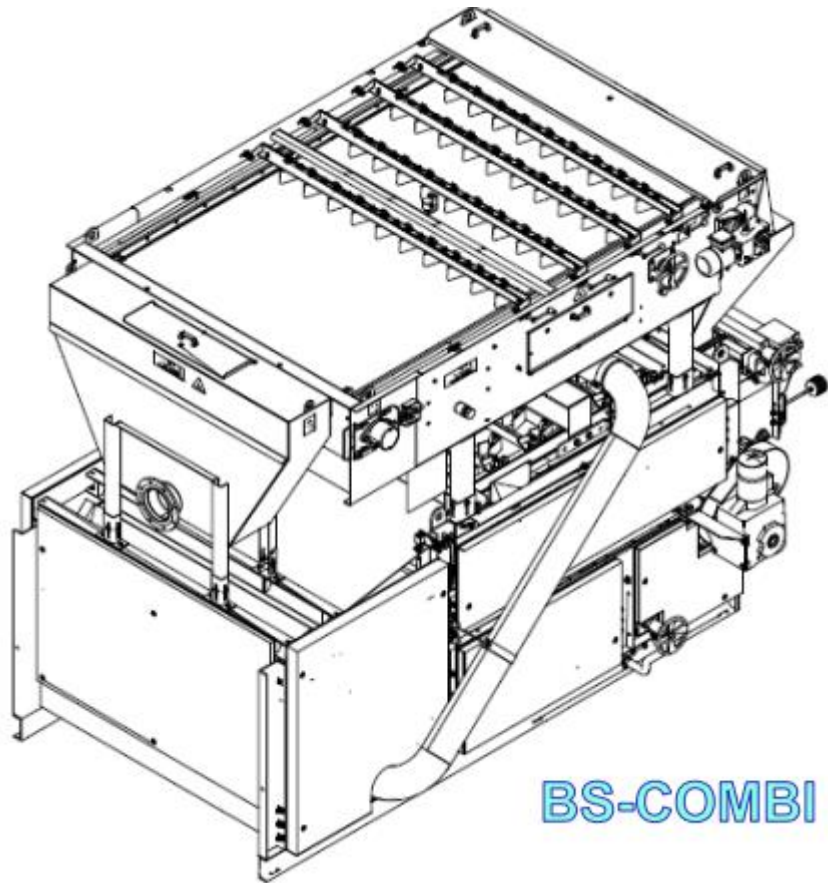
181-12, largura da cinta: 1.8 m

- Quantidade: 3
- Teor de sólidos lodo bruto: 0,5 a 3%;
- Teor de sólidos lodo desaguado: > 25 %;
- Grau de separação: 95%
- HOC: **Huber Operation Control**



HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions

EXEMPLOS



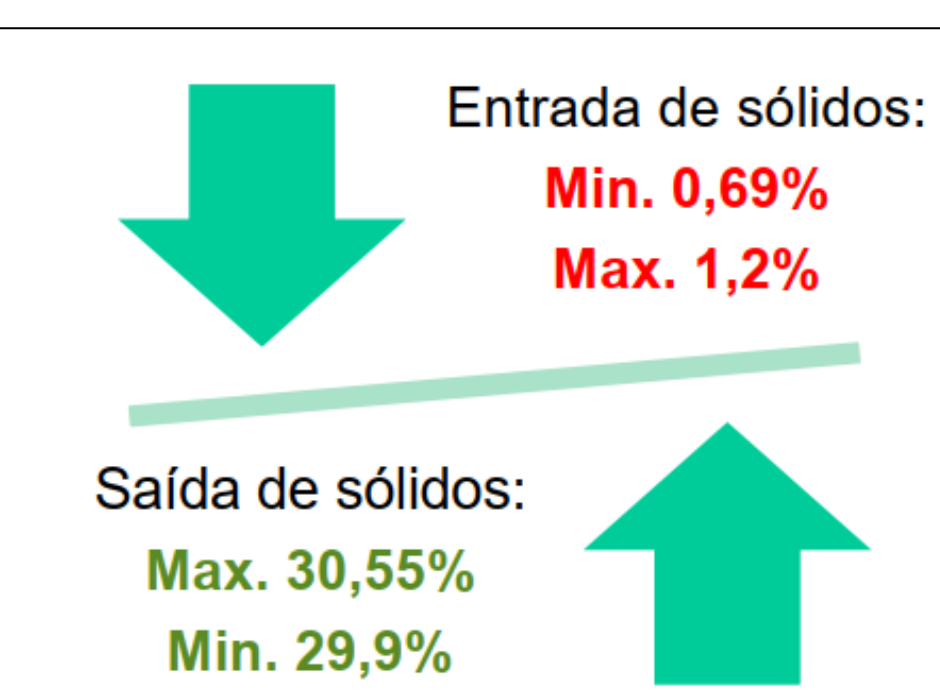
Saída do BS-Combi, com destaque para a bomba de transporte de lodo desaguado da Netzsch



Vista do sistema de tratamento de lodo

EXEMPLOS

Resultados Alcançados no comissionamento



Tanque de lodo bruto, antes do sistema de adensamento e desaguamento – BS-COMBI



Caçamba de armazenamento de lodo desaguado, após o sistema BS-COMBI

EXEMPLOS

Sistema de Tratamento de Lodo – Limeira

Vazão: ~ 1,0 m³/s



Foto: Google



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ **Geração:** Depende do tipo manancial e do processo utilizado (Qualidade de água bruta + Produtos Químicos utilizados, Controle Operacional Eficiente);
- ✓ **Elaboração de Projeto adequado:** Com estudos de concepção e ensaios de laboratório previamente;
- ✓ **O descarte em corpo receptor “in natura”:** Prejudica o meio ambiente, fere a legislação;
- ✓ **Diversas alternativas para tratamento:** Separação dos Sólidos da água (Inúmeras tecnologias disponíveis);
- ✓ **Diversas opções para a disposição:** Distância, transporte, custos, impactos;
- ✓ **Reutilização dos resíduos gerados:** Reaproveitamento e redução de custos – Inovação x pesquisa;
- ✓ **Reuso da água:** Depende da segurança, tecnologia, estudo econômico-financeiro (Avaliar: Benefícios x Riscos);
- ✓ **Operação dos Sistemas Existentes:** Pessoal qualificado, treinado para a correta operação e manutenção;
- ✓ **Cuidado com os Mananciais:** Dar uma importância maior a preservação e recuperação dos mananciais.

OBRIGADO



CONSULTORIA EM
SANEAMENTO