



# 1º Fórum Técnico

ETEs Sustentáveis

Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto

Realização:



**inct**  
ETEs Sustentáveis



**CREA-MG**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



## Parte 6: Qualidade do efluente

*Paulo Gustavo de Almeida, Thiago Bressani Ribeiro, Bruno da Silva, Lariza Azevedo, Carlos Chernicharo*





# Tópicos de interesse

Tópicos de interesse	Nota Técnica correspondente
1. Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão	Parte 2: Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão (BRESSANI-RIBEIRO <i>et al.</i> , 2018);
2. Gerenciamento de espuma	Parte 3: Gerenciamento de lodo e espuma (LOBATO <i>et al.</i> , 2018);
3. Gerenciamento de lodo	
4. Corrosão e emissões odorantes	Parte 4: Controle de corrosão e emissões odorantes (BRANDT <i>et al.</i> , 2018);
5. Biogás e emissões fugitivas de metano	Parte 5: Biogás e emissões fugitivas de metano (POSSETTI <i>et al.</i> , 2018);
6. Qualidade do efluente	Parte 6: Qualidade do efluente (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2018).

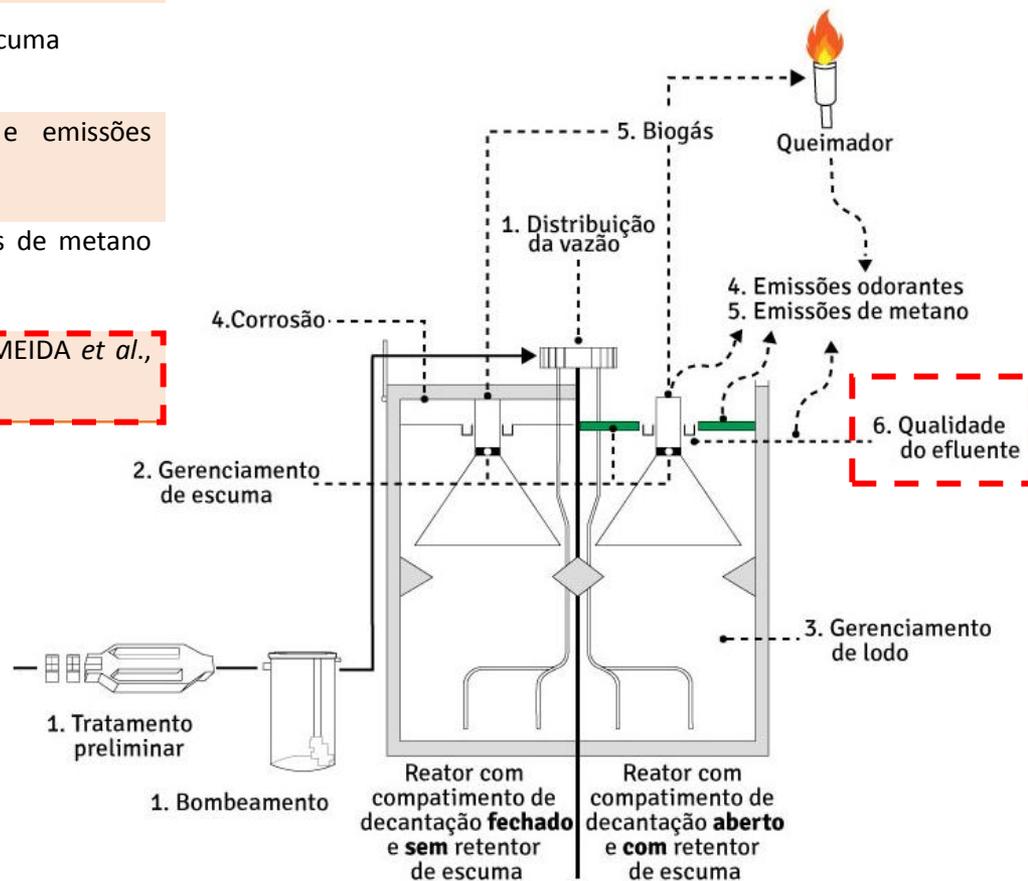
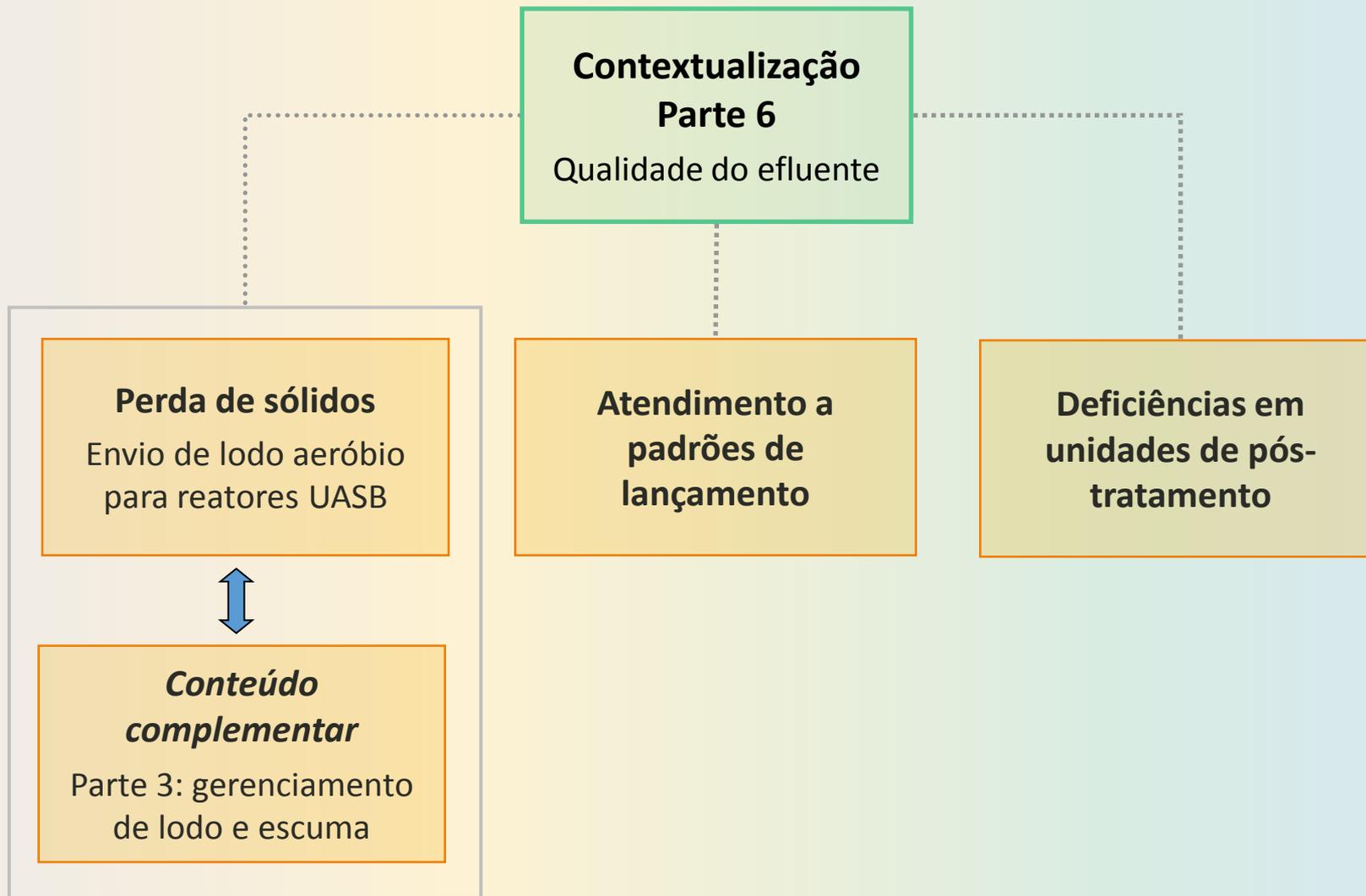


Figura 1 - Tópicos de interesse para o aprimoramento de reatores UASB





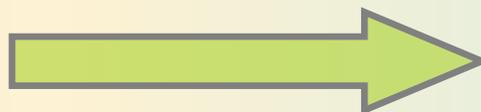
## QUALIDADE do efluente



Controle da perda de sólidos



**Compatibilização** da produção efetiva de lodo na ETE

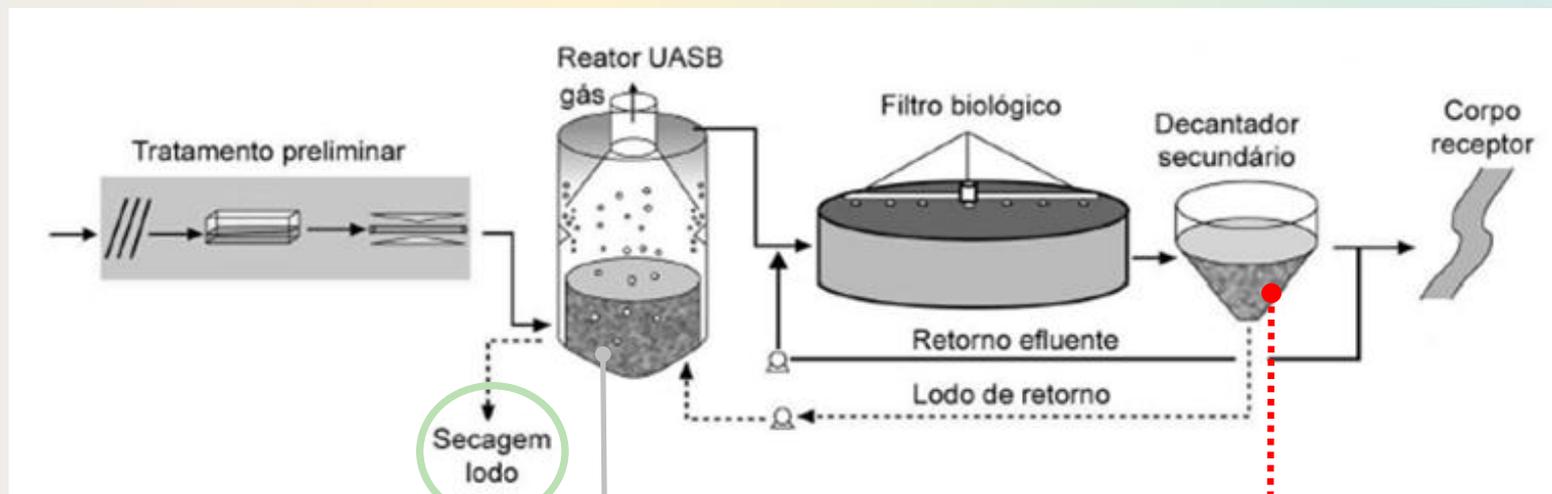


**Dimensionamento** das unidades de gerenciamento da fase sólida

✓ **NT 3: Qual a produção efetiva de lodo tem sido considerada no dimensionamento da etapa de desaguamento, quando o envio do lodo aeróbio para reatores UASB é praticado?**



# Introdução



0,10 - 0,20  
kgSST/KgDQO aplicada

**Crescimento do lodo  
MISTO**

0,75-0,85  
kgSST/KgDBO removida

✓ Impacto mais provável: aumento da concentração de sólidos no efluente



## IMPACTOS NEGATIVOS RESULTANTES NA ETAPA DE PÓS-TRATAMENTO (Sistemas compactos)

**Filtros biológicos  
percoladores**

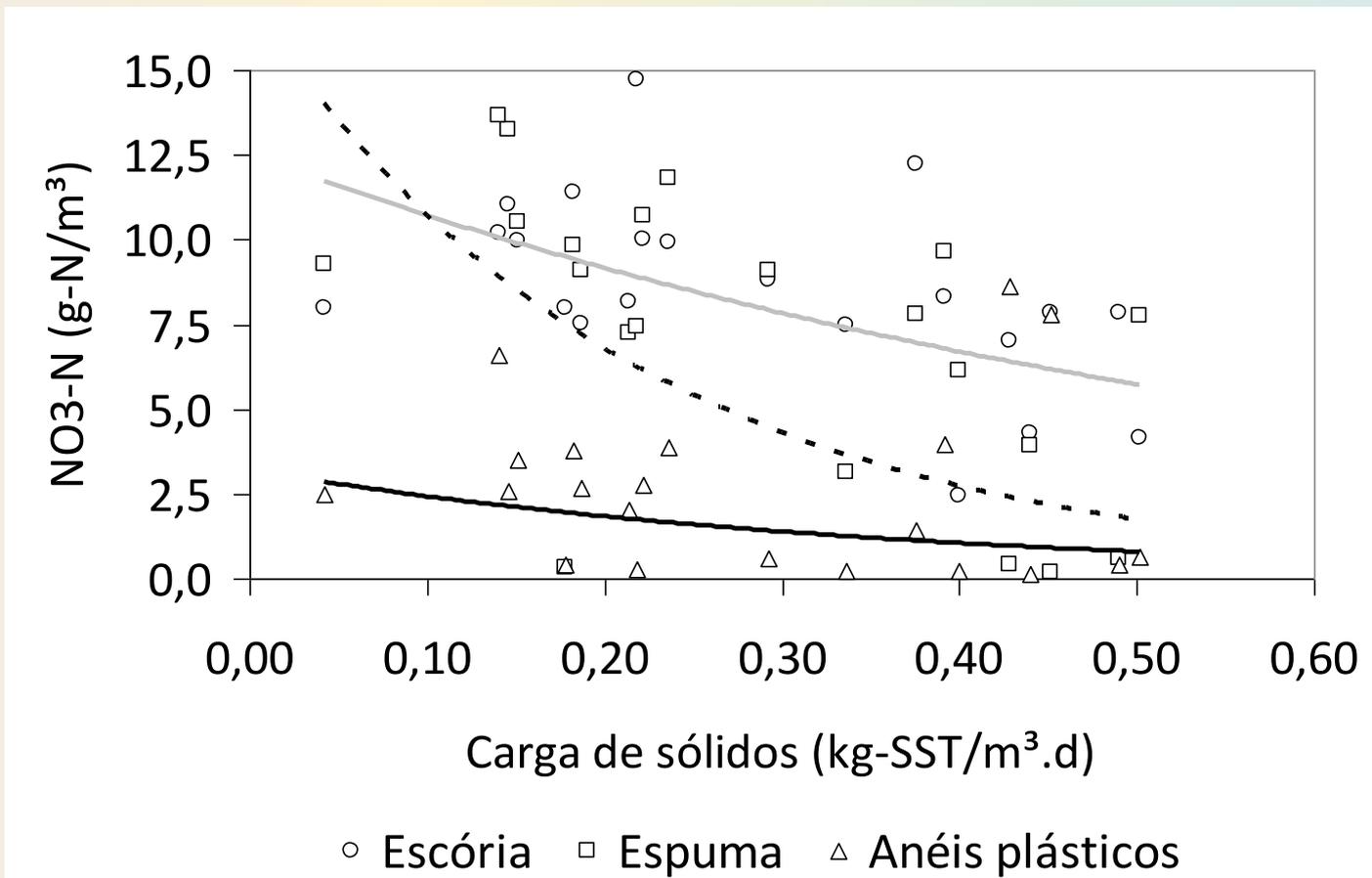


**Resistência à transferência de massa  
para o biofilme: perda de desempenho  
do processo biológico**

**Lodos ativados**



**Redução do tempo de residência da  
biomassa aeróbia no tanque de aeração**





## IMPACTOS NEGATIVOS RESULTANTES NA ETAPA DE PÓS-TRATAMENTO (Sistemas compactos: **CASOS EXTREMOS**)

**Filtros biológicos  
percoladores**



**Colmatação do meio suporte**

**Lodos ativados**



- (i) Elevação de cargas orgânicas**
- (ii) Requisitos de oxigênio (maior consumo de energia - aeração)**



### Outros fatores que afetam a qualidade do efluente (atendimento a padrões de qualidade)

#### Sobrecargas hidráulicas/picos de vazão:

- ✓ Aporte de águas pluviais (infiltrações e/ou contribuições parasitárias)
- ✓ Problemas operacionais em elevatórias

#### Remoção de nitrogênio, fósforo e surfactantes

- ✓ Reatores UASB: fundamentalmente não concebidos para a remoção de nutrientes e surfactantes
- ✓ Pós-tratamento: Deficiências e falhas operacionais podem resultar no não atendimento a padrões de qualidade

# Problemas e possíveis aprimoramentos relacionados à perda de sólidos no efluente anaeróbico





## Excesso de lodo no interior dos reatores UASB

### Origem

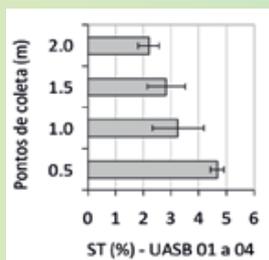
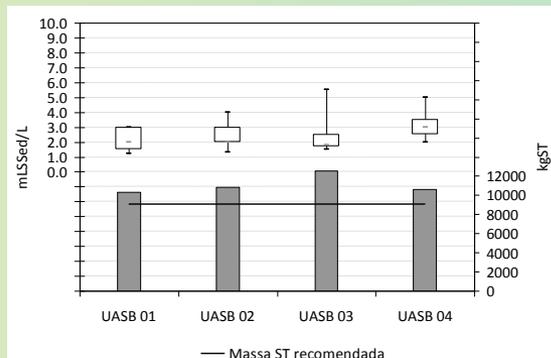
Massa de lodo acima da recomendada



- Baixa capacidade do sistema de desaguamento do lodo
- Falta de protocolos sistematizados de descarte do lodo (Parte 3)

### Problemas

- Elevadas concentrações de sólidos no compartimento de digestão e no efluente anaeróbio



### Possíveis aprimoramentos

#### Projeto

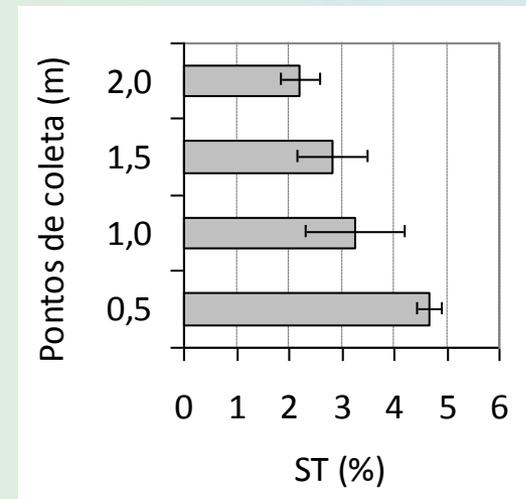
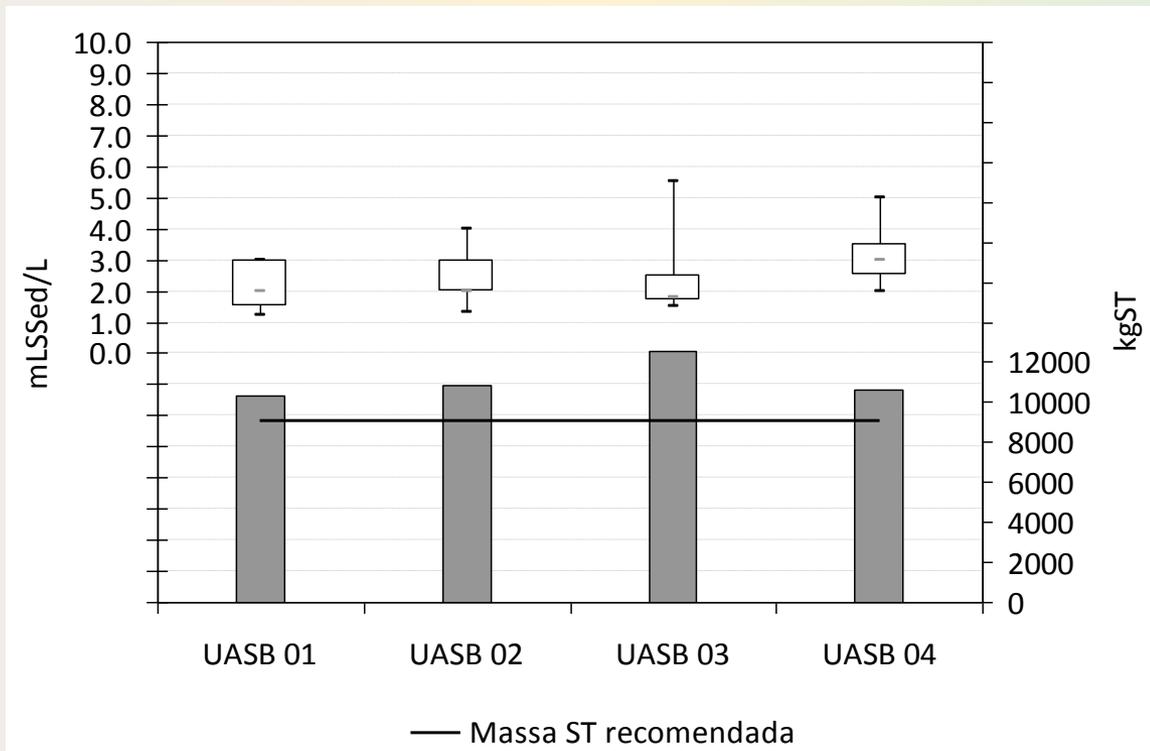
- Previsão pontos de amostragem da fase sólida no compartimento de digestão

#### Sistematização operacional

- Controle simultâneo da fase líquida e sólida (utilização dos dados operacionais gerados)
- Definir o crescimento efetivo do lodo → compatibilização com o desaguamento



# Perda de sólidos com o efluente anaeróbico

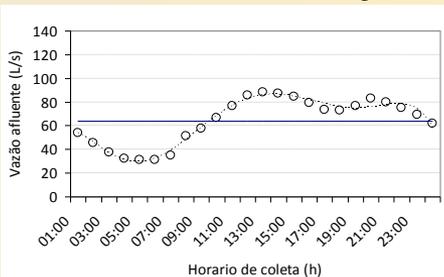




## Rotina inadequada de envio de lodo aeróbio

### Origem

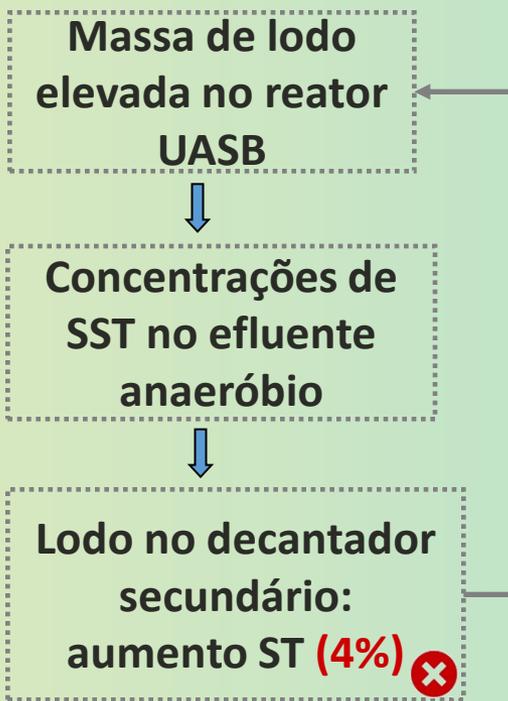
- Falta de protocolos sistematizados para o envio de lodo de unidades de pós-tratamento a reatores UASB
- Exemplo: Envio de lodo concentrado em períodos de elevada vazão afluente*



Sedimentabilidade do lodo aeróbio? **Causa improvável** ❌

### Problemas

- Passivo de lodo no sistema: *elevação crescente e cíclica*



### Possíveis aprimoramentos

#### Projeto

- Definir o crescimento efetivo do lodo → compatibilização com o desaguamento

#### Sistematização operacional

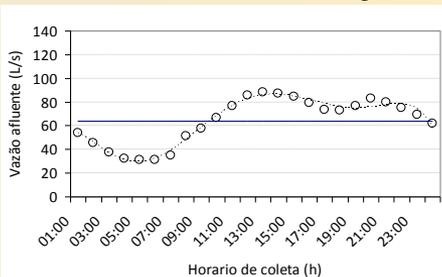
- Fundo do reator UASB:** Lodo mais concentrado
- Parte superior do compartimento de digestão:** Baixas concentrações de lodo
- Decantadores secundários:** lodo - ST  $\approx 1,0\%$  ✅



## Rotina inadequada de envio de lodo aeróbio

### Origem

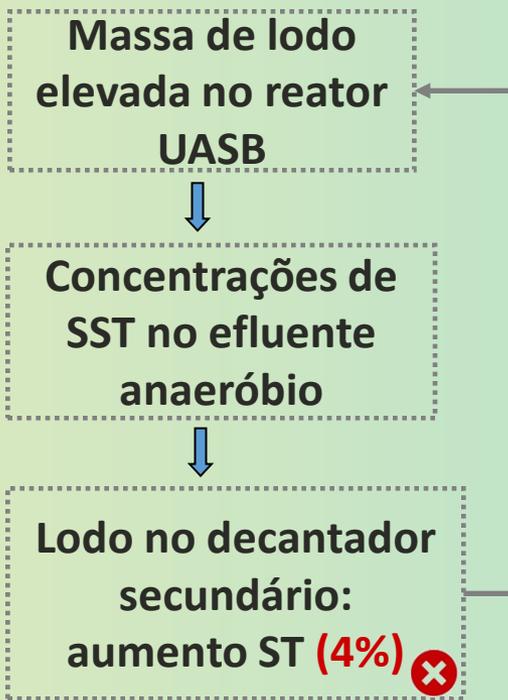
- Falta de protocolos sistematizados para o envio de lodo de unidades de pós-tratamento a reatores UASB
- Exemplo: Envio de lodo concentrado em períodos de elevada vazão afluente



Sedimentabilidade do lodo aeróbio? **Causa improvável** ❌

### Problemas

- Passivo de lodo no sistema: *elevação crescente e cíclica*

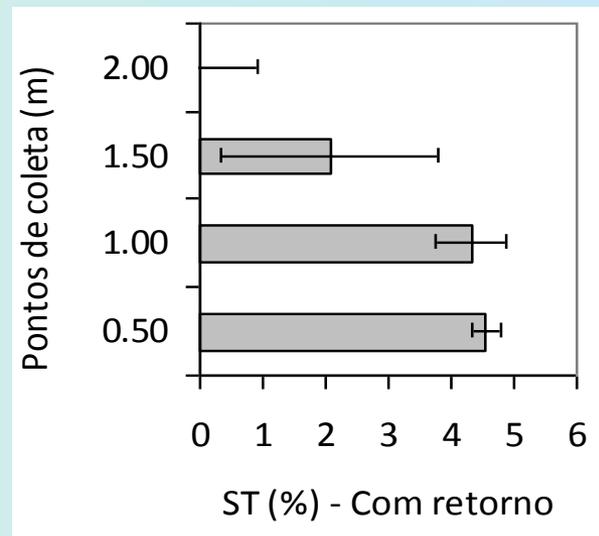


### Possíveis aprimoramentos

#### Projeto

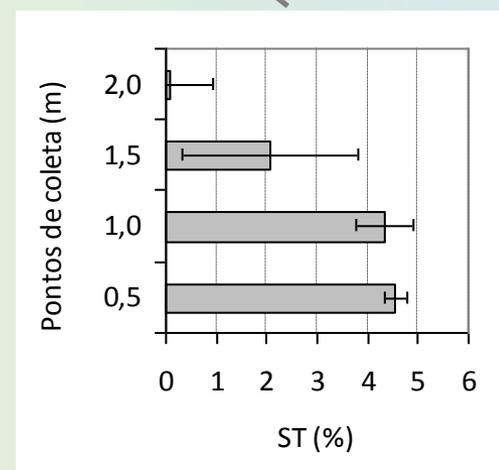
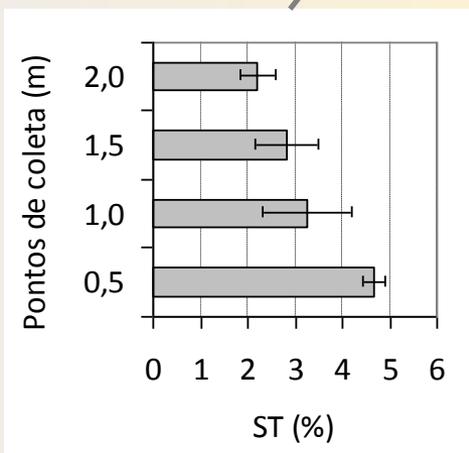
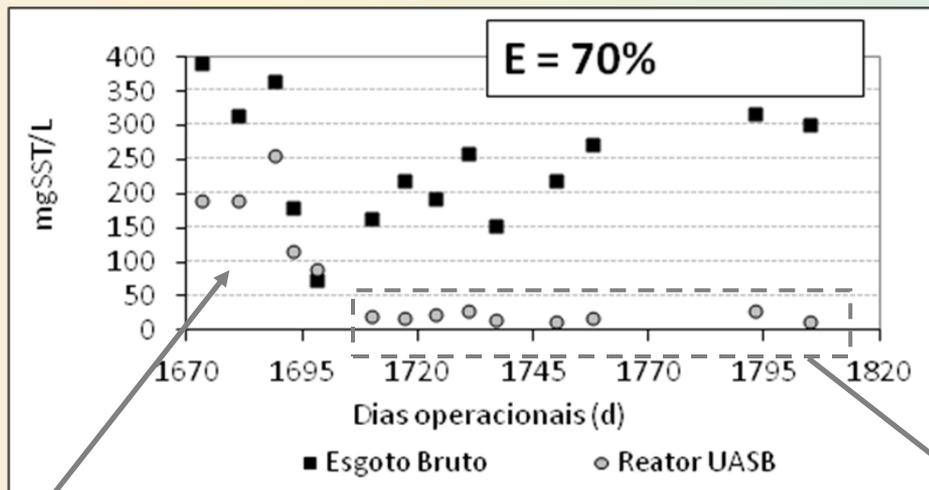
- Definir o crescimento efetivo do lodo → compatibilização com o desaguamento

#### Sistematização operacional





# Perda de sólidos com o efluente anaeróbio





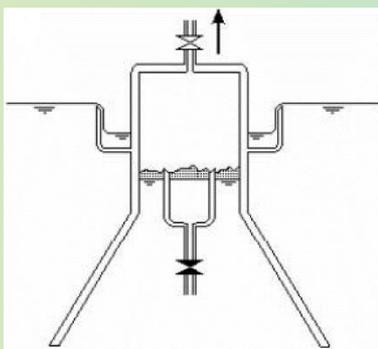
## Fuga de gases do interior do separador trifásico

### Origem

- Falta da remoção sistemática, espessamento e solidificação da camada de espuma

### Problemas

- Bloqueio integral da interface de liberação dos gases no compartimento de biogás
- Redução da capacidade de sedimentação de sólidos no reator UASB



### Possíveis aprimoramentos

- Manutenção sistemática da frequência de descarte de espuma (1 x semana): garantir a fluidez na interface líquido-canaleta de coleta



## Acúmulo de espuma no compartimento de decantação de reatores UASB

### Origem

- Desnívelamento de vertedores instalados nas canaletas de saída do efluente anaeróbio

### Problemas

- Acúmulo progressivo de espuma em zonas de menor vazão pelos vertedores
- Elevação das concentrações de sólidos no efluente anaeróbio



### Possíveis aprimoramentos

- Nivelamento de canaletas: observação de vazões irregulares em vertedores
- Verificar distribuição de vazões entre reatores



## Sobrecargas hidráulicas e picos excessivos de vazão

Origem	Problemas	Possíveis aprimoramentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Intrusão excessiva de águas pluviais ao sistema de tratamento</li><li>• Vazões de bombeamento incompatíveis com vazões médias e máximas previstas em projeto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Expansão excessiva da manta de lodo por elevação de velocidades ascensionais</li><li>• Comprometimento da capacidade de sedimentação de sólidos no reator UASB</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilização de bombas com variadores de velocidade</li><li>• Implantação de extravasores</li></ul>

# Problemas e possíveis aprimoramentos relacionados ao atendimento a padrões de lançamento





## Legislações brasileiras



CONAMA 430/2011



COPAM/CERH-MG nº 01/2008

- Limites de lançamento para concentrações de matéria orgânica
- Nitrogênio total, fósforo e surfactantes: limites estabelecidos para casos específicos (ex. lançamento de efluentes e ambientes lênticos)

## Tratamento anaeróbio

- ✓ Importante papel na redução de cargas orgânicas provenientes do esgoto
- ✗ Limitações → atendimento aos requisitos de lançamento em corpos receptores



## Remoção de matéria orgânica

### Origem

- Inadequações de projeto, construção e operação

### Problemas

- Piora da qualidade do efluente em função da perda de sólidos com o efluente



### Possíveis aprimoramentos

- Remoção complementar de matéria orgânica em FBP's de alta carga (eficiência global de remoção de MO >85%)





## Remoção de compostos nitrogenados

### Origem

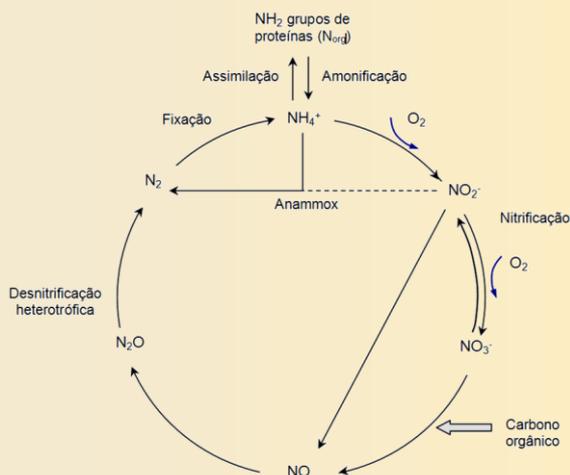
- Limitação inerente ao processo de digestão anaeróbia

### Problemas

- As transformações de compostos nitrogenados não resultam em remoção de N-amoniaco ou nitrogênio

### Possíveis aprimoramentos

- Pós-tratamento em FBPs de baixa carga ( $<0,24\text{kgDBO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ )
- Alternativa: adoção de FBPs com meio suporte baseado em espuma de poliuretano

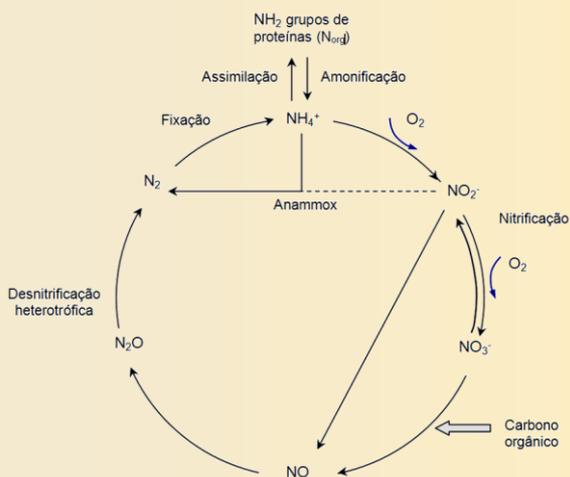




## Remoção de compostos nitrogenados

### Origem

- Limitação inerente ao processo de digestão anaeróbia



### Problemas

- As transformações de compostos nitrogenados não resultam em remoção de N-amoniacal ou nitrogênio

### Possíveis aprimoramentos

- Utilização de sistemas de pós-tratamento associados à aplicação no solo:
  - ✓ Fertirrigação e/ou recarga de aquíferos





## Remoção de surfactantes

### Origem

- Presença de substâncias tensoativas ou surfactantes em produtos de limpeza e higiene pessoal

### Problemas

- Formação de espuma ao longo do processo de tratamento ou no ponto de lançamento do efluente no corpo receptor



### Possíveis aprimoramentos

- Adoção de uma tecnologia de pós-tratamento aeróbia (degradação LAS > 99%)
- Lançamento submerso do efluente, objetivando reduzir condições turbulentas precursoras da formação de espuma



## Remoção de fósforo

### Origem

- Limitação inerente ao processo de digestão anaeróbia

### Problemas

- A remoção de fósforo em reatores anaeróbios é bastante restrita

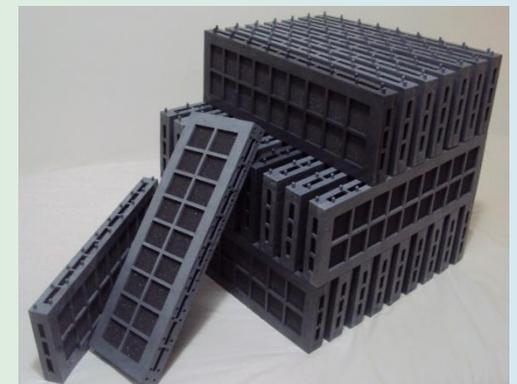
### Possíveis aprimoramentos

- Adoção de uma tecnologia de pós-tratamento de efluentes de reatores UASB visando à remoção de fósforo, destacam-se os **físico-químicos**

**Desafios** inerentes à **remoção biológica** de fósforo em efluentes de reatores UASB:

- Relação P/DQO superior aos valores desejados para desempenhos elevados
- Liberação de fósforo sob condições anaeróbias (encaminhamento de lodo para adensamento e digestão)

# Problemas e possíveis aprimoramentos em unidades de pós-tratamento *(Filtros Biológicos Percoladores)*





## Distribuição do efluente

### Origem

### Problemas

### Possíveis aprimoramentos

Má distribuição e obstrução de orifícios



Paralisação de distribuidores



- Molhamento não equânime do meio suporte
- Parte do FBP alimentado com maiores cargas orgânicas (fração particulada)
- Colmatações e empoçamentos





## Distribuição do efluente

### Origem

### Problemas

### Possíveis aprimoramentos

Má distribuição e obstrução de orifícios



Paralisação de distribuidores



- Molhamento não equânime do meio suporte
- Parte do FBP alimentado com maiores cargas orgânicas (fração particulada)
- Colmatações e empoçamentos



### Medida corretiva

- Reposicionamento de orifícios

### Projeto e operação

- Observar condições de eficiência de molhamento  
→ **Manter taxas de aplicação superficiais conforme projeto**
- Uso de recirculação do efluente final ou sistemas motorizados



## Granulometria (meio suporte: leito de pedras)

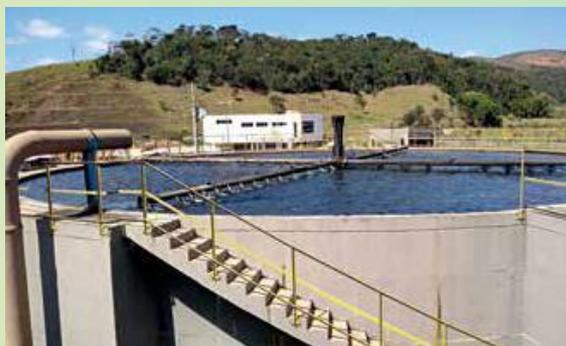
### Origem

- Desafios no controle de qualidade: granulometria recomendada (50-100 mm diâmetro)
- Presença de materiais finos



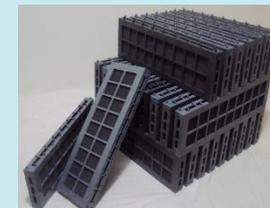
### Problemas

- Redução do índice de vazios: colmatação do leito
- Caminhos preferenciais
- Limitações para a aeração do leito



### Possíveis aprimoramentos

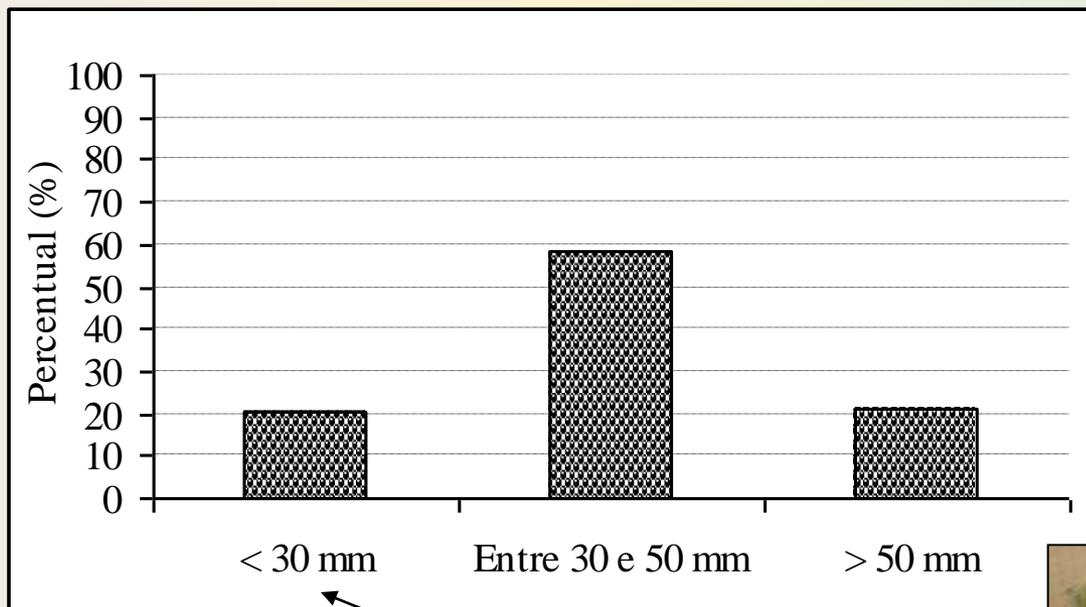
- Rigor no recebimento e na classificação do material *em campo*
- Colocação do material no tanque, evitando a fragmentação dos elementos de pedra



**Materiais de enchimento sintéticos  
(meios plásticos; espuma)**



## Granulometria (meio suporte: leito de pedras)





## Escolha do meio suporte e desempenho

Origem	Problemas	Possíveis aprimoramentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Maior área superficial específica → maior desempenho</li></ul> <p style="text-align: center;"></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Não observação do molhamento efetivo do meio suporte</li><li>• Cargas orgânicas aplicadas em incompatibilidade com os requisitos associados ao meio suporte</li></ul>	<p><b>Meios suportes com área específica elevada</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Obtenção de desempenho abaixo do esperado para remoção de matéria orgânica e N-amoniacal</li></ul>	<p><b>Projeto</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Condições operacionais compatíveis com o que se requer para cada meio suporte</li></ul> <p><b>Operação</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uso de taxas de aplicação compatíveis com o meio suporte</li></ul>



Obrigado pela participação!



**inct**  
ETEs Sustentáveis

