



ISITEC – Instituto Superior de Inovação e Tecnologia

“Nova Proposta para Desaguamento de Lodos de ETAs”

São Paulo, 08 de Agosto de 2012

Prof. Dr. Marcelo Melo Barroso

Leito de Drenagem

Protótipo de leito de drenagem



Fonte: Cordeiro (1993), (2000);
PROSAB 2 (2001)



Leito de drenagem em escala real – ETA Cardoso
Fonte: Fontana (2004)

ETA – Cardoso

- Vazão média – 25 L/s; Sulfato de alumínio
 - Custo de implantação do sistema de tratamento de lodo de decantador e ALAF = R\$ 31.600,00
 - **Leito de Drenagem.**

Início de Operação do Leito de Drenagem – ETA Cardoso (2004)



Operação do Leito de Drenagem – ETA Cardoso (Junho/2012)



ETA – Monte Aprazível

- Capacidade nominal prevista da ETA:- 240m³/h (66 L/s);
- Capacidade atual :- 300m³/h (83 L/s);
- Coagulante:- Cloreto Férrico

- Água final:- Hipoclorito de sódio (Desinfecção);
Ácido Fluorsilícico;
Polifosfato de sódio (Cor e Incrustação).
- Fontana (2009) dimensionou o leito de drenagem.

Execução dos leitos de drenagem



Leito de drenagem – Monte Aprazível



Leito de Drenagem – Monte Aprazível (2010)



Leito de Drenagem – Monte Aprazível (Junho/2012)



Detalhe do lodo seco da ETA (Junho/2012)

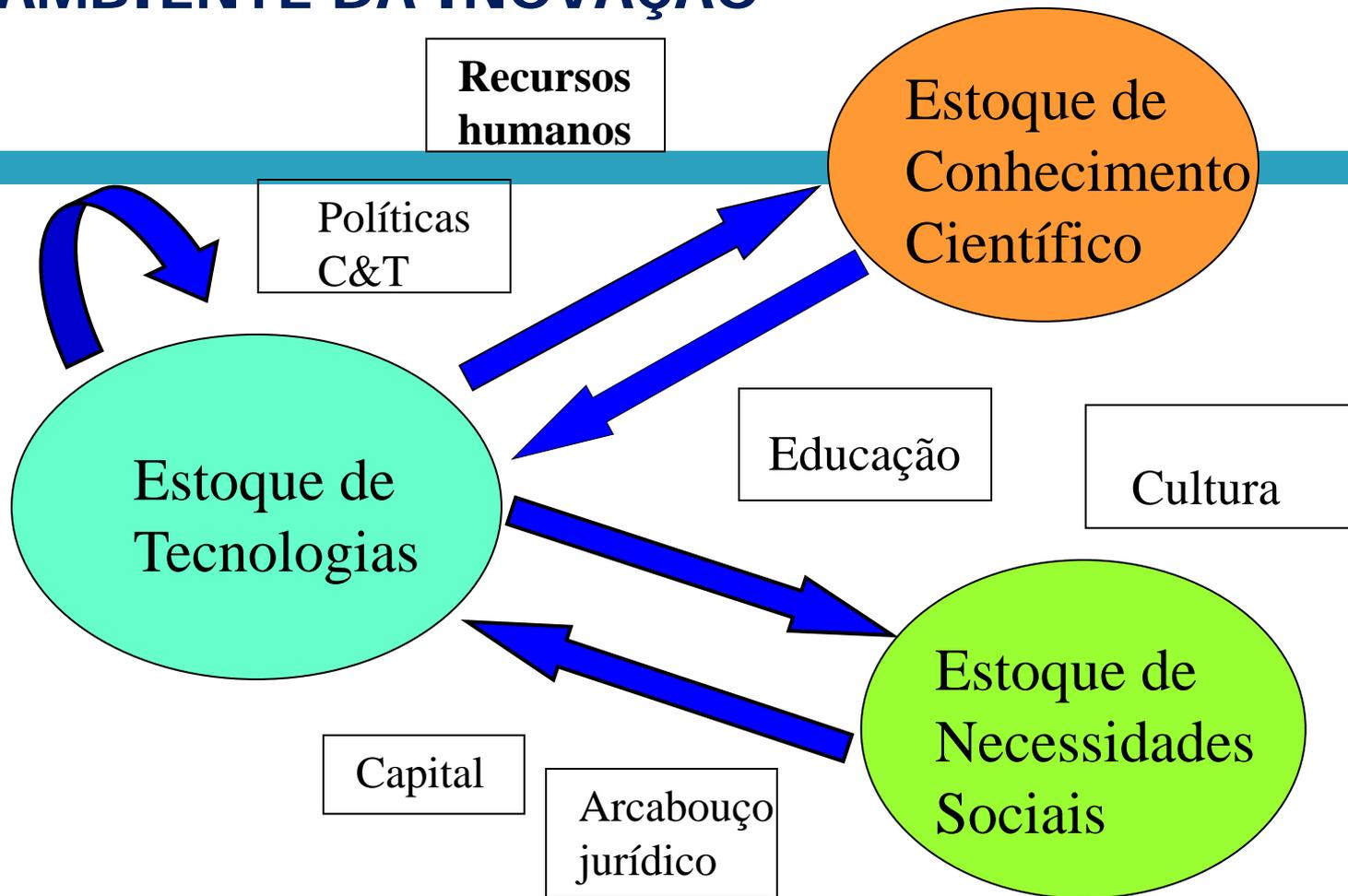




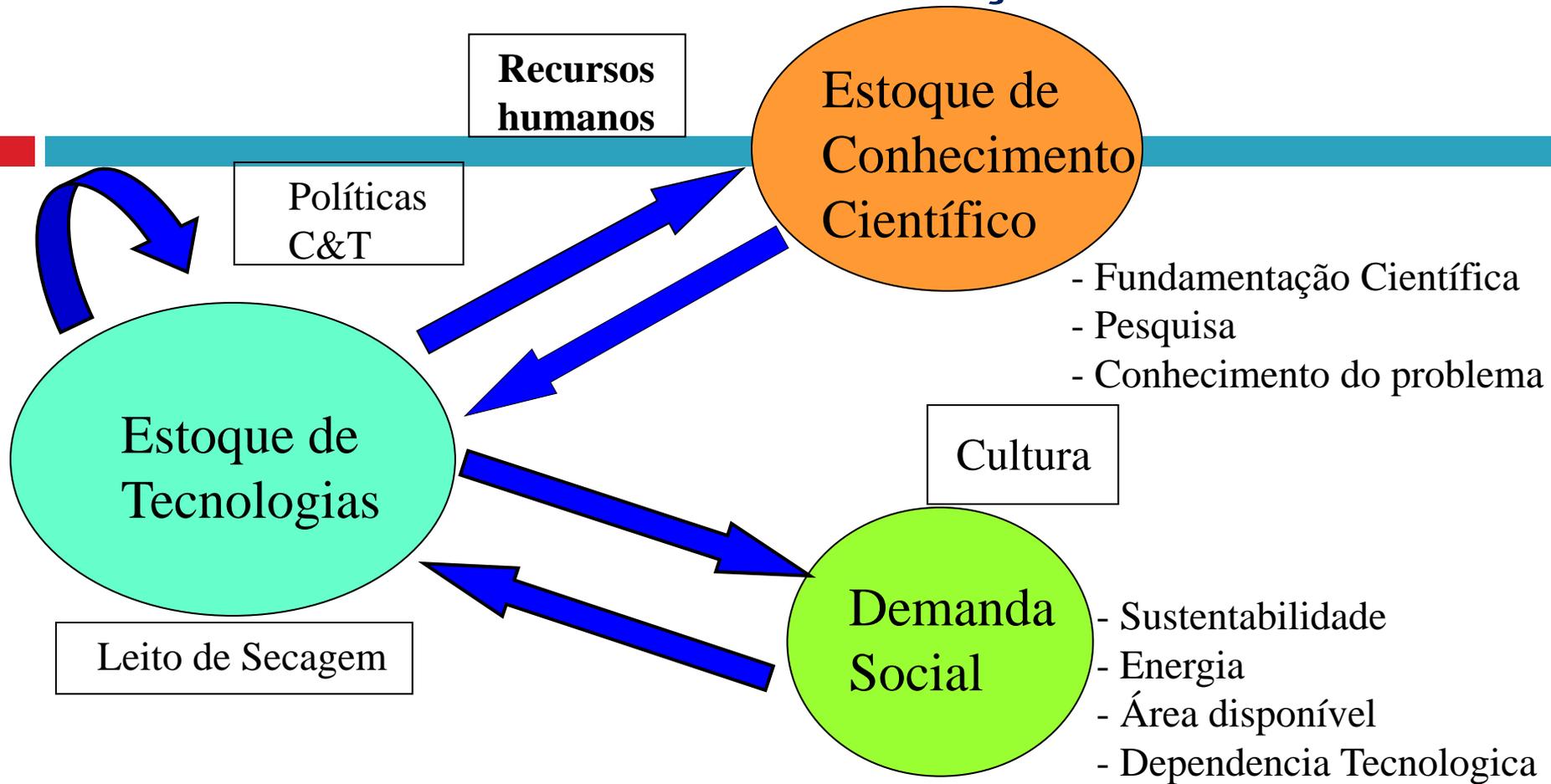
INOVAÇÃO

- 1. Tecnologias existentes;**
- 2. Demandas sociais;**
- 3. Estoque de conhecimentos científicos disponível**

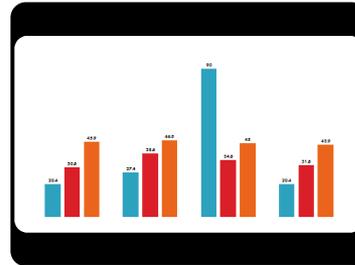
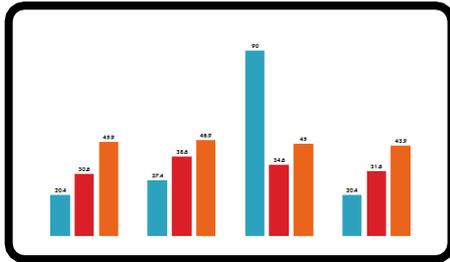
AMBIENTE DA INOVAÇÃO



Gestão de Lodos de ETAs "INOVAÇÃO"



Estoque de Demanda Social



Sistemas Naturais

- Lagoas de Lodo
- Leitos de Secagem
- etc.

Áreas Disponíveis

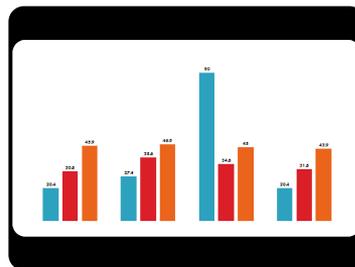
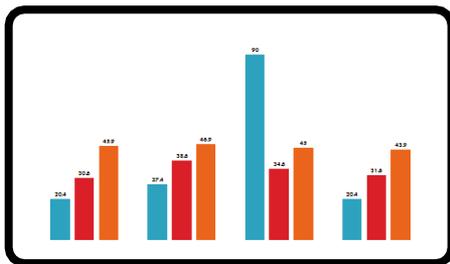
Fonte de Energia (Sol)

Custo de Operação e
Manutenção



Descarte de lodo na lagoa

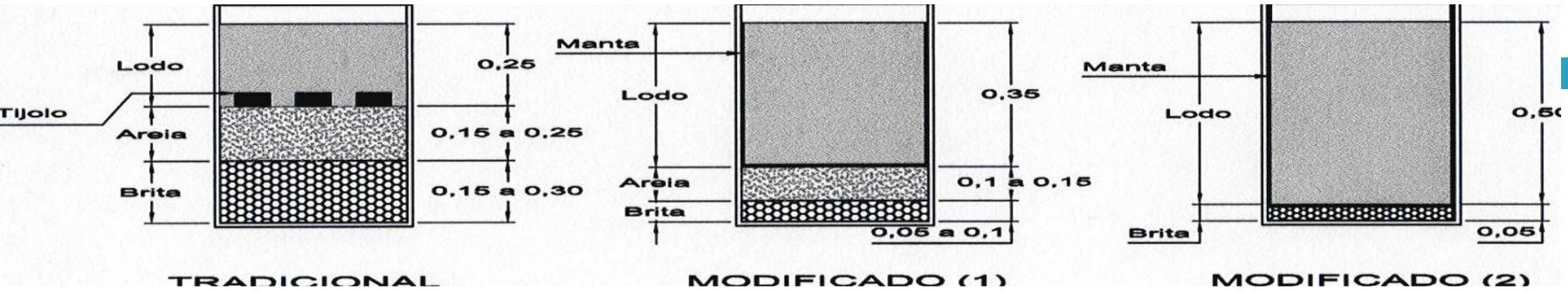
Estoque de Tecnologia



Leito de Secagem



Leito de Drenagem



Fonte: Cordeiro (1993), (2000); PROSAB 2 (2001)



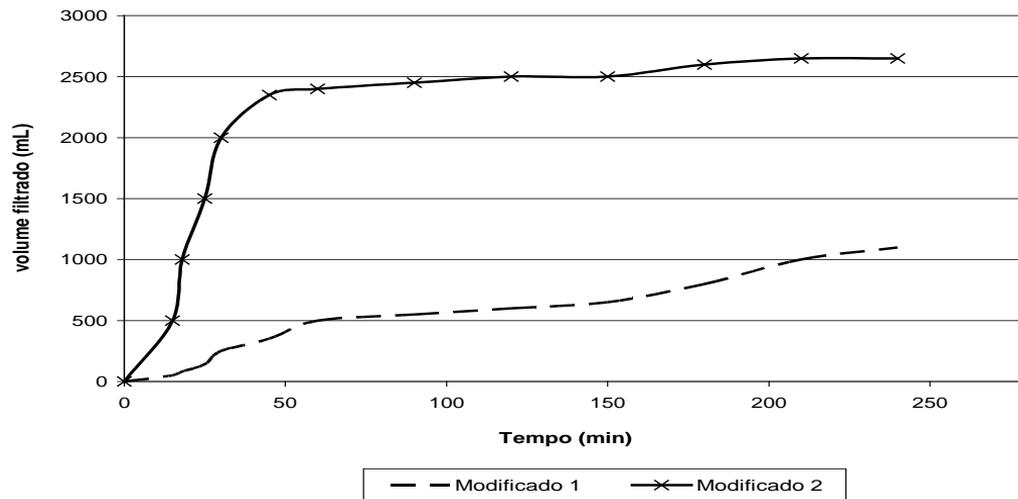
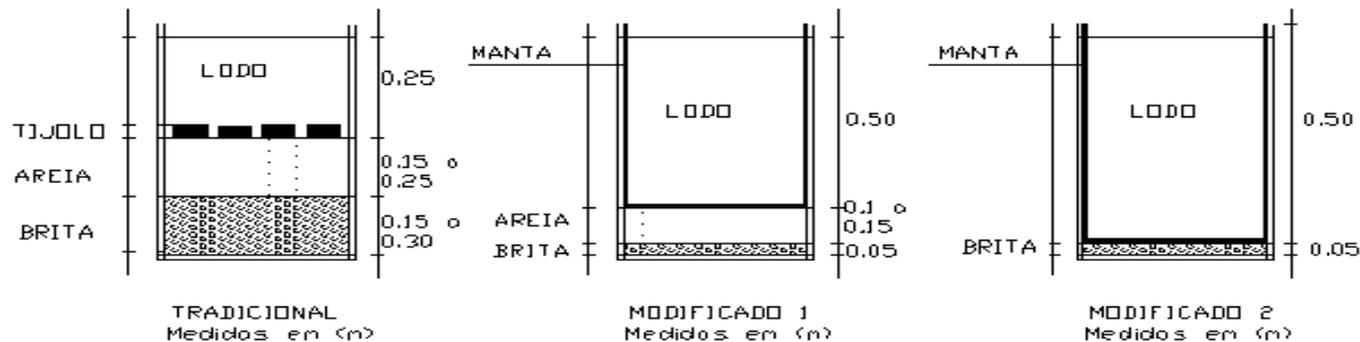
Protótipo de leito de drenagem



Leito de drenagem em escala real – ETA Cardoso

Fonte: Fontana (2004)

Evolução do Leito de Secagem – Leito de Drenagem



Fonte: Cordeiro (2001)

Uso de Mantas Geotêxteis

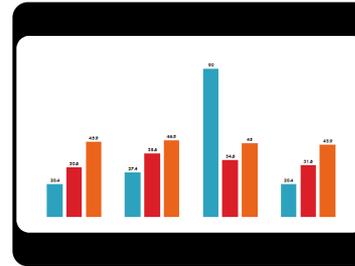
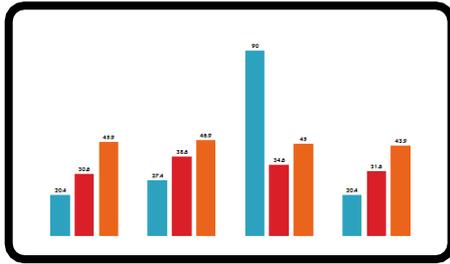
“Os filtros sintéticos, denominados geotêxteis são polímeros (*polietileno*, poliamida (nylon), o poliéster (polietileno tereftalato) e o polipropileno).”

- coeficiente de permeabilidade elevado, para promover a capacidade drenante da água livre;
- distribuição de tamanho de poros que, seja capaz de reter partículas floculentas ou sólidas.

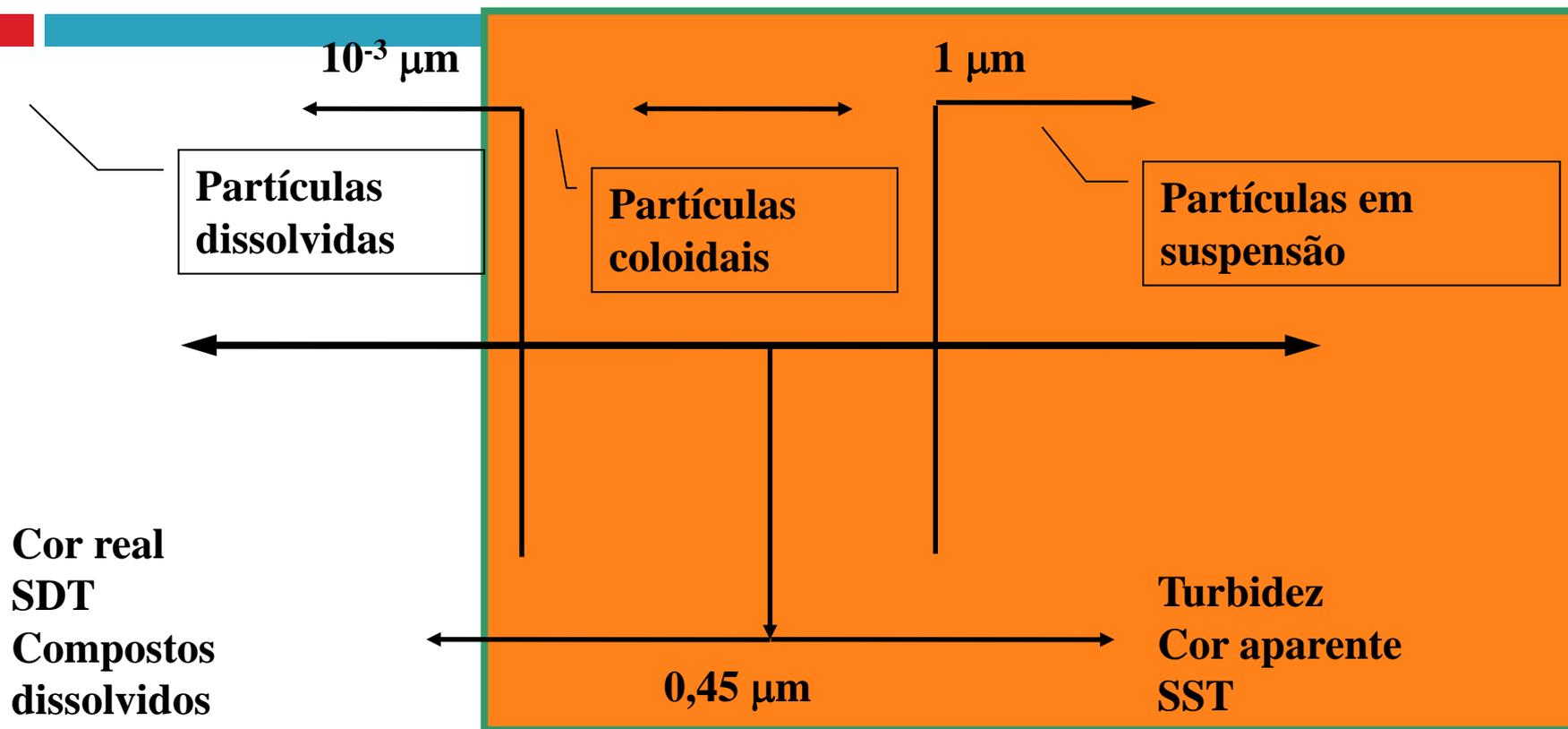
➤ Propriedade das mantas geotêxteis

- permeabilidade normal a manta/permissividade;
- permeabilidade no plano da manta;
- Porosidade, Porometria e abertura de filtração.

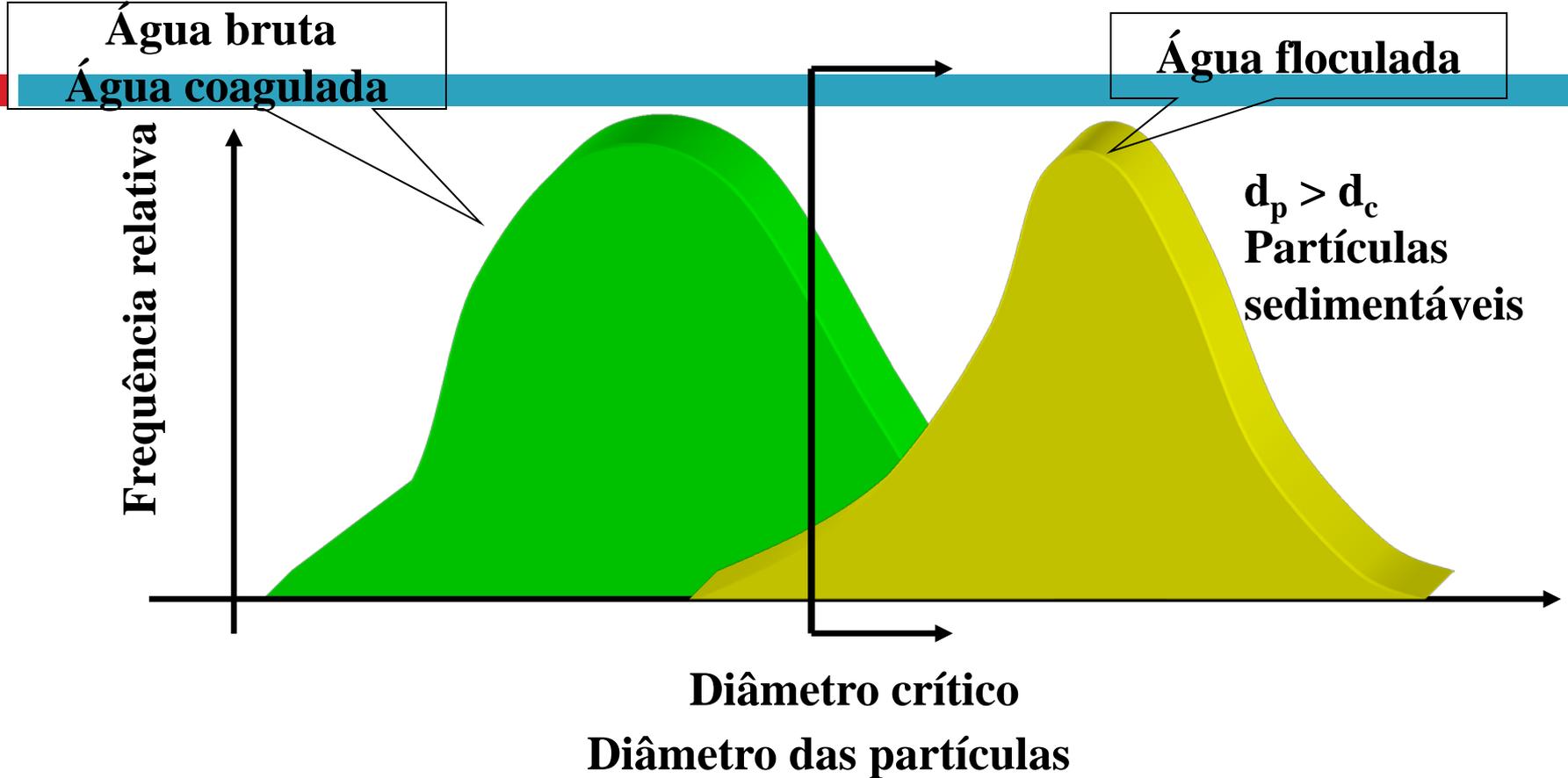
Conhecimento Científico



Tratamento de Água



FLOCULAÇÃO: OBJETIVO



Lodos de ETAs (Remoção de Água)

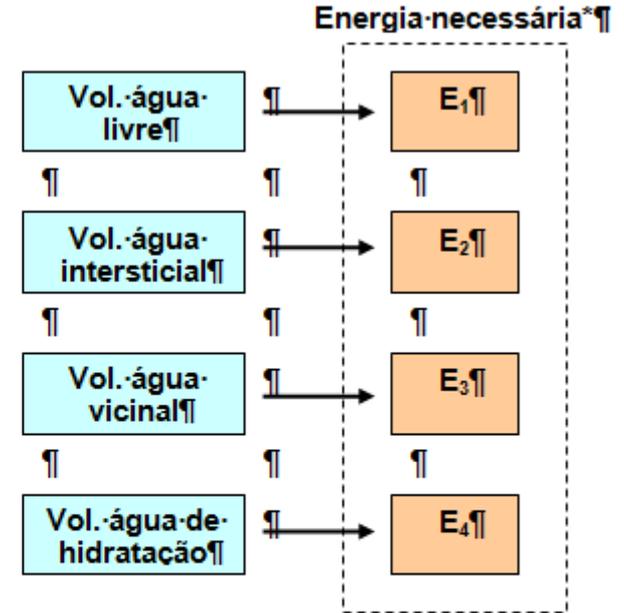
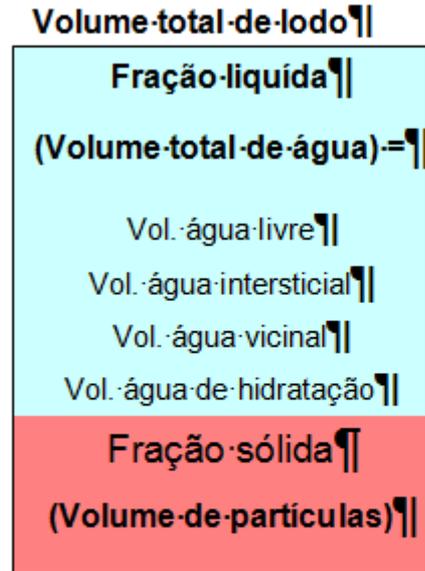
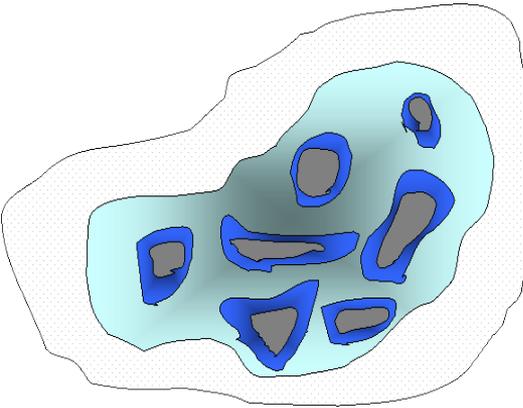


Figura 5.1 - Ilustração esquemática de energia requerida E_i para remoção dos diferentes volumes de frações de água constituintes de lodo de ETAs.

* E_i = Energia requerida.

Fonte: Barroso (2007)

Propriedades dos Resíduos de ETAs

“As propriedades importantes para estudos de remoção de água por sistemas naturais podem diferir, enormemente, dos estudos por sistemas mecânicos de remoção”

- **Micropropriedades:** características intrínsecas do lodo (características de suspensão)
- **Macropropriedades:** características dos resíduos dependentes das micropropriedades (tratabilidade dos resíduos)

Caracterização dos resíduos gerados em ETAs

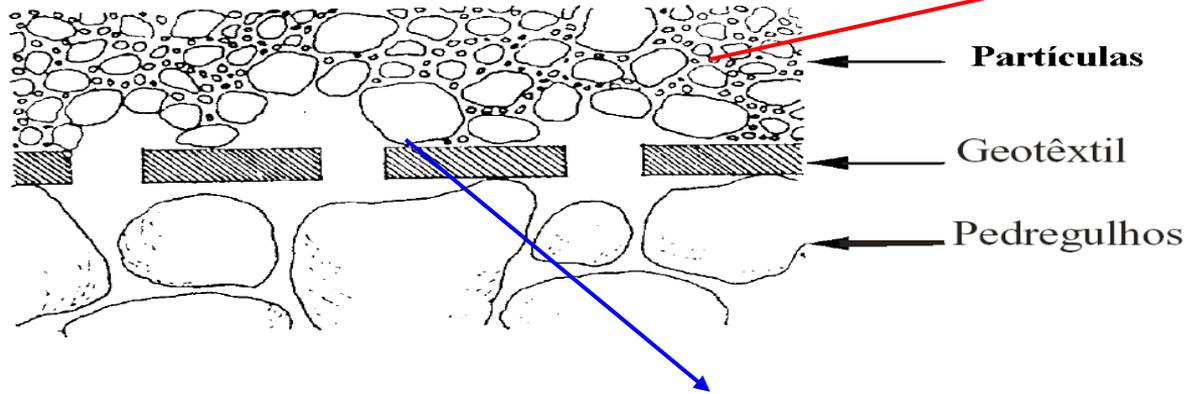
Micropropriedades	Macropropriedades
Distribuição e tamanho dos flocos	Velocidade de sedimentação
Estrutura/forma dos flocos	Flotabilidade
Força de cisalhamento do floco	Centrifugabilidade
Densidade	Velocidade de drenagem em lagoas
Concentração de sólidos	Resistência específica
Viscosidade e temperatura	Tempo de filtração
Tensão superficial	Velocidade de drenagem no solo
“Frações” de água	Tempo de sucção por capilaridade
Composição química	Compressibilidade
Concentração de matéria orgânica	Lixiviação
pH e alcalinidade	Força cisalhante
Carga das partículas	

Fonte:DHARMAPPA et al. (1997)

- ▣ Caráter predominantemente empírico;
- ▣ Caracterizações e ensaios: em escala de laboratório com objetivo de “prever” o comportamento lodo e desempenho das tecnologias adotadas;
- ▣ **Reologia.**

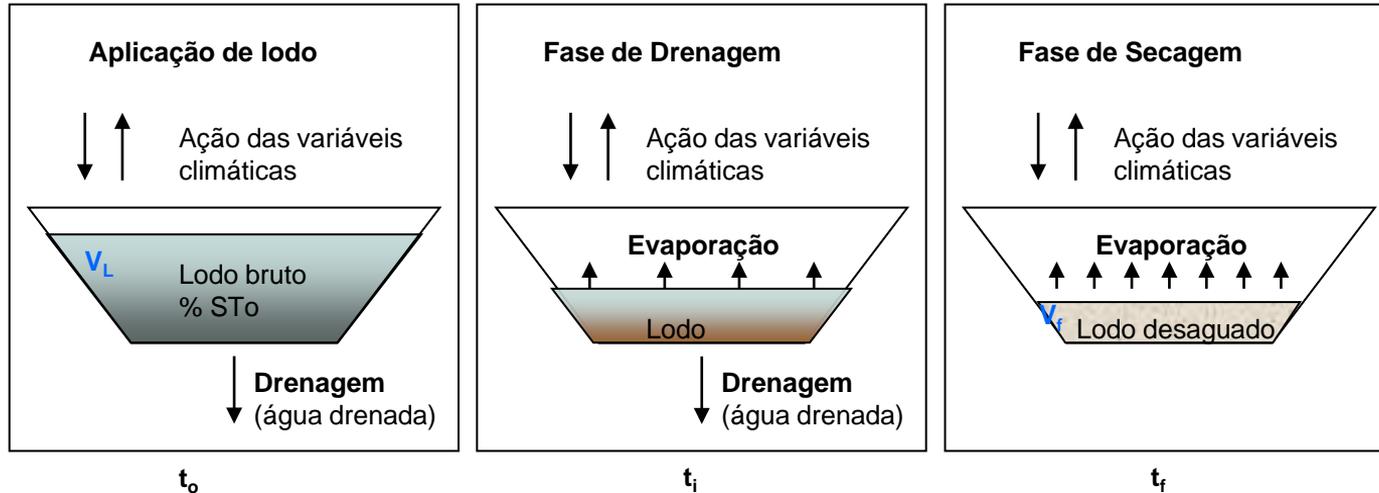
Mecanismo de filtração de partículas em suspensão

[...] Quando a partícula carregada encontra o filtro, ela tende a se depositar em sua superfície, o que ocorre mesmo para partículas muito pequenas, bem menores que a abertura de filtração do elemento filtrante, acarretando assim uma perda de carga no sistema [...] (FREITAS, 2003, p. 30).



Formação de rede de arcos

Ilustração Esquemática de Operação em Leito de Drenagem



Fonte: Barroso (2007) – Ilustração esquemática do ensaio de desaguamento por leito de drenagem (**Fase 01, 02 e 03**).

Operação em Leito de Drenagem

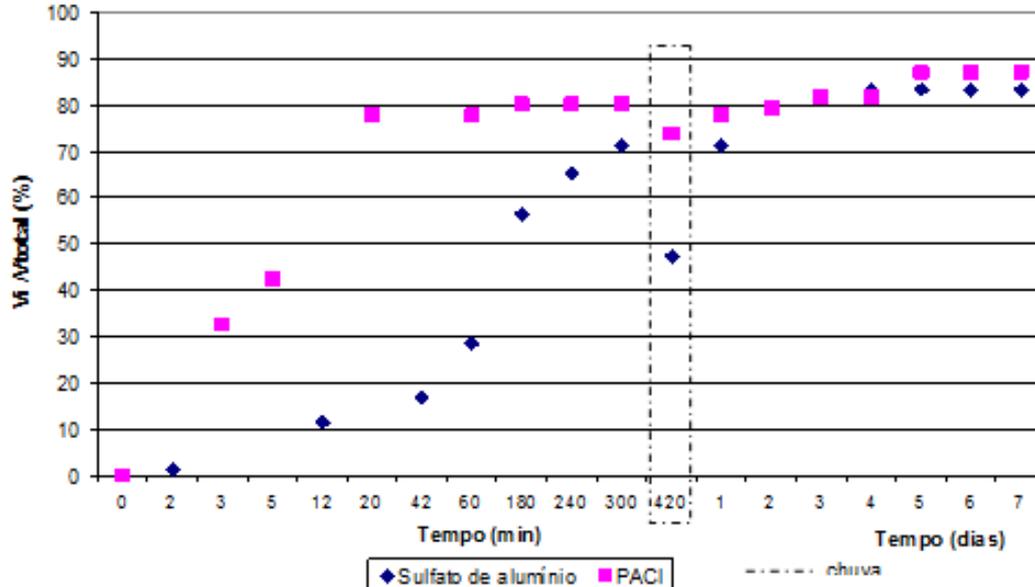
Tabela - Variáveis operacionais e climatológicas monitoradas durante ensaios de desaguamento por leito de drenagem.

VARIÁVEIS OPERACIONAIS	VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS
<ul style="list-style-type: none">- tempo de drenagem (desaguamento);- tempo de secagem;- percentagem de variação de volume acumulado de água drenada por volume de amostra aplicada;- taxa ou vazão de drenagem;- variação do teor de sólidos totais;- taxa de aplicação de sólidos.	<ul style="list-style-type: none">- precipitação;- taxa de evaporação;- temperatura;- umidade relativa do ar;- insolação;- ventilação.

Fonte: Barroso (2007)

Operação em Leito de Drenagem

Redução de volume de lodo em %

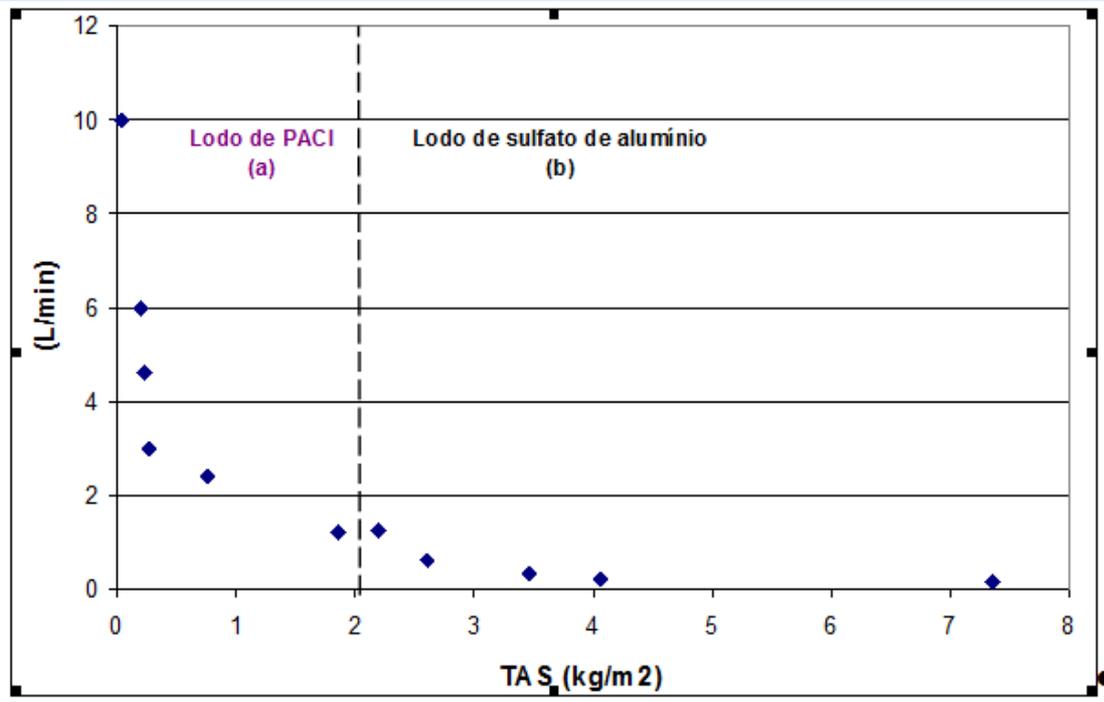


Redução de volume de lodo de Sulfato de alumínio e de PACI

Ao fim de 7 dias há redução de aproximadamente 83 e 87 %

Fonte: Barroso (2007)

Vazão de Drenagem x Taxa de Aplicação de Sólidos

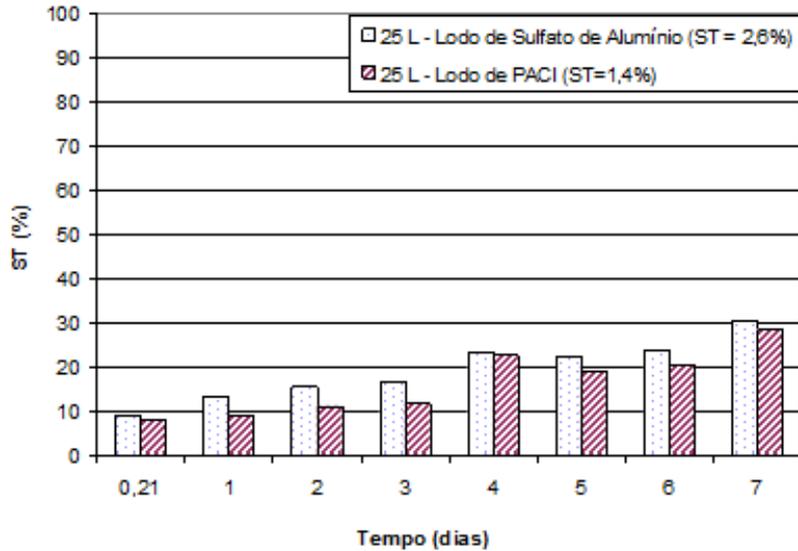


“A vazão de drenagem foi maior quanto menor a taxa de aplicação de sólidos - TAS (kg/m²)”

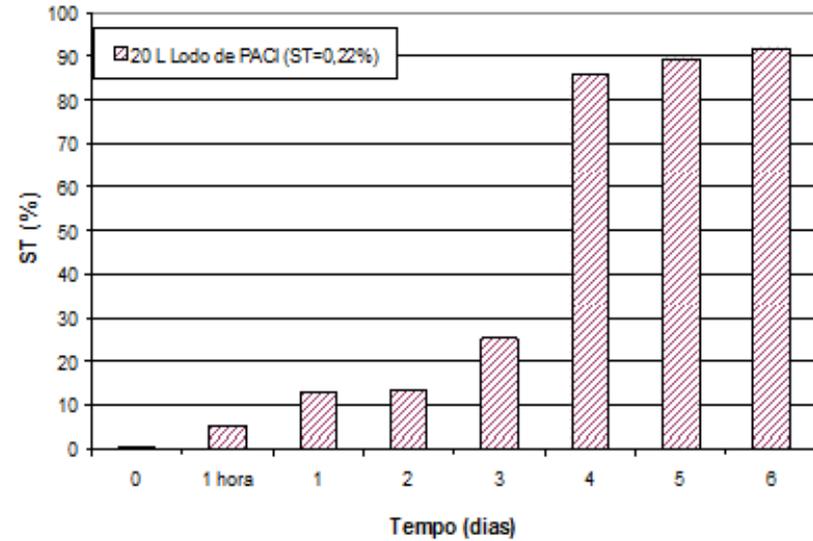
Figura 6.37 — Relação entre vazão de drenagem inicial de água livre em (L/min) e valores de taxa de aplicação de sólidos-TAS em (kg/m²) para os diferentes ensaios realizados com as amostras de lodo de PAC1 (a) e de sulfato de alumínio (b).

Variação de Teor de Sólidos durante Fase de Secagem

Teor de sólidos (%) - Ensaio 1

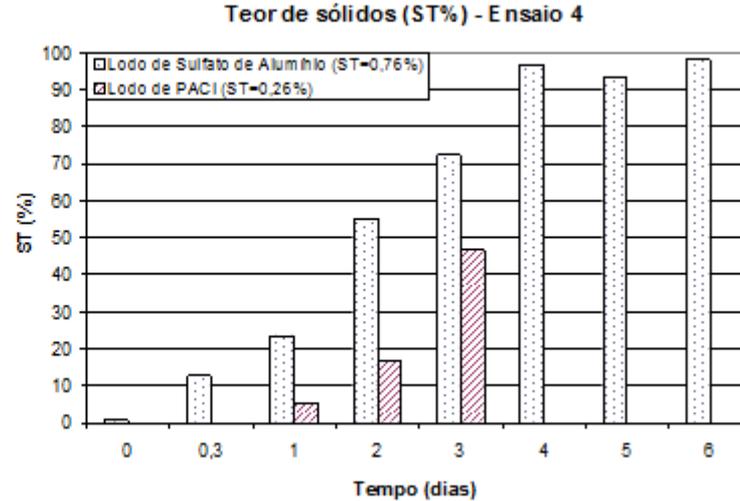
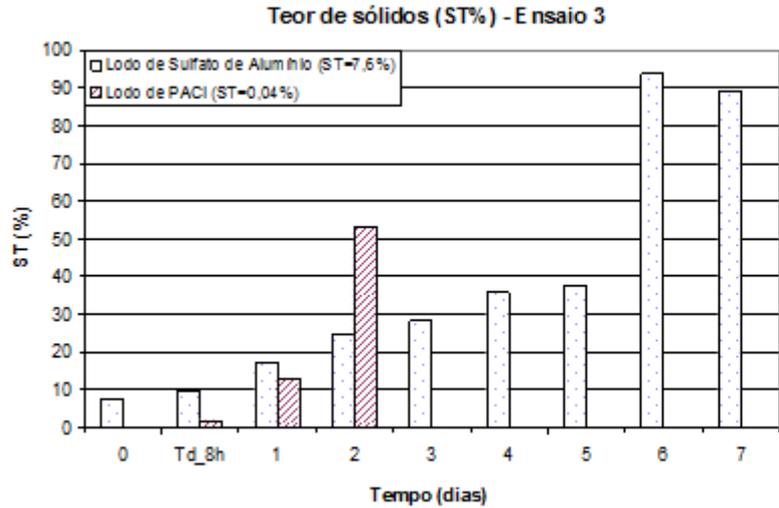


Teor de sólidos (ST%) - Ensaio 2



“A vazão de drenagem foi maior quanto menor a taxa de aplicação de sólidos - TAS (kg/m²)”

Variação de Teor de Sólidos durante Fase de Secagem



“ O teor de sólidos pode chegar até valores próximos de 80%”

Variação de Teor de Sólidos durante Fase de Secagem

- Estudos Desenvolvidos por (Silveira, 2012) apresentaram valores de ST até 60% e confirmaram a viabilidade para secagem em 7 dias

“Na fase de secagem, por possibilitar a redução do volume [...], sob condições críticas de secagem (condição natural de inverno sem proteção à interperies, em 5 dias, com valores na mesma ordem de grandeza que os obtidos por desaguentos mecânicos...”

Fonte:Silveira (2012). Universidade Estadual de Londrina

Considerações Finais

- ❑ Resultados comprovam o desempenho do Leito de Drenagem para redução de volume, da ordem de 80 %, e teor de sólidos final de 30 a 80 %, sem consumo de energia ou adição de produtos químicos.
- ❑ Na Fase de Drenagem, a vazão de drenagem é maior quanto menor o valor da taxa de aplicação de sólidos - TAS (kg/m²) (parâmetro de projeto).
- ❑ A eficácia das mantas geotexteis durante a Fase de Drenagem pode ser explicada pela combinação de mecanismos de retenção de partículas (por autofiltração e formação de uma rede de arcos) e mecanismos de colmatação (por causa química e causa física).
- ❑ As características da água livre drenada indicaram efetiva remoção de sólidos e metais nas amostras de lodos de sulfato de alumínio e de PACl.

Considerações Finais



- ❑ O teor de sólidos inicial da Fase de Secagem e possivelmente as propriedades reológicas da massa de lodo desaguado foram determinantes para diferentes mecanismos de secagem e influência na velocidade de secagem.
- ❑ As variáveis climáticas, umidade e insolação mostraram-se determinantes na secagem do lodo. A evaporação apresentou potencialidade para monitoramento e previsão da velocidade de secagem, principalmente de lodos com alto teor de sólidos.
- ❑ O estudo das micro e macropropriedades do lodo mostram-se decisivos para balisarem pesquisas de desenvolvimento dos sistemas de desaguamento e de reúso dos lodos de ETAs.