

# TRABALHO DE GRADUAÇÃO DE INTERESSE SÓCIO-AMBIENTAL: DESTINAÇÃO E USO POSSÍVEIS DO LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

**Kendy Isobe Sato<sup>1</sup> ; André Luiz de Lima Reda<sup>2</sup>**

Instituto Presbiteriano Mackenzie., Escola de Engenharia  
Rua da Consolação, 896, Prédio 6  
CEP 01302-907 – São Paulo – SP

<sup>1</sup> kendy.sato@uol.com.br

<sup>2</sup> allreda@mackenzie.com.br

**Resumo:** *No Brasil, o lodo de estação de tratamento de esgoto e de estação de tratamento de água é disposto, com grande frequência, sem nenhum tratamento em cursos de água próximos à própria estação ou em aterros sanitários. Entretanto tal prática tem sido bastante questionada, nesses últimos anos, devido aos possíveis riscos à saúde pública e à vida aquática. A destinação final do lodo constitui-se atualmente num dos maiores desafios do setor de saneamento. Uma disposição final adequada ainda é uma etapa problemática no processo operacional, que necessita de soluções técnico-economicamente vantajosas e ambientalmente sustentáveis. Para as diversas formas de disposição final, o lodo deve ser preparado adequadamente para que ocorram as melhorias qualitativa e quantitativamente necessárias para permitir sua utilização ou descarte. Além de se observar a qualidade do lodo produzido (em função das características do esgoto ou do manancial – conforme venha de tratamento do esgoto ou de água), deve-se levar em consideração as características do processo pelo qual é tratado e o lugar onde será disponibilizado para o uso ou descarte, para se determinar a forma menos agressiva ao ambiente e o melhor aproveitamento possível. Neste trabalho, o graduando (primeiro autor) analisa as possibilidades de sua utilização, iniciando com a compreensão dos processos envolvidos e seguindo com pesquisa que o familiarizou com os métodos de tratamento realizados no lodo produzido nas estações de tratamento de água e esgoto. Complementa seu aprendizado reportando a atual situação do lodo produzido na Região Metropolitana de São Paulo e suas possibilidades de utilização.*

**Palavras-chave:** *Lodo de esgoto, Estação de tratamento, Tratamento de água, Destinação final, Uso do lodo*

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é identificar as possibilidades de utilização do lodo produzido em estações de tratamento de água e esgoto para diminuir o volume disposto no ambiente, bem como verificar as características do lodo gerado nas ETA e ETE da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) – e, assim, analisar possibilidades para seu uso e disposição final.

O crescimento urbano no Brasil ocorreu de modo desordenado, resultando na formação de cidades sem infra-estrutura e sem disponibilidade de serviços urbanos capazes de comportar a população. Com isto, acumula-se na cidade todo o resíduo da atividade humana – que não retorna à zona de produção de alimentos onde se originou (zona rural) – causando uma “indigestão urbana”. Decorrente do tratamento desse resíduo, separado nas fases líquida (efluente das estações de tratamento) e sólida, nasce a necessidade de disposição desta última – preocupação constante, em vista dos potenciais efeitos negativos ao meio ambiente. Isto se agrava quando estes são dispostos de maneira inadequada – como, por exemplo, no curso d’água mais próximo, saída comum atualmente na região em análise.

A busca de soluções econômica e ambientalmente vantajosas para o tratamento e disposição final do lodo continua sendo um desafio, principalmente para países em desenvolvimento, que vivem severas restrições econômicas, onde os problemas sanitários exigem soluções imediatas. Existem várias alternativas tecnicamente aceitáveis para o tratamento e disposição final de lodo dos vários tipos de estações de tratamento. A mais comum é a digestão anaeróbia, que pode ser seguida pela disposição em aterros sanitários, exclusivos (só para lodo de tratamentos) ou não (em conjunto com lixo, por exemplo). Alternativa a ela são *landfarming* (espalhamento em áreas intensas de solo para estabilização final, com deterioração controlada do solo), lagoas de armazenagem, incineração ou uso agrícola. A disposição oceânica não é considerada neste trabalho como forma de destino final de lodo, pois esse processo não é mais utilizado pela grande maioria dos países (TSUTIYA et al., 2002).

## 2. SISTEMAS DE TRATAMENTO

O processo adotado e os graus de tratamento aos quais são submetidas a água e o esgoto nas respectivas estações de tratamento são fatores determinantes nas características e composição do lodo gerado.

No processo de tratamento de água potável para abastecimento, inicialmente se remove partículas finas em suspensão e em solução presentes na água bruta, com adição de produtos químicos que mobilizam as partículas coloidais, através de operações unitárias de rápida mistura, formando com elas flocos com tamanho suficiente para sua posterior remoção por gravidade nos decantadores – grandes tanques onde o material sedimentado ou decantado pela ação da gravitacional fica retido por certo período e é daí removido. A água efluente do decantador, com parte dos sólidos que não se sedimentaram, é encaminhada aos filtros para clarificação final. Assim, grande parte dos sólidos fica retida nos decantadores e outra parcela, nos filtros. Por meio dessas operações, entre outras, a estação de tratamento produz água para abastecimento e gera resíduos sólidos, tais como o lodo acumulado nos decantadores e os resíduos retidos nos filtros – retirados na ETA pela lavagem regular destes.

No que diz respeito ao esgoto, o Brasil utiliza, pelo menos em princípio, o sistema coletor do tipo separador absoluto – o qual considera o transporte do esgoto sanitário e das águas pluviais em sistemas independentes. Todavia, na prática, é comum ter-se águas pluviais indevidamente lançadas no sistema coletor de esgoto, bem como esgotos lançados sem tratamento em condutos das redes de drenagem, também indevidamente (REDA e FERREIRA, 2007; REDA et al., 2007; TSUTIYA et al., 2002). Os coletores secundários, majoritariamente condutos por gravidade, reúnem os fluxos dos coletores primários (os quais recebem as ligações prediais) e são interceptados por tubulações de maior calibre ao atingirem algum fundo de vale (os interceptores). Após reunido subsequente por novos interceptores, em algum ponto o esgoto é enviado por tubulações mais longas, sem interligações, que atingem a ETE. Lá, geralmente já em cotas muito baixas (por exemplo, na

ETE Parque Novo Mundo, o esgoto chega ao local da estação elevatória 15 (abaixo da superfície), o esgoto é bombeado para uma cota mais alta que a do ponto mais a montante da ETE e, daí em diante, segue seu curso ao longo dela por gravidade. A fotografia da Figura 1 mostra o tanque de chegada do esgoto da ETE Barueri, logo após a elevatória.



Figura 1 – Tanque de chegada do esgoto após a elevatória -- ETE Barueri.

O tratamento comumente utilizado nas ETE na RMSPP é por lodos ativados, composto por diversos níveis em seqüência, sendo eles elencados a seguir.

No tratamento Preliminar, o esgoto bruto que chega a ETE passa por um processo de remoção de sólidos grosseiros, através do gradeamento – podendo ser substituído por peneiras rotativas ou trituradores – e, depois, pela remoção de areia por sedimentação (desarenação), na caixa de areia. A fotografia na Figura 2 mostra o tanque desarenador da ETE Barueri.



Figura 2 – Estrutura dos desarenadores (primeiro autor ao centro) – ETE Barueri.

Em seguida, o processo Primário do tratamento se inicia nos decantadores primários, através da sedimentação dos sólidos mais densos, sendo uma parte significativa destes sólidos compreendida pela matéria orgânica em suspensão. A Figura 3 ilustra, para a ETE Barueri, a saída do decantador primário para os tanques de aeração (início do tratamento secundário).



Figura 3 – Saída do decantador primário rumo ao tanque de aeração - ETE Barueri.



Figura 4 – Tanque de aeração -- ETE Barueri.

O tratamento Secundário tem como principal objetivo a estabilização da matéria orgânica por reações bioquímicas, seguida de sua remoção. Seus métodos mais comuns são lagoas de estabilização em suas diversas variantes, lodos ativados, filtro biológico, tratamento anaeróbio e disposição no solo (como melhor detalhado em REDA, 1996, SPERLING, 2000).

O processo de lodos ativados é o mais empregado na RMSP. Nele, o lodo passa pelo processo de estabilização de matéria orgânica por meio de ações biológicas e reações bioquímicas, a partir do tanque de aeração e, em seguida, vai para o decantador secundário (SPERLING, 2002). A figura 4 mostra o tanque de aeração da ETE Barueri, onde se nota forte turbulência – promovendo a mistura de oxigênio à água para que se inicie a proliferação das bactérias aeróbias. O decantador secundário exerce papel fundamental no processo de lodos ativados, sendo responsável pela separação dos sólidos em suspensão, na sua maioria compostos por microorganismos e partículas arrastados pela gravidade, que afluíram a este decantador vindos do tanque de aeração. Libera, à sua saída, um efluente clarificado. Parte do lodo sedimentado no fundo desse decantador retorna ao tanque de aeração com uma quantidade suficiente de microrganismos para manter uma relação estável alimento/microrganismo, capaz de decompor material orgânico e assegurar a continuidade e a eficiência do processo (o que lhe valeu a designação de “ativado”). O restante do lodo é encaminhado para a elevatória de lodo excedente e, em seguida, para tratamento da Fase Sólida. Este processo de tratamento secundário, por lodos ativados, se aplica melhor a comunidades com alto índice de concentração urbana, como a RMSP, onde também pode ocorrer o problema de acréscimos sensíveis na vazão afluente – por exemplo, em decorrência de fortes flutuações na população (tal como em cidades litorâneas) ou da infiltração transitória de águas pluviais na rede coletora de esgoto (ver REDA e FERREIRA, 2007; REDA et al., 2007). A fotografia da Figura 5 mostra o decantador secundário da ETE Barueri, notando-se mecanismo que promove constante rotação do fluido, a baixa velocidade, permitindo a decantação do lodo formado pelas bactérias aeróbias com direção ao fundo cônico do tanque.



Figura 5 – Decantador secundário – ETE Barueri.

Os outros processos bastante usados para o tratamento secundário são as lagoas de estabilização (descrito em SPERLING, 1986, e KELLNER, 1998, e mais aplicável a comunidades urbanas pouco adensadas e com boa disponibilidade de área) e filtros biológicos (descrito em SPERLING, 2000, por exemplo, e aplicável a situações de vazões mais baixas e menos sujeitas a relevantes acréscimos transitórios de vazão). A disposição no solo, por sua vez, é um tipo de destino final nada recomendado para o esgoto urbano bruto, atualmente (devido à acelerada degradação causada ao solo e às águas subterrâneas) apenas admitido ainda para a disposição final de lodos de ETE e ETA (como resíduos sólidos, de menor mobilidade ambiental). Já o tratamento anaeróbio, se efetivado em reatores anaeróbios, tem sido reservado mais para o lodo de estações de tratamento (como descrito em SPERLING, 1997), não para o esgoto em geral; ou então, se efetivado em lagoa anaeróbia, costuma ser empregado como estágio inicial em seqüências de lagoas de estabilização (KELLNER, 1998; SPERLING, 1986) para o tratamento de esgoto, em que a este tipo de lagoa se segue uma lagoa facultativa ou uma aeróbia (ver estudo de caso em REDA et al, 2007).

O tratamento terciário, bastante raro no Brasil (por ainda atingir preços proibitivos em grande escala), pode consistir na remoção de nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes. Nos casos específicos da remoção de nutrientes por processos biológicos e da remoção de patogênicos, estas são efetuadas em diversos graus pelo tratamento secundário, que dependem da concepção de tratamento local. Portanto, o tratamento terciário representa uma complementação na purificação dos esgotos.

### **3. PROCESSAMENTO, CARACTERÍSTICAS E QUANTIDADE DOS LODOS**

Apesar de os lodos gerados em cada sistema de tratamento possuírem em sua composição grandes quantidades de água, não podemos tratá-los de forma igual quanto as suas características e toxicidade, pois essas propriedades variam de acordo com a matéria prima afluyente a cada tratamento, os produtos químicos utilizados durante o tratamento e os tempos de retenção nas unidades de tratamento.

#### **3.1 Estação de tratamento de esgoto - ETE**

O Sistema Principal de Esgotos da RMSP é constituído por cinco sistemas integrados de tratamento, sendo eles as ETE ABC, Barueri, Parque Novo Mundo, São Miguel e Suzano. Todas as ETE foram projetadas com tratamento de fase sólida com o uso de filtros-prensa, portanto todas geram tortas de lodo como resíduo final. A composição química dos lodos é o fator mais restritivo na decisão entre as possibilidades de uso. Nas ETE Barueri e São Miguel, o tratamento é feito com polímeros sintéticos e, nas demais, com cal e cloreto férrico.

#### ***Produção***

A partir dos estudos feitos sobre o funcionamento das ETE, é possível observar algumas peculiaridades quanto aos resíduos produzidos. A primeira observação é a preponderância das quantidades de tortas de lodo comparada à geração de material gradeado, peneirado, areia e espuma. Isto elege as tortas de lodo como o resíduo a ser estudado; porém, não implica desconsideração dos demais resíduos (SPERLING, 2000). A fotografia da Figura 6 mostra um digestor anaeróbio da ETE Barueri, onde bactérias anaeróbias consomem a matéria biodegradável com a produção secundária de gás metano. Na Figura 7 se vê outro biodigestor, com uma chaminé para a queima do excesso de gases.

Os sólidos removidos no gradeamento incluem matéria orgânica e inorgânica com dimensões superiores ao espaço livre entre as grades. O componente orgânico desses sólidos varia em função das características do afluente recebido pelo sistema de esgoto e da época do ano. A remoção pode ser manual ou mecânica

A areia usualmente compreende os sólidos inorgânicos mais densos, que sedimentam com velocidades relativamente elevadas. A areia é removida em unidades denominadas desarenadores, aerados ou não, que funcionam como decantadores com baixo tempo de detenção hidráulica – suficiente apenas para a sedimentação da areia. No entanto, em más condições de operação, parte da matéria orgânica pode ser removida juntamente com a areia, além de óleos e graxas.

Os lodos de esgotos são geralmente classificados de acordo com o estágio do sistema de tratamento em que foram originados e, desta forma, são normalmente referidos como primário, secundário ou digerido.

Portanto, o lodo primário é aquele originado no decantador primário. A concentração de sólidos totais dos lodos nesta fase do processo deve estar em torno da faixa de 1 a 6%. Para que a concentração de sólidos totais aumente para de 4 a 10%, o lodo deve passar por um processo de adensamento, normalmente por gravidade. O adensamento pode reduzir até a metade do volume original de lodo e, portanto, reduzir as dimensões das instalações posteriores de tratamento da fase sólida. O lodo primário é altamente putrescível, gera maus odores e contém alta concentração de patógenos, que podem causar vários tipos de doenças se em contato humano.

O lodo biológico em excesso, ou lodo secundário, compreende a biomassa de microrganismos aeróbios gerados através da estabilização da matéria orgânica (alimento para esses organismos) contida no esgoto; ou seja, é aquele resultante da conversão biológica dos produtos solúveis do efluente primário, não captados no tratamento primário. Esta biomassa está em constante crescimento, em virtude da entrada contínua de matéria orgânica nos reatores biológicos. Para manter o sistema em equilíbrio, deve-se manter sob controle o tempo de retenção do efluente no sistema e a quantidade de biomassa a ser removida para que não se altere a relação organismo / alimento.

Os lodos primário e secundário podem também ser designados como não digeridos (brutos), se não estiverem estabilizados (digeridos); portanto, necessitando de uma etapa separada, posterior, de digestão. Caso contrário, haverá emissão de maus odores pelo lodo durante seu tratamento e disposição final, através da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, em condições não controladas. O lodo digerido é aquele oriundo do bruto que já sofreu a estabilização biológica, normalmente pela via anaeróbia, em reatores anaeróbios (SPERLING, 1997). Os produtos da digestão anaeróbia são gás carbônico, gás metano e água. Como consequência deste processo, há uma redução na concentração de sólidos voláteis (METCALF & EDDY 1991). As fotografias da Figura 6 mostram duas vistas dos reatores anaeróbios da ETE Barueri.

A espuma removida nos decantadores primários consiste de materiais flutuantes raspados da superfície, como, por exemplo, graxa, óleos vegetais e minerais, gordura animal, sabões, resíduos de comida, cascas de vegetais e frutas, cabelo, papel, algodão, pontas de cigarro e materiais similares. A massa específica da espuma é inferior a 1,0 grama por centímetro cúbico (INADA, 2003).

### ***Quantificação***

A produção de lodo primário é afetada pela concentração de sólidos afluentes, taxa de escoamento superficial e eficiência do decantador primário, temperatura e natureza do esgoto. A produção de lodo secundário é função do método de tratamento (lodo ativado, filtro biológico, etc.), tempo de detenção dos sólidos, natureza do substrato (sólidos em suspensão e

DBO) e eficiência do decantador primário (SANTOS, 2003). Uma vez estabelecidos os valores das variáveis de processo para sistema de tratamento da fase líquida, a produção total de lodo é prevista para o final de plano do projeto. Para a determinação dos parâmetros de projeto, o ideal seria considerar a quantidade de lodo baseada na medida real da vazão produzida. No entanto, este enfoque não seria exequível na prática.



Figura 6 – Digestores anaeróbios – ETE Barueri. Esq: primeiro autor em primeiro plano. Dir: Digestor com tubulação destinada à queima do excesso de gás do digestor.

Um método prático e suficientemente confiável de estimativa das quantidades de lodo é executar o balanço de massa, através das várias unidades do processo, e desenvolver modelos matemáticos que incorporem os princípios de eficiência de processo e coeficientes de produção ou ambos (SPERLING, 2000). Esta aproximação permite que tanto as características do esgoto como as variáveis do processo possam influenciar as quantidades previstas. Finalmente, uma avaliação mais precisa do peso seco de lodo é possível com a pesagem direta ao final do processo de secagem. Um deles é a prensagem (formando “tortas” de lodo seco – vide fotografia à esquerda da Figura 7), apropriada nos casos em que a disponibilidade de espaço é escassa; o outro é o da secagem em pátio (vide fotografia à direita da Figura 7), possível apenas quando há farta disponibilidade de área na ETE.



Figura 7 – Dois métodos de secagem de lodo: Esq: Filtros-prensa (secagem e adensamento). Dir: Pátio para espera para transporte do lodo.

### 3.2 Estação de tratamento de água - ETA

A concepção das ETA é bastante parecida em todo o Brasil, particularmente no Estado de São Paulo, em que todas utilizam o tratamento Convencional. No Brasil, existem cerca de 7.500 ETA, classificáveis como convencionais ou completas, que empregam coagulação, flotação, sedimentação e filtração.

## ***Produção***

Durante o processo de tratamento, adicionam-se diversos componentes químicos, conduzindo à formação de resíduos de tamanhos grandes o suficiente para serem removidos posteriormente por sedimentação, filtração, adsorção em hidróxidos e óxidos ou carvão ativado. Esses resíduos, denominados de lodos de ETA, que têm origem nos decantadores ou, eventualmente, em flotores com ar dissolvido e nas águas de lavagem dos filtros, têm características variadas, dependendo fundamentalmente das condições apresentadas pela água bruta, produtos químicos utilizados e forma de limpeza dos decantadores. Dependendo da concepção do tratamento utilizado, os resíduos apresentaram características distintas em termos de vazão e de concentração de sólidos.

O maior parte do lodo de ETA tem origem nos decantadores, cuja quantidade depende da sua frequência de remoção do fundo destes (representando, em volume, entre 0,3 e 1% da água tratada). A quantidade de lodo originária dos decantadores representa cerca de 60 a 95% da quantidade total de resíduos produzidos na ETA, sendo o restante retido pelo processo de filtração.

Conforme observado na literatura pesquisada, o volume de água utilizado na lavagem dos filtros corresponde à maior parcela dos resíduos produzidos numa ETA. Com isso, deve-se despender atenção especial à água de lavagem dos filtros, pois essa água deveria ser recirculada e voltar ao início do processo de tratamento. Tal prática resultaria na diminuição do volume de lodo a ser tratado.

## ***Quantificação***

A quantidade de lodo produzida em determinada ETA depende de fatores tais como: partículas presentes na água bruta, que conferem turbidez e cor à mesma; concentração de produtos químicos aplicados no tratamento; tempo de retenção do esgoto e do lodo nos tanques; forma de limpeza dos tanques e filtros e eficiência da sedimentação, dentre outros (AMARAL, 2000).

Para medir a real produção de lodo em sistemas de tratamento de água, é necessário estimar dois parâmetros muito importantes: a massa de sólidos secos presentes no lodo e o volume de água descartada que atua como veículo da massa desses sólidos. O primeiro parâmetro, a massa de sólidos secos, pode ser obtido através de um balanço dos sólidos no sistema. Em seguida, pode-se calcular estequiometricamente as quantidades dos resíduos resultantes da aplicação do coagulante químico. Assim, a produção total de resíduos e o volume de água descartado podem ser estimados utilizando-se a vazão diária de água tratada (REALI, 1999).

## **4. PROCESSOS DE DESCARTE E POSSÍVEIS USOS DO LODO**

A disposição em aterros tem sido amplamente praticada, podendo ser em aterros exclusivos para lodos de tratamento ou co-disposição com lixo urbano. Nos EUA e em vários países da Europa se utiliza a secagem térmica dos lodos, sendo seu uso intensamente praticado quando seu destino final é a agricultura. Isto economiza espaço (em pátios de secagem) e tempo de permanência em tratamento (o que também gera economia de espaço) – fatores muito importantes em países onde o custo do solo é mais elevado. Os lodos também são aproveitados na agricultura na forma de tortas desidratadas, conforme são obtidos nas estações de tratamento. A incineração, outro tipo de descarte, é praticada em fornos incineradores. Nos EUA, esta forma é geralmente praticada em regiões mais frias no Norte do País, podendo ser empregada como fonte de calor para aproveitamento na termo-eletricidade ou no aquecimento de água para fins diversos. A incineração também reduz a necessidade de

espaço e permanência na estação. A disposição oceânica, também como uma alternativa de descarte, vem sendo reduzida e substituída pelo uso na agricultura, em países do primeiro mundo – tais como EUA e Espanha. Aproximadamente 16% dos lodos gerados no Japão são usados na agricultura, áreas verdes e construção. Incineração é usada extensivamente no Japão: 61% do lodo lá gerado é incinerado.

O processo de urbanização impõe restrições às alternativas de disposição dos lodos, pois traz consigo escassez de aterros próximos, aumento do custo de transporte e aumento do custo da disposição nos aterros disponíveis. Em países europeus e também no Japão, estes fatores, associados a uma legislação restritiva e ao incentivo à reciclagem, têm elevado em muito a parcela do lodo encaminhada à incineração. Apesar da redução dos riscos de contaminação do solo e da água, a incineração ainda gera preocupações com respeito à poluição atmosférica e à disposição final segura da cinza residual.

O uso dos lodos de esgotos no solo tem sido muito estudado e, no Brasil, já existem avanços nos estados de São Paulo e Paraná e em Brasília. Já as alternativas de uso dos lodos em processos industriais são classificadas como tecnologias emergentes; portanto, ainda em desenvolvimento.

Os sistemas de tratamento do lodo podem comportar diversas combinações de operações e processos unitários. As principais etapas sequenciais do gerenciamento do lodo, respectivos objetivos e alternativas de processos são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas, objetivos e principais processos de tratamento.

ETAPAS	ADENSAMENTO (ESPESSAMENTO)	ESTABILIZAÇÃO	CONDICIONAMENTO	DESIDRATAÇÃO	HIGIENIZAÇÃO	DISPOSIÇÃO FINAL
OBJETIVOS	Redução de umidade	Redução de Matéria orgânica (sólidos voláteis)	Preparação para desidratação	Redução de umidade e volume	Remoção de organismos patogênicos	Destinação final dos subprodutos
PRINCIPAIS PROCESSOS	Adensamento por gravidade	Digestão anaeróbia	Condicionamento químico	Leitos de secagem	Adição de cal	Uso agrícola
	Flotação	Digestão aeróbia	Condicionamento térmico	Lagoas de lodo	Tratamento de cal	Recuperação de áreas degradadas
	Centrifugação	Tratamento térmico		Filtro prensa	Compostagem	Landfarming
	Filtro prensa de esteiras	Estabilização química		Centrifugação	Oxidação úmida	Uso industrial
				Filtro prensa	Outros (radiação gama, solarização)	Incineração
				Filtro a vacuo		Oxidação úmida
				Secagem térmica		Aterro sanitário

É possível combinar diversas seqüências de operações e processos unitários dentre os do Quadro 1, onde se pode verificar os mais vantajosos tipos de processamento do lodo, para configurar o fluxo do processo de tratamento. A adoção ou não de cada uma das etapas apresentadas acima depende das características desejadas do lodo gerado, do tratamento aplicado à fase líquida e da disposição final.

## **5. ESTUDO DE CASO: POSSIBILIDADES DE USO DO LODO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DA RMSP**

De acordo com dados verificados e analisados da literatura existente e relatórios técnicos da SABESP sobre as estações de tratamento de esgoto da RMSP, faz-se um breve relato de cada uma delas, incluindo as propriedades do lodo produzido, as particularidades de cada ETE e os problemas em se definir um padrão para o lodo em cada uma delas. As ETA serão aqui tratadas de forma individual, pois, apesar de possuírem sistemas de tratamento semelhantes, existem partes dos sistemas de tratamento da fase sólida que não foram previstas em projeto e que deverão ser implantadas, caso haja necessidade.

### **5.1 Produção do lodo de esgoto**

A Região Metropolitana de São Paulo conta atualmente com as cinco ETE principais de grande porte citadas anteriormente, a saber: ABC, Barueri, Parque Novo Mundo, São Miguel e Suzano. Devido ao tamanho da cidade, todas as estações foram projetadas e operam pelo sistema convencional de lodos ativados, que permite tratar vazões grandes e moderadamente variáveis. A ETE Parque Novo Mundo é a única das cinco que não possui os processos de decantação primária e de digestão dos lodos, substituídos respectivamente por peneiras rotativas e estabilização química – devido à falta de espaço disponível para sua implantação. O que distingue cada uma destas ETE é o tipo de esgoto afluente, como nos casos das ETE Barueri, Suzano e ABC – que possuem uma parcela de esgoto industrial considerável. No geral, seguem a configuração tradicional, sendo compostas então por uma fase líquida, onde os tratamentos primário e secundário se processam, e, em alguns casos, uma fase sólida, com destinação do lodo (HELOU et al., 2003).

### **5.2 Produção do lodo de tratamento de água**

Atualmente, o Sistema Integrado de Abastecimento da RMSP é constituído por oito Sistemas Produtores localizados nos quatro quadrantes da RMSP, contando com oito ETA, que são responsáveis por uma produção média de 65m<sup>3</sup>/s. Estes Sistemas Produtores encontram-se interligados por um complexo sistema de adutoras, elevatórias e reservatórios setoriais, denominado Sistema Adutor Metropolitano (SAM) (ENCIBRA e HIDROCONSULT, 2004).

Neste trabalho, são enfocadas as sete maiores Estações de Tratamento de Água constituintes deste sistema, responsáveis por mais de 95% do abastecimento da RMSP. As ETA, seus respectivos Sistemas Produtores e capacidades nominais são as seguintes: ETA Guarará (Sistema Cantareira): 33,0m<sup>3</sup>/s; ETA Alto da Boa Vista – ABV (Sistema Guarapiranga): 14,0m<sup>3</sup>/s; ETA Taiáçupeba (Sistema Alto Tietê): 10,0m<sup>3</sup>/s; ETA Rio Grande (Sistema Rio Grande): 5,0m<sup>3</sup>/s; ETA Casa Grande (Sistema Rio Claro): 4,0m<sup>3</sup>/s; ETA Morro Grande (Sistema Alto Cotia): 1,2m<sup>3</sup>/s, e ETA Baixo Cotia (Sistema Baixo Cotia): 0,9m<sup>3</sup>/s.

Todas estas empregam tratamento convencional completo, dotado de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e condicionamento químico (fluoretação e correção final de pH).

### **5.3 Características dos diversos lodos**

Como já mencionado aqui, diferentes alternativas de uso benéfico do lodo têm sido adotadas nos países do Hemisfério Norte, que, além de vantagens econômicas, vêm

transformando em larga escala resíduos em recursos. No Brasil, tal transformação ainda está por ocorrer.

Para que se possa avançar neste sentido, o primeiro passo é a caracterização adequada do lodo na estação de tratamento. Para cada tipo de disposição final desejada deve-se então analisar as legislações ambientais específicas. A complexidade da logística de produção, marketing e distribuição do produto pode também comprometer a realização dos usos desejados; portanto, toda a logística da estação deve ser voltada ao destino final escolhido. É também imprescindível que seja realizada uma pesquisa de mercado identificando potenciais clientes, aceitação do produto por fabricantes e pelo consumidor final e viabilidade da comercialização do produto. Dentre as várias alternativas de disposição final de lodos, tanto de ETA quanto de ETE, destacam-se: aterro sanitário, aplicação no solo, fabricação de tijolos e cimento, descarga do lodo de ETA em redes coletoras de esgotos e posterior tratamento nas ETE.

Atualmente, apenas as ETE Barueri e Suzano encaminham o lodo para disposição final em aterros sanitários, nos aterros Bandeirantes e São João, respectivamente. Em relação às ETE e ETA estudadas no presente trabalho, a disposição em aterro sanitário se torna aceitável em um plano a curto prazo, até que se possa determinar de forma definitiva as características de cada estação e, assim, estabelecer formas de uso ou descarte mais apropriadas.

O uso benéfico ou não do lodo das estações de tratamento da RMSP no solo é limitado pela presença de metais pesados e agentes patogênicos. Por outro lado, um ponto positivo para o uso do lodo nos solos paulistas é a sua carência de matéria orgânica, contrastando com a abundância nos lodos. Com isso, é passível de uso todo o lodo produzido nas ETE da RMSP, se processado pela Central de Secagem Térmica (CST) implantada na ETE São Miguel – pois o processo reduz a níveis aceitáveis os agentes patogênicos. Após análise da bibliografia estudada, constatou-se que há registros contrastantes sobre as concentrações de metais pesados em ETE em relação aos limites permitidos por norma. Com isso, é necessário o estudo individual de cada estação, a fim de se determinar com precisão as características do seu lodo (DAVID e TSUTIYA, 2001).

No caso das ETA na RMSP, o uso ou descarte no solo é mais complexo. Apesar de não contarem com contribuição industrial, utilizam no processo de tratamento produtos químicos que devem ser controlados antes de se liberar sua disposição. Porém, no momento apenas a ETA Taiapuê conta com o processo de tratamento do lodo, que deverá ser ampliado para poder fornecer matéria prima de forma competitiva no mercado de fertilizantes. As ETA ABV e Rio Grande não possuem área suficiente para a implantação da fase sólida, tornando inviável a utilização do lodo produzido (MANZOCHI et al., 2006). Nas demais ETA (Guaraú, Casa Grande, Alto Cotia e Baixo Cotia), deve ainda ser implantado o processo de tratamento do lodo para viabilizar sua utilização no solo.

A utilização do lodo na indústria deve ser cuidadosamente estudada, pois não existem informações gerais sobre a saúde ocupacional neste caso. Portanto, em princípio se deve ter as mesmas precauções que na utilização do lodo no solo. Outro ponto importante é a possibilidade de uniformidade no fornecimento de matéria prima, lodo, com características quantitativas e qualitativas constantes no tempo. Um aspecto positivo adicional é que os níveis de metais pesados verificados em todas as estações na RMSP estão abaixo dos permitidos pelo CONAMA, restando então como fator decisivo principal o processamento do lodo na CST localizada na ETE São Miguel.

Em vista do exposto, a possibilidade de utilização do lodo por indústrias cerâmicas fica dependente, num primeiro momento, duma logística bem delineada em torno da CST São Miguel, visto que na RMSP este é o único processo capaz de preparar o lodo para fornecimento com as características exigidas pelas indústrias. Para as ETA é decisiva a disponibilidade de área no entorno de cada estação, pois permite a implantação da fase sólida

do tratamento. A ETA Rio Grande, por exemplo, não tem espaço suficiente para a instalação do processo de secagem, enquanto a ETA Taiacupeba tem espaço disponível, mas não é capaz de fornecer o lodo de forma adequada ao longo do ano (FURUKAWA, 2005). A ETA ABV sofre com o mesmo problema que ocorre com a ETA Taiacupeba; ainda, utiliza carvão ativado para reduzir odor e gosto da água, resultante das floradas de algas no manancial, devido ao excesso de esgoto nela despejado e a resultante eutrofização. Então, as únicas ETA passíveis de fornecer o lodo como matéria prima na indústria cerâmica são, no momento, as ETA Guaraú, Casa Grande, Alto Cotia e Baixo Cotia.

A utilização do lodo na indústria de cimento depende da instalação, nas estações, de um sistema de tratamento da fase sólida, contendo processos de secagem e estabilização química com cal e um sistema de tratamento dos gases produzidos. Portanto, apenas a ETE Parque Novo Mundo e as ETA ABV e Rio Grande, que já usam todo seu espaço disponível, não se enquadram nas especificações acima. Todas as outras estações de tratamento de água e esgoto citadas no presente trabalho são suscetíveis da possibilidade de uso do seu lodo pela indústria (FEREIRA e JANUÁRIO, 2006; FURUKAWA, 2005).

## 6. CONCLUSÃO

Em virtude da intensiva pesquisa desenvolvida pelo primeiro autor, com a orientação do segundo, foi possível descortinar alternativas de uso do lodo das ETA e ETE da RMSP para diversas finalidades. As condições identificadas e as dúvidas remanescentes para viabilizá-las são descritas a seguir, na forma de conclusões e recomendações.

A **disposição em aterros sanitários** ou exclusivos é a forma de destinação final, se não a mais benéfica, então a mais rápida e fácil e menos onerosa de se implantar; porém, esta alternativa fica limitada pela disposição de áreas próprias à implantação de novos aterros. Atualmente, apenas os aterros São João e Bandeirante (que recebem, primariamente, enormes volumes de resíduo sólido de lixo) estão em funcionamento, mas já com previsão de fechamento. Com isso, somente a curto prazo, esta alternativa ainda é torna aceitável a todas ETE e ETA da RMSP.

O uso ou **descarte no solo** é limitado pela presença de metais pesados e agentes patogênicos. As ETE possuem dados muito contrastantes quanto à presença de metais pesados no lodo, então se deve primeiramente elaborar um estudo individual de cada estação quanto as características do lodo produzido. Quanto aos agentes patogênicos a solução é a CST São Miguel. Com isso, todos as ETE da RMSP podem utilizar ou descartar o lodo no solo se processados pela CST. Quanto as ETA, esta alternativa fica dependente da implantação da Fase Sólida do tratamento para adequar o lodo as características necessárias. Com isso, as ETA ABV e Rio Grande que possuem seu entorno densamente urbanizados não conseguiriam se adaptar a esta alternativa.

O fornecimento de **matéria prima para a indústria cerâmica** tem como fatores limitantes a presença de metais pesados e a de agentes patogênicos – mesmos fatores que limitam sua utilização do solo. Então, as ETE ficam dependentes de uma logística em torno da CST São Miguel e estudos específicos de cada estação. As ETA, como apresentado acima para disposição no solo, ficam dependentes da implantação da Fase Sólida, mas também se deve dar atenção especial ao fornecimento constante de matéria prima com qualidade.

O emprego **na indústria de cimento** requer a instalação de Fase Sólida, com processos específicos que devem ser implantados para possibilitar a adoção desta alternativa. Com isso, apenas a ETE Parque Novo Mundo e as ETA ABV e Rio Grande, por falta de espaço disponível, não podem fornecer lodo com as características requeridas. As demais estações de

tratamento de água e esgoto, se adequadas de acordo com as especificações acima, podem fornecer lodo apropriado à indústria de cimento.

O **controle tecnológico** sobre o lodo deve ser constante para que se ofereça a matéria prima dentro das exigências estabelecidas; com isso, deve-se sempre ter a possibilidade de envio do lodo a aterros, quando este não atender aos requisitos necessários para sua utilização.

A alternativa do **encaminhamento do lodo de ETA para ETE** se torna favorável uma vez que não são necessárias mudanças nas plantas das ETA – apenas adequação da ETE que receberá o afluente. Com isso, analisando as distâncias entre as estações de tratamento, pode-se concluir que as ETA Guaraú, ABV e Baixo Cotia poderiam encaminhar seus resíduos sólidos para a ETE Barueri e a ETA Rio Grande para a ETE ABC. No caso da ETE Barueri, deve-se analisar se a sua capacidade implantada será capaz de suportar o acréscimo de vazão e poluentes e também elaborar, em caráter emergencial, um plano de utilização ou descarte do lodo produzido. As ETA Taiapuêba, Casa Grande e Alto Cotia se encontram muito afastados das ETE, tornando inviável seu encaminhamento, mas possuem grandes áreas de reserva para implantação de algumas das alternativas sugeridas neste texto.

Finalmente, cumpre concluir que todo o esforço de pesquisa para levantar a situação acima descrita serviu para complementar sensivelmente a formação acadêmica do estudante-autor, após os cinco anos de intenso aprendizado de graduação – incluindo uma carga relevante na área de Recursos Hídricos e Saneamento. Para isto, baseou-se em estudos anteriores que englobam livros, artigos e trabalhos prévios de dissertações de graduação.

Recomenda-se, portanto, a continuidade desta pesquisa com futuros trabalhos de graduação que desenvolvam mais profundamente temas escolhidos, dentre os instigantes e tecnicamente importantes acima abordados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.F.M. do. **Lodo gerado em estações de tratamento de água: quantificação, tratamento e destinação**. 2000. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

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...*2001.

ENCIBRA S. A. ESTUDOS E PROJETOS DE ENGENHARIA; HIDROCONSULT CONSULTORIA, ESTUDOS E PROJETOS S. A. **Revisão e atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMSP**. São Paulo. (Estudo Técnico ENCIBRA-HIDROCONSULT/SABESP). 2004.

FERREIRA FILHO, S.S.; JANUÁRIO G.F. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final dos lodos das estações de tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.12, n.2 abr/jun, ABES, 2006.

FURUKAWA, P.M.S. Estudo de viabilidade técnica de incorporação do lodo proveniente do processo de tratamento de água para abastecimento na confecção de produtos de cerâmica vermelha. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 2003, São Paulo. *Texto de palestras e resumos de trabalhos apresentados durante o evento*. São Paulo: SABESP, 2005.

HELOU, L.C.; TEIXEIRA FILHO, A.S; NASRAUI, P.; SOUZA, M.F. de; VITORETI, C. da S. Custos operacionais e de manutenção das estações de tratamento da RMSF no período de janeiro a dezembro de 2002. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 2003, São Paulo. **Texto de palestras e resumos de trabalhos apresentados durante o evento.** São Paulo: SABESP, 2003.

INADA, P.M. **Disposição do lodo proveniente das estações de tratamento de esgoto.** 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

KELLNER, E.; PIRES, E. C. **Lagoas de estabilização.** Rio de Janeiro: ABES, 1998. 244p.

MANZOCHI, L.B.; NOBRE, P.C.A.; SENA, H.C.; TSUTIYA, M.T. Simulação em escala piloto da ETE Barueri recebendo lodo das ETAs da Região Metropolitana de São Paulo. In: ENCONTRO TECNICO AESABESP, 2006, São Paulo. **Texto de palestras e resumos de trabalhos apresentados durante o evento.** São Paulo: SABESP, 2006.

METCALF & EDDY INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** McGraw-Hill Book Co, 1991. 1356p.

REALI, M.A.P. (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estação de tratamento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

REDA, A. L. L. **Simulation and control of stormwater impacts on river water quality.** 1996. Tese (Doutorado em Engenharia - PhD) - Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, 512p.

REDA, A.L. de L.; FERREIRA, M.P. Esgoto combinado em rede separadora na RMSF: impacto de tormenta no afluente da ETE de Rio Grande, São Bernardo do Campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **1 CD-ROM.**

REDA, A.L. de L.; MELLO, G.S.L. de.; FERREIRA, M.P.; SOUZA, T.G.L. de; FREITAS, J.L.M. Inter-university and industry co-operation towards excellence: a crucial need for the progress of research in developing countries. In: SEFI-IGIP2007 Conference University of Miskolc, 2007, Miskolc, Hungary. **1 CD-ROM.**

SANTOS, A.D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SPERLING, M. von. **Lagoas de estabilização.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1986. 196p.

SPERLING, M. von. **Reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 380p.

SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos.** Departamento de engenharia sanitária e ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2000.

SPERLING, M. von. **Lodos ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 428p.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. de C.T. de; MELFI, A.J.; MELO, W.J. de; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: ABES/SP, 2002.

## **UNDERGRADUATE RESEARCH WITH SOCIAL-ENVIRONMENTAL INTEREST: POSSIBLE DESTINATION AND USE OF WATER AND SEWAGE TREATMENT SLUDGE IN THE SÃO PAULO METROPOLITAN REGION**

***Abstract:** In Brazil, sludge from water and wastewater treatment plants is frequently disposed without any treatment in the nearest course of water or landfills. However, in recent years, this practice has been very much questioned because of the possible risks it may bear to public health and aquatic life. The final disposal of the sludge from wastewater and water treatment plants is, currently, one of the greatest challenges to basic sanitation. Appropriate sludge disposal is a step of treatment plants process operation that requires technically and economically viable, and environmentally sustainable, solutions. Considering the various forms of final disposal, the sludge must be properly prepared in order to undergo the qualitative and quantitative improvements needed to be either used, or simply disposed. In connection with observing produced sludge quality, one must consider the characteristics of the community where each particular sewage was produced (in the case of sewage sludge – or of the water-supply source, in the case of water treatment), of the treatment it will undergo and of the site it will be used or disposed at – so that particular solutions, less aggressive to the environment and providing the best possible use, can be determined. Here, after intensive research that yielded familiarity with the water-industry procedures, the student (first author) analysed the possible uses of the sludge produced at water and wastewater treatment plants, starting by understanding their processes; then, he reviewed and registered the current situation of the sludge from the São Paulo Metropolitan Region and its possibilities of use.*

***Key-words:** Sewage sludge, Treatment plant, Water treatment, Final disposal, Use of sludge*