

II-157 - SECAGEM DE LODO DE ETE EM ESTUFA POR MEIO DE IRRADIAÇÃO SOLAR

Bruno Sidnei da Silva⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental graduado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro do Departamento de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, nº 300 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05429-900 – Brasil. Tel: +55 (11) 3388-9751 – Fax: +55 (11) 3388-8695 – e-mail: brsidnei@gmail.com

RESUMO

Esse trabalho buscou apresentar os resultados preliminares de um projeto de secagem do lodo em estufa através da irradiação solar. O projeto foi realizado em um sistema implantado na Estação de Tratamento de Esgotos - ETE de Franca, que faz parte do Plano de Inovações da SABESP aprovado pela FINEP em 2015.

O secador de lodos por irradiação solar utilizado na ETE Franca é uma tecnologia que vinha sendo utilizada pela indústria aviária para secagem dos dejetos de aves. O sistema foi apresentado por fornecedores a gestores da SABESP, principalmente das unidades de negócio localizadas no interior paulista.

A tecnologia chamou a atenção por ser um processo altamente mecanizado e automatizado. Com isso, esperava-se como resultado a redução do contato humano com o lodo de esgoto não estabilizado, diminuindo os riscos associados à exposição dos operadores com um material com alto risco biológico, bem como a redução do volume de lodo encaminhado para disposição final em aterros sanitários. Além disso, o objetivo do trabalho também foi verificar a capacidade do processo de secagem em higienizar e reduzir a atratividade de vetores do lodo, de modo a permitir sua utilização benéfica no solo, por exemplo, para o cultivo agrícola ou reflorestamento.

PALAVRAS-CHAVE: Secagem, Lodo de ETE, Estufa.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um dos subprodutos do processo de tratamento de esgotos. A crescente preocupação ambiental e o investimento crescente em saneamento básico vêm aumentando a preocupação com o destino final do lodo de esgoto gerado nas estações de tratamento. Uma das alternativas de disposição final mais conhecida no meio técnico é o aterro sanitário. Frente à disposição final, alternativas de reaproveitamento deste material no solo vêm sendo estudadas e empregadas por diversas companhias de saneamento no Brasil e no mundo, devido ao seu potencial de fornecer nutrientes para as plantas, capacidade de retenção de água, capacidade de troca catiônica, poder calorífico, entre outras características.

Para reduzir custos com o processo de disposição final de lodos em aterros sanitários ou para o seu aproveitamento como insumo agrícola, a SABESP vem investindo em tecnologias de tratamento do lodo. O processo de secagem em estufa solar, além de reduzir a umidade do lodo de esgoto, e consequente seu volume, apresenta potencial de atender aos requisitos de redução de patógenos estabelecidos nas legislações ambientais e agrícolas.

O presente projeto consiste em uma unidade de secagem de lodo de esgoto, projetada para uma capacidade de 25 t/d (cerca de metade da produção atual da ETE Franca), munido de equipamento para promover o revolvimento do lodo de forma totalmente mecanizada e automatizada. A figura a seguir apresenta uma imagem do sistema instalado na ETE Franca.



Figura 1 - Sistema de Secagem de Lodo em Estufa por Irradiação Solar.

METODOLOGIA

A tecnologia desenvolvida para secagem de lodos de ETEs é composta de:

- Túnel (Estufa) de Secagem em formato retangular, delimitado no sentido longitudinal, em ambas as laterais, por muretas em concreto ou blocos estruturais;
- Estrutura de cobertura do Túnel de Secagem, com plástico transparente, resistente a raios UV, inclusive nas laterais do túnel;
- Equipamento revolvedor montado em estrutura metálica, composto de um eixo (tambor) rotativo metálico sobre o qual são fixados pás ou pentes com controle de velocidade de rotação, e, deslocamento horizontal ao longo do Túnel apoiado nas muretas laterais, com controle de velocidade;
- Sistemas de exaustão e ventilação para controle do processo de secagem (circulação do ar ou gases quentes no interior do túnel de secagem);
- Sistema de iluminação interna que possibilite a operação adequada no período noturno;
- Caixa rebaixada em concreto/alvenaria, interna à área coberta, para recepção e armazenamento de, no mínimo, 20 m³ de lodo processado, com dimensões e lay-out que possibilitem a instalação de esteiras ou roscas transportadoras para condução do lodo até caçambas de caminhões estacionados no arruamento ao lado do Túnel de secagem;
- Sistema de esteiras ou roscas transportadoras para condução do lodo processado da caixa de recepção e armazenamento até caçambas de caminhões, com capacidade para transportar no mínimo 15 m³/h de lodo;
- Sistemas de monitoramento e de controle para operação automatizada de todo o processo.

O monitoramento do processo de secagem previu a realização de análises periódicas do lodo ao longo do processo de secagem.

As análises do monitoramento encontram-se segregadas por grupos de parâmetros, ou seja, parâmetros físicos, parâmetros microbiológicos, contaminantes inorgânicos e parâmetros de interesse agrônômico. Os parâmetros de cada grupo encontram-se descritos na tabela a seguir.

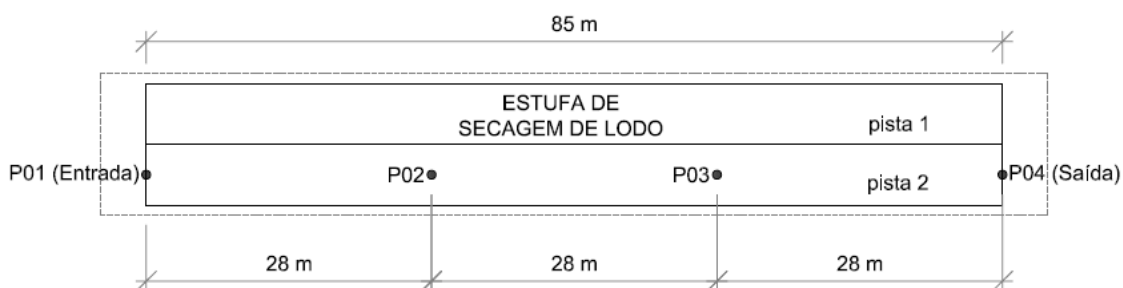
Tabela 1 – Grupo de parâmetros para caracterização de amostra de lodo

Grupo	Parâmetros
Parâmetros Físicos	Teor de Umidade (Teor de Sólidos), Sólidos Totais, Sólidos Voláteis
Parâmetros Microbiológicos	<i>Coliformes termotolerantes</i> , <i>Salmonella sp.</i> , Ovos viáveis de helmintos
Contaminantes Inorgânicos	<i>Cádmio, Chumbo, Cromo total, Bário, Arsênio, Selênio, Mercúrio, Níquel</i>
Parâmetros de Interesse Agrônômico	pH em solução de CaCl ₂ , Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total, Potássio solúvel em água como K ₂ O, Sódio, Cloro, Cálcio, Cobre, Cobalto, Fósforo Total, Enxofre, Molibdênio, Zinco, Ferro e Magnésio, Capacidade de troca catiônica, capacidade de retenção de água

Para análise dos parâmetros listados na Tabela 1, são utilizadas metodologias de análise previstas no Anexo II da Resolução CONAMA nº 375/2006, ou no manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A figura a seguir apresenta os pontos de coleta de amostras de lodo ao longo da pista de secagem da estufa.

Figura 2 – Pontos de Coleta de Lodo na Pista de Secagem



A tabela a seguir apresenta a descrição dos pontos de coleta e a frequência de análises a serem realizadas.

Tabela 2 – Amostras e frequência de coleta (1)

Ponto de Coleta	Amostra	Análises	Frequência	Quantidade por mês
P.01	Lodo Inicial	Parâmetros físicos, Parâmetros Microbiológicos	Semanal	04
P.02	Lodo Intermediário 01	Parâmetros físicos, Parâmetros Microbiológicos	Semanal	04
P.03	Lodo Intermediário 02	Parâmetros físicos, Parâmetros Microbiológicos	Semanal	04
P.04	Lodo Final	Parâmetros físicos, Parâmetros Microbiológicos	Semanal	04
P.04 ⁽²⁾	Lodo Final	Contaminantes Inorgânicos, Parâmetros de Interesse Agrônômico	Mensal	01

Notas: (1) Os resultados deverão ser expressos em base seca.

(2) Uma amostra extra do ponto P04 deverá ser encaminhada na última semana do mês para análise dos grupos contaminantes inorgânicos e parâmetros de interesse agrônômico.

RESULTADOS PRELIMINARES

A tabela a seguir apresenta o teor de sólidos do lodo alimentado na pista (lodo inicial) e do lodo removido da pista de secagem (lodo final) ao longo dos últimos dois anos.

Tabela 3 - Valores Médios de Teor de Sólidos Inicial e Teor de Sólidos Final do Lodo no Processo de Secagem

Ano	Mês	Teor de Sólidos – TS _i (%)	Teor de Sólidos Final – TS _f (%)
2016	Janeiro	18	79
	Março	24	91
	Abril	21	67
	Maio	18	81
	Junho	15	79
	Agosto	16	41
	Setembro	17	52
2017	Junho	15	41
	Agosto	14	77
	Outubro	16	83
	Dezembro	18	80

Os resultados de teor de sólidos da massa de lodo final, conforme tabela 3, alcançaram valores satisfatórios, acima de 60%, nos primeiros cinco meses do ano de 2016. Nesse período, o tempo de detenção da massa de lodo na pista de secagem foi superior a 20 dias, e apesar de ter ocorrido interrupção do processo de secagem devido a serviços de manutenção da esteira de remoção de lodo seco, não houve acúmulo excessivo de lodo na pista de secagem. No mês de agosto e setembro, devido às constantes paradas do sistema de remoção de lodo

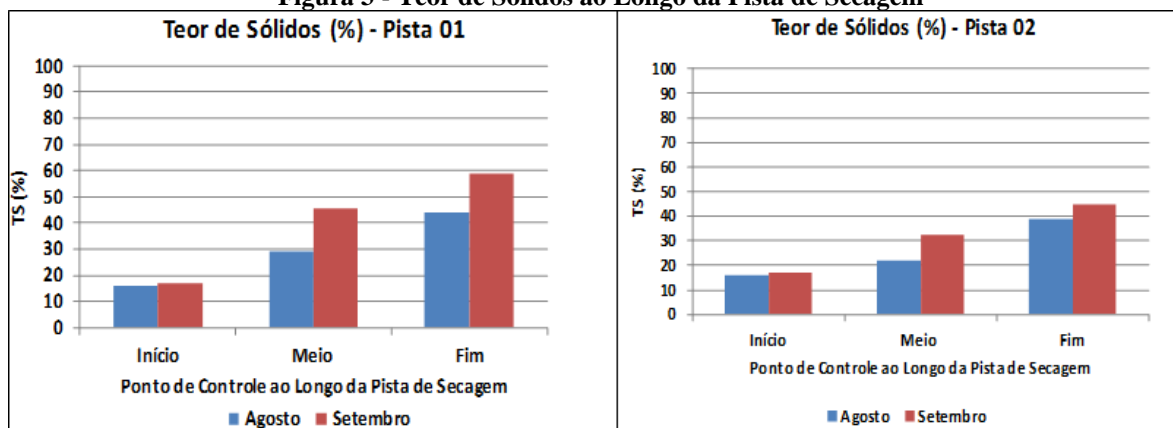
seco, reduziram-se o número de passadas do equipamento revolvedor, acumulando lodo na pista, que impactou diretamente no teor de sólidos final, abaixo de 60%.

Em 2017, o sistema se manteve fora de operação na maior parte do ano para manutenção do sistema de alimentação de lodo e remoção de lodo seco, sendo recolocado em operação no decorrer do segundo semestre.

A partir de agosto, quando operado, o sistema se manteve com boa eficiência de secagem, com teores de sólidos no lodo seco acima de 77%.

A figura a seguir apresenta os teores médios de sólidos ao longo das duas pistas de secagem, monitoradas durante os meses de agosto e setembro de 2016.

Figura 3 - Teor de Sólidos ao Longo da Pista de Secagem



Observa-se da Figura 3 que, apesar de os resultados do processo de secagem terem sido insatisfatórios nos meses de agosto e setembro de 2016, a pista 1 apresentou uma capacidade de secagem maior que a pista 2. Como o lodo de entrada é o mesmo para ambas as pistas, e as condições de temperatura e umidade também são as mesmas, a diferença de teor de sólidos entre as duas pistas de secagem deve estar relacionada ao número de passadas do equipamento revolvedor, ou a diferentes taxas de aplicação de lodo nas pistas de secagem.

Em virtude das inúmeras paradas do sistema durante o ano de 2017, ainda não foi possível realizar um acompanhamento sistemático do decaimento microbiológico no lodo ao longo da pista de secagem, assim como não foi possível obter as curvas de secagem do lodo. Assim, optou-se por realizar uma avaliação simplificada, através da caracterização do lodo em três pontos da pista de secagem, conforme descrito a seguir:

- Ponto 01 – Lodo Inicial, com teor de umidade em torno de 80%.
- Ponto 02 – Lodo intermediário
- Ponto 03 – Lodo Seco

A tabela a seguir apresenta os resultados dessa caracterização microbiológica.

Tabela 4 - Caracterização Microbiológica do Lodo ao Longo da Estufa de Secagem

Amostra	Parâmetro	Unidade	Resultado	Referência	Legislação
Lodo Inicial	Coliformes Termotolerantes	NMP/g	45.889,10	<10 ³ NMP (Classe A) <10 ⁶ NMP (Classe B)	Resolução CONAMA nº 375/2006
	<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	Ausência em 10 g (Classe A)	Resolução CONAMA nº 375/2006
	Ovos viáveis de helmintos	Ovos / g de ST	0,38	<0,25 ovo / g de ST (Classe A) <10 ovo / g de ST (Classe B)	Resolução CONAMA nº 375/2006
Lodo Intermediário	Coliformes Termotolerantes	NMP/g	240	<10 ³ NMP (Classe A) <10 ⁶ NMP (Classe B)	Resolução CONAMA nº 375/2006
	<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	Ausência em 10 g (Classe A)	Resolução CONAMA nº 375/2006
	Ovos viáveis de helmintos	Ovos / g de ST	0,10	<0,25 ovo / g de ST (Classe A) <10 ovo / g de ST (Classe B)	Resolução CONAMA nº 375/2006
Lodo Seco (Final)	Coliformes Termotolerantes	NMP/g	0	<10 ³ NMP (Classe A) <10 ⁶ NMP (Classe B)	Resolução CONAMA nº 375/2006
	<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	Ausência em 10 g (Classe A)	Resolução CONAMA nº 375/2006
	Ovos viáveis de helmintos	Ovos / g de ST	0	<0,25 ovo / g de ST (Classe A) <10 ovo / g de ST (Classe B)	Resolução CONAMA nº 375/2006

Observa-se da tabela 4 que a concentração de coliformes termotolerantes no início do processo (lodo inicial) apresenta-se acima do limite máximo para enquadramento do lodo da ETE Franca como Lodo Classe A, conforme diretrizes da Resolução CONAMA nº 375/2006. Como atualmente só é possível encaminhar o lodo para uso agrícola como lodo classe A, o lodo desaguado da ETE Franca não apresenta, do ponto de vista microbiológico, características para uso na agricultura. Porém, com a secagem, o lodo já apresenta características de lodo classe A na zona intermediária da estufa. O teor de sólidos da amostra do lodo intermediário não foi medido, mas estimasse que estivesse entre 50 a 60%. O lodo seco do final do processo de secagem apresenta características de lodo Classe A, e do ponto de vista microbiológico, poderia ser encaminhado para uso na agricultura, desde que observado as restrições estabelecidas na Resolução CONAMA nº 375/2006.

A tabela 5 e a tabela 6 apresentam as características físico-químicas do lodo seco, contendo, respectivamente, os parâmetros de interesse agrônomo e os contaminantes inorgânicos.

Tabela 1 – Parâmetros de Interesse Agrônômico do Lodo Seco

Classe	Parâmetro	Unidade	Resultado	Resolução CONAMA 375/2006	IN 25/2009 e IN 27/2006 do MAPA*
Parâmetros de Interesse Agrônômico	Teor de Sólidos	(%)	79,7	-	>30
	Carbono Orgânico	(%)	23,5	-	>15
	Fósforo Total	(%)	2,2	-	-
	Nitrogênio Total	(%)	>4	-	>0,5
	Nitrogênio Kjeldahl	(%)	4	-	-
	Nitrogênio amoniacal	mg/Kg	7523	-	-
	Nitrogênio nitrato/nitrito	mg/Kg	233	-	-
	Potássio total	mg/Kg	1693	-	-
	Sódio total	mg/Kg	1062	-	-
	Enxofre Total	g/Kg	10,7	-	-
	Cálcio Total	g/Kg	15,3	-	-
	Magnésio Total	g/Kg	2,4	-	-
	CTC	(mmolc/kg)	453	-	-
	pH	-	7,8	-	>6,0

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Tabela 6 – Contaminantes Inorgânicos do Lodo Seco do Final do Processo de Secagem

Classe	Parâmetro	Unidade	Resultado	Resolução CONAMA 375/2006	IN 25/2009 e IN 27/2006 do MAPA*
Contaminantes Inorgânicos (Limites máximos)	Arsênio	mg/kg (base seca)	<1,0	≤41	≤20
	Bário	mg/kg (base seca)	226	≤1300	-
	Cádmio	mg/kg (base seca)	0,7	≤39	≤8
	Chumbo	mg/kg (base seca)	16,3	≤300	≤300
	Cobre	mg/kg (base seca)	201	≤1500	-
	Cromo	mg/kg (base seca)	124	≤1000	≤500
	Mercúrio	mg/kg (base seca)	<1,0	≤17	≤2,5
	Molibdênio	mg/kg (base seca)	2,2	≤50	-
	Níquel	mg/kg (base seca)	56,6	≤420	≤70
	Selênio	mg/kg (base seca)	<1,0	≤100	≤80
	Zinco	mg/kg (base seca)	789	≤2800	-

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Os resultados do lodo seco deixam claro que o material apresenta potencial agrônômico para uso na agricultura. Todos os contaminantes inorgânicos se apresentaram abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 375/2006. Desde que atendidos outros requisitos estabelecidos nessa resolução, como restrições de uso para certas culturas agrícolas e monitoramento das áreas de cultivo, o lodo da ETE Franca apresenta os requisitos mínimos para uso agrícola.

Além da via estabelecida pela Resolução CONAMA, o uso agrícola do lodo da ETE Franca ainda encontraria viabilidade através do seu registro como produto agrícola no MAPA, na condição de fertilizante orgânico ou condicionador de solo. Essa via se mostra mais interessante, já que por se tratar da aplicação de um produto agrícola no solo, não se aplicariam as restrições da resolução Conama, como o monitoramento contínuo das áreas de cultivo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados apresentados indicaram que o lodo final do processo de secagem apresenta potencial para uso agrícola, ou reflorestamento, de acordo com as diretrizes de qualidade do lodo da Resolução CONAMA nº 375/2006. Porém, o processo ainda se apresenta instável do ponto de vista operacional, devido a recorrentes intervenções na estrutura da estufa e nos equipamentos mecânicos de alimentação e remoção do lodo seco. No segundo semestre de 2018 será dada continuidade ao monitoramento do processo, tendo-se por objetivo identificar as melhores condições operacionais para o processo, tais como taxas máximas de alimentação, tempo mínimo de detenção, entre outros. Pretende-se também obter as curvas de secagem do lodo em função das características do lodo alimentado no processo de secagem, bem como em função das sazonalidades ambientais, como temperatura e umidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Estabelece as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Poder Executivo, Brasília, DF. 2009.
2. BRASIL. Instrução Normativa nº 27, de 5 de junho de 2006. Estabelece os limites máximos de contaminantes e agentes fitotóxicos patogênicos ao homem, animais e plantas a serem atendidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Poder Executivo, Brasília, DF. 2006a.
3. BRASIL. Instrução Normativa nº 35, de 4 de julho de 2006. Estabelece as normas sobre especificações em tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Poder Executivo, Brasília, DF. 2006b.
4. BRASIL. Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Poder Executivo, Brasília, DF. 2006c.
5. BRASIL. Resolução CONAMA nº 380, de 31 de outubro de 2006. Retifica a Resolução CONAMA nº 375/2006: Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Poder Executivo, Brasília, DF. 2006d.
6. BRASIL. Decreto Federal nº 8059, de 26 de julho de 2013. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Poder Executivo, Brasília, DF. 2013a.
7. BRASIL. Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013. Estabelece diretrizes para registro de estabelecimentos e produtos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Poder Executivo, Brasília, DF. 2013b.
8. SÃO PAULO (SP). Decisão de Diretoria da CETESB nº 388/2010/P. Estabelece que qualquer material registrado no MAPA como Fertilizante independe de manifestação da CETESB para uso agrícola, já que são enquadrados como Produto Agrônomico. Poder Executivo, São Paulo, SP. 2010.