

## II-511 – AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DOS VOLUMES DE LODO DA ETE GOIÂNIA

**Alessandra Valadares Alvares da Silva<sup>(1)</sup>**

Arquiteta Urbanista (FAMIH – MG). Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). Diretora na ALE Arquitetura e Engenharia Ltda

**Manuel Osvado Senra Alvares da Silva<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Químico (UFMG). Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG). Diretor na ALE Arquitetura e Engenharia Ltda

**Fausto Batista Alves dos Santos<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil (PUC- GO). MBA em Gestão Empresarial (FGV). Gerente de Tratamento de Esgoto de Goiânia (SANEAGO)

**Mercia Luccas Resende<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil (UFG). Especialização em Planejamento Urbano e Ambiental (PUC). Especialização em Tratamento Final de Resíduos Sólidos e Líquidos (UFC). Gerência de Estudos e Diagnósticos (SANEAGO)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Raja Gabaglia, 4859 sala 206- Santa Lúcia - Belo Horizonte - MG - CEP: 30360-670 - Brasil  
- Tel: (31) 3286-1055 - e-mail: [ale.bhz@terra.com.br](mailto:ale.bhz@terra.com.br)

### RESUMO

As condições ambientais cada vez mais restritivas quanto à disposição de resíduos sólidos, tem exigido das empresas de saneamento que operam ETEs com grandes vazões, a desenvolver projetos e estudos de gerenciamento de lodo. As áreas de disposição final cada vez mais distantes do centro de produção do lodo e o elevado custo do transporte têm conduzido aos estudos de redução do volume de lodo das ETEs de grande porte.

O presente trabalho foi desenvolvido junto a Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Helio Seixo de Britto em Goiânia, objetivando obter as diretrizes para a redução do volume de lodo a ser gerado em fim de plano quando a vazão média da ETE atingir 3.200 L/s.

Uma vez que a ETE não possui em seu processo a geração do biogás como combustível, foram estudados os processos de combustão do lodo e secagem térmica com o emprego de fontes alternativas de energia.

Os resultados dos estudos conduziram ao processo de combustão do lodo como sendo a alternativa a ser implantada para redução do volume de lodo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto, Desidratação, Redução do Volume de Lodo, Disposição do Lodo.

### INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Helio Seixo de Britto é operada pela SANEAGO - Saneamento de Goiás. Entrou em operação em 2004, tendo como processo de tratamento primário quimicamente assistido, em sua 1ª etapa, com capacidade de atendimento de 1.152.000 habitantes e uma vazão média de 2.290 L/s.

Futuramente a ETE será ampliada com a implantação do processo de lodos ativados convencionais passando a atender uma vazão média de 3.200 L/s.

Atualmente (abril 2012) o lodo primário é desidratado e higienizado com adição de cal virgem sendo transportado por caminhões e incorporado no solo da Fazenda Ponte Funda, Município de Mairipotaba, numa distância de 80 km da ETE.

Uma vez atingida a vazão de 3.200 L/s (fim de plano) e com a implantação do tratamento secundário serão gerados por dia 293 toneladas de lodo com 30% de sólidos e 70% de umidade.

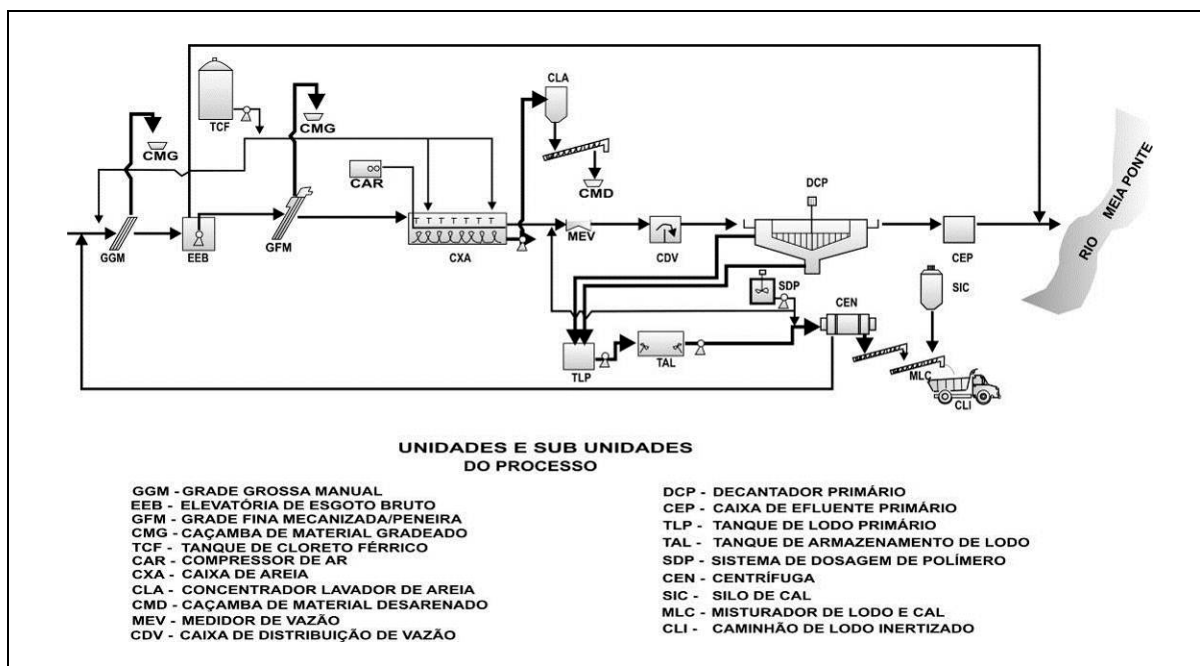
Em 2012 a SANEAGO elaborou um Estudo das Alternativas Técnico- Econômicas para a Redução dos Volumes de Lodo da ETE Dr. Helio Seixo de Britto. Foram estudados os processos de secagem térmica e de combustão do lodo.

Os estudos concluíram que a necessidade de se usar combustível externo para a secagem térmica, tornou essa alternativa inviável economicamente para a redução do volume de lodo. Foram analisadas como fontes de energéticas: GLP. Bagaço de cana, óleo diesel e cavaco de madeira.

A combustão térmica, que utiliza a própria energia contida no lodo como combustível, mostrou ser a alternativa viável, reduzindo o volume inicial de lodo em 94,96%, tendo somente cinzas como produto final.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação do corpo técnico da SANEAGO.

A figura 1 apresenta o fluxograma da ETE Goiânia.



**Figura 1: Fluxograma de Processo da ETE Goiânia**

Fonte: Adaptado de SILVA, 2012, v. 1, p. 10.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários ao desenvolvimento do presente trabalho foram aqueles disponibilizados pela SANEAGO, tais como projeto original da Estação, parâmetros operacionais, fichas de controle e indicadores mensais. Esse material conta com dados históricos do período de abril de 2001 a abril de 2012.

Todos os dados técnicos e resultados operacionais são catalogados diariamente e processados em meio digital.

Esses dados balizaram a avaliação dos estudos da produção de lodo atual e a projeção de um horizonte de 17 anos o que possibilitou a sistematização dos resultados.

## ANÁLISE DA SECAGEM TÉRMICA E DA COMBUSTÃO DE LODO

Os estudos concluíram que a alternativa técnica e econômica mais viável para a redução do volume de lodo da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto é a combustão de lodo misto desidratado.

Utilizando o próprio valor energético do lodo é possível conseguir uma redução do volume de 204 m<sup>3</sup>/dia (valor médio de 17 anos de operação para 10,28 m<sup>3</sup>/dia de cinzas correspondendo a uma redução de volume de 94,96%). A matéria orgânica é volatilizada, a água é evaporada e os sólidos totais fixos permanecerão como cinzas. O produto final da combustão contém ainda 10% de umidade. Considerando que o lodo que entra no

secador contém aproximadamente 216 ton/dia (em 17 anos) e utilizando como combustível o próprio lodo com poder calorífico de 2.500 kcal/kg obteve-se os resultados mostrados na Figura 2.

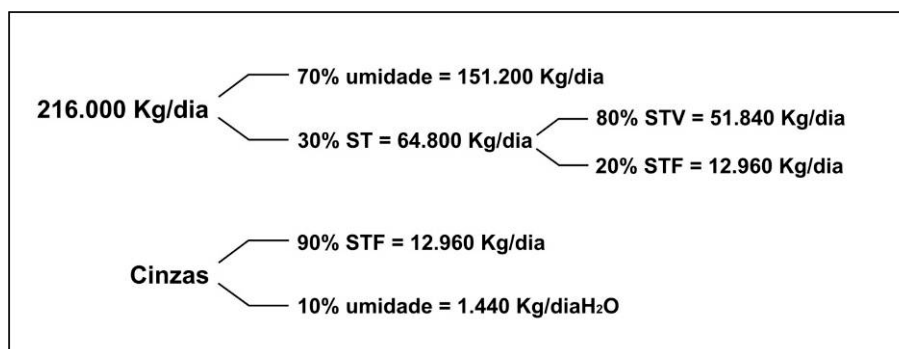


Figura 2: Relação de sólidos totais, umidade e cinzas, ETE Dr. Hélio Seixo de Britto

### CÁLCULO DA PRODUÇÃO DA TORTA DE LODO PRIMÁRIO

Pelos dados reais de operação da ETE a produção de lodo primário sem adição de cal no período compreendido entre abril de 2011 e abril de 2012 em função da vazão afluyente foi de 0,249 kgSST/m³ de esgoto tratado, ou seja, 0,25 kgSST/m³, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1: Produção de sólidos totais por m³ de esgoto tratado

Anos	Meses	Vazão média (L/s)	Lodo afluyente a centrífuga (m³/mês)	Concentração média do lodo primário (%)	Produção específica do lodo KgST/m³ esgoto
2011	Abril	1.349	22.226	4,10	0,261
	Maio	1.207	24.703	3,30	0,252
	Junho	1.166	23.199	3,70	0,284
	Julho	1.057	22.820	4,10	0,330
	Agosto	1.090	22.303	3,90	0,298
	Setembro	1.098	21.891	4,00	0,308
	Outubro	1.112	20.928	4,20	0,295
	Novembro	1.339	21.000	4,10	0,248
	Dezembro	1.218	24.007	3,50	0,258
	Janeiro	1.579	20.704	2,70	0,132
2012	Fevereiro	1.614	21.442	3,40	0,180
	Março	1.585	22.945	3,60	0,195
	Abril	1.710	23.499	3,60	0,191
<b>Médias</b>		<b>1.317</b>	<b>22.436</b>	<b>3,71</b>	<b>0,249</b>

Com a dosagem de 5 kg de polímero por tonelada de sólidos totais do lodo primário que entra nas centrífugas e a captura de 95% destes sólidos, para uma torta com 30% de sólidos, foi considerada a concentração média afluyente à centrífuga igual a 3,70% de ST. Chegando a uma produção média de 69 m³/dia a partir de uma vazão de 1.000 L/s até uma vazão média afluyente a ETE de 3.200 L/s, quando serão produzidos 220 m³/dia de lodo desidratado com 30% de sólidos totais.

### ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA TORTA DE LODO BIOLÓGICO

Para o cálculo da produção de lodo biológico excedente foi adotado o valor de DBO do efluente dos decantadores primários previsto no projeto original da ETE igual a 155 mg/L.

Este valor está próximo da DBO real média dos meses de abril de 2011 a abril de 2012 cujo valor foi 149 mg/L. Os valores médios obtidos para o lodo secundário foram conseguidos a partir de coeficientes utilizados no projeto original conforme indicados na tabela 2.

## ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA TORTA DE LODO MISTO

A partir dos valores de lodo primário e lodo secundário chegou-se a produção da torta de lodo misto, mostrado na tabela 2.

**Tabela 2: Produção total de torta de lodo misto desidratado com 30% ST.**

Vazão média afluente à ETE (L/s)	Torta de lodo primário 30% ST (m³/dia)	Torta de lodo secundário 30% ST (m³/dia)	Total diário de torta desidratada 30% ST lodo misto (m³/dia)	Peso diário da torta úmida $\delta = 1,06 \text{ ton/m}^3$ (ton/dia)
1000	69	17	86	91
1100	76	19	95	101
1200	82	21	103	109
1300	89	23	112	119
1400	96	25	121	128
1500	103	26	129	137
1600	110	28	138	146
1700	117	30	147	156
1800	124	32	156	165
1900	131	33	164	174
2000	138	35	173	183
2100	144	37	181	192
2200	151	38	189	200
2300	158	40	198	210
2400	165	42	207	219
2500	172	44	216	229
2600	179	46	225	239
2700	186	47	233	247
2800	192	49	241	255
2900	199	51	250	265
3000	206	53	259	275
3100	213	54	267	283
3200	220	56	276	293

## DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO DA ETE

O lodo primário após desidratado é estabilizado com adição de cal virgem e lançado em caminhões basculantes, cobertos com lona e levados até a área de disposição final da Fazenda Ponte Funda, no município de Mairipotaba, pela Rodovia GO-217, numa distância de 80 km da ETE. O lodo é descarregado no terreno e posteriormente espalhado por maquinário adequado.

O total de lodo transportado no período pesquisado é apresentado na tabela 3.

**Tabela 3: Lodo transportado para disposição final**

Anos	Meses	Vazão média (L/s)	Lodo desidratado (ton/mês)	Cal virgem (ton/mês)	Lodo transportado (ton/mês)
2011	Abril	1.349	2.682	140	2.822
	Maio	1.207	2.618	112	2.730
	Junho	1.166	2.560	124	2.684
	Julho	1.057	2.945	124	3.069
	Agosto	1.090	2.999	119	3.118
	Setembro	1.098	2.956	114	3.070
	Outubro	1.112	2.820	123	2.943
	Novembro	1.339	2.807	116	2.923
	Dezembro	1.218	2.850	135	2.985
	Janeiro	1.579	2.017	128	2.145
2012	Fevereiro	1.614	2.277	133	2.410
	Março	1.585	2.356	114	2.470
	Abril	1.710	1.802	142	1.944
<b>Médias</b>		<b>1.317</b>	<b>2.591</b>	<b>125</b>	<b>2.716</b>

## RESULTADOS DOS ESTUDOS DA REDUÇÃO DO VOLUME DE LODO

A fim de reduzir o volume a ser transportado e retirado da ETE, foram estudados dois processos atualmente empregados para esse objetivo: secagem térmica do lodo e combustão do lodo

## RESULTADOS DO COMPORTAMENTO DA SECAGEM TÉRMICA

A secagem térmica consiste em submeter o lodo a uma fonte de calor com o objetivo de fazer evaporar a água presente aumentando assim o teor de sólidos (JORDÃO; PESSOA, 2009).

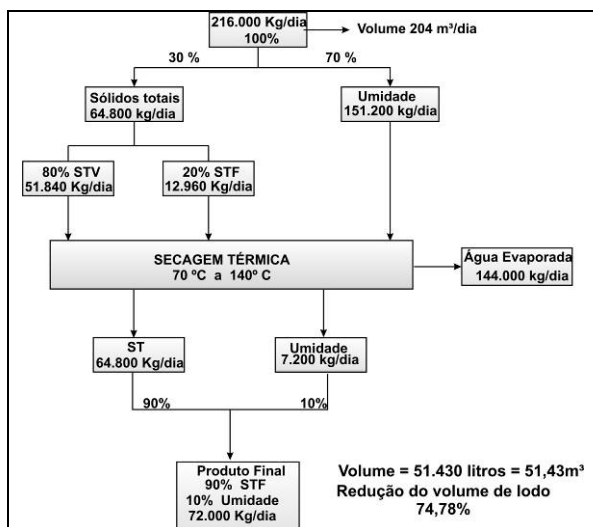
A secagem térmica para reduzir o teor de umidade a 10% é conseguida através da elevação da temperatura das partículas de lodo e evaporação da água. Com este procedimento se consegue obter um lodo classificado como Classe A.

Em média são necessários 750 a 1.100 kgcal/kg de água evaporada. A secagem térmica transforma um produto pastoso (torta de lodo desidratado) em produto seco, normalmente em forma de pellets de 1 a 3 mm (SILVA; 2012).

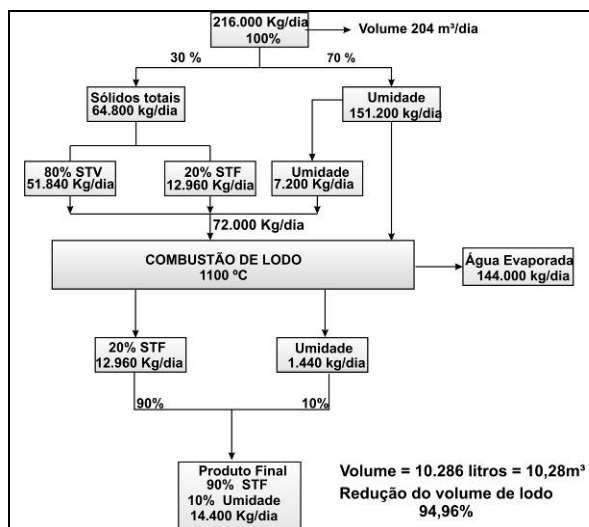
Considerando que a vazão média afluyente no período de abril de 2011 a abril de 2012 foi de 1.317 L/s, pode-se estabelecer um cenário para caracterizar o transporte e disposição do lodo da ETE por um período de 17 anos, dentro das seguintes premissas: acréscimo de vazão de 100 L/s, a cada ano, durante os 17 anos, tratamento primário com lodo primário (2012 a 2016), tratamento secundário com lodo misto (2017 a 2031), utilizando secador térmico com lodo de entrada com 30% de ST e 70% de umidade e saída de pellets do secador com 90% de ST e 10% de umidade. O balanço de massa da secagem térmica é mostrado na figura 3. O volume de lodo desidratado de 204 m³/dia foi obtido através da média dos 17 anos de operação. A ETE Dr. Helio Seixo de Britto não possui processo anaeróbio gerador de biogás o que acarretaria o uso de outro combustível para se realizar a secagem térmica.

## RESULTADOS DO COMPORTAMENTO DA COMBUSTÃO DO LODO

Através do processo da combustão do lodo o volume de lodo desidratado é reduzido de 100% para 5,04%, ou seja, há uma redução de volume de 94,96%. A matéria orgânica é volatilizada, a água é evaporada e os sólidos totais fixos permanecerão como cinzas (SILVA, 2012). O produto final da combustão contém ainda 10% de umidade. O balanço de massa da combustão é mostrado na figura 4.



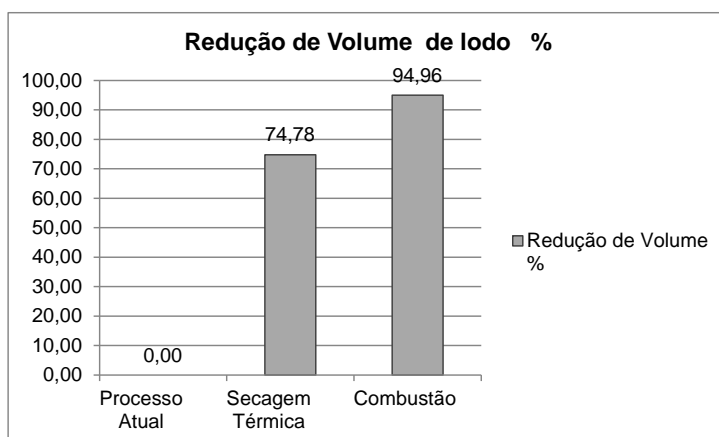
**Figura 3: Balanço de massa da secagem térmica da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto**



**Figura 4: Balanço de massa da combustão do lodo da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto**

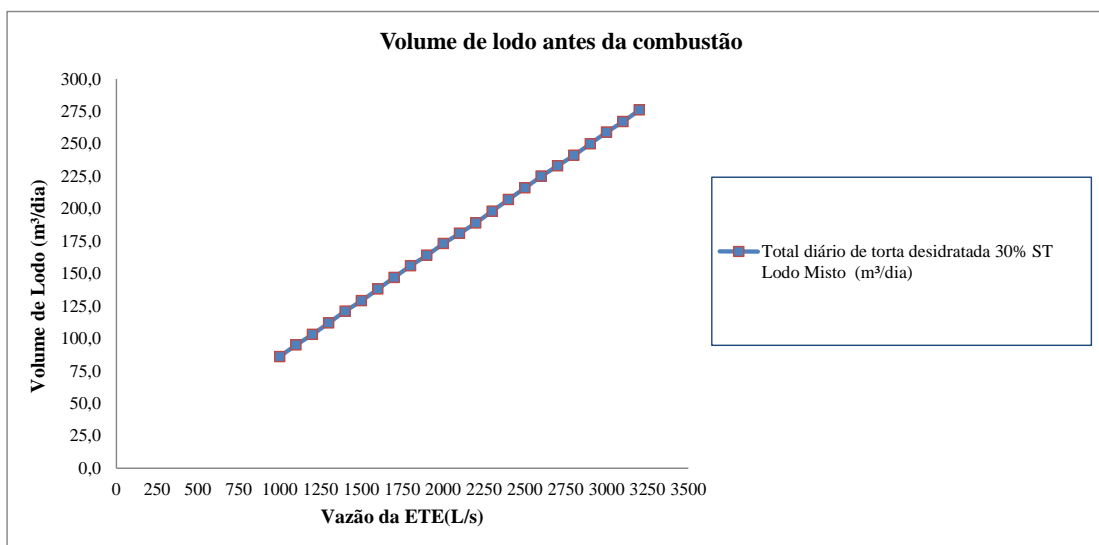
### AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA SECAGEM TÉRMICA E DA COMBUSTÃO DO LODO

A figura 5 apresenta dados da secagem térmica como alternativa para redução do peso do lodo a ser transportado de 66,67% para densidade final de 1,06 ton/m³ e uma redução de volume a ser transportado de 74,78%.

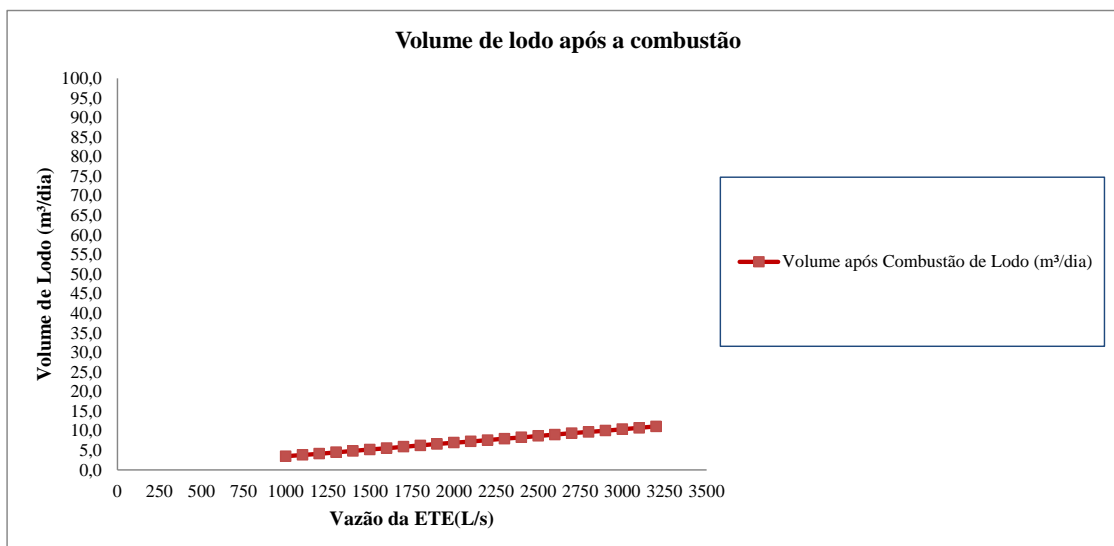


**Figura 5: Comparativo da redução do volume de lodo**

As figuras 6 e 7 contêm os resultados comparativos, obtidos através de estudos em planilhas, dos volumes de lodo misto (primário + secundário) o volume de lodo após a combustão.



**Figura 6: Volume de lodo misto desidratado a 30%**



**Figura 7: Volume de lodo após a combustão**

Os valores do volume de lodo misto desidratado para a vazão de fim de plano alcançaram 276 m³/dia ao passo que o volume após a combustão para a mesma vazão de 3.200 L/s atingiu valor máximo de 13,90 m³/dia. Os valores da combustão encontram-se dentro dos valores reportados na literatura que indicam a redução de volume na combustão de lodo em torno de 95%.

## CONCLUSÕES

Para se chegar a viabilidade econômica da redução do volume, foram feitas análises econômicas comparativas, com as seguintes alternativas para combustíveis da secagem térmica:

Substituir o atual processo de tratamento primário quimicamente assistido e implantação do processo convencional de lodos ativados com digestores anaeróbios para geração de biogás e implantação da secagem térmica. Este estudo mostrou que, além dos custos adicionais para implantação dos digestores, o biogás produzido não seria suficiente para a secagem térmica necessitando de complementação com óleo diesel o que tornou esta alternativa inviável.



As fontes externas de outras energias para a secagem térmica abrangeram os seguintes combustíveis: gás liquefeito de petróleo, óleo diesel, cavaco de madeira (eucalipto) e bagaço de cana.

Para todas as alternativas foi considerado um período de operação de 17 anos (a partir da entrada em operação do tratamento secundário), reajuste dos preços atuais dos combustíveis em 6% ao ano. Embora o uso do cavaco de cana e bagaço de madeira se mostrassem viáveis, foram descartados pela interferência com a operação diária da ETE uma vez que exigiria movimentação excessiva de caminhões descarregando estes materiais, necessitando de construção de galpões para estocagem em épocas de chuva, ou seja, uma grande operação paralela ao normal funcionamento da ETE.

O sistema de combustão de lodo para atender o volume final de 276 m<sup>3</sup>/dia do lodo misto desidratado na vazão média afluente à ETE de 3.200 L/s já entraria em operação a partir da implantação do processo de lodos ativados previsto para uma vazão média de 1.600 L/s.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEM SOBRINHO, P. Considerações sobre os efeitos do lançamento do lodo da ETA João Leite na ETE Dr. Helio Seixo de Britto de Goiânia. USP, São Paulo, 2011.
2. DAVID, A.C. ; TSUTIYA, M. T. Secagem térmica de biossólidos na região metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. , 2001, João Pessoa. Anais eletrônico ... Rio de Janeiro: ABES, 2001.p. 1-7
3. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Process design manual: sludge treatment and disposal. Washington, DC.: Environmental Protection Agency, 1978. V.2, 155p.
4. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos, 5. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009, 940 p.
5. SILVA, A. V.A.; SILVA, M.O. S. A. Alternativas técnico- econômicas para redução dos volumes de lodo da ETE Dr.Helio Seixo de Britto. Belo Horizonte: ALE Arquitetura e Engenharia Ltda, 2012
6. STC. The STC thermal sludge drying system: [catálogo]. Castellon, Spain, 2010. 1V.
7. VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C.V. ; VON SPERLING, M. ; FERNANDES, F. (org) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001. 484p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, V. 6). Cap. 2, p. 17 -67. Cap.7, p.299- 317.
8. WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION – WPCF. Sludge thickening: manual of practise, n. FD -1 Facilities treatment and disposal Washington, DC, 1980. 163 p.